

Aanvoer en overschot van stikstof als indicatoren voor nitraatuitspoeling

Resultaten uit 'Koeien & Kansen'
1997 - 2003



December 2004

Rapport 26
Rapport Plant Research International nr. 91



Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group/Praktijkonderzoek
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad
Telefoon 0320 - 293 211
Fax 0320 - 241 584
E-mail: koeienenkansen.po.asg@wur.nl
Internet: <http://www.koeienenkansen.nl>

Redactie

Koeien & Kansen

© Animal Sciences Group

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Bestellen

ISSN 0169-3689
Eerste druk 2004/oplage 250
Prijs € 20,--

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per E-mail of via de website te bestellen bij de uitgever

'Koeien & Kansen'

is een samenwerkingsproject van 17 melkveehouders, PV, PRI, LEI, NMI, CLM en IMAG

Doel is het in de praktijk ontwikkelen, onderzoeken en demonstreren van duurzame melkveehouderij onder uiteenlopende omstandigheden op diverse grondsoorten



Aanvoer en overschot van stikstof als indicatoren voor nitraatuitspoeling

Resultaten uit 'Koeien & Kansen'
1997 - 2003

J. Oenema & H.F.M. ten Berge

Plant Research International B.V.

Samenvatting

Nederland had gekozen voor een systematiek die het mineralenoverschot, dus het verschil tussen aan- en afvoer, als uitgangspunt neemt om de emissies uit de landbouw te beperken. In principe is 'het overschot' een betere maat voor de totale milieubelasting dan enige andere grootte, juist doordat in het overschot alle verliestermen begrepen zijn, zelfs welke die we eventueel nog niet zouden kennen.

Het voorloperproject 'Koeien & Kansen' omvat 17 melkveebedrijven, die tezamen een doorsnee van de gemotiveerde Nederlandse melkveehouderij vertegenwoordigen. Doelen van dit project waren o.a. om versneld de MINAS-eindnormen te bereiken op alle deelnemende bedrijven, hiertoe per bedrijf geëigende ontwikkelingsplannen op te stellen, en te volgen hoe het veranderingsproces verloopt: welke aanpassingen vereist zijn, hoe deze samen hangen met specifieke omstandigheden, welke moeilijkheden zich voordoen en, last but not least, wat de bereikte milieuprestaties zijn en hoe deze zich in de loop der tijd verder ontwikkelen. Dit rapport doet verslag van de ontwikkelingen van stikstofoverschotten en stikstofaanvoer op verschillende niveaus over de periode 1997 – 2002, en van de nitraatconcentratie van het bovenste grondwater over de periode 2000 – 2002. Resultaten over 2003 zijn in een bijlage opgenomen.

Het gemiddelde stikstofoverschot op de 'Koeien & Kansen'-bedrijven is afgenomen van 266 kg N/ha in 1997/1998 tot 181 kg N/ha in 2002. De variatie in het overschot tussen de bedrijven is echter groot: in 1997/1998 lagen de waarden tussen 169 en 366 kg N/ha, en in 2002 tussen 55 en 299 kg N/ha.

Het gemiddelde MINAS-overschot is afgenomen van 204 kg N/ha in 1997/1998 tot 113 kg N/ha in 2002. In 1997/1998 haalden 12 (71%) van de 17 bedrijven de eindnorm niet en lag het MINAS-overschot gemiddeld 58 kg N/ha *boven* de eindnorm van 146 kg N/ha. In 2002 lag dit aantal op 2 bedrijven (12%) en lag het MINAS-overschot gemiddeld 37 kg N/ha *onder* de eindnorm van 150 kg N/ha.

Het overschot op de bodembalans bestaat uit werkelijke verliezen (nitraatuitspoeling en denitrificatie) dan wel voorraadveranderingen in de bodem. Dit overschot nam af van 218 kg N/ha in 1997/1998 tot 140 kg N/ha in 2002.

De verschillen in bodemoverschotten voor delen van het bedrijf (resp. het grasland- en het bouwlandareaal) zijn groot. In 1997/1998 bedroeg het gemiddelde bodemoverschot op grasland 281 kg N/ha en op bouwland 94 kg N/ha. Een verschil van 187 kg N/ha. In 2002 bedroegen de overschotten 188 (grasland) en 68 (bouwland) en het verschil dus 120 kg N/ha (bouwland betreft vrijwel steeds maïs).

Met het oog op de aangekondigde koerswijziging in het nationale mestbeleid naar een stelsel van gebruiksnormen, is in de deze studie enige aandacht geschonken aan de aanvoer van N op de bodembalans. Onder aanvoer naar de bodem vallen verschillende N-stromen die door het oppervlak de bodem intreden. Dit zijn alle op de bodem gedeponeerde mest (organische mest, kunstmest en weidemest) en de uit de lucht binnenkomende atmosferische depositie en N-binding door klaver. De bij toediening (weidemest en uitgereden mest) vervluchtigde ammoniak wordt hierin niet meegeteld.

De gemiddelde aanvoer van N totaal op de bedrijfsbodem is afgenomen van 497 kg N/ha in 1997/1998 tot 386 kg N/ha in 2002. In het geval van de aanvoer van N werkzaam is de gemiddelde afname van 359 kg N/ha in 1997/1998 tot 262 kg N/ha in 2002. De afname van de aanvoer is vooral het gevolg van het verlagen van de kunstmestgift.

De aanvoer van N totaal naar grasland is in vijf jaar gemiddeld afgenomen van 594 kg N/ha in 1997/1998 tot 466 kg N/ha in 2002. In het geval van de aanvoer van N werkzaam naar grasland is de gemiddelde afname van 433 kg N/ha in 1997/1998 tot 314 kg N/ha in 2002. Op bouwland is de afname van de aanvoer van N totaal in de tijd minder groot: van 280 kg N/ha in 1997/1998 tot 252 kg N/ha in 2002.

Uit de samenhang tussen enerzijds N-overschotten of de N-aanvoer naar de bodem met anderzijds de nitraatconcentraties van het bovenste grondwater blijkt dat beide indicatoren geschikt zijn voor de waterkwaliteit. Alle resultaten hebben betrekking op uitsluitend 'Koeien & Kansen'-bedrijven op zandgrond. De gegevens die momenteel ter beschikking staan om het bedrijfsgemiddelde nitraatgehalte in het bovenste grondwater te relateren aan de bedrijfsvoering, hebben betrekking op de balansjaren 1999-2001 en de nitraat-meetjaren die daar telkens op volgen, dus de jaren 2000-2002.

Het MINAS-overschot vertoont enige samenhang met de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie, maar het verband is vrij zwak. De oorzaken zijn bekend: er treden soms vrij grote voorraadveranderingen op waarvoor de MINAS-balans niet gecorrigeerd wordt; daarnaast blijven sommige werkelijke balansposten geheel buiten beschouwing (ammoniakdepositie; N-binding door leguminosen) of worden verdisconteerd als

verstekwaarden die mogelijk verschillen van de werkelijke (de diercorrectie om te corrigeren voor gasvormige verliezen die het grondwater dus niet belasten).

Het overschot op de werkelijke bedrijfsbalans heeft een aanmerkelijk betere samenhang met de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie. Deze balans is wel gecorrigeerd voor voorraadveranderingen. De correlatiecoëfficiënt bereikt een waarde van 0.47 (r^2) wanneer alle bedrijfjaar combinaties als aparte datapunten beschouwd worden. Over het algemeen ligt de samenhang (r^2) per balansjaar tussen de 0.4 en 0.5.

Het overschot op de bedrijfsbodembalans ontstaat na correctie voor (aftrek van) gasvormige N-verliezen en het mag daarom verwacht worden dat dit 'gecorrigeerde overschot' een betere samenhang met nitraatwaarden vertoont dan de voorgaande overschotten. Dat blijkt enigszins het geval. Wordt eerst een meerjarig gemiddelde per bedrijf bepaald en vervolgens de regressie uitgevoerd, dan bedraagt de correlatie tussen overschot op de bodembalans en de nitraatconcentratie 0.67 (r^2). Deze waarde is aanmerkelijk hoger dan de overeenkomstige score voor de werkelijke balans van het bedrijf (0.54).

Naast een analyse van overschotten over het gehele bedrijf is ook de samenhang tussen het overschot op de bodembalans van de afzonderlijke 'gewasarealen' (grasland en bouwland; bouwland is vrijwel volledig maïsland) en de bijbehorende nitraatconcentratie onderzocht. Voor het bouwland wordt geen enkel verband gevonden tussen overschot en nitraatwaarde. Voor het grasland wel; daar treffen we een redelijke samenhang aan tussen beide grootheden.

De samenhang van nitraatconcentratie in het grondwater met de N-aanvoer op de bedrijfsbodembalans is beter dan met het N-overschot van die zelfde balans. Wanneer alle bedrijfjaren beschouwd worden stijgt de r^2 -waarde voor de aanvoer van N-totaal tot 0.64 (tegen 0.52 voor het eerder beschouwde overschot op de bedrijfsbodembalans). Uit proeven is gebleken dat variatie in de bodemvruchtbaarheid van de bodem de relatie tussen milieukwaliteit en overschot nogal kan vertroebelen. Overschot werkt alleen als indicator indien het bodemsysteem verkeert in een 'steady state' evenwicht met een opgelegd bemestingregime. Waarschijnlijk is de N-aanvoer naar de bodem een betere maatstaf voor milieukwaliteit in situaties waar nog geen evenwicht bestaat tussen de bodemvoorraad en anderzijds de aan- en afvoerposten.

Zomin als bij het overschot op bouwland, wordt ook bij de aanvoer van N-totaal op bouwland geen duidelijk verband met de nitraatconcentratie gevonden. Op grasland is er wel weer een verband tussen aanvoer van N-totaal en nitraat, met $r^2=0.40$. Namen we het overschot als verklarende grootheid voor dezelfde dataset, dan werd een r^2 -waarde van 0.69 gevonden.

Terwijl voor de bedrijfsbodembalans de N-aanvoer de betere indicator lijkt (dan overschot), is het omgekeerde dus het geval voor het graslandareaal. Dit kan het gevolg zijn van het feit dat de aanvoer voor bouwland een betere indicator zou zijn dan het overschot (althans op korte termijn), maar zou ook deels veroorzaakt kunnen zijn door verschillen in rekensystematiek tussen het vaststellen van balansen op enerzijds het totale bedrijfsareaal, en anderzijds de onderscheiden gewasarealen.

Dat er een positief verband bestaat tussen het werkelijke overschot en nitraatconcentratie is al enige jaren bekend. Er bestaat ook een positief verband tussen het overschot en intensiteit (melkproductie/ha) van de bedrijven. In overeenstemming hiermee vinden we ook een positief verband tussen intensiteit en nitraatconcentratie. 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 nitraat-emissie.

Op basis van de beschikbare gegevens uit het project 'Koeien & Kansen' (alleen de bedrijven op zandgrond) is vast te stellen welke drempelwaarden voor diverse indicatoren overeenkomen met de richtwaarde van 50 mg/l nitraat (goede waterkwaliteit). Wordt voor deze indicatoren enkelvoudige regressie uitgevoerd op de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie, dan volgen daaruit de drempelwaarden in Tabel 1, 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 op zandgrond (138 kg N/ha) betekenen deze een aanscherping van circa 50-70 kg N/ha.

Tabel 1 Drempelwaarden van geselecteerde indicatoren waarbij de nitraatconcentratie van 50 mg/l wordt bereikt. Schatting op basis van enkelvoudige lineaire regressie op bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie 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

De normen volgens de door Nederland in Brussel aangevraagde derogatie komen overeen met een aanvoer van stikstof in dierlijke mest van 250 kg/ha en een totale aanvoer van werkzame N van 227 kg/ha (LNV, 2004a en b). Bij een werking van 45% van de dierlijke mest (een systeem mét beweiding) betekent dit dat er naast de 250 kg N in dierlijke mest nog 115 kg kunstmest-N gegeven mag worden. De totale N-aanvoer bedraagt dan 365 kg/ha. Wanneer we dit cijfer vergelijken met de in deze studie gevonden waarde voor de toelaatbare N-aanvoer (350 kg/ha), gemiddeld over de 'Koeien & Kansen' bedrijven op zandgrond, vinden we een verschil van 15 kg N/ha tussen deze beide waarden. Dit moet deels toegeschreven worden aan verschillen in de gehanteerde definitie. In de waarde 350 kg N/ha die bij 'Koeien & Kansen' werd vastgesteld zijn *wel* de depositie (40 kg N/ha) en *niet* de ammoniak verliezen tijdens toediening van dierlijke mest (10% van 250 = 25 kg N/ha) inbegrepen. Na correctie voor deze verschillen resteert nog een verschil van 30 kg/ha $((365 + 40) - (350 + 25))$ tussen de totale N-aanvoer volgens de Nederlandse derogatie, en die welke volgens 'Koeien & Kansen' toelaatbaar zou zijn. Zoals in dit rapport betoogd, zal met het teruglopen van de stikstofvoorraad in de bodem de toelaatbare aanvoer mogelijk nog wat stijgen, zodat het verschil tussen beide cijfers, te weten 30 kg N/ha, kleiner zal worden. De resultaten van deze studie lijken dus dicht bij hetgeen in de Nederlandse derogatie aanvraag wordt betoogd.

Inhoudsopgave

Samenvatting

1	Inleiding	1
2	Stikstofoverschot	3
2.1	Inleiding.....	3
2.2	De werkelijke bedrijfsbalans.....	3
2.3	De MINAS-balans	4
2.4	De bedrijfsbodembalans	4
2.5	De bodembalans van grasland	5
2.6	De bodembalans van bouwland.....	6
3	Stikstofaanvoer op de bodem	7
3.1	Inleiding.....	7
3.2	De bedrijfsbodem	7
3.3	Grasland.....	8
3.4	Bouwland	9
4	Nitraat in grond- en oppervlaktewater in relatie tot overschotten en in relatie tot aanvoer naar de bodem	11
4.1	Nitraatmeting.....	11
4.2	Nitraat versus N-overschot.....	12
4.3	Nitraat versus N-aanvoer op de bodem	15
4.4	Stikstof in slootwater	17
4.5	Stikstof in drainwater.....	18
5	Discussie en conclusies	19
5.1	Overschot of aanvoernorm?.....	19
5.2	Hoe waarborgen van de milieukwaliteit in de toekomst?	21
	Literatuur	23
Bijlage I	Bedrijfs- en gewasoverschotten in 'Koeien & Kansen'	25
Bijlage II	Aanvoer van N-totaal en N-werkzaam naar bedrijfs- en gewasbodem	31
Bijlage III	Nitraatconcentraties op bedrijfs- en gewasniveau	35
Bijlage IV	Hoe bodemvruchtbaarheid het overschot beïnvloedt	37
Bijlage V	N-overschotten, N-aanvoer en de nitraatconcentraties in grondwater in 2003	43

1 Inleiding

Om de emissies van mineralen uit de landbouw te reguleren, werd in Nederland gekozen voor een systematiek die het mineralenoverschot, het verschil tussen aan- en afvoer, als uitgangspunt neemt. Het MINeralen AangifteSysteem (MINAS) gaf invulling aan deze systematiek. MINAS dwingt de melkveehouder de verliezen naar het milieu te beperken doordat grenzen gesteld zijn aan het toelaatbare overschot. Deze 'verliesnormen' zijn in de loop van de jaren geleidelijk omlaag gebracht, om de sector de gelegenheid te bieden de bedrijfsvoering aan te passen. De zgn. 'eindnormen' zullen vanaf 2004 van kracht zijn. Het Europese Hof van Justitie heeft in oktober 2003 besloten dat de MINAS-regelgeving niet voldoet aan de Europese Nitraatrichtlijn. Daarvoor in de plaats komt een stelsel van toedieningsnormen voor stikstof in dierlijke mest en het gebruik van kunstmest.

In principe is 'het overschot' een betere maat voor de totale milieubelasting dan enige andere grootheid, juist doordat in het overschot alle verliestermen begrepen zijn, zelfs welke die we eventueel nog niet zouden kennen, naast het bekende rijtje van ammoniakvervluchtiging, denitrificatie en nitraatuitspoeling. Van alle maten die een zeker milieuresultaat kunnen garanderen, laat juist 'overschot' maximale bewegingsvrijheid aan de bedrijfsvoering; en waarschijnlijk tegen de laagst mogelijke kosten.

Wanneer aan- en afvoerposten correct worden gekwantificeerd, blijft er eigenlijk maar één nadeel over bij 'overschot' als milieumaat, en dat is vrij fundamenteel: 'overschot' in de zin van 'aanvoer minus afvoer' heeft alleen een milieukundige betekenis indien het betrekking heeft op een systeem dat in 'steady state' evenwicht is. Een systeem dus zonder voorraadveranderingen. Is die toestand eenmaal bereikt, dan valt er niets af te dingen het verschil tussen aan- en afvoer (overschot) als indicator voor het totaal N-verlies, dus voor de som van alle N die het bodem-gewassysteem werkelijk verlaat. Fluctuaties in de bodemvoorraden zijn echter ook mogelijk van jaar tot jaar.

En de bedrijven in het project 'Koeien & Kansen'? Benaderen die de bedoelde evenwichtsituatie al voldoende om 'overschot' tot een goede maat voor milieubelasting te maken? Deze vraag komt verderop in dit rapport aan de orde. Het begrip *bodemvruchtbaarheid* speelt daarbij een centrale rol.

Het voorloperproject 'Koeien & Kansen' omvat 17 melkveebedrijven, die tezamen een doorsnee van de gemotiveerde Nederlandse melkveehouderij vertegenwoordigen. Doelen van dit project waren o.a. om versneld de MINAS-eindnormen te bereiken op alle deelnemende bedrijven, hiertoe per bedrijf geëigende ontwikkelingsplannen op te stellen, en te volgen hoe het veranderingsproces verloopt: welke aanpassingen vereist zijn, hoe deze samen hangen met specifieke omstandigheden, welke moeilijkheden zich voordoen en, last but not least, wat de bereikte milieuprestaties zijn en hoe deze zich in de loop der tijd verder ontwikkelen.

Waarnemingen in deze groep van bedrijven liggen ten grondslag aan dit rapport. Dit rapport doet verslag van de ontwikkelingen die er over de afgelopen jaren (1997-2003) te zien waren op de Koeien & Kansen bedrijven met betrekking tot de stikstofoverschotten en stikstofaanvoer op diverse niveaus, en van de daaraan gelieerde milieuprestaties. Als maat voor de milieuprestatie richt deze studie zich op de waterkwaliteit met als maatstaf de nitraatbelasting van het bovenste grondwater, zoals die tot uiting komt in de nitraatconcentratie gemeten gedurende de zomer in de bovenste meter van het grondwater (op de veengronden in de winter) en de waterkwaliteit in oppervlaktewater, gemeten in het winterseizoen in sloot- en drainwater. Een eerste rapportage van de bovengenoemde stikstofoverschotten en milieuprestaties is verschenen in Oenema *et al.*, 2002, over de periode 1997-2000.

In het bijzonder richt dit rapport zich op de beantwoording van de volgende vragen:

- Hoe hebben de stikstofoverschotten op de Koeien & Kansen -bedrijven zich ontwikkeld in de periode 1997-2002?
- Hoe is de samenhang tussen de stikstofoverschotten op bedrijfsniveau en gewasniveau?
- Hoe is de samenhang tussen de stikstofaanvoer naar de bodem op bedrijfsniveau en gewasniveau?
- Wat is het verband tussen het MINAS-overschot en de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater?
- Wat is het verband tussen enerzijds het stikstofoverschot, op resp. bedrijfs-, bodem- en gewasniveau, en anderzijds de gemiddelde nitraatconcentratie op het betreffende aggregatieniveau?
- Wat is het verband tussen enerzijds het stikstofaanvoer, op resp. bedrijfs-, bodem- en gewasniveau, en anderzijds de gemiddelde nitraatconcentratie op het betreffende aggregatieniveau?

De gegevens over 2003 kwamen in een later stadium beschikbaar en zijn om deze reden niet meegenomen zoals hierboven beschreven. Wel zijn de resultaten over 2003 in een bijlage in dit rapport opgenomen. De stikstofbalansen op bedrijfsniveau worden in Hoofdstuk 2 behandeld: de 'werkelijke' bedrijfsbalans,

de MINAS-balans, de bedrijfsbodembalans, en de bodembalansen voor het graslandareaal en het bouwlandareaal afzonderlijk. Hoofdstuk 3 behandelt de stikstofaanvoer op de bovengenoemde niveaus. De samenhang tussen de overschotten en de waargenomen nitraatconcentraties, en ook de samenhang tussen de aanvoer van stikstof en de waargenomen nitraatconcentraties wordt belicht in Hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 beoogt een analyse van de resultaten uit de voorgaande hoofdstukken. Daarbij komt het begrip bodemvruchtbaarheid aan de orde.

2 Stikstofoverschot

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden stikstof- (N-) overschotten op de balans van de ‘Koeien & Kansen’ bedrijven behandeld. We maken onderscheid tussen overschotten voor het gehele bedrijf, en overschotten voor delen van het bedrijf, namelijk delen met een zelfde grondgebruik (resp. grasland en bouwland). De overschotten voor het gehele bedrijf zijn van: de werkelijke bedrijfsbalans (Paragraaf 2.2), de MINAS-balans (Paragraaf 2.3) en de bedrijfsbodembalans (Paragraaf 2.4). De overschotten voor delen van het bedrijf zijn van de bodembalans van het grasland (Paragraaf 2.5) en van de bodembalans van het bouwland (Paragraaf 2.6). Het gewogen gemiddelde van de overschotten van de bodembalans voor grasland en van bouwland leidt weer tot het overschot op de bedrijfsbodembalans.

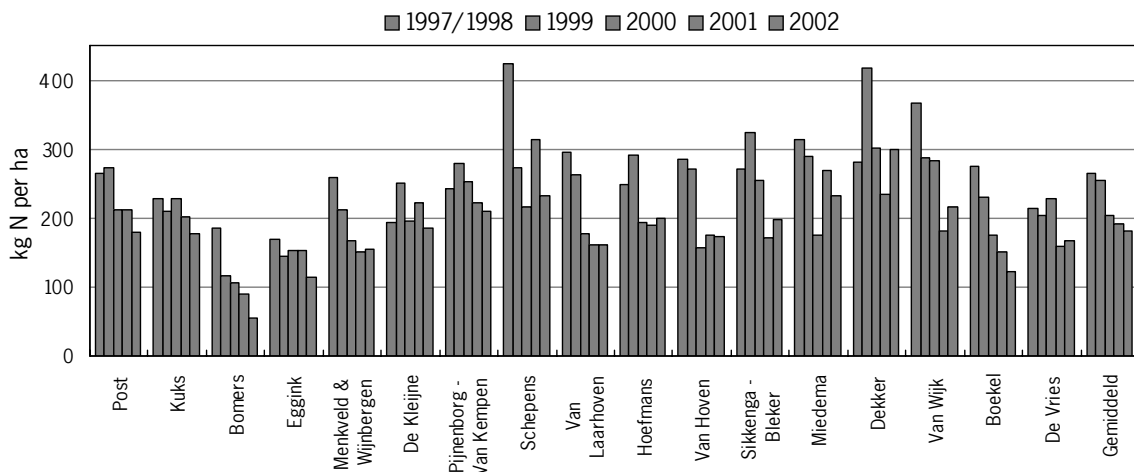
In Oenema *et al.*, (2000, 2001 en 2002) is beschreven op welke wijze de gegevens werden verzameld en vervolgens verwerkt tot overschotten op balansen. De resultaten in dit hoofdstuk hebben betrekking op vijf jaren (1997/1998 (uitgangssituatie), 1999, 2000, 2001 en 2002) en worden zowel in de hoofdtekst (grafiek) als in Bijlage I (tabel) gepresenteerd. Daarbij is een vaste volgorde van de bedrijven aangehouden. De bedrijven zijn gerangschikt per grondsoort. De eerste 10 zijn bedrijven op zandgrond (van bedrijf Post t/m het bedrijf van Hoefmans). Vervolgens 1 bedrijf op löss (Van Hoven), daarna 3 bedrijven op kleigrond (Sikkenga – Bleker, Miedema, Dekker & Van Wijk) en tenslotte 2 bedrijven op veengrond (Boekel & De Vries).

In alle balansen behalve de MINAS-balans werd de atmosferische depositie als aanvoerpost meegeteld.

2.2 De werkelijke bedrijfsbalans

Het N-overschot op de werkelijke bedrijfsbalans voor vijf jaren is weergegeven in Tabel I.1 (Bijlage I). Figuur 2.1 toont het verloop van het overschot op de werkelijke bedrijfsbalans voor vijf jaren. Het gemiddelde overschot op de bedrijven is afgenomen van 266 kg N/ha in 1997/1998 tot 181 kg N/ha in 2002. De variatie in het overschot tussen de bedrijven is echter groot: in 1997/1998 lagen de waarden tussen 169 en 366 kg N/ha, en in 2002 tussen 55 en 299 kg N/ha. In de Tabellen I.2 en I.3 (Bijlage I) zijn de aanvoer van N en P op de werkelijke balans weergegeven.

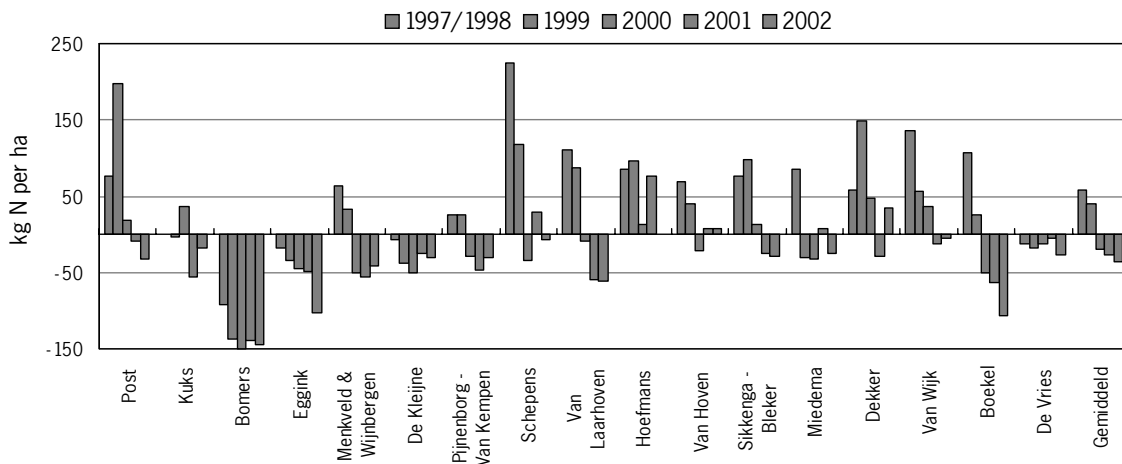
Figuur 2.1 Stikstofoverschotten op de werkelijke bedrijfsbalans op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha



2.3 De MINAS-balans

De MINAS-balans verschilt van de werkelijke bedrijfsbalans door het ontbreken van de aanvoerposten depositie en N-binding door vlinderbloemigen (bijv. klover), en ook vanwege de afvoerpost 'diercorrectie' (toegestane gasvormige verliezen) die wél in de MINAS-systematiek voorkomt maar geen expliciete post vormt in de werkelijke bedrijfsbalans. Voorraadveranderingen worden in MINAS buiten beschouwing gelaten, terwijl ze wel zijn opgenomen in de werkelijke bedrijfsbalans. Een overzicht van de MINAS-overschotten, de MINAS-eindnormen (2003) en de afwijking van het MINAS-overschot ten opzichte van de eindnorm voor vijf jaren is weergegeven in Tabel I.4 (Bijlage I). De hoogte van de MINAS-eindnorm is bedrijfsspecifiek en is onder andere afhankelijk van de arealen grasland en bouwland (Oenema *et al.*, 2000, Henkens & Van Keulen, 2001). Het gemiddelde MINAS-overschot op de bedrijven is afgenomen van 204 kg N/ha in 1997/1998 tot 113 kg N/ha in 2002. Figuur 2.2 laat zien de afwijking van het MINAS-overschot voor vijf jaren ten opzichte van de MINAS-eindnorm (2003). De eindnorm varieerde in deze periode tussen de 145 en 150 kg N/ha. In 1997/1998 haalden 12 van de 17 bedrijven de eindnorm niet en lag het MINAS-overschot gemiddeld 58 kg N/ha *boven* de eindnorm van gemiddeld 146 kg N/ha. In 2002 lag dit aantal op 2 bedrijven en lag het MINAS-overschot gemiddeld 37 kg N/ha *onder* de eindnorm van gemiddeld 150 kg N/ha.

Figuur 2.2 Afwijking van het MINAS-overschot voor vijf jaren ten opzichte van de MINAS-eindnorm (2003)

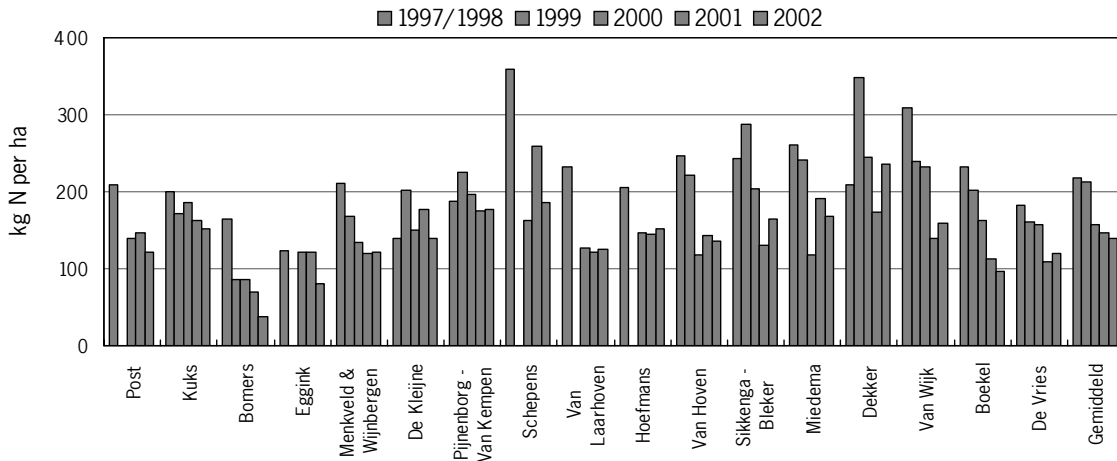


2.4 De bedrijfsbodembalans

De voorgaande bedrijfsbalansen zijn zogenaamde 'bedrijfspoortbalansen': als aanvoer wordt de N-stroom gerekend die het bedrijf binnenkomt, de afvoer is de N-stroom die het bedrijf weer verlaat. De bodem maakt deel uit van het gehele systeem dat tussen de bedrijfsingang en -uitgang ligt. De begrenzing van het deelstelsel 'bodem' ligt, in de hier gehanteerde systematiek, bij het bodemoppervlak. De bedrijfsbodembalans wordt opgesteld door alle N-stromen die door het oppervlak de bodem intreden als aanvoer te beschouwen, en alleen de afvoer van N in gewasproducten als afvoer te beschouwen. Hierbij wordt alle op de bodem gedeponeerde mest, ook weidemest, als aanvoer aangemerkt. De bij toediening (weidemest en uitgereden mest) vervluchtigde ammoniak wordt hierin niet meegeteld. Geconsumeerd weidegras wordt tot de afvoerposten gerekend. Het verschil tussen het overschot op de werkelijke bedrijfsbalans en op de bedrijfsbodembalans moet toegeschreven worden aan gasvormige verliezen uit stal, opslag en tijdens toediening (weidemest en uitgereden mest) en aan reken- en meetfouten.

Het verschil tussen aanvoer en afvoer (N-overschot op de bedrijfsbodembalans) zijn werkelijke verliezen (nitraatuitspoeling; denitrificatie) maar ook voorraadverandering in de bodem (Oenema *et al.*, 2000). Een overzicht van het N-overschot op de bedrijfsbodembalans voor vijf jaren is weergegeven in Tabel I.5 (Bijlage I). Van vijf bedrijven kon over het jaar 1999 de bedrijfsbodembalans niet vastgesteld worden vanwege het ontbreken van benodigde data. Figuur 2.3 toont het verloop van het overschot voor vijf jaren. Het gemiddelde overschot op de bedrijfsbodembalans nam af van 218 kg N/ha in 1997/1998 tot 140 kg N/ha in 2002. De variatie in het overschot is groot, maar is – in absolute zin - in de loop der jaren afgenomen. In 1997/1998 varieerde het overschot tussen 124 en 358 kg N/ha, in 2002 tussen 37 en 235 kg N/ha.

Figuur 2.3 Stikstofoverschotten op de bedrijfsbodembalans op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha



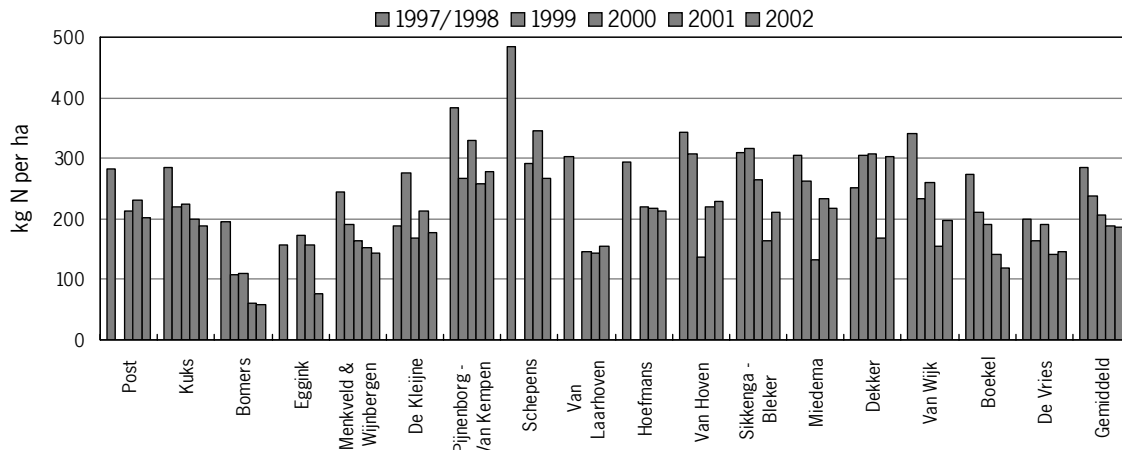
2.5 De bodembalans van grasland

De hierboven gepresenteerde balansen hadden alle betrekking op (aspecten van) het gehele bedrijf. Een volgende stap is balansen op te stellen voor delen van het bedrijf. Relevante subsystemen zijn de bodem onder grasland en de bodem onder bouwland. In deze paragraaf komt de bodembalans van het totale areaal grasland aan de orde. Er is geen onderscheid gemaakt tussen gangbaar grasland en beheersgrasland.

De balansposten op de bodembalans van grasland zijn van hetzelfde type als die op de bodembalans van het bedrijf, maar bij de kwantificering van de betreffende termen worden natuurlijk alleen gegevens gebruikt die betrekking hebben op het graslandareaal. Een verschil tussen de bedrijfsbodembalans en de 'gewasbalansen' (resp. grasland en bouwland) is wel dat in de gewasbalansen de ammoniak-N die op het veld verloren gaat (bij uitrijden maar ook uit weidest) meegeteld is als aanvoerpost. Dit hangt samen met de gevolgde rekensystematiek bij het vaststellen van interne N-fluxen.

Figuur 2.4 toont het verloop van het N-overschot op de bodembalans van grasland voor vijf jaren. In tabelvorm is het N-overschot op de bodembalans van grasland voor vijf jaren weergegeven in Tabel I.6 (Bijlage I). Gemiddeld is het overschot op grasland afgenomen van 281 kg N/ha in 1997/1998 tot 188 kg N/ha in 2002. In 2002 varieerde het overschot op de resp. bedrijven tussen 57 en 303 kg N/ha.

Figuur 2.4 Stikstofoverschotten op de bodembalans van grasland op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha

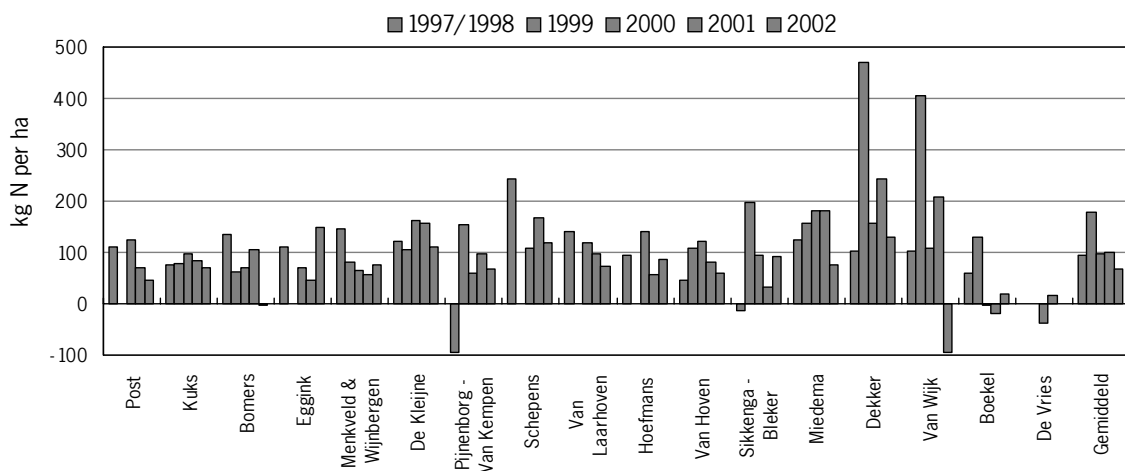


2.6 De bodembalans van bouwland

Voor de bodembalans van bouwland zijn alle geteelde gewassen op een bedrijf (voedergewassen en akkerbouwgewassen) samengevoegd. Het gewas waarmee het bouwlandareaal is beteeld, is in de meeste gevallen ($\pm 90\%$) maïs, al dan niet met grasonderzaai. Ook hier (als in Paragraaf 2.5) zijn de veldverliezen aan ammoniak-N meegeteld als aanvoerpost.

Figuur 2.5 toont het verloop van het N-overschot op de bodembalans van bouwland voor vijf jaren. In tabelvorm is het N-overschot op de bodembalans van bouwland voor vijf jaren weergegeven in Tabel I.7 (Bijlage I). Vergeleken met de voorgaande balansen is bij de bodembalans van bouwland over de jaren de daling van het overschot minder groot. In 1997/1998 bedroeg het gemiddelde overschot op bouwland 94 kg N/ha, in 1999 171 kg N/ha, in 2000 96 kg N/ha en in 2002 68 kg N/ha. Het N-overschot in 2002 varieerde tussen -93 en $+159$ kg N/ha.

Figuur 2.5 Stikstofoverschotten op de bodembalans van bouwland op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha



3 Stikstofaanvoer op de bodem

3.1 Inleiding

Met het oog op de aangekondigde koerswijziging in het nationale mestbeleid naar een stelsel van gebruiksnormen, wordt hier ook enige aandacht geschonken aan de aanvoer van N op de bodembalans.

Onder aanvoer naar de bodem komen verschillende N-stromen die door het oppervlak de bodem intreden in aanmerking. Dit zijn alle op de bodem gedeponeerde mest (organische mest, kunstmest en weidemest) en de uit de lucht binnenkomende atmosferische depositie en N-binding door klaver. De berekening van de hoeveelheid aanvoer van stikstof gebeurt op twee manieren, namelijk als:

- N totaal
- N werkzaam

Bij N totaal komen alle vormen van stikstof die in de verschillende N-stromen voorkomen in aanmerking. In deze definitie van de aanvoer van N totaal zijn de bij de toediening van mest (weidemest en uitgereden mest) vervluchtigde ammoniak niet meegeteld waar het om de bedrijfsbodembalans gaat, maar *wel* waar het de resp. 'gewasbalansen' voor grasland en bouwland betreft. De aanvoer van N-werkzaam is berekend als 50% van de totale N-aanvoer in dierlijke mest (uitgereden mest plus weidemest), vermeerderd met 100% van de kunstmest-N aanvoer. (Een deel van de niet-werkzame N gaat verloren als ammoniak-N, een ander deel is organisch gebonden N die niet in het eerste jaar voor het gewas beschikbaar is). Klaver en depositie worden wel voor 100% meegeteld in de aanvoer van N-werkzaam.

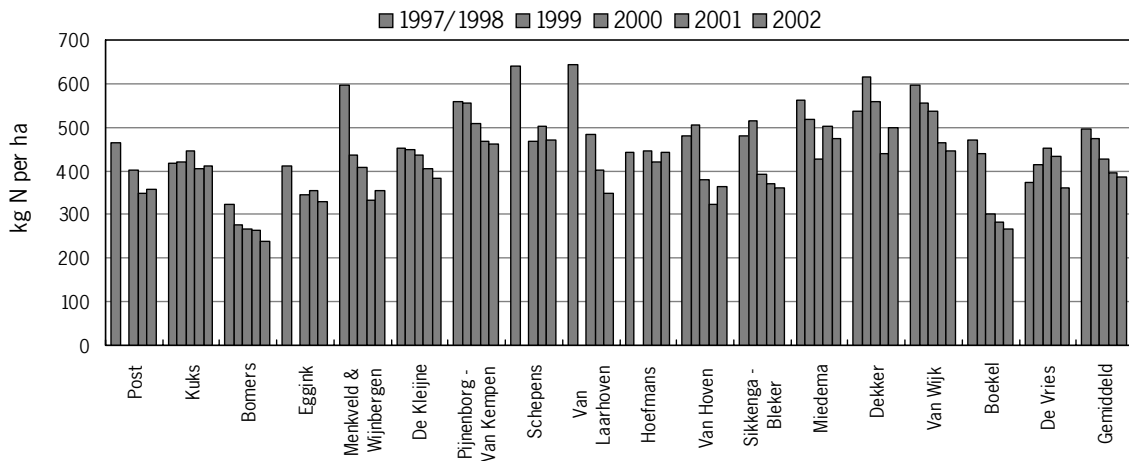
In dit hoofdstuk wordt de aanvoer van N naar de bodem op de 'Koeien & Kansen' bedrijven behandeld. We maken onderscheid in de N aanvoer voor het gehele bedrijf, en de N aanvoer voor delen van het bedrijf, namelijk delen met een zelfde grondgebruik (resp. grasland en bouwland). De aanvoer van N totaal en N werkzaam op de bodembalans van het gehele bedrijf wordt beschreven in Paragraaf 3.2, de aanvoer van N totaal en N werkzaam naar het grasland in Paragraaf 3.3, en de aanvoer naar het bouwland in Paragraaf 3.4.

De resultaten in dit hoofdstuk hebben betrekking op vijf jaren (1997/1998 (uitgangssituatie), 1999, 2000, 2001 en 2002) en worden zowel in de hoofdttekst (grafiek) als in Bijlage II (tabel) gepresenteerd. Daarbij is een vaste volgorde van de bedrijven aangehouden. De bedrijven zijn gerangschikt per grondsoort. De eerste 10 zijn bedrijven op zandgrond (van bedrijf Post t/m het bedrijf van Hoefmans). Vervolgens 1 bedrijf op löss (Van Hoven), daarna 3 bedrijven op kleigrond (Sikkenga – Bleker, Miedema, Dekker & Van Wijk) en tenslotte 2 bedrijven op veengrond (Boekel & De Vries).

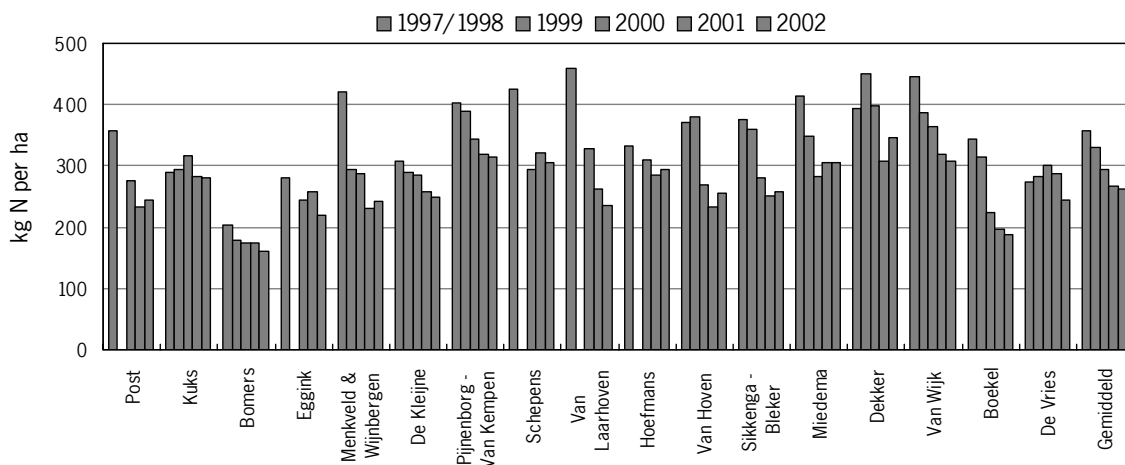
3.2 De bedrijfsbodem

De aanvoer van resp. N totaal en N werkzaam naar de bedrijfsbodem voor vijf jaren is weergegeven in de Figuren 3.1 en 3.2. In tabelvorm is de aanvoer van resp. N totaal en N werkzaam weergegeven in de Tabellen II.1 en II.2 (Bijlage II). De gemiddelde aanvoer van N totaal op de bedrijfsbodem is afgenomen van 497 kg N/ha in 1997/1998 tot 386 kg N/ha in 2002. In het geval van de aanvoer van N werkzaam is de gemiddelde afname van 359 kg N/ha in 1997/1998 tot 262 kg N/ha in 2002.

Figuur 3.1 Aanvoer N totaal op de bedrijfsbodembalans op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha



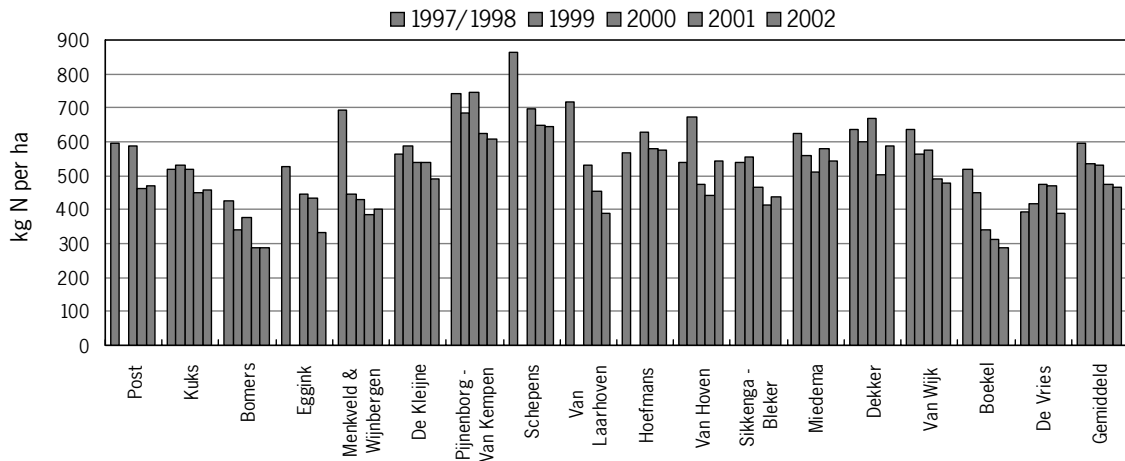
Figuur 3.2 Aanvoer N werkzaam op de bedrijfsbodem op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha



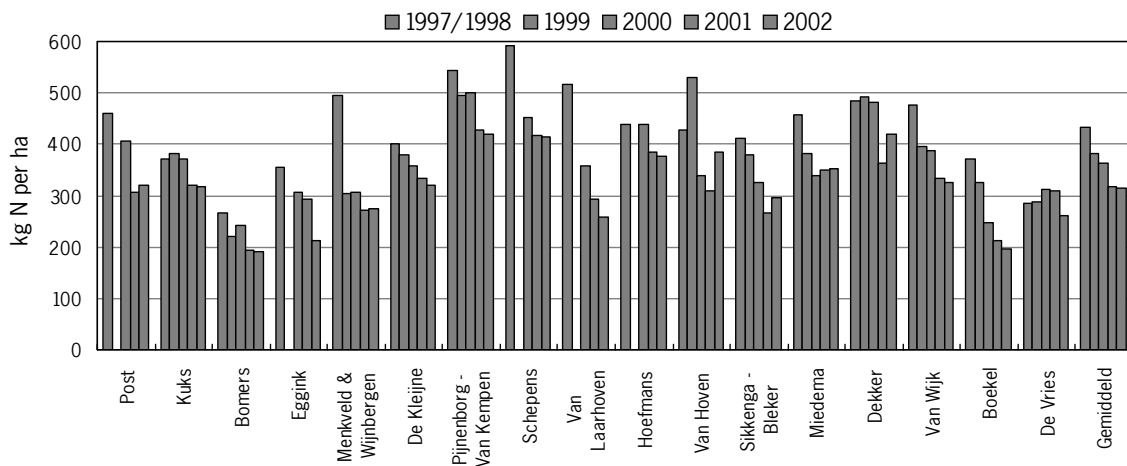
3.3 Grasland

De aanvoer van N totaal en N werkzaam naar grasland zijn van hetzelfde type als die van de bodembalans van grasland. Figuren 3.3 en 3.4 vertonen het verloop van resp. de aanvoer van N totaal en N werkzaam naar grasland voor vijf jaren. In Bijlage II is de aanvoer van N totaal en N werkzaam weergegeven in tabellen (Tabellen II.3 en II.4). De aanvoer van N totaal naar grasland is in vijf jaar gemiddeld afgenomen van 594 kg N/ha in 1997/1998 tot 466 kg N/ha in 2002. In het geval van de aanvoer van N werkzaam naar grasland is de gemiddelde afname van 433 kg N/ha in 1997/1998 tot 314 kg N/ha in 2002. Deze afname is voornamelijk het gevolg van het terugbrengen van de kunstmestgift; van 222 kg N/ha in 1997 tot 108 kg N/ha in 2002.

Figuur 3.3 Aanvoer N totaal naar grasland op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha



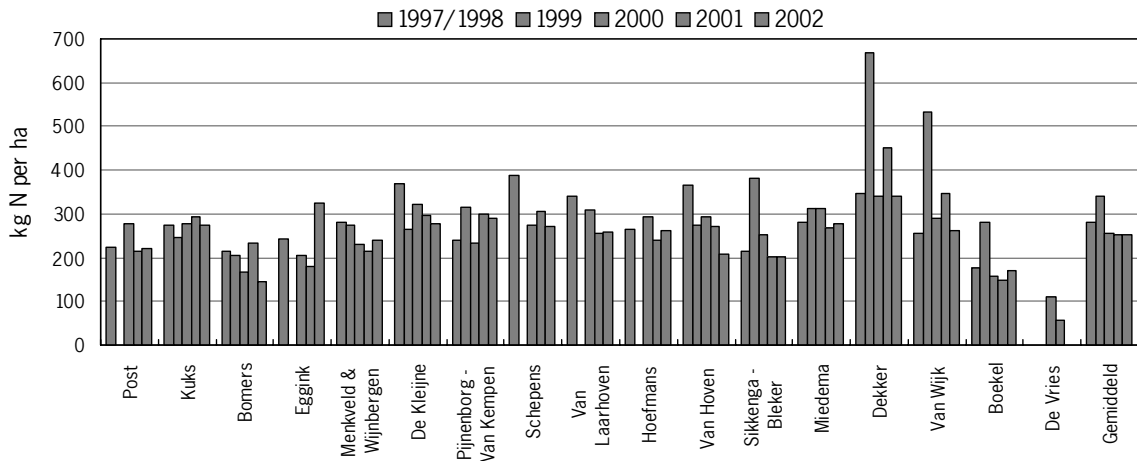
Figuur 3.4 Aanvoer N werkzaam naar grasland op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha



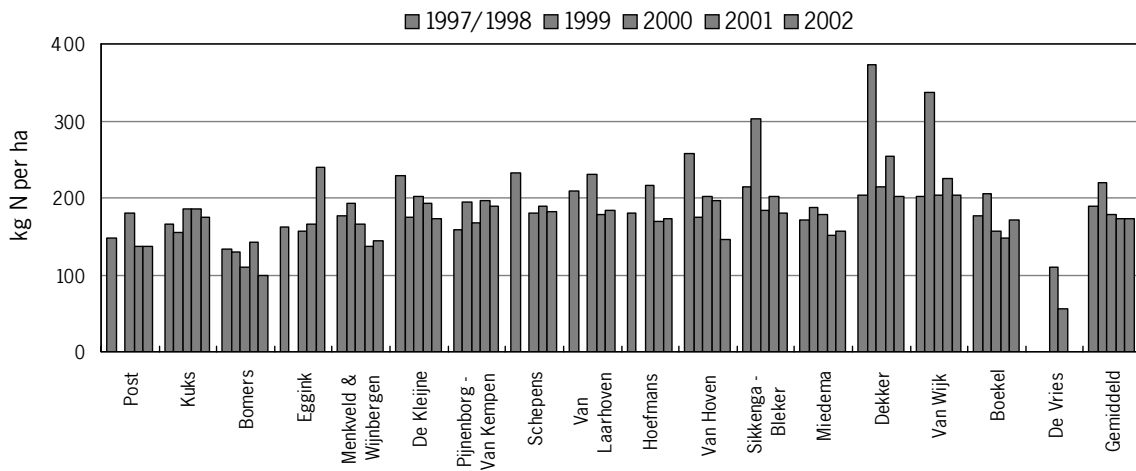
3.4 Bouwland

Het verloop van de aanvoer van resp. N totaal en N werkzaam naar bouwland voor vijf jaren is weergegeven in de Figuren 3.5 en 3.6. In Bijlage II is de aanvoer van N totaal en N werkzaam weergegeven in tabellen (Tabellen II.5 en II.6). In tegenstelling tot voorgaande aanvoer van N is bij bouwland de afname in de tijd minder groot. In 1997/1998 bedroeg de gemiddelde aanvoer van N totaal 280 kg N/ha en in 2002 was dat gedaald tot 252 kg N per ha. De aanvoer van N werkzaam laat hetzelfde patroon zien; van 189 kg N/ha in 1997/1998 tot 173 kg N/ha in 2002.

Figuur 3.5 Aanvoer N totaal naar bouwland op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha



Figuur 3.6 Aanvoer N werkzaam naar bouwland op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha



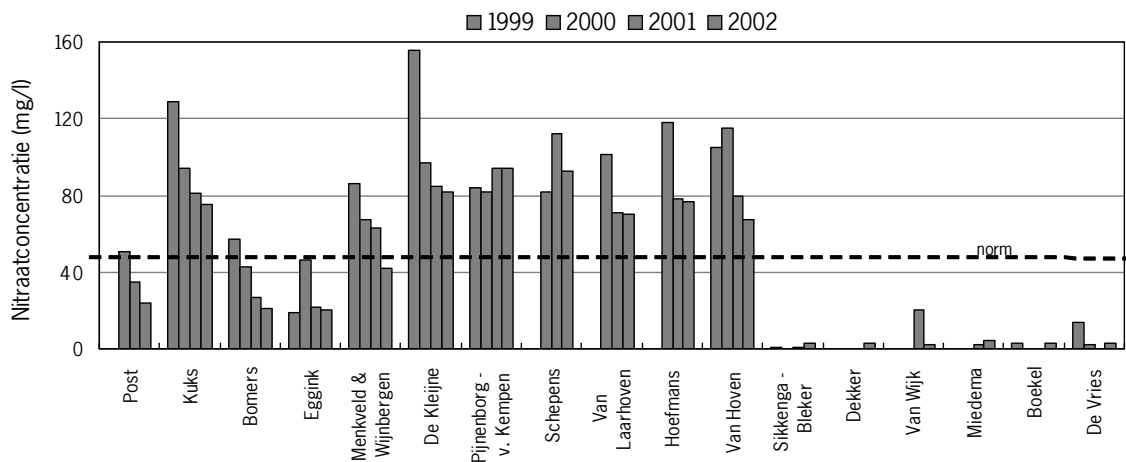
4 Nitraat in grond- en oppervlaktewater in relatie tot overschotten en in relatie tot aanvoer naar de bodem

Dit hoofdstuk behandelt de samenhang tussen N-overschotten (Hoofdstuk 2) en de N-aanvoer naar de bodem (Hoofdstuk 3) met de nitraatconcentraties van het bovenste grondwater. Om met deze laatste te beginnen geeft Paragraaf 4.1 een overzicht van de ontwikkeling van de nitraatconcentraties over de afgelopen jaren op bedrijfs- en gewasniveau. De invloed van de bedrijfsvoering op de nitraatconcentraties wordt nader bekeken in Paragraaf 4.2 (overschotten) en Paragraaf 4.3 (aanvoer bodem). Naast grondwater zijn ook metingen gedaan van het sloot- en drainwater. De resultaten hiervan staan resp. in Paragraaf 4.4 en 4.5.

4.1 Nitraatmeting

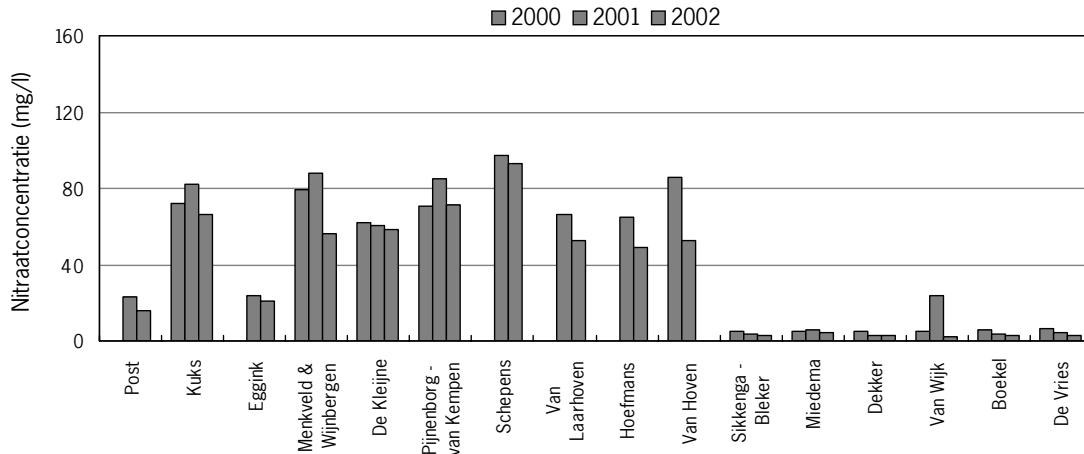
De hier gebruikte nitraatgegevens werden verzameld door het RIVM, in het kader van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM). De gegevens hebben betrekking op de bovenste meter van het grondwater. In de bovenste laag van het grondwater zijn veranderingen als gevolg van beheer het snelst meetbaar. Ook heeft er nog geen menging plaats gevonden met grondwater van buiten het bedrijf. In Oenema *et al.* (2002) is beschreven hoe de bemonstering in 'Koeien & Kansen' in zijn werk gaat. Details m.b.t. de door de RIVM gevolgde bemonstering- en analysemethode zijn beschreven in Fraters *et al.*, 2000. De in het verdere verloop gebruikte nitraatconcentraties zijn niet genormaliseerd voor effecten van weerjaren. Figuur 4.1 toont het verloop van de nitraatconcentratie voor vier jaren op de 'Koeien & Kansen' bedrijven. De Figuur laat een dalende trend zien voor de nitraatconcentratie in de loop der jaren. Van de 10 bedrijven op zandgrond realiseren 3 bedrijven de norm van 50 mg nitraat/l. Bedrijf Post is gelegen op dalgrond en bedrijf Bomers is biologisch. De 'zandbedrijven' Menkveld & Wijnbergen en De Kleine hebben percelen met een afwijkende grondsoort (vooral klei). De nitraatconcentraties op de bedrijven op klei- en veengrond bleken in bijna alle gevallen laag en ver onder de norm.

Figuur 4.1 Gemeten nitraatconcentratie (mg/l) op de Koeien & kansen bedrijven voor vier jaren

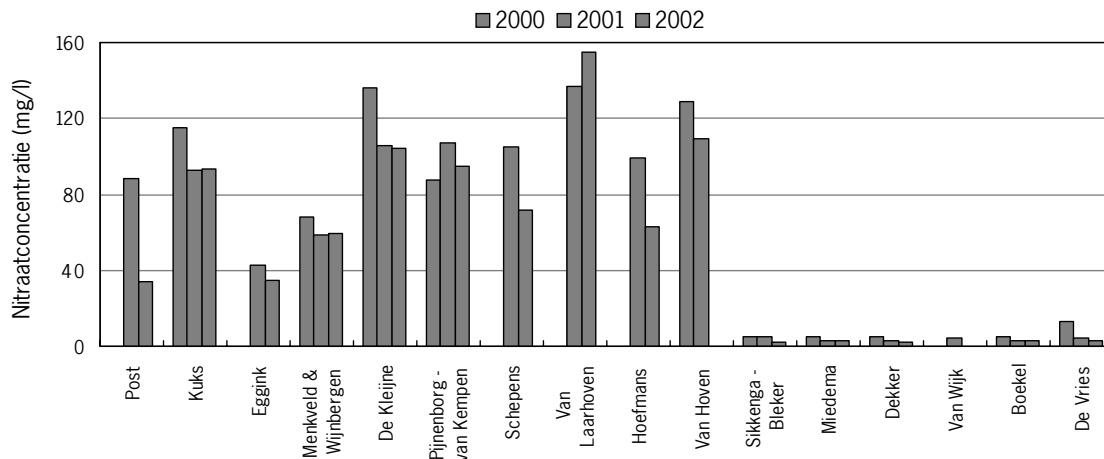


De voorgaande nitraatconcentraties hadden betrekking op het gehele bedrijf. De nitraatconcentraties zoals per individuele meetput bepaald m.b.v. de Nitrachek kleurtest zijn gebruikt om de nitraatconcentraties op gewasniveau (resp. grasland of bouwland) vast te stellen. Hiertoe zijn per bedrijf alle Nitrachek meetwaarden die betrekking hebben op grasland resp. bouwland in het jaar voorafgaand aan de meting geaggregeerd tot een bedrijfsgemiddelde waarde voor het betreffende gewas (bouwland betreft vrijwel steeds snijmaïs). De resultaten zijn weergegeven in de Figuren 4.1 en 4.2. Over het algemeen is de nitraatconcentratie van bouwland hoger dan van grasland. Op de meeste bedrijven zijn de nitraatconcentraties in de loop der jaren lager geworden, zowel op grasland als op bouwland. De nitraatconcentraties op klei- en veengrond zijn laag, zowel voor grasland als bouwland.

Figuur 4.2 Gemeten nitraatconcentratie (mg/l) onder grasland (het jaar voorafgaand van de meting) op de Koeien & kansen bedrijven voor drie jaren



Figuur 4.3 Gemeten nitraatconcentratie (mg/l) onder bouwland (het jaar voorafgaand van de meting) op de Koeien & kansen bedrijven voor drie jaren



4.2 Nitraat versus N-overschot

De gegevens die momenteel ter beschikking staan om het bedrijfsgemiddelde nitraatgehalte in het bovenste grondwater te relateren aan de bedrijfsvoering, hebben betrekking op de balansjaren 1999-2001 en de nitraat-meetjaren die daar telkens op volgen, dus de jaren 2000-2002. In het algemeen wordt verondersteld dat een groot deel van de ‘overtollige stikstof’ uit een gegeven groeiseizoen pas na afloop van het seizoen – in de winterperiode dus – uitspoelt, en dat de bijbehorende ‘piek’ in de nitraatconcentratie van het grondwater daarom pas na de winter (voorjaar, zomer of najaar) waargenomen wordt. Daarom verschilt de bedrijfsvoering (overschot) 1 jaar met de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. De hierna volgende analyse heeft alleen betrekking op de bedrijven op zandgrond.

Tabel 4.1 geeft de samenhang weer, uitgedrukt in de correlatiecoëfficiënt (r^2), tussen het overschot en de nitraatwaarde behorend bij het betreffende aggregatieniveau (bedrijfsareaal resp. ‘gewasareaal’). Dit zijn:

- het overschot op de MINAS-balans;
- het overschot op de werkelijke bedrijfsbalans;
- het overschot op de bedrijfsbodembalans;
- het overschot op de balans per ‘gewasareaal’ (‘gewasbalans’, resp. voor gras- en bouwland).

Tabel 4.1 Correlatiecoëfficiënt (r^2) bij lineaire regressie van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater op diverse indicatoren

Balansjaar	Overschot			
	MINAS	Werkelijk bedrijf	Bedrijfsbodem	Grasland Bouwland
1999	0.07	0.50	0.66 ^a	
2000	0.16	0.41	0.57	0.15 ^b 0.30 ^c
2001	0.27	0.46	0.53	0.38 ^b 0.69 ^c
Gehele periode 1999-2001	0.17	0.47	0.52	
Uitgaande van gemiddelde meetwaarden over drie jaren per bedrijf	0.22	0.54	0.67	

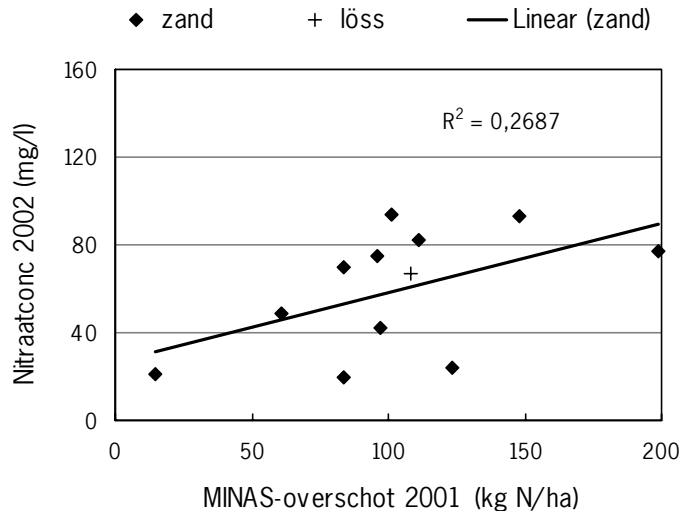
^a Deze waarde heeft betrekking op slechts 5 bedrijven waarvoor in balansjaar 1999 de mineralenkringloop volgens K&K-systematiek volledig bepaald kon worden.

^b Deze waarde heeft betrekking op alle zandbedrijven inclusief het bedrijf Post dat op veenkoloniale bodem ligt en afwijkend lage nitraatwaarden vertoont ten opzichte van de overige bedrijven.

^c Deze waarde heeft betrekking op alle zandbedrijven exclusief het bedrijf Post.

De resultaten weergegeven in Tabel 4.1 worden hieronder toegelicht.

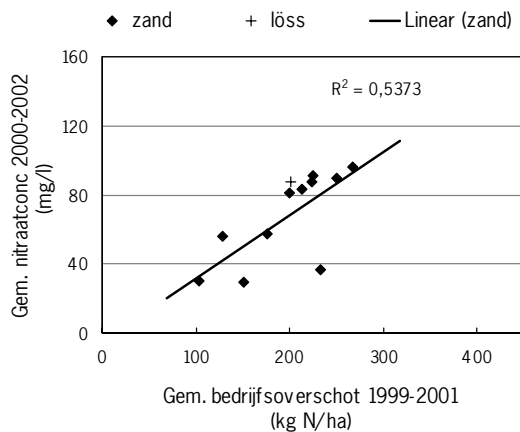
Figuur 4.4 Bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, versus N-overschot op de MINAS-balans in het voorafgaande jaar, seizoen 2001/2002. De lineaire regressielijn heeft betrekking op de zandbedrijven



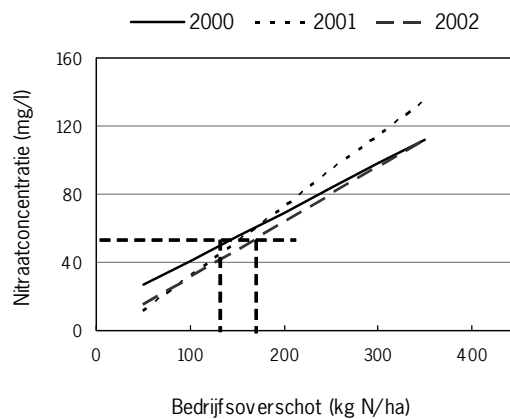
Het MINAS-overschot (Figuur 4.4 voor meetjaar 2001/2002) vertoont enige samenhang met de bedrijfsgemiddelde nitraatwaarde, maar het verband is vrij zwak. Tabel 4.1 laat zien dat de correlatie in sommige jaren erg laag is. Van de beschouwde overschotten scoort het MINAS-overschot het slechtst. De oorzaken zijn bekend: er treden soms vrij grote voorraadveranderingen op waarvoor de MINAS-balans niet gecorrigeerd wordt; daarnaast blijven sommige werkelijke balansposten geheel buiten beschouwing (ammoniakdepositie; N-binding door leguminosen) of worden verdisconteerd als verstekwaarden die mogelijk verschillen van de werkelijke (de diercorrectie om te corrigeren voor gasvormige verliezen die het grondwater dus niet belasten).

Het werkelijk bedrijfsoverschot scoort aanmerkelijk beter. Deze balans is wel gecorrigeerd voor voorraadveranderingen. De correlatiecoëfficiënt bereikt een waarde van 0.47 ($=r^2$) wanneer alle bedrijf-jaar combinaties als aparte datapunten beschouwd worden. Over het algemeen ligt de samenhang (r^2) per balansjaar tussen de 0.4 en 0.5. Figuur 4.5 toont de lineaire relatie die ontstaat nadat eerst de gemiddelde waarde per bedrijf over de drie meetseizoenen is vastgesteld (voor zowel overschot als nitraat), en vervolgens een regressie wordt uitgevoerd op de hieruit resulterende 'datapunten'. De hogere r^2 die op deze wijze bereikt wordt kan als enigszins geflatteerd gezien worden. In Figuur 4.6 zijn de regressielijnen voor de afzonderlijke jaren weergegeven. De relaties mogen dan blijkens deze figuur nogal verschillen tussen de drie meetjaren, de resultaten geven toch duidelijk aan dat de 50 mg/l richtlijn overschreden wordt bij een werkelijk overschot in de range van 140-160 kg N/ha, betrokken op het gehele bedrijfsareaal (gras- plus bouwland).

Figuur 4.5 Relatie tussen gemiddeld werkelijk bedrijfsoverschot in de periode 1999-2001 en de gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater over de periode 2000-2002

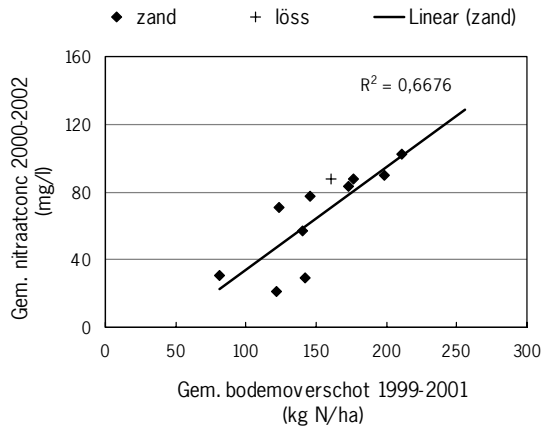


Figuur 4.6 Verband tussen werkelijk bedrijfsoverschot op de zandbedrijven en de nitraatconcentratie, vastgesteld door lineaire regressie op de afzonderlijke meetjaren. Het overschot waarbij 50 mg/l nitraat gevonden werd ligt tussen 140 en 160 kg N/ha

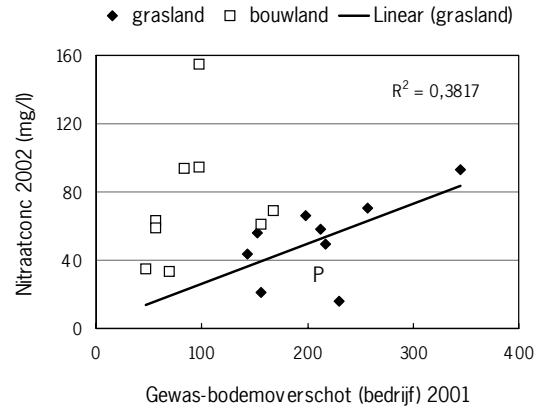


Het overschot op de bedrijfsbodembalans ontstaat na correctie voor (dus na aftrek van) gasvormige N-verliezen en het mag daarom verwacht worden dat dit 'gecorrigeerde overschot' een betere samenhang met nitraatwaarden vertoont dan de voorgaande overschotten. Dat blijkt enigszins het geval (Tabel 4.1). Bij de hoge score over balansjaar 1999 ($r^2=0.66$) dient wel vermeld te worden dat het hier slechts om een subset van vijf bedrijven gaat; voor de overige kon geen goede bodembalans worden opgesteld in dat jaar. Wordt een regressie uitgevoerd voor alle afzonderlijke bedrijf-jaar datapunten, dan wordt een correlatie gevonden van $r^2=0.52$. Wordt eerst een meerjarig gemiddelde per bedrijf bepaald en vervolgens de regressie uitgevoerd (Figuur 4.7), dan stijgt de correlatie tussen overschot op de bodembalans en de nitraatconcentratie ($r^2=0.67$). Deze waarde is aanmerkelijk hoger dan de overeenkomstige score voor het werkelijk overschot op de bedrijfsbalans (0.54).

Figuur 4.7 Relatie tussen gemiddeld bodemoverschot per bedrijf over de periode 1999-2001 en de gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater over de periode 2000-2002



Figuur 4.8 Relatie tussen het N-overschot op resp. gras- en maisareaal per bedrijf (zand-bedrijven) en de gemiddelde nitraatconcentratie onder het betreffende areaal. Het bedrijf Post gelegen op dalgrond is gemarkeerd met 'P'. Data meetseizoen 2001/2002



Werden in het voorgaande steeds overschotten op het aggregatieniveau 'bedrijf' beschouwd, hier volgt een analyse van de samenhang tussen het overschot op de bodembalans van de afzonderlijke 'gewasarealen' (grasland en bouwland; bouwland is vrijwel volledig maïsland) en de bijbehorende nitraatconcentratie. Deze balans werd voor twee jaar bepaald. De resultaten geven daarom geen stevige basis voor de beoordeling van deze indicator. Voor het maïsland wordt geen enkel verband gevonden tussen overschot en nitraatwaarde (Figuur 4.8). Voor het grasland wel; daar treffen we een redelijke samenhang aan tussen beide grootheden.

4.3 Nitraat versus N-aanvoer op de bodem

De voorgaande paragraaf behandelde de samenhang tussen nitraat en overschot. De volgende grootheid is de N-aanvoer naar de bodem en wordt in deze paragraaf op dezelfde manier onderzocht naar verbanden met nitraat. Tabel 4.2 geeft de samenhang weer, uitgedrukt in de correlatiecoëfficiënt (r^2), tussen de N-aanvoer en de nitraatwaarde behorend bij het betreffende aggregatieniveau (bedrijfsareaal resp. 'gewasareaal'). De N-aanvoer naar de bodem zijn:

- de aanvoer van N-totaal naar de bedrijfsbodem;
- de aanvoer van N-werkzaam naar de bedrijfsbodem;
- de aanvoer van N-totaal per 'gewasareaal' ('gewasbalans', resp. voor gras- en bouwland);
- de aanvoer van N-werkzaam per 'gewasareaal' ('gewasbalans', resp. voor gras- en bouwland).

Het onderscheid tussen N-totaal (N_{tot}) en N-werkzaam (N_{wz}) is beschreven in Paragraaf 3.1.

Tabel 4.2 Correlatiecoëfficiënt (r^2) bij lineaire regressie van de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater op diverse indicatoren

Balansjaar	Aanvoer bodem					
	Bedrijfsbodem		Grasland		Bouwland	
	Ntot	Nwz	Ntot	Nwz	Ntot	Nwz
1999	0.46 ^a	0.42 ^a				
2000	0.70	0.53	0.09 ^b	0.08 ^b		
2001	0.79	0.67	0.23 ^c	0.25 ^c	0.21 ^b	
			0.40 ^c	0.42 ^c	0.09 ^c	
Gehele periode 1999-2001	0.64	0.51				
Uitgaande van gemiddelde meetwaarden over drie jaren per bedrijf	0.74	0.60				

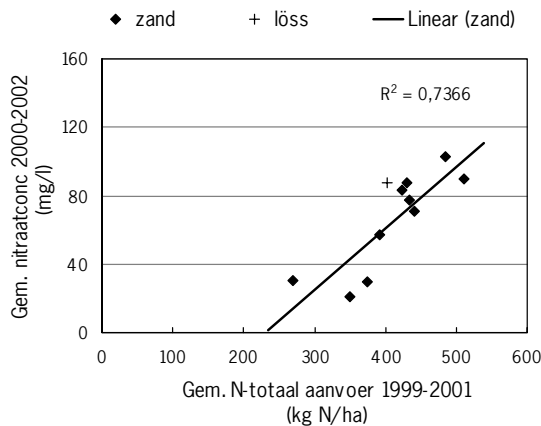
^a Deze waarde heeft betrekking op slechts 5 bedrijven waarvoor in balansjaar 1999 de mineralenkringloop volgens K&K-systematiek volledig bepaald kon worden

^b Deze waarde heeft betrekking op alle zandbedrijven inclusief het bedrijf Post dat op veenkoloniale bodem ligt en afwijkend lage nitraatwaarden vertoont ten opzichte van de overige bedrijven

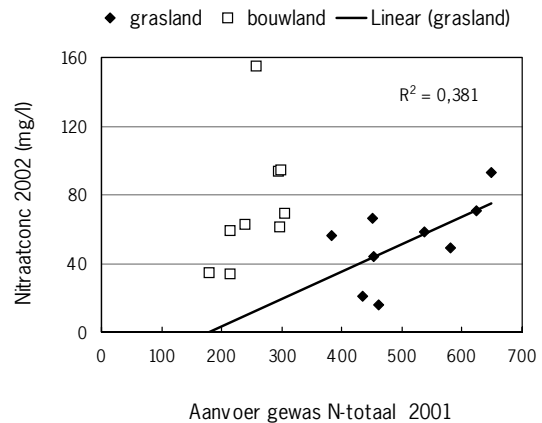
^c Deze waarde heeft betrekking op alle zandbedrijven exclusief het bedrijf Post

De N-aanvoer op de bedrijfsbodembalans is een grootheid die als nitraat-indicator nog weinig aandacht gekregen heeft. Toch geeft deze meetlat de beste samenhang te zien met de nitraatconcentratie onder het bedrijf: wanneer alle bedrijf-jaren beschouwd worden stijgt de r^2 -waarde voor de aanvoer van N-totaal tot 0.64 (tegen 0.52 voor het eerder beschouwde overschot op de bedrijfsbodembalans). Aanvoer van N-werkzaam scoort over het algemeen lager. Figuur 4.9 laat het resultaat zien nadat eerst per bedrijf de gemiddelden over de drie meetjaren zijn vastgesteld. De bijbehorende r^2 bedraagt dan 0.74.

Figuur 4.9 Relatie tussen gemiddelde N-totaal aanvoer op de bodembalans per bedrijf over de periode 1999-2001 en de gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater over de periode 2000-2002. De aanvoer is exclusief ammoniak die verloren gaat



Figuur 4.10 Relatie tussen de N-totaal aanvoer op resp. gras- en maïsareaal per bedrijf (zandbedrijven) en de gemiddelde nitraatconcentratie onder het betreffende areaal. Data meetseizoen 2001/2002. De aanvoer is nog inclusief de hoeveelheid N die bij toediening vervluchtigt



Het voorgaande betrof de N-aanvoer op het aggregatieniveau bedrijf, de volgende stap is de N-aanvoer naar de afzonderlijke 'gewasarealen'. Figuur 4.10 is het equivalent van Figuur 4.8, maar nu weer met de N-aanvoer (totaal) langs de x-as. Zomin als bij het overschot op bouwland (Figuur 4.8), wordt ook bij de aanvoer van N-totaal op bouwland geen duidelijk verband met de nitraatconcentratie gevonden. Op grasland is er wel weer een verband tussen aanvoer van N-totaal en nitraat, met $r^2=0.38$. Wordt het bedrijf Post (Veenkoloniën) uitgesloten, dan ligt deze waarde nog iets hoger (0.40). Namen we het overschot als verklarende grootheid (Tabel 4.1 en Figuur 4.8) voor dezelfde dataset (excl. bedrijf Post), dan werd een r^2 -waarde van 0.69 gevonden.

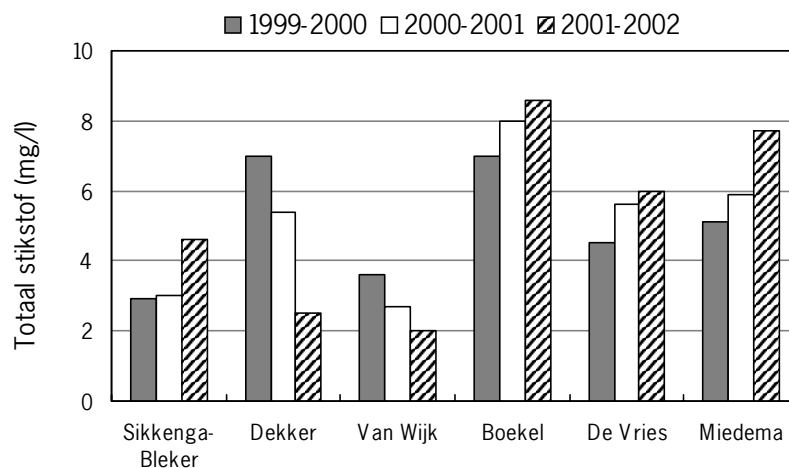
Terwijl voor de bedrijfsbodembalans de N-aanvoer de betere indicator lijkt (dan overschot), is het omgekeerde dus het geval voor het graslandareaal. Dit kan het gevolg zijn van het feit dat de aanvoer voor bouwland een betere indicator zou zijn dan het overschot (althans op korte termijn; zie Tabellen 4.1 en 4.2), maar zou ook deels veroorzaakt kunnen zijn door verschillen in rekensystematiek tussen het vaststellen van balansen op enerzijds het totale bedrijfsareaal, en anderzijds de onderscheiden gewasarealen.

4.4 Stikstof in slootwater

Dat de bedrijven die niet op zandgrond 'boeren' geen problemen zouden kennen met uitspoeling van voedingsstoffen naar grond- en oppervlaktewater is onjuist. Wel halen deze bedrijven (Paragraaf 4.1) op klei- en veengrond de nitraatnorm van 50 mg NO_3^- per liter voor het grondwater redelijk eenvoudig (zie ook Tabel III.1 in Bijlage III). De kwaliteit van het oppervlaktewater in de omringende en bedrijfssloten laat echter soms te wensen over zoals blijkt op basis van cijfers over 1999-2000, 2000-2001 en 2001-2002. In het oppervlaktewater wordt wel degelijk stikstof teruggevonden. Het bedrijf Miedema in Haskerdijken geldt als klei-op-veenbedrijf, en is ondanks dat de gebruikseigenschappen overeenkomen met een kleibedrijf, qua grondwatertypologie te beschouwen als een veenbedrijf. Het grondwater bevindt zich immers in de veenlaag onder het afsluitende kleidek (de dikte van het kleidek varieert van ca. 15 tot 30 cm). In Figuur 4.11 is voor de bedrijven waar slootwater wordt bemonsterd te zien hoe het concentratieverloop was in drie seizoenen. De referentie daarbij is de zgn. de MTR-norm (Maximaal Toelaatbaar Risico). Deze norm bedraagt 2,2 mg totaal-N per liter maar geldt echter als zomergemiddelde waarde voor stagnante eutrofiëringgevoelige wateren, terwijl de getoonde meetwaarden juist in de winter werden verkregen. De beschikbare stikstof wordt vooral in de zomerperiode door algen, wieren en waterplanten omgezet in biomassa, waardoor het N-gehalte in de zomermaanden waarschijnlijk wat lager zal liggen dan de waarden in Figuur 4.11.

Op alle veenbedrijven en op het bedrijf Sikkenga – Bleker op kleigrond werd een kleine stijging in N-gehalte te ontstaan, terwijl op de overige twee bedrijven juist sprake lijkt te zijn van een afname. De verschillen tussen de jaren kunnen zowel door weerseffecten (neerslag) als door veranderd beheer veroorzaakt zijn. Een langere meetreeks is nodig om hierover uitsluitsel te geven. Bovendien is de vraag of het bemonsteringsprotocol een betrouwbare schatting van het bedrijfsgemiddelde geeft.

Figuur 4.11 Totaalstikstof in slootwater voor drie meetseizoenen



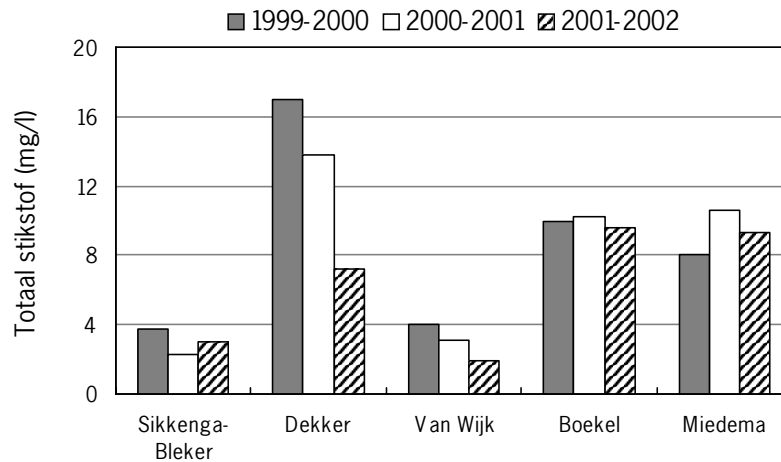
In het algemeen wordt er per bedrijf 4 keer per winterseizoen een meting verricht (bestaand uit 4 tot 8 verschillende slootmonsters, afhankelijk van het bedrijf), maar door omstandigheden kan het voorkomen dat de cijfers op slechts één meting zijn gebaseerd. Dit geldt evenzeer voor de drainwatermonsters (Paragraaf 4.5). Verbanden zoals tussen de in eerdere hoofdstukken genoemde bedrijfsoverschotten en de getoonde nitraatconcentraties zijn voor de slootwatergegevens voornamelijk niet aan te tonen op basis van de beschikbare gegevens.

4.5 Stikstof in drainwater

Drainwater wordt op dezelfde bedrijven bemonsterd als voor het slootwater, alleen bij het bedrijf De Vries in Stolwijk is geen (voldoende) drainage aanwezig. Hier lijkt bij de veenbedrijven en het kleibedrijf Sikkenga – Bleker de verschillen in totaalstikstof tussen de jaren gering, terwijl de andere bedrijven een afname lijken te vertonen (Figuur 4.12). Op de veengronden zijn de gehalten aan ammonium-N en organisch gebonden N van nature hoger vanwege de oorsprong van de bodem. Ook treedt hier vanwege een zuurstofarme toestand (hoge grondwaterstanden) weinig omzetting van ammonium-stikstof op naar nitraat, zoals wel het geval is bij kleigronden (Oenema *et al.*, 2002).

Daar drainwater beschouwd kan worden als grondwater afkomstig uit de bovenste meter is als referentie allereerst de norm van 50 mg NO₃⁻ per liter van kracht. Nadat dit drainwater in de sloot afwatert, vormt het samen met het reeds aanwezige slootwater het oppervlaktewater. Voor dit water is de MTR-norm van 2,2 mg N/l richtinggevend, evenals de streefwaarde van 1 mg/l. Met welke norm de kwaliteit van drainwater ook wordt gekoppeld, enige voorzichtigheid is geboden. Op veengronden wordt bijvoorbeeld nagenoeg geen nitraat-stikstof gemeten, de stikstof is namelijk aanwezig als ammonium-N en in organisch gebonden vorm (Oenema *et al.*, 2002).

Figuur 4.12 Totaalstikstof voor drainwater voor drie meetseizoenen



5 Discussie en conclusies

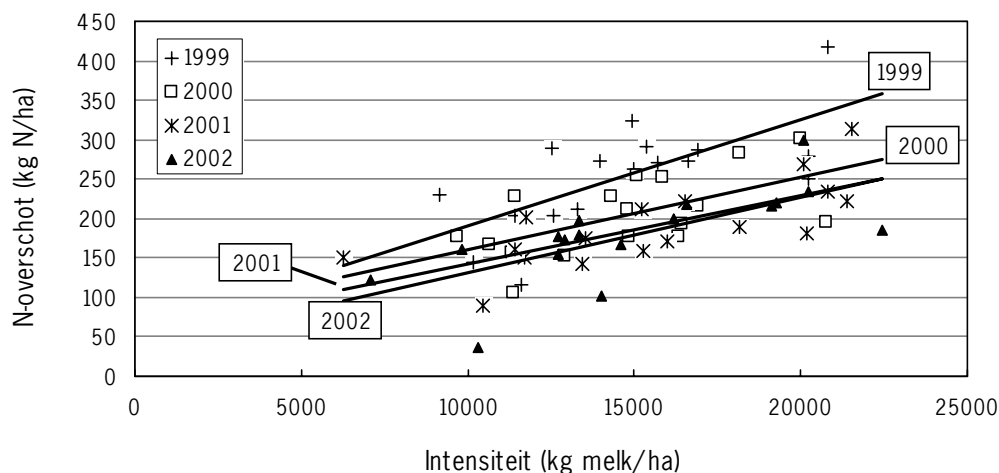
5.1 Overschot of aanvoernorm?

Uit proeven is gebleken dat variatie in de bodemvruchtbaarheid van de bodem de relatie tussen milieukwaliteit en overschot nogal kan vertroebelen (zie Bijlage IV). Overschot werkt alleen indien het bodemsysteem verkeert in een 'steady state'. De veronderstelling is dat N-aanvoer naar de bodem een betere maatstaf is voor milieukwaliteit in een bodemsysteem op weg naar een 'steady state' situatie.

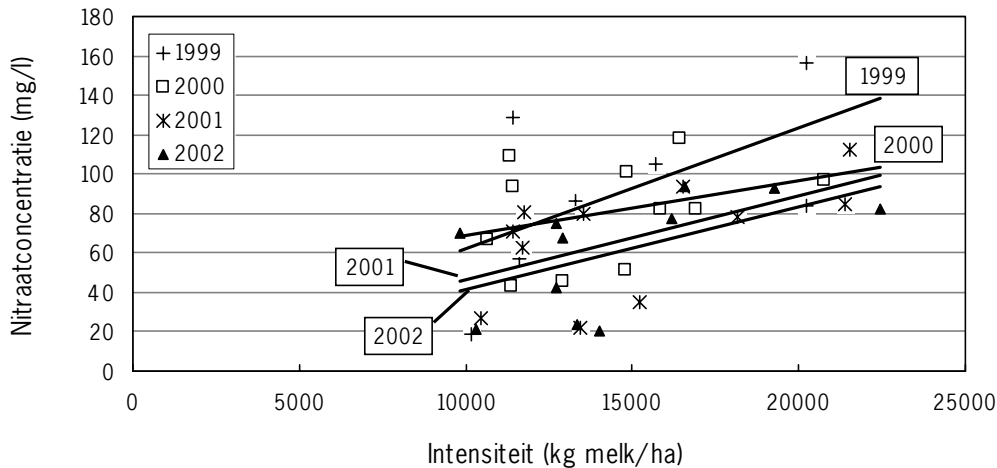
Voor alle in deze studie behandelde meetseizoenen (1999/2000, 2000/2001 en 2001/2002) werd er op de zandgronden een duidelijk en lineair verband geconstateerd tussen het werkelijk bedrijfsoverschot en de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. Ook werd een goed verband aange- toond tussen bodemoverschot en nitraatconcentratie. De bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie vertoonde een minder goed verband met het MINAS-overschot dan met het werkelijke bedrijfsoverschot. Een oorzaak is voorraadveranderingen op het bedrijf, waar MINAS geen rekening mee houdt. Toch werd ook hier een positieve correlatie gevonden. Op alle klei- en veenbedrijven lag de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in alle meetjaren zeer laag: in het algemeen tussen 0 en 5 mg/l. Er werd geen response gevonden van de nitraatconcentratie op het bedrijfsoverschot of het MINAS-overschot. In het slotwater op deze bedrijven bevindt zich echter nog wel meer stikstof dan de streefwaarde aangeeft.

De daling van de N-overschotten zijn vrij fors als gevolg van het nemen van maatregelen op de bedrijven (Galama *et al.*, 2000; Oenema *et al.*, 2001). Het verlagen van de kunstmestgift is vooral als maatregel genomen. Eerder werd geconstateerd dat de variatie in N-overschotten tussen de bedrijven groot is, maar ook binnen een bedrijf. Variatie in overschotten tussen bedrijven is onder andere te verklaren door een verschil in intensiteit tussen de bedrijven. Gemiddeld is het overschot op intensieve bedrijven hoger dan op extensieve bedrijven (Oenema & Aarts, 2005). Op grond van het voorafgaande mag dus óók een positief verband verwacht worden tussen intensiteit en nitraatconcentratie. Figuur 5.1 toont voor opeenvolgende jaren de samenhang tussen intensiteit (melkproductie/ha) en het werkelijk N-overschot op de totale bedrijfsbalans van de 'Koeien & Kansen'-bedrijven. Figuur 5.2 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. Volgens de regressielijnen voor 2002 zou elke extra ton melk/ha het overschot doen stijgen met circa 10 kg N/ha. De nitraatconcentratie zou toenemen met circa 3.5 mg/l per ton extra melk/ha. Dit zijn ruwe eerste schattingen, maar ze geven een indicatie en genoemde patronen zijn consistent over de vier meetjaren.

Figuur 5.1 Intensiteit uitgezet tegen het N-overschot op de werkelijke bedrijfsbalans voor vier jaren in 'Koeien & Kansen' (Oenema & Aarts, 2005)



Figuur 5.2 Intensiteit uitgezet tegen nitraatconcentratie van het bovenste grondwater voor vier jaren op 'Koeien & Kansen'-bedrijven op zandgrond



Gemiddeld over drie meetseizoenen bleek op de zandgronden de grenswaarde van 50 mg nitraat per liter overeen te komen met een werkelijk bedrijfsoverschot in de orde van 140 à 160 kg N ha⁻¹ (Figuur 4.6). Deze waarden geven een houvast om te bepalen bij welk MINAS-overschot dezelfde grondwaterkwaliteit behaald zou worden. De stap van het werkelijk bedrijfsoverschot naar het MINAS-overschot is als volgt:

- Werkelijk bedrijfsoverschot – depositie – stikstofbinding door klaver – diercorrectie = MINAS-overschot

Door schattingen voor depositie, N-binding door klaver en diercorrectie (samen ca 70 kg N/ha) in mindering te brengen op de hier vastgestelde werkelijke overschotten, wordt de problematiek van het bepalen van de voorraadveranderingen (welke ontbreken in de MINAS systematiek) omzeild, en zo wordt een betere schatting gemaakt van het MINAS-overschot waarbij de 50 mg/l richtlijn overschreden wordt. Dat MINAS-overschot komt dan tussen 70 en 90 kg N/ha te liggen voor de zandgronden. Aangezien op de 'Koeien & kansen' bedrijven de N-inputs sinds enkele jaren dalen, zal er nog geen 'evenwicht' zijn. Genoemde schatting van het overschot bij de 50 mg nitraat/l zal daarom te laag zijn. Immers, wanneer het (nu gereduceerde) niveau van N-input (aanvoer op bedrijfs- of bodembalans) enige tijd gehandhaafd blijft, zal de N-levering uit de bodem dalen en daarmee zal het overschot toenemen. Natuurlijk zullen de verliezen naar het milieu eerder afnemen dan toenemen, zodat straks een hoger overschot toelaatbaar is dan de waarde die thans bij 50 mg nitraat/l gevonden wordt. Hoeveel hoger is echter moeilijk vast te stellen. In Bijlage IV wordt de hier bovengenoemde aanname toegelicht.

Enige samenhang tussen het bodemoverschot met de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater op gewasniveau per bedrijf (vastgesteld per bedrijf na aggregatie van alle grasland- resp. bouwlandpercelen) werd voor bouwland niet gevonden en voor grasland wel, al waren de data nog beperkt. Een mogelijke verklaring waarom op bouwland geen verband werd gevonden ligt in een 'variabele bodemvruchtbaarheid', dat wil zeggen, een N-levering uit de bodem die tussen de meetlocaties (bedrijven) varieert. Veel maïsland in de veehouderij is jarenlang overbemest met drijfmest, en het duurt vele jaren voordat die voorraad gereduceerd is tot een omvang passend bij de huidige maïsteelt op de 'Koeien & Kansen' bedrijven. Een aanwijzing voor deze verklaring wordt gevonden op basis van een 100-tal N-trappenproeven (Ten Berge, 2002). Daaruit blijkt dat de hoeveelheid residuaire minerale N bij oogst (hier even als maat genomen voor potentiële nitraatuitspoeling) een veel hogere correlatie vertoont met de N-aanvoer ($r^2=0.36$) dan met het overschot ($r^2=0.16$), wat - conform de in Bijlage IV gepresenteerde theorie - optreedt wanneer twee zaken samengaan: een 'variabele bodemvruchtbaarheid' en het ontbreken van 'steady state' evenwicht (zie ook Ten Berge & Hack-ten Broeke, 2004).

Een ander aspect dat uit de resultaten van de relatie tussen nitraatconcentratie en overschot op gewasniveau naar voren kwam was de over het algemeen lagere nitraatconcentratie onder gras dan onder bouwland, terwijl de overschotten op grasland toch wel 100 à 150 kg N/ha hoger waren (Figuur 4.8). Er bestaat geen zekerheid over de voornaamste oorzaak hiervan. Vermoed wordt dat zowel potentiële denitrificatie als accumulatie (van N in wortels en stoppels en de daaruit ontstane organische stof) onder gras veelal hoger zijn dan onder bouwland. Ten faveure van denitrificatie speelt ook nog een rol de vaak wat nattere ligging van de graslandpercelen binnen een bedrijf, ten opzichte van bouwland. Verder onderzoek met

waarnemingen over (zeer) lange termijn is nodig om het verschillende gedrag van beide gewassen volledig op te helderen, vooral met betrekking tot de effecten van scheuren en de duur van de opbouwfase. Hoe dan ook, voorlopig lijken overschotten van ca 200 kg N/ha geoorloofd op grasland, volgens de regressielijn in Figuur 4.8.

Tot zover het overschot als indicator voor waterkwaliteit. Dan nu de N-aanvoer naar de bodem. Net als bij het overschot werd voor alle in deze studie behandelde meetseizoenen (1999/2000, 2000/2001 en 2001/2002) op de zandgronden een duidelijk en lineair verband geconstateerd tussen de aanvoer van N-totaal en de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. Zowel per meetseizoen, als 'overall' (alle jaren beschouwd), als ook wanneer eerst een gemiddelde per bedrijf over de jaren wordt bepaald, zijn de correlaties tussen aanvoer van N-totaal en nitraatconcentratie beter (Tabel 4.2) dan die tussen overschot (zowel bedrijfs- als bodemoverschot) en de nitraatconcentratie (Tabel 4.1). Waarom het plausibel is dat de aanvoer van N-totaal inderdaad beter scoort zolang er variatie in bodemvruchtbaarheid bestaat en er in de bedrijven nog geen evenwicht bereikt is, is toegelicht in Bijlage IV. Als nadeel van deze indicator moet genoemd worden dat het niet eenvoudig is de totale N-aanvoer op de bodembalans van een melkveebedrijf te bepalen, wegens de grote interne N-stromen. Gezien het nieuwe mestbeleid is het relevant stil te staan bij de toelaatbare jaarlijkse N-aanvoer op de bodembalans zoals die gemiddeld over deze set 'Koeien & Kansen' bedrijven naar voren komt: bij ca 350 kg N/ha wordt de 50 mg/l nitraatconcentratie bereikt (Figuur 4.9). Let wel, deze waarde heeft betrekking op de gehele set van bedrijven op zandgrond; de meeste daarvan hebben een flink areaal maïs. Verder moet er op gewezen worden dat óók deze aanvoerdrempel van 350 kg N/ha - zoals de voornoemde 'overschot-drempels' - een onderschatting moet zijn van de op termijn toelaatbare aanvoer, omdat er nog geen evenwicht bereikt is.

Tussen de gewassen wordt voor N-aanvoer hetzelfde patroon gevonden als voor N-overschot: een goede samenhang met nitraat voor grasland en vrijwel geen samenhang voor bouwland. Op gewasniveau wordt echter geen bevestiging gevonden van de eerdere constatering (op bedrijfsniveau) dat N-aanvoer een betere indicator voor nitraat zou zijn dan N-overschot. Naar de oorzaken kan nu slechts gegist worden. Binnen de systematiek van het opdelen van bedrijf naar gewasniveau zijn kanttekeningen te melden. Zowel voor de bepaling van de overschotten als de N-aanvoer is de behoefte aan informatie groter dan voor het bedrijf in zijn geheel. Het achterhalen van deze extra informatie op praktijkbedrijven blijft moeilijk. Andere kanttekening is de nitraatconcentratie op gewasniveau. De hier toegepaste methode van nitraatmeting is gebaseerd om op bedrijfsniveau een nitraatconcentratie vast te stellen. Het splitsen van de metingen naar gewasniveau en vervolgens middelen is dan per definitie onnauwkeuriger. Voor betrouwbaardere nitraatconcentraties zou de intensiteit van metingen per gewas verhoogd moeten worden. Onderzoek op De Marke heeft aangetoond dat de variatie in nitraat per gewas en zelfs per perceel groot kunnen zijn (Verloop *et al.*, 2004).

5.2 Hoe waarborgen van de milieukwaliteit in de toekomst?

Indien de MINAS-systematiek gehandhaafd was als basis voor het mestbeleid in Nederland, dan had het toelaatbaar overschot – op grond van de hier gegeven resultaten – gereduceerd moeten worden. Tevens zou de systematiek voor het bepalen van het balansoverschot zodanig aangepast worden, dat meer een volledige balans beschouwd wordt. Het overschot op de werkelijke bedrijfsbalans zou dan een maat die nu reeds een redelijke correlatie met de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater vertoont. Verwacht mag worden dat die samenhang verder verbetert naarmate de systemen naar een 'steady state' evolueren.

Nu echter besloten is dat het mestbeleid ook in Nederland de Europese lijn zal volgen in de vorm van een gebruiksnormenstelsel, past het om de verdere discussie en interpretatie van voorliggende gegevens te richten op normstelling in het nieuwe stelsel; daarbij speelt de aangevraagde derogatie voor N-aanvoer op grasland een belangrijke rol. Zonder zo'n aanvoernorm kan er gedurende lange tijd op bedrijven met vruchtbare bodem zwaarder bemest worden dan op de bedrijven met 'armere' bodem, terwijl daar landbouwkundig juist minder noodzaak toe is en de verliezen naar het milieu bovendien groter zijn op die 'rijkere' bodems. Een systeem gebaseerd op een toelaatbaar overschot resulteert in een verhoogde aanvoer op een 'rijkere' bodem, doordat de afvoer daar 'van nature' al hoger is. Een stelsel met aanvoernormen heeft dit nadeel niet.

Gegeven dat de meeste bedrijven in het verleden fors hogere overschotten hadden (Aarts *et al.*, 1992; 1999; Bos *et al.*, 2003), en dat die situatie gedurende tenminste tien of vijftien jaren bestaan heeft, dan mag aangenomen worden dat de bodemvruchtbaarheid in de 'Koeien & Kansen' bedrijven nu aan het afnemen is onder invloed van de huidige verliesnormen. Stel dat een bedrijf nu bij een werkelijk bedrijfsoverschot van 150 kg N/ha en een aanvoer van N-totaal van 350 kg/ha op de bodembalans precies aan de 50 mg/l nitraat

voldoet, en zich in genoemde transitie van afnemende bodemvruchtbaarheid bevindt. Dan kan de huidige mineralenbalans op twee manieren 'bevroren' worden om het effect op termijn te beschouwen van deze status quo. De eerste is: de aanvoer op de bodembalans handhaven op het huidige niveau van 350 kg/ha. De tweede is het overschot van 150 kg/ha te handhaven. In het eerste geval zal de nitraatconcentratie dalen tot beneden 50 mg/l, en het overschot stijgen tot boven 150 kg/ha (immers: gelijke gift op armere bodem geeft hoger overschot). Dat zal voortgaan totdat de werkelijke verliezen gelijk zijn aan het overschot dat dan ontstaat, en dat groter dan 150 kg/ha is. De ingestelde aanvoer van 350 kg/ha ligt dan lager dan nodig om aan het 50 mg/l criterium te voldoen. In het tweede geval ('bevroren overschot' van 150 kg/ha) is duidelijk dat we na verloop van tijd op een lagere (dan 350 kg/ha) N-aanvoer uitkomen omdat bij dalende bodemvruchtbaarheid de N-gift steeds verlaagd moet worden teneinde het overschot gelijk te houden. Maar die N-aanvoer was al te laag!

De praktische betekenis van het voorgaande is dat, als we uit de gepresenteerde regressielijnen van 'Koeien & Kansen' bedrijven een toelaatbare drempelwaarde willen aflezen, we dan moeten kiezen voor gebruik van de lijn die het verband tussen N-aanvoer en nitraat weergeeft, omdat het alternatief (aanscherping van een toelaatbaar overschot op basis van Figuur 4.5, 4.6 of 4.7) een norm oplevert die strenger is dan op termijn nodig is voor het gewenste milieuresultaat. Een maximale aanvoer van 350 kg N/ha is voor de groep 'Koeien & Kansen' bedrijven dus een betere maat dan een overschot van 150 kg/ha, voorop gesteld dat we een nitraatconcentratie van 50 mg/l als doel hebben. De aanvoernorm moet dan voor de 'Koeien & kansen' groep iets hoger zijn dan een aanvoer van N-totaal van 350 kg/ha, maar de waarde zou per bedrijf vastgesteld moeten worden op basis van de actuele gras- en maïsarealen.

De normen volgens de door Nederland in Brussel aangevraagde derogatie komen overeen met een aanvoer van stikstof in dierlijke mest van 250 kg/ha en een totale aanvoer van werkzame N van 227 kg/ha (LNV, 2004; VROM, 2004). Bij een werking van 45% van de dierlijke mest (een systeem mét beweiding) betekent dit dat er naast de 250 kg N in dierlijke mest nog 115 kg kunstmest-N gegeven mag worden. De totale N-aanvoer bedraagt dan 365 kg/ha. Wanneer we dit cijfer vergelijken met de in deze studie gevonden waarde voor de toelaatbare N-aanvoer (350 kg/ha), gemiddeld over de 'Koeien & Kansen' bedrijven op zandgrond, vinden we een verschil van 15 kg N/ha tussen deze beide waarden. Dit moet deels toegeschreven worden aan verschillen in de gehanteerde definitie. In de waarde 350 kg N/ha die bij 'Koeien & Kansen' werd vastgesteld zijn *wel* de depositie (40 kg N/ha) en *niet* de ammoniak verliezen tijdens toediening van dierlijke mest (10% van 250 = 25 kg N/ha) inbegrepen. Na correctie voor deze verschillen resteert nog een verschil van 30 kg/ha $((365 + 40) - (350 + 25))$ tussen de totale N-aanvoer volgens de Nederlandse derogatie, en die welke volgens 'Koeien & Kansen' toelaatbaar zou zijn. Zoals in dit rapport betoogt, zal met het teruglopen van de stikstofvoorraad in de bodem de toelaatbare aanvoer mogelijk nog wat stijgen, zodat het verschil tussen beide cijfers, te weten 30 kg N/ha, kleiner zal worden. De resultaten van deze studie lijken dus dicht bij hetgeen in de Nederlandse derogatie aanvraag wordt betoogd.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., E.E. Biewinga & H. Van Keulen, 1992.
Dairy farming systems based on efficient nutrient management. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 40: 285-299.
- Aarts, H.F.M., B. Habekotté, G.J. Hilhorst, G.J. Koskamp, F.C. Van der Schans & C.K. De Vries, 1999.
Efficient resource management in dairy farming on sandy soil. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 47: 153-167.
- Bos, J., H.F.M. Aarts, E.E. Biewinga, R.L.M. Schils, J.J. Schröder, G.L. Velthof & W.J. Willems, 2003.
Nutrient management on farm scale: attaining policy objectives in regions with intensive dairy farming – the Dutch case. Paper presented at the Nitrate Directive workshop, Quimper, France
- Fraters, B., M.M. van Eerd, D.W. de Hoop, P. Latour, C.S.M. Olsthoorn, O.C. Swertz, F. Verstraten & W.J. Willems, 2000.
Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland, Achtergrondinformatie periode 1992-1997 voor de landenrapportage EU-nitraatrichtlijn. Bilthoven, RIVM rapport 718201
- Galama, P.J., G.A. Evers & M.H.A. de Haan, 2000.
Versneld naar MINAS-eindnormen: Milieu- en inkomenseffecten van mineralen maatregelen op Koeien & Kansen bedrijven. Koeien & Kansen rapport no. 5, 40 pp.
- Henkens, P. & H. van Keulen, 2001.
Mineral Policy in the Netherlands and nitrate policy within the European Community. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 49: 117-134.
- LNV, 2004.
Brief Minister Veerman aan de Voorzitter van de Tweede Kamer (DL.2004/1608). Ministerie van LNV, Den Haag, 24 pp.
- Oenema, J. & H.F.M. Aarts, 2005.
Het mineralenspoor in 'Koeien & Kansen'; mineralenstromen over de periode 1999 t/m 2003. Rapport nr. 92. Plant Research International, Wageningen, 74 pp.
- Oenema, J., H.F.M. Aarts & B. Habekotté, 2000.
Het mineralenspoor in 'Koeien & Kansen'; uitgangssituatie mineralenstromen. Rapport nr. 9, Plant Research International, Wageningen, 26 pp.
- Oenema, J., H.F.M. ten Berge, C.J. de Jong & B. Fraters, 2002.
Stikstofoverschotten in 'Koeien & Kansen' en de relatie met nitraatconcentratie in grond- en oppervlaktewater; analyse stikstofoverschotten in 1997-2000 en nitraatconcentraties in 1999-2001. Rapport nr. 49, Plant Research International, Wageningen, 81 pp.
- Oenema, J., G.J. Koskamp & P.J. Galama, 2001.
Guiding commercial farms to bridge the gap between experimental and commercial dairy farm; the project 'Cows & Opportunities. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 49: 277-296.
- Ten Berge, H.F.M. (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.

Ten Berge, H.F.M. & M.J.D. Hack-ten Broeke, 2004.

Bindrapportage van de milieuresultaten behaald in de Nitraatprojecten (1999-2003). Deel I. Synthese en conclusies. Rapport nr. 75A, Plant Research International, Wageningen, 48 pp.

Ten Berge, H.F.M., H.G. van der Meer, L. Carlier, T. Baan Hofman & J.J. Neeteson, 2002.

Limits to nitrogen use on grassland. Environmental Pollution 118: 225-238.

Verloop, J., J. Oenema, L.B.J. Šebek & G.J. Hilhorst, 2004

Variatie van stikstofoverschotten en nitraatconcentraties binnen een bedrijfssysteem. Verkenning op grond van gegevens van 'De Marke'. Project De Marke, rapport 47, 34 pp.

VROM, 2004.

Brief staatssecretaris van Geel aan de Voorzitter van de Tweede Kamer (BWL/2004064070). Ministerie van VROM, Den Haag, 2 pp.

Bijlage I Bedrijfs- en gewasoverschotten in ‘Koeien & Kansen’**Tabel I.1** Stikstofoverschotten op de werkelijke bedrijfsbalans op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha

	1997/1998	1999	2000	2001	2002
Post	264	273	213	211	180
Kuks	228	211	228	202	178
Bomers	186	116	106	90	55
Eggink	169	145	153	154	113
Menkveld & Wijnbergen	259	212	167	151	154
De Kleijne	194	251	196	222	184
Pijnenborg - Van Kempen	242	278	252	221	209
Schepens	424	272	215	314	233
Van Laarhoven	296	262	176	162	160
Hoefmans	248	291	194	190	199
Van Hoven	286	270	157	176	173
Sikkenga - Bleker	270	324	255	171	197
Miedema	313	289	176	268	232
Dekker	281	417	302	234	299
Van Wijk	366	290	282	182	217
Boekel	275	230	175	150	123
De Vries	214	203	228	158	166
Gemiddeld	266	255	204	192	181

Tabel I.2 Stikstofaanvoer op de werkelijke bedrijfsbalans op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha

	1997/1998	1999	2000	2001	2002
Post	349	486	298	367	300
Kuks	281	285	335	247	289
Bomers	257	198	170	185	169
Eggink	283	234	232	254	219
Menkveld & Wijnbergen	393	332	229	240	247
De Kleijne	428	320	304	405	346
Pijnenborg - Van Kempen	510	472	369	356	374
Schepens	559	453	300	395	346
Van Laarhoven	443	396	296	234	210
Hoefmans	378	400	309	407	314
Van Hoven	441	394	243	291	271
Sikkenga - Bleker	357	415	348	294	284
Miedema	394	272	301	370	354
Dekker	531	587	486	459	504
Van Wijk	488	425	404	368	361
Boekel	382	288	205	193	166
De Vries	331	280	287	322	270
Gemiddeld	400	367	301	317	296

Tabel I.3 Fosforaanvoer op de werkelijke bedrijfsbalans op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg P/ha

	1997/1998	1999	2000	2001	2002
Post	38	61	34	43	36
Kuks	30	26	36	20	32
Bomers	29	22	15	15	16
Eggink	23	22	18	25	18
Menkveld & Wijnbergen	34	25	17	18	21
De Kleijne	56	26	30	53	38
Pijnenborg - Van Kempen	49	43	33	35	34
Schepens	51	40	32	48	32
Van Laarhoven	34	27	19	20	19
Hoefmans	33	39	27	31	27
Van Hoven	55	41	21	33	25
Sikkenga - Bleker	58	280	31	24	25
Miedema	40	32	33	46	40
Dekker	68	62	49	44	51
Van Wijk	51	56	47	60	59
Boekel	32	18	14	14	12
De Vries	29	26	18	25	25
Gemiddeld	42	50	28	33	30

Tabel I.4 MINAS-overschot, MINAS-eindnorm (2003), de afwijking van het overschot ten opzichte van de eindnorm (kg N/ha) en de intensiteit (quotum) op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren

	1997/1998					1999					2000					2001					2002								
	Overschot	MINAS-eindnorm	Overschotnorm	Quotum/ha (kg melk)	Overschot	MINAS-eindnorm	Overschotnorm	Quotum/ha (kg melk)	Overschot	MINAS-eindnorm	Overschotnorm	Quotum/ha (kg melk)	Overschot	MINAS-eindnorm	Overschotnorm	Quotum/ha (kg melk)	Overschot	MINAS-eindnorm	Overschotnorm	Quotum/ha (kg melk)	Overschot	MINAS-eindnorm	Overschotnorm	Quotum/ha (kg melk)	Overschot	MINAS-eindnorm	Overschotnorm	Quotum/ha (kg melk)	
Post	212	135	77	12204	330	132	198	13991	142	123	19	14793	124	132	-9	15228	103	136	-33	13333									
Kuuls	143	142	1	10123	138	141	-3	10262	188	152	36	11424	96	152	-57	11769	134	152	-18	11828									
Bomers	51	144	-92	12935	6	143	-138	11631	-11	139	-151	11344	15	154	-139	10470	10	154	-144	10321									
Eggink	100	118	-18	13383	93	127	-34	10188	74	120	-45	12926	84	131	-48	13462	38	141	-103	14040									
Menkveld & Wijnbergen	208	144	64	15466	189	156	33	12495	106	158	-51	10651	97	153	-56	11718	115	156	-41	12699									
De Kleijne	108	115	-7	19824	82	120	-38	19549	87	137	-50	20744	111	137	-26	21403	105	137	-31	22426									
Pijnenborg – V. Kempen	178	153	25	18454	183	158	25	19393	118	148	-29	15866	101	148	-47	16503	119	150	-31	16584									
Schepens	348	123	225	16662	240	123	117	16635	88	122	-34	16890	148	119	29	21537	114	122	-8	19253									
Van Laarhoven	245	134	111	15600	219	133	86	14969	127	135	-8	14853	84	143	-60	11418	86	147	-61	9846									
Hoefmans	210	125	85	15348	221	124	97	15348	134	122	12	16413	199	123	75	18149	111	110	0	16173									
Van Hoven	187	117	69	15605	148	108	41	15456	93	114	-21	11310	108	100	8	13547	126	118	8	12919									
Sikkenga - Bleker	247	170	77	9990	262	164	98	14939	176	163	13	15092	146	170	-24	15980	136	165	-29	13361									
Miedema	257	172	85	11819	138	168	-30	12528	133	166	-33	16313	176	169	7	20063	143	169	-26	20236									
Dekker	216	157	59	23657	305	156	149	20802	205	159	46	19987	128	157	-29	20802	192	158	34	20066									
Van Wijk	310	174	136	16844	231	174	56	16896	212	174	37	18153	163	176	-13	19776	169	174	-5	19129									
Boekel	288	182	107	10742	201	175	26	9132	124	175	-51	9659	111	174	-64	6250	68	174	-106	7086									
De Vries	168	180	-12	12132	163	180	-17	12562	167	178	-12	14000	172	178	-6	15291	153	180	-27	14607									
Gemiddeld	204	146	58	14752	185	146	39	14516	127	146	-19	14730	121	148	-27	15492	113	150	-37	14936									

Tabel I.5 Stikstofoverschotten¹ op de bedrijfsbodembalans op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha

	1997/1998	1999	2000	2001	2002
Post	208		138	146	122
Kuks	199	171	185	163	152
Bomers	164	86	87	71	37
Eggink	124		122	121	81
Menkveld & Wijnbergen	210	167	134	120	121
De Kleijne	139	201	151	176	140
Pijnenborg - Van Kempen	188	225	197	175	177
Schepens	358		163	259	185
Van Laarhoven	232		126	121	126
Hoefmans	206		146	145	152
Van Hoven	247	221	119	142	137
Sikkenga - Bleker	242	288	204	131	165
Miedema	260	242	117	191	168
Dekker	209	348	245	174	235
Van Wijk	309	242	232	139	159
Boekel	232	201	162	112	97
De Vries	182	160	157	109	119
Gemiddeld	218	213	158	147	140

¹ *Exclusief ammoniakverliezen*

Tabel I.6 Stikstofoverschotten¹ op de bodembalans van grasland op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha

	1997/1998	1999	2000	2001	2002
Post	283		214	230	202
Kuks	285	219	223	199	189
Bomers	196	107	110	61	57
Eggink	157		172	156	77
Menkveld & Wijnbergen	244	191	163	152	144
De Kleijne	189	275	168	213	177
Pijnenborg - Van Kempen	384	267	330	257	278
Schepens	484		291	344	266
Van Laarhoven	302		146	143	154
Hoefmans	293		220	217	213
Van Hoven	342	307	136	219	229
Sikkenga - Bleker	310	316	264	164	210
Miedema	304	262	133	233	218
Dekker	251	306	307	168	303
Van Wijk	341	232	260	154	198
Boekel	274	211	190	141	119
De Vries	201	163	191	141	146
Gemiddeld	285	238	207	188	187

¹ *Exclusief ammoniakverliezen uit stal en opslag; inclusief ammoniakverliezen tijdens toediening*

Tabel I.7 Stikstofoverschotten¹ op de bodembalans van bouwland op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha

	1997/1998	1999	2000	2001	2002
Post	110		124	70	46
Kuks	77	79	98	83	69
Bomers	135	62	70	106	-2
Eggink	111		71	47	148
Menkveld & Wijnbergen	145	81	65	56	76
De Kleijne	122	105	162	156	111
Pijnenborg - Van Kempen	-95	155	59	97	68
Schepens	243		108	168	118
Van Laarhoven	142		119	97	73
Hoefmans	94		139	57	87
Van Hoven	46	109	120	82	60
Sikkenga - Bleker	-15	197	95	33	92
Miedema	124	157	180	181	76
Dekker	103	471	158	243	131
Van Wijk	103	405	109	209	-93
Boekel	60	130	-2	-19	18
De Vries			-39	16	
Gemiddeld	94	177	96	99	67

¹ Exclusief ammoniakverliezen uit stal en opslag; inclusief ammoniakverliezen tijdens toediening

Bijlage II Aanvoer van N-totaal en N-werkzaam naar bedrijfs- en gewasbodem**Tabel II.1** Aanvoer N-totaal¹ (organische mest, kunstmest, weidemest, depositie, klaver) naar de bedrijfsbodem op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha

	1997/1998	1999	2000	2001	2002
Post	466		402	347	357
Kuks	419	421	446	405	411
Bomers	324	275	268	263	239
Eggink	412		345	355	329
Menkveld & Wijnbergen	597	437	407	332	356
De Kleijne	453	450	436	406	383
Pijnenborg - Van Kempen	558	556	507	468	462
Schepens	640		468	502	469
Van Laarhoven	644		482	401	349
Hoefmans	443		447	419	444
Van Hoven	480	505	380	322	363
Sikkenga – Bleker	479	516	393	371	361
Miedema	562	517	428	501	473
Dekker	537	614	560	441	498
Van Wijk	595	557	537	466	447
Boekel	471	438	300	281	265
De Vries	374	414	453	432	362
Gemiddeld	497	475	427	395	386

¹ Exclusief ammoniakverliezen**Tabel II.2** Aanvoer N-werkzaam¹ (organische mest, kunstmest, weidemest, depositie, klaver) naar de bedrijfsbodem op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha

	1997/1998	1999	2000	2001	2002
Post	357		275	233	244
Kuks	289	293	316	282	280
Bomers	204	178	174	174	161
Eggink	279		244	259	220
Menkveld & Wijnbergen	421	294	287	231	241
De Kleijne	309	290	286	259	249
Pijnenborg - Van Kempen	403	389	345	319	315
Schepens	426		294	322	306
Van Laarhoven	459		329	263	235
Hoefmans	333		311	286	294
Van Hoven	370	380	270	233	256
Sikkenga – Bleker	375	360	280	251	258
Miedema	414	349	284	305	306
Dekker	393	450	397	307	347
Van Wijk	445	388	364	320	307
Boekel	345	313	225	198	187
De Vries	274	283	301	287	245
Gemiddeld	359	331	293	266	262

¹ Exclusief ammoniakverliezen

Tabel II.3 Aanvoer N-totaal¹ (organische mest, kunstmest, weidemest, depositie, klaver) naar grasland op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha

	1997/1998	1999	2000	2001	2002
Post	595		589	461	469
Kuks	517	532	520	450	460
Bomers	424	339	378	288	287
Eggink	525		448	434	332
Menkveld & Wijnbergen	695	444	430	384	400
De Kleijne	563	588	539	538	491
Pijnenborg - Van Kempen	741	685	748	623	608
Schepens	865		699	649	646
Van Laarhoven	720		529	452	389
Hoefmans	569		627	581	574
Van Hoven	541	672	472	442	545
Sikkenga – Bleker	540	555	465	412	436
Miedema	623	559	509	578	541
Dekker	638	601	671	503	587
Van Wijk	637	563	574	490	480
Boekel	518	452	341	311	289
De Vries	393	417	473	472	390
Gemiddeld	594	534	530	475	466

¹ Exclusief ammoniakverliezen uit stal en opslag; inclusief ammoniakverliezen tijdens toediening

Tabel II.4 Aanvoer N-werkzaam¹ (organische mest, kunstmest, weidemest, depositie, klaver) naar grasland op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha

	1997/1998	1999	2000	2001	2002
Post	459		407	306	321
Kuks	371	382	370	319	318
Bomers	267	220	242	194	191
Eggink	355		307	294	214
Menkveld & Wijnbergen	495	304	308	271	274
De Kleijne	401	378	358	333	319
Pijnenborg - Van Kempen	543	495	499	429	421
Schepens	592		453	417	415
Van Laarhoven	518		357	293	257
Hoefmans	437		439	384	377
Van Hoven	427	531	339	310	384
Sikkenga – Bleker	413	380	326	268	296
Miedema	459	383	338	351	351
Dekker	484	493	482	362	420
Van Wijk	475	396	387	335	326
Boekel	373	325	247	213	198
De Vries	285	287	313	309	260
Gemiddeld	433	381	363	317	314

¹ Exclusief ammoniakverliezen

Tabel II.5 Aanvoer N-totaal¹ (organische mest, kunstmest, depositie, klaver) naar bouwland op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha

	1997/1998	1999	2000	2001	2002
Post	225		277	214	219
Kuks	274	246	278	294	274
Bomers	214	205	168	233	145
Eggink	243		203	179	326
Menkveld & Wijnbergen	279	273	231	214	238
De Kleijne	369	265	322	296	278
Pijnenborg - Van Kempen	240	317	233	298	291
Schepens	388		276	305	273
Van Laarhoven	341		308	256	259
Hoefmans	264		293	238	261
Van Hoven	367	274	292	270	209
Sikkenga - Bleker	214	380	251	201	200
Miedema	280	313	311	270	279
Dekker	348	669	340	449	340
Van Wijk	256	532	290	347	262
Boekel	177	279	157	148	171
De Vries			110	56	
Gemiddeld	280	341	255	251	252

¹ Exclusief ammoniakverliezen uit stal en opslag; inclusief ammoniakverliezen tijdens toediening

Tabel II.6 Aanvoer N-werkzaam¹ (organische mest, kunstmest, depositie, klaver) naar bouwland op Koeien & Kansen bedrijven voor vijf jaren. Alle waarden in kg N/ha

	1997/1998	1999	2000	2001	2002
Post	147		180	137	137
Kuks	165	155	186	185	175
Bomers	134	129	110	143	99
Eggink	163		157	166	240
Menkveld & Wijnbergen	177	193	165	137	145
De Kleijne	229	174	202	193	173
Pijnenborg - Van Kempen	159	195	168	196	188
Schepens	233		180	190	182
Van Laarhoven	209		230	178	184
Hoefmans	181		215	170	174
Van Hoven	257	174	202	197	145
Sikkenga - Bleker	214	302	183	201	180
Miedema	172	188	179	151	156
Dekker	204	374	215	255	201
Van Wijk	202	338	204	226	204
Boekel	177	205	157	148	171
De Vries			110	56	
Gemiddeld	189	221	179	172	172

¹ Exclusief ammoniakverliezen

Bijlage III Nitraatconcentraties op bedrijfs- en gewasniveau**Tabel III.1** Gemeten nitraatconcentratie (mg/l) op de Koeien & kansen bedrijven voor vier jaren

	1999	2000	2001	2002	Gem
Post		51	35	25	37
Kuks	129	94	81	73	94
Bomers	57	43	27	21	37
Eggink	19	46	22	22	27
Menkveld & Wijnbergen	86	67	63	45	65
De Kleijne	156	97	85	77	104
Pijnenborg - Van Kempen	84	82	94	81	85
Schepens		82	112	82	92
Van Laarhoven		101	71	64	79
Hoefmans		118	78	54	83
Van Hoven	105	115	80	67	92
Sikkenga – Bleker	1	0	1	3	1
Miedema	0	0	0	3	1
Dekker	0	0	20	2	6
Van Wijk	0	0	2	4	2
Boekel	3	0	0	3	2
De Vries	14	2	0	3	5

Tabel III.2 Gemeten nitrachek (mg/l) onder grasland (het jaar voorafgaand aan de meting) op de Koeien & kansen bedrijven voor drie jaren

	2000	2001	2002	Gem
Post		23	16	20
Kuks	72	82	66	73
Eggink		24	21	22
Menkveld & Wijnbergen	80	88	56	75
De Kleijne	62	60	58	60
Pijnenborg - Van Kempen	70	85	71	75
Schepens		97	93	95
Van Laarhoven		66	53	59
Hoefmans		65	49	57
Van Hoven	86	52		69
Sikkenga - Bleker	5	4	3	4
Miedema	5	6	5	5
Dekker	5	3	3	4
Van Wijk	5	23	2	10
Boekel	6	3	3	4
De Vries	6	5	3	5

Tabel III.3 Gemeten nitrachek (mg/l) onder bouwland (het jaar voorafgaand aan de meting) op de Koeien & Kansen bedrijven voor drie jaren

	2000	2001	2002	Gem
Post		88	34	61
Kuks	115	93	94	101
Eggink		43	35	39
Menkveld & Wijnbergen	68	58	59	62
De Kleijne ¹	136	106	105	116
Pijnenborg - Van Kempen	88	107	95	97
Schepens		105	72	88
Van Laarhoven		137	155	146
Hoefmans		99	63	81
Van Hoven	129	109		119
Sikkenga - Bleker	5	5	2	4
Miedema	5	3	3	4
Dekker	5	3	3	4
Van Wijk		4		4
Boekel	5	3	3	4
De Vries	13	4	3	7

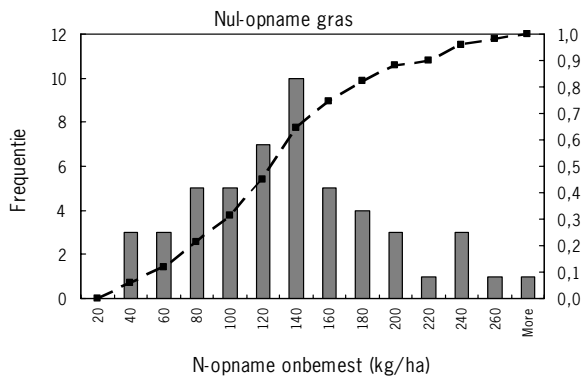
¹ *Maïsland in de uiterwaarden; kleigrond*

Bijlage IV Hoe bodemvruchtbaarheid het overschot beïnvloedt

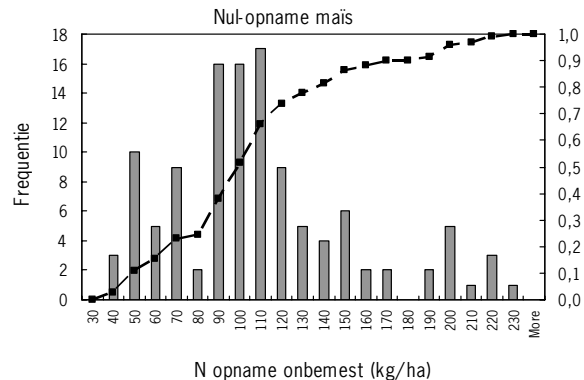
In het overschot zijn alle verliestermen begrepen (ammoniakvervluchtiging, denitrificatie en nitraatuitspoeling). Als op één stuk landbouwgrond verschillende N-giften worden toegediend zien we dan ook dat hoge giften samengaan met hoge overschotten en verliezen. Lage giften gaan samen met lage overschotten en verliezen. Herhalen we deze proef met dezelfde giften op een andere locatie (bodem) onder overigens dezelfde omstandigheden, dan kunnen de gevonden overschotten en verliezen behoorlijk afwijken van eerdere waarden. Hoe dat komt wordt hieronder aan de hand van resultaten uit N-trappen proeven uitgelegd¹.

We hanteren hier een even pragmatische als 'enge' definitie van het begrip 'bodemvruchtbaarheid': *de N-opname door het gewas uit de bodem in een jaar waarin geen mest wordt toegediend*. In deze bespreking wordt met de bodemvruchtbaarheid dan ook steeds de werkelijk waargenomen opname (in geogst produkt) uit onbemeste veldjes bedoeld, ook wel nulopname of U_0 (kg N/ha)².

Figuur IV.1 Frequentieverdeling van N-opname in geogst produkt, waargenomen in de onbemeste objecten van 27 maai-proeven in Nederland



Figuur IV.2 Frequentieverdeling van N-opname in geogst produkt, waargenomen in de onbemeste objecten van ca 100 proeven met maïs in Nederland



Figuren IV.1 en IV.2 geven een frequentieverdeling van U_0 -waarden zoals verzameld uit een lange reeks veldproeven met resp. gras en maïs, op diverse lokaties in Nederland en in verschillende meetjaren. De data hebben geen relatie met 'Koeien & Kansen' bedrijven. De figuren tonen de grote variatie in bodemvruchtbaarheid die in deze proefvelden aangetroffen werd. Als we voor deze onbemeste (of zeer licht bemeste) objecten het overschot uitzetten tegen de U_0 -waarde, ontstaat per definitie de onderste lijn ('basislijn') in Figuren IV.3 (gras) en IV.4 (maïs) met helling -1. Immers, het overschot is het verschil tussen aanvoer (nul in onbemeste objecten) en afvoer (U_0), en dat is dus $-U_0$. Wat we zien voor die basislijn in beide figuren is duidelijk: hoe hoger de bodemvruchtbaarheid, hoe lager het overschot. Tot zover geen verrassing. Dan kijken we nu naar de overige lijnen in de Figuren IV.3 en IV.4. Dat zijn steeds regressielijnen behorende bij een bepaald bemestingsniveau, d.w.z. een interval met bemesting bijvoorbeeld tussen 150 en 250 kg N/ha (werkzame N-gift)³. Wat zeggen deze overige lijnen nu? Hetzelfde als de basislijn! Hoe hoger de bodemvruchtbaarheid, hoe lager het overschot: de afvoer is immers hoger. Let wel: dat geldt zolang we verschillende bodems (niveau van U_0) vergelijken bij eenzelfde bemestingsniveau. Voor gras - Figuur IV.3 - geldt zelfs dat de helling van de regressielijn onveranderd blijft naarmate we overstappen naar hogere bemestingsniveau. Dit betekent dat, tot hoge input niveaus, de terugwinning ('recovery') onafhankelijk is van de bodemvruchtbaarheid. Bij maïs is dat laatste niet het geval (Figuur IV.4) omdat maïs al bij betrekkelijk lage N-doses een zekere N-verzadiging bereikt waarbij de opname-efficiëntie gaat afnemen.

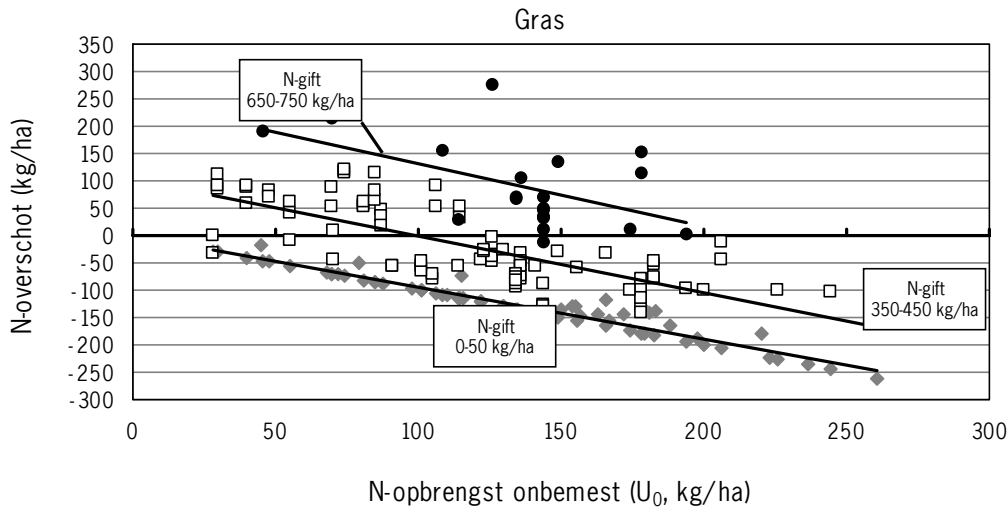
¹ De database werd niet 'als geheel' gedocumenteerd of gepubliceerd. Het betreft een verzameling van data uit vele bronnen, die echter alle wel afzonderlijk gedocumenteerd zijn. Een deel van de database werd gebruikt in Ten Berge (2002) en in Ten Berge *et al.* (2002).

² Op deze definitie is veel aan te merken. Bijvoorbeeld dat U_0 niet alleen door de bodemtoestand wordt bepaald, maar ook door het gewas en door weersomstandigheden; bovendien is een deel van de jaarlijkse ammoniakdepositie inbegrepen in deze zgn. 'nulopname'. Verder is het arbitrair dat U_0 alleen betrokken is op de geogste gewasdelen. Geen van deze kanttekeningen vormt echter een fundamenteel bezwaar in het kader van deze uiteenzetting.

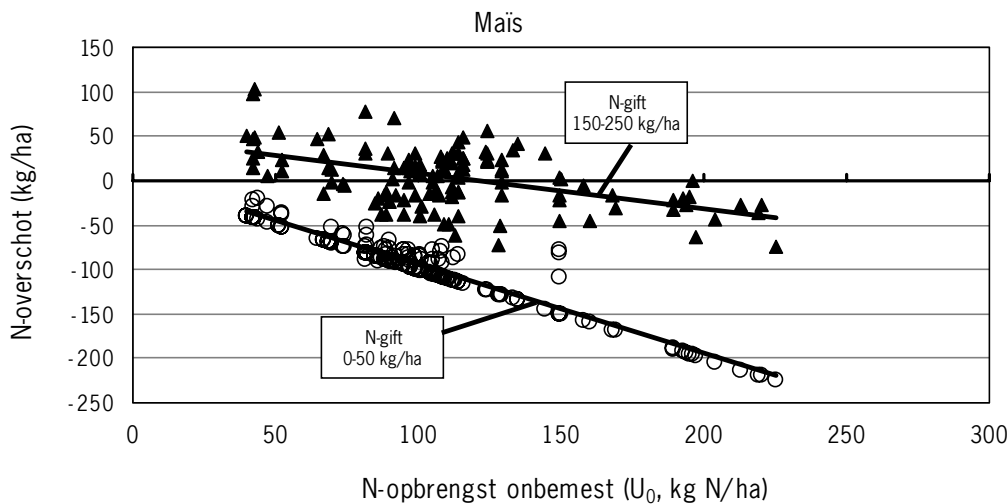
³ Idealiter zou zo'n lijn gebaseerd zijn op steeds één exact gift-niveau in plaats van een interval, maar de spaarzame data laten dan niet meer toe een regressie-lijn te bepalen. Dat doet echter niets af aan de redenering.

Maar ook bij maïs blijkt een hogere U_0 steeds gepaard te gaan met een lager overschot. Ook is direct uit deze figuren de consequentie van die negatieve helling af te lezen: namelijk dat op een bodem met hogere vruchtbaarheid een hogere N-input nodig is om eenzelfde overschot te bereiken dan op een bodem met lage vruchtbaarheid. Welnu, waar zal meer N-verlies optreden: op een licht bemeste arme bodem of op een zwaar bemeste rijke bodem? Veel 'harde data' zijn er niet om deze vraag te beantwoorden, maar men kan vermoeden dat in het laatste geval de verliezen groter zullen zijn, bij gelijke overige omstandigheden zoals gelijke haalbare opbrengst (lees: gelijke N-opnamecapaciteit van het gewas).

Figuur IV.3 N-overschot uitgezet tegen N-opbrengst van onbemeste objecten van 27 maaiproeven in Nederland

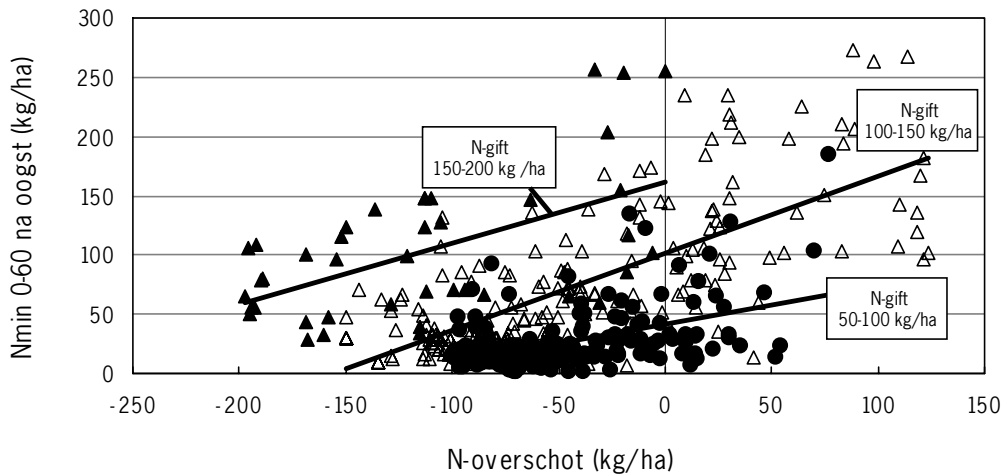


Figuur IV.4 N-overschot uitgezet tegen N-opbrengst van onbemeste objecten van ca 100 proeven met maïs in Nederland



Dit patroon kan goed aangetoond worden op basis van waarnemingen aan $N_{\min, oogst}$, de hoeveelheid residuaire minerale N in het bodemprofiel bij oogst van het gewas. Deze variabele gebruiken we hier even als alternatief voor de nitraatconcentratie in het grondwater, bij gebrek aan gegevens over deze laatste. Bij eenzelfde N-gift vertoont een rijkere bodem een hogere $N_{\min, oogst}$ en een lager overschot (Figuur IV.5). Vanzelfsprekend vertoont dan, bij gelijk overschot, de rijkere bodem een nog verder verhoogde $N_{\min, oogst}$ want er was een hogere gift nodig om dat gelijke overschot te bereiken (zie immers Figuren IV.3 en IV.4).

Figuur IV.5 $N_{\min, \text{oogst}}$, de hoeveelheid residuaire minerale N in het bodemprofiel bij oogst van maïs, uitgezet tegen N-overschot van onbemeste objecten van ca 100 proeven met maïs in Nederland



De invloed van variatie in bodemvruchtbaarheid op het overschot wordt met een voorbeeld nader toegelicht. Het mechanisme van de relatie tussen aanvoer, overschot en verliezen is vereenvoudigd weergegeven in Figuur IV.6. Het overschot op een bodem neemt toe naarmate de aanvoer naar de bodem groter is (Figuur IV.6a). Hetzelfde geldt voor de verliezen: deze zullen toenemen bij toenemende aanvoer (Figuur IV.6b). 'Verliezen' is hier de verzamelnaam van alle voorkomende verliesposten. Het resultaat is een positieve samenhang tussen overschot en verliezen (Figuur IV.6c). Dit geldt in het algemeen voor alle bodems.

Nu gaan we twee typen bodems, een bodem met een 'lage' bodemvruchtbaarheid en een bodem met een 'hoge' bodemvruchtbaarheid, met elkaar vergelijken voor twee situaties welke een verschil in bodemvruchtbaarheid kunnen veroorzaken. In het eerste geval is de variatie in bodemvruchtbaarheid tot stand gekomen door een verschil in hoeveelheden aanvoer in het verleden (Figuur IV.7). In het tweede geval komt de variatie in bodemvruchtbaarheid door een verschil in capaciteit van de bodem om de niet door het gewas opgenomen N te conserveren. Een 'hoge' bodemvruchtbaarheid houdt in dit tweede geval in dat deze bodem de toegediende stikstof beter kan benutten (Figuur IV.8). De centrale vraag is:

- Hoe hangt bij gelijke aanvoer het verband tussen overschot en verliezen af van de bodemvruchtbaarheid?

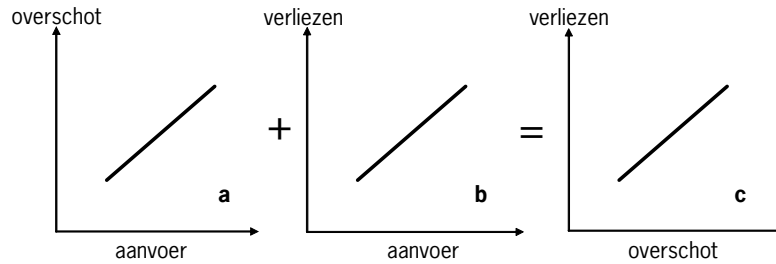
Te beginnen met de situatie waar het verschil in bodemvruchtbaarheid veroorzaakt was door verschillende hoeveelheden aanvoer in het verleden (Figuur IV.7). Figuur IV.7a illustreert de relatie tussen aanvoer naar de bodem en het overschot. Bij *gelijke* aanvoer naar de bodem (in de Figuur aangegeven door bolletjes) is het overschot op een 'arme' bodem (lage bodemvruchtbaarheid) hoger dan op een 'rijke' bodem (hoge bodemvruchtbaarheid). De verliezen zullen bij een gelijke aanvoer naar de bodem hoger zijn op een 'rijke' bodem dan op een 'arme' bodem. Op een 'rijke' bodem heeft zich uit het verleden veel meer stikstof kunnen opbouwen, welke vervolgens een bron is voor verliezen (Figuur IV.7b). Het gevolg van deze redenering is dat de samenhang tussen overschot en de verliezen bijna geheel verdwijnt. Figuur IV.7c illustreert dit mechanisme, aangegeven met pijlen. De pijl naar links geeft aan dat vergeleken met een 'rijke bodem' op een 'arme' bodem, bij een gelijke aanvoer, het overschot lager is. Op een 'rijke' bodem zijn echter de verliezen, bij een gelijke aanvoer, hoger dan op een 'arme' bodem (pijl naar boven). Op deze manier verstoort een verschil in bodemvruchtbaarheid de samenhang tussen overschot en de verliezen. Deze situatie doet zich voor in een transitiefase naar een 'steady state' en is dus tijdelijk.

Dan nu de situatie waarbij de oorzaak van variatie in bodemvruchtbaarheid het gevolg is van de capaciteit van de bodem om de niet door het gewas opgenomen N te conserveren (Figuur IV.8). Figuur IV.8a illustreert weer de relatie tussen aanvoer naar de bodem en het overschot, gelijk aan Figuur IV.7a. Het gevolg van een verschil in capaciteit om de niet door het gewas opgenomen N te conserveren, en bij een gelijke aanvoer naar de bodem is dat de verliezen op een 'arme' bodem nu *hoger* zijn dan op een 'rijke' bodem (Figuur IV.8b). Het gevolg nu is dat de samenhang tussen overschot en de verliezen groot is. Figuur IV.8c illustreert dit mechanisme, aangegeven met pijlen. De (rode) pijl naar links geeft weer aan dat op een 'rijke' bodem, bij een gelijke aanvoer, het overschot lager is dan op een 'arme' bodem. Op een 'rijke' bodem

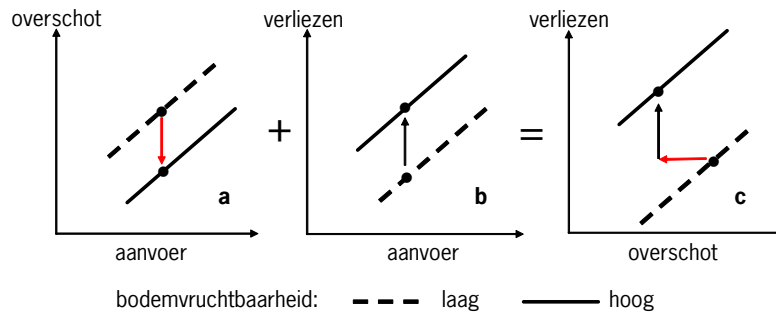
zijn de verliezen nu, bij een gelijke aanvoer, *lager* dan op een 'arme' bodem (pijl naar beneden). Een verschil in bodemvruchtbaarheid verstoort nu dus de samenhang tussen overschot en verliezen niet. Deze situatie doet zich voor in datasets waarin bodems in 'steady state' evenwicht verkeren met hun respectievelijk bijbehorende input niveaus. Een hypothetische situatie.

Wij veronderstellen dat de hier gevolgde redenering ook geldig is voor nitraatuitspoeling. (De verdeling van het totaal N-verlies over de N-verliesroutes, die o.a. sterk van de lokale hydrologie afhangt, blijft hier buiten beschouwing). Omdat werkelijk bestaande datasets waarschijnlijk het midden houden tussen de twee geschetste situaties, is het niet verwonderlijk dat de N-aanvoer soms een betere samenhang toont met nitraat, dan the N-overschot. Naarmate alle bedrijven zich naar een 'steady state' evenwicht ontwikkelen neemt de kans toe dat we het patroon van Figuur IV.8 aantreffen. In die situatie is dan uiteindelijk het N-overschot de betere maat voor het N-verlies. Wij verwachten dat dit 10 tot 20 jaar kan duren, ondanks het feit dat nitraatuitspoeling zelf meestal sneller reageert op reducties in N-aanvoer (responstijd van slechts enkele jaren).

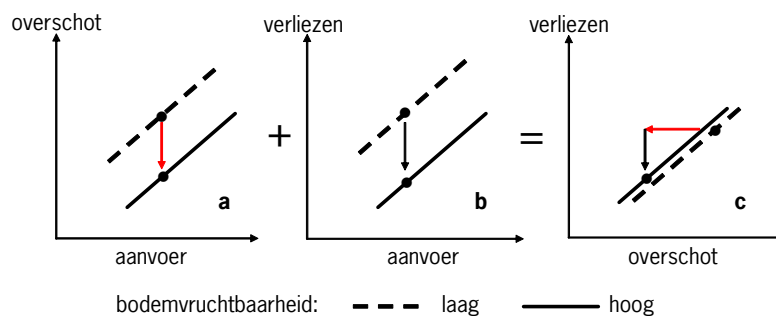
Figuur IV.6 Hypothetische relatie tussen aanvoer naar bodem en het overschot (a), tussen aanvoer naar bodem en de verliezen uit de bodem (b) en de resulterende relatie tussen overschot en verliezen uit de bodem (c)



Figuur IV.7 Hypothetische relaties tussen aanvoer naar bodem, het overschot en de verliezen uit de bodem bij variatie in bodemvruchtbaarheid, waarbij de oorzaak van verschil in bodemvruchtbaarheid voortvloeit uit verschillen in aanvoer in het verleden. Bij beide bodems is de huidige aanvoer gelijk, aangegeven door bolletjes. Beweging van rode pijl in Figuur a is gelijk aan die in Figuur c



Figuur IV.8 Hypothetische relaties tussen aanvoer naar bodem, het overschot en de verliezen uit de bodem bij variatie in bodemvruchtbaarheid, waarbij de oorzaak van verschil in bodemvruchtbaarheid voortvloeit uit de capaciteit van de bodem om niet door het gewas opgenomen N te conserveren. Bij beide bodems is de huidige aanvoer gelijk, aangegeven door bolletjes. Beweging van rode pijl in Figuur a is gelijk aan die in Figuur c



Bijlage V N-overschotten, N-aanvoer en de nitraatconcentraties in grondwater in 2003

Tabel V.1 Stikstofoverschotten op de werkelijke bedrijfsbalans, de bedrijfsbodembalans, de bodembalans van grasland en de bodembalans van bouwland op Koeien & Kansen bedrijven in 2003. Alle waarden in kg N/ha

	Werkelijke Bedrijfsbalans ¹	Bedrijfs- Bodembalans ²	Bodembalans Grasland ³	Bodembalans Bouwland ³
Post	247	181	293	33
Kuks	256	225	282	80
Bomers	129	108	113	124
Eggink	187	155	185	101
Menkveld & Wijnbergen	165	138	143	161
De Kleijne	162	127	181	152
Pijnenborg - Van Kempen	295	250	343	138
Schepens	255	210	342	11
Van Laarhoven	186	152	173	125
Hoefmans	162	142	232	46
Van Hoven	161	131	209	31
Sikkenga - Bleker	298	254	307	49
Miedema	203	149	186	110
Dekker	280	212	279	133
Van Wijk	249	203	261	30
Boekel	133	112	141	-59
De Vries	204	154	183	
Gemiddeld	210	171	227	79

¹ *Inclusief ammoniakverliezen*

² *Exclusief ammoniakverliezen*

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

Tabel V.2 Stikstof- en fosforaanvoer op de werkelijke bedrijfsbalans op Koeien & Kansen bedrijven in 2003. Alle waarden in kg N/ha

	Stikstof ¹	Fosfor
Post	419	57
Kuks	333	29
Bomers	180	19
Eggink	269	16
Menkveld & Wijnbergen	241	18
De Kleijne	267	28
Pijnenborg - Van Kempen	395	32
Schepens	371	37
Van Laarhoven	241	21
Hoefmans	330	35
Van Hoven	297	28
Sikkenga - Bleker	387	31
Miedema	297	36
Dekker	571	61
Van Wijk	341	53
Boekel	189	20
De Vries	328	39
Gemiddeld	321	33

¹ *Inclusief ammoniakverliezen*

Tabel V.3 MINAS-overschot, MINAS-eindnorm (2003), de afwijking van het overschot ten opzichte van de eindnorm (kg N/ha) en de intensiteit (quotum) op Koeien & Kansen bedrijven in 2003

	Overschot	MINAS-eindnorm	Overschot-norm	Quotum/ha (kg melk)
Post	195	136	59	18562
Kuks	165	152	12	13828
Bomers	10	158	-148	11559
Eggink	115	141	-27	12006
Menkveld & Wijnbergen	104	155	-52	12209
De Kleijne	60	133	-72	15762
Pijnenborg - Van Kempen	154	157	-3	17549
Schepens	142	126	16	19935
Van Laarhoven	107	147	-39	10990
Hoefmans	154	126	28	16359
Van Hoven	100	119	-19	15438
Sikkenga - Bleker	229	175	54	16141
Miedema	129	164	-35	13945
Dekker	177	154	23	25000
Van Wijk	154	165	-11	18028
Boekel	90	174	-84	7086
De Vries	175	180	-5	15108
Gemiddeld	133	151	-18	15265

Tabel V.4 Aanvoer N-totaal (organische mest, kunstmest, weidemest, depositie, klaver) naar de bedrijfsbodem, de bodembalans van grasland en de bodembalans van bouwland op Koeien & Kansen bedrijven in 2003. Alle waarden in kg N/ha

	Bedrijfsbodem ¹	Bodembalans Grasland ²	Bodembalans Bouwland ²
Post	392	526	194
Kuks	412	468	272
Bomers	263	283	279
Eggink	384	438	232
Menkveld & Wijnbergen	324	333	344
De Kleijne	343	431	262
Pijnenborg - Van Kempen	510	642	334
Schepens	448	587	236
Van Laarhoven	351	374	318
Hoefmans	371	501	224
Van Hoven	306	399	185
Sikkenga - Bleker	465	533	156
Miedema	389	439	300
Dekker	469	546	367
Van Wijk	424	501	164
Boekel	266	292	138
De Vries	497	526	
Gemiddeld	389	460	250

¹ Exclusief ammoniakverliezen

² Exclusief ammoniakverliezen uit stal en opslag; inclusief ammoniakverliezen tijdens toediening

Tabel V.5 Aanvoer N-werkzaam (organische mest, kunstmest, weidemest, depositie, klaver) naar de bedrijfsbodem, de bodembalans van grasland en de bodembalans van bouwland op Koeien & Kansen bedrijven in 2003. Alle waarden in kg N/ha

	Bedrijfsbodem	Bodembalans grasland	Bodembalans bouwland
Post	258	342	123
Kuks	279	319	174
Bomers	168	183	166
Eggink	283	316	189
Menkveld & Wijnbergen	230	236	239
De Kleijne	235	295	177
Pijnenborg - Van Kempen	337	424	218
Schepens	295	376	169
Van Laarhoven	243	255	229
Hoefmans	251	330	156
Van Hoven	225	296	131
Sikkenga - Bleker	329	368	156
Miedema	258	292	181
Dekker	321	388	215
Van Wijk	300	346	149
Boekel	190	203	138
De Vries	323	339	
Gemiddeld	266	312	176

Tabel V.6 Gemeten nitraatconcentratie (mg/l) in het grondwater op de Koeien & Kansen bedrijven in 2003.
NB. Deze nitraatcijfers horen dus bij de balansjaren 2002!

Post	12
Kuks	70
Bomers	
Eggink	29
Menkveld & Wijnbergen	49
De Kleijne	74
Pijnenborg - Van Kempen	63
Schepens	67
Van Laarhoven	73
Hoefmans	45
Van Hoven	58
Sikkenga - Bleker	0
Miedema	0
Dekker	0
Van Wijk	18
Boekel	0
De Vries	8