



Melkveehouderij met minder mineralen (2)

Milieu- en bedrijfskundige prestaties van bedrijven die voldoen aan gebruiksnormen of MINAS bij een bodem in balans

A.G.T. Schut & M.H.A. de Haan





Melkveehouderij met minder mineralen (2)

Milieu- en bedrijfskundige prestaties van bedrijven die voldoen aan
gebruiksnormen of MINAS bij een bodem in balans

A.G.T. Schut¹ & M.H.A. de Haan²

¹ Plant Research International

² Praktijkonderzoek Animal Sciences Group

© 2005 Wageningen, Plant Research International B.V.

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

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

Plant Research International B.V.

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

Praktijkonderzoek Animal Sciences Group

Adres : Edelhertweg 15, LELYSTAD
Postbus 65, 8200 AB LELYSTAD
Tel. : 0320 23 82 38
Fax : 0320 23 80 50
E-mail : info.asg@wur.nl
Internet : www.asg.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1. Samenvatting	1
2. Inleiding	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Werkwijze	3
3. Materiaal en methode	5
3.1 Doorgerekende scenario's	5
3.1.1 MINAS	5
3.1.2 Stelsel van mestgebruiksnormen	5
3.2 Milieukundige indicatoren	6
3.3 Gebruikte modellen	7
3.3.1 Aanpassingen aan FARMMIN	8
3.4 Berekening van de nitraatconcentratie	8
3.4.1 Balansmethode (mest-ABC)	9
3.4.2 Nmin-methode	9
3.4.3 Van minerale N of uitspoelbare fractie naar de nitraatconcentratie in het percolatiewater	10
3.5 Berekening van N-mineralisatie in evenwicht	11
3.6 Invoergegevens	13
3.6.1 Representatieve modelbedrijven	13
3.6.2 Gehanteerde prijzen voor aan- en verkoop	13
3.6.3 Bedrijfseconomie	14
4. Resultaten	15
4.1 Tactische bedrijfsbeslissingen	15
4.2 Arbeidsopbrengst	18
4.3 Werking van mest	19
4.4 N-overschot op de bodembalans en bodemvruchtbaarheid	20
4.5 Nitraatconcentratie in het percolatiewater	21
4.6 Het lot van het N-overschot	23
5. Discussie	25
5.1 Uitgangspunten	25
5.2 Veranderingen in FARMMIN	25
5.3 Berekende nitraatconcentratie	26
5.4 Veranderingen van uitkomsten na modelaanpassingen	27
5.5 Bodemvruchtbaarheid	28
5.6 Het MINAS-scenario versus het MGN-scenario	28
5.7 Belangrijkste conclusies	29
6. Literatuur	31
Bijlage I. Uitwerkingen N-mineralisatie bij evenwicht	2 pp.
Bijlage II. Componenten in FARMMIN	2 pp.
Bijlage III. Invoergegevens FARMMIN	5 pp.

1. Samenvatting

In deze modelstudie zijn de effecten van de invoering van het stelsel van mestgebruiksnormen (MGN) op de milieu- en bedrijfskundige prestaties gekwantificeerd voor 6 bedrijven op zandgrond. Hiervoor zijn 2 scenario's doorgerekend, het MINAS-scenario (met MINAS-wetgeving met oorspronkelijke eindnormen als randvoorwaarde) en het MGN-scenario (met MGN-wetgeving met normen voor 2006 als randvoorwaarde), waarbij het MINAS-scenario gebruikt is als basisscenario. Per scenario zijn 3 melkveehouderijbedrijven op normale, goed vochthoudende zandgrond en 3 melkveehouderijbedrijven op droge zandgrond doorgerekend met intensiteiten van respectievelijk 11,5, 13,5 en 19,5 ton melk/ha.

De scenario's zijn met FARMMIN doorgerekend voor de kwantificering van de biofysische aspecten. BBPR is gebruikt voor de bepaling van de bedrijfseconomische en technische aspecten van de modelbedrijven. Voor deze studie is FARMMIN aangepast en uitgebreid. FARMMIN rekent voor een situatie met een bodem in evenwicht en berekent het N-leverend vermogen van de bodem als functie van bemesting en bedrijfsvoering. Gegeven de randvoorwaarden die door de wetgeving worden opgelegd en de prijzen van voer, kunstmest en mestafzet, berekent FARMMIN de economische optima voor N-giften op gras- en maïsland, mestafvoer en aan- en verkoop van ruwvoer.

De nitraatuitspoeling is berekend volgens de N_{min}-methode en de mest-ABC-methode. Voor beide methoden wordt een N-vracht berekend die oplost in het neerslagoverschot. In deze studie is een voorzichtige schatting van het neerslagoverschot gebruikt, wat resulteert in hogere berekende nitraatuitspoelingen. Voor het neerslagoverschot (dit is de netto hoeveelheid percolatiewater) is voor gras- en maïsland op normale zandgrond een gemiddelde waarde van 300 en 367 mm gebruikt en voor droge zandgrond 375 en 397 mm. Tevens is gekeken naar het effect op de nitraatconcentratie van maximale bemestingen zoals die binnen het MINAS- en MGN-scenario mogelijk zijn. Ook is de nitraatconcentratie berekend voor een klein neerslagoverschot van 250-370 mm op droge zandgrond en 325-347 mm op normale zandgrond (bij economisch optimale bemestingen). Dit neerslagoverschot is representatief voor gebieden met minder regenval, zoals het noorden van Limburg en het oosten van Noord-Brabant.

De toegestane en de economisch optimale N-bemesting liggen lager in het MGN-scenario dan in het MINAS-scenario, zowel voor zowel maïs- als voor grasland. De economisch optimale bemesting ligt voor een aantal bedrijven duidelijk lager dan de toegestane hoeveelheid in beide scenarios, doordat de benodigde extra mestafvoer bij een maximaal toegestane bemesting (hoe hoger de bemesting hoe meer N met mest moet worden afgevoerd) duurder is dan extra ruwvoer aankopen.

De reductie in N-bemesting in het MGN-scenario t.o.v. het MINAS-scenario geeft ook een verminderde opbrengst op zowel gras- als maïsland. Het MGN-scenario leidt t.o.v. het MINAS-scenario voor alle bedrijven tot lagere overschotten op de werkelijke balans voor zowel N als P.

De arbeidsinkomens dalen in het MGN-scenario t.o.v. het MINAS-scenario het meest voor de intensieve bedrijven met 3,2 k€ op droge zandgrond en met 7,3 k€ op normale zandgrond. Dit komt voornamelijk door gestegen kosten voor mestafzet en ruwvoeraankoop. Zowel in het MINAS- als in het MGN-scenario is het arbeidsinkomen het grootst op intensieve bedrijven. Ondanks de hogere kosten voor mestafzet lijkt, bij een mestafzetprijs van 11,34 €/ton, een verder toenemende intensivering van melkveehouderijbedrijven waarschijnlijk. De rangorde in arbeidsinkomen wordt sterk bepaald door mestafzetkosten. Bij hogere mestafzetprijzen nemen de kosten relatief sterker toe op intensieve bedrijven dan op extensieve bedrijven waardoor de rangorde ook sterk kan wijzigen.

De berekende N-opname uit mineralisatie bij evenwicht in de bodem is hoger voor intensieve bedrijven dan voor extensieve bedrijven. De bodemvruchtbaarheid, uitgedrukt als N-opname varieert in het MINAS-scenario van 150-200 kg N/ha voor grasland tot 93-128 kg N/ha voor maïsland. In MGN-scenario zijn de verschillen tussen bedrijven klein en zijn de waarden voor N-opnamen uit mineralisatie ongeveer 150 en 94 kg N/ha voor respectievelijk gras- en maïsland. Door de overgang naar het mestgebruiksnormen-stelsel vanaf 2006 zal op langere termijn een beperkte daling van de N-levering uit mineralisatie verwacht mogen worden. Dit heeft tot gevolg dat de opbrengsten bij eenzelfde bemestingsgift licht zullen dalen.

Uiteindelijk gaat het werkelijke overschot verloren, hetzij als NH_3 , N_2O of N_2 -gas in de lucht of als NO_3 in het percolatiewater. De grootste verliespost is denitrificatie in de bodem, gevolgd door ammoniakverliezen. Zowel de nitraat- als de ammoniakverliezen zijn in het MGN-scenario lager dan in het MINAS-scenario.

De berekende nitraatconcentraties liggen voor de mest-ABC-methode 5-6 mg/l hoger dan voor de Nmin-methode. Er is een sterke relatie tussen de uitkomsten van beide methoden, met uitzondering van maïsland met een vanggewas. Daar wordt met de Nmin-methode een veel lagere nitraatconcentratie berekend dan met de mest-ABC-methode. In het MGN-scenario zitten alle bedrijven onder de norm van 50 mg nitraat/l percolatiewater. In het MINAS-scenario zit het intensieve bedrijf op droog zand boven deze norm volgens beide methoden. De berekende nitraatconcentraties zijn in beide scenarios hoger op bedrijven met droge zandgrond dan op bedrijven met normale zandgrond.

In drogere regio's (met 50 mm minder neerslag) liggen de nitraatconcentraties op droge zandgrond ongeveer 17% hoger dan bij een gemiddelde neerslaghoeveelheid. In deze situatie ligt de nitraatconcentratie op droge zandgrond in vrijwel alle situaties boven de 50 mg/l. Indien een maximale N-gift wordt gegeven in het MGN-scenario dan stijgen de nitraatconcentraties met 35-45% op droge zandgrond en 15-23% op normale zandgrond t.o.v. de economisch optimale N-giften. Voor het MINAS-scenario stijgen de nitraatconcentraties met 25-31% op droge zandgrond en 52-87% op normale zandgrond t.o.v. economisch optimale N-giften. Voor het MGN-scenario met een gemiddeld neerslagoverschot stijgen de nitraatconcentraties op droge zandgronden tot 70 mg/l. In het MINAS-scenario stijgt de nitraatconcentratie op droge zandgronden zelfs tot 92 mg/l. Deze uitkomsten bevestigen de conclusie van Schut *et al.* (2004) dat aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn om met MINAS-wetgeving aan de nitraatrichtlijn te voldoen.

Door invoering van het stelsel van mestgebruiksnormen zal de nitraatconcentratie t.o.v. de MINAS-wetgeving wel dalen, maar onvoldoende om op alle bedrijven aan de nitraatrichtlijn te voldoen. Normaal gesproken is er op vrijwel elk bedrijf een combinatie van droge en normale zandgronden aanwezig, waardoor mogelijk toch aan de norm wordt voldaan door uitmiddeling. Voor intensieve bedrijven met voornamelijk droge zandgrond in gebieden met weinig neerslag, zoals het noorden van Limburg en het oosten van Noord-Brabant, zijn aanvullende maatregelen nodig, zoals het beperken van de najaarsbeweiding en het verplicht telen van een vanggewas.

2. Inleiding

2.1 Inleiding

Binnen het LNV-mineralenprogramma 398-1 'Ontwikkeling van maatregelen om mineralenverliezen te beperken' worden meerdere thema's onderscheiden. Voor de melkveehouderij zijn vooral de thema's 'Vermindering van mineralenverliezen bij beweiding' en 'Sturing en optimalisatie van grasklaver mengsels' en in mindere mate 'Organische bemesting, bodemkwaliteit en mineralenverliezen' van belang. Het werk in dit rapport valt onder thema 5 'Ontwikkelen van geïntegreerde maatregelenpakketten'. In dit thema wordt getracht om kennis uit de andere thema's zoveel mogelijk te integreren. Het is vanuit praktijk oogpunt van belang om te weten op welke wijze kostenefficiënt aan mineralenwetgeving kan worden voldaan. Vanuit beleidsoogpunt is het belangrijk om te weten of met de huidige normeringen in het MINAS-stelsel en het stelsel van mestgebruiksnormen voldaan wordt aan milieunormen en in het bijzonder aan waterkwaliteitsnormen. Dit rapport is voornamelijk relevant voor het beleid.

Op melkveehouderijbedrijven is een omslag in de bedrijfsvoering nodig om binnen de normen te blijven die door de mestwetgeving worden opgelegd. Daarnaast is er een toenemende zorg over de nitraatconcentraties die gevonden worden op bedrijven die voldoen aan overschotnormen zoals gedefinieerd in de MINAS-wetgeving. In een eerdere studie is gekeken naar de effecten van mogelijke maatregelen op bedrijfsniveau op het MINAS-overschot en het bedrijfssaldo (Smit *et al.*, 2003). In de eerder uitgevoerde studie, gerapporteerd door Schut *et al.* (2004), is bepaald wat het effect is op de waterkwaliteit en bedrijfseconomie van maatregelenpakketten waarmee kosteneffectief aan een reeks van steeds scherpere verliesnormen kan worden voldaan. Daarnaast is geïnventariseerd welke specifieke maatregelen genomen moeten worden om de nitraatconcentratie in het percolatiewater op melkveehouderijbedrijven onder de 50 mg nitraat per liter te houden.

Het doel van deze studie is om de effecten van invoering van het stelsel van mestgebruiksnormen, zoals gedefinieerd in een brief aan de Tweede Kamer van minister Veerman (Tweede Kamer, 2004), op de milieu- en bedrijfskundige prestaties door te rekenen voor bedrijven op zandgrond. Als referentie is een scenario met MINAS-wetgeving als randvoorwaarde gebruikt. Het gebruikte modelinstrumentarium is uitgebreid zodat nu ook effecten van bemesting op de mineralisatie worden verrekend. Hierbij is uitgegaan van een bodem in evenwicht, d.w.z. de aanvoer van mineralen via bemesting, depositie en symbiotische binding is gelijk aan de afvoer van mineralen via het geoogste gewas. Tevens wordt geïnventariseerd wat de gevolgen van een veranderende bemesting zijn voor de bodemvruchtbaarheid, uitgedrukt als N-opname in onbemeste toestand.

2.2 Werkwijze

In deze studie zijn modellen gebruikt om effecten van verschillende normen en maatregelen op economische en milieukundige factoren te kunnen evalueren. Hiervoor is het model FARMMIN (zie Materiaal en methode) gebruikt om biofysische kenmerken door te rekenen. Het BBPR-model (zie Materiaal en methode) is gebruikt om de bedrijfseconomische aspecten door te rekenen. Als eerste zijn bedrijven gedefinieerd die een representatieve doorsnede vormen van de melkveehouderij in Nederland. Dit zijn dezelfde bedrijven zoals gedefinieerd in Smit *et al.* (2003), welke ook zijn gebruikt in een eerdere studie (Schut *et al.*, 2004). Voor deze studie zijn slechts 6 bedrijven op zandgrond gebruikt.

De beschrijving van deze bedrijven komt overeen met de situatie in 2000, d.w.z. vóór het MINAS-tijdperk. Waarschijnlijk is de bedrijfsvoering in de Nederlandse melkveehouderij daarna aangepast om op een kosteneffectieve wijze aan MINAS te kunnen voldoen. Hiervoor is een aantal kosteneffectieve maatregelen doorgevoerd zoals geselecteerd in Smit *et al.* (2003) en toegepast in de eerdere studie.

De effecten van mestwetgeving op mineralenbalans, nitraatconcentratie en financieel bedrijfsresultaat zijn voor elk van deze bedrijven doorgerekend. Hiervoor zijn twee scenario's opgesteld. In het eerste scenario wordt de MINAS-

wetgeving met normen voor N- en P-overschot als randvoorwaarde opgelegd; in het tweede scenario wordt het stelsel van mestgebruiksnormen zoals dat per 2006 van kracht wordt als randvoorwaarde opgelegd.

Er zijn tevens twee methoden voor het berekenen van de nitraatconcentratie in het percolatiewater vergeleken. De nitraatconcentraties zijn berekend voor situaties met een normaal neerslagoverschot en met een klein neerslagoverschot. Tevens is gekeken naar de effecten op de nitraatconcentratie van de meest economische en de maximale bemestingen die binnen de mestwetgeving mogelijk zijn.

3. Materiaal en methode

3.1 Doorgerekende scenario's

In deze studie zijn twee scenario's met elkaar vergeleken. In het eerste scenario wordt de MINAS-wetgeving met normen voor N- en P-overschot als randvoorwaarde opgelegd. In het tweede scenario wordt het stelsel van mestgebruiksnormen (MGN), zoals dat per 1 januari 2006 van kracht wordt, als randvoorwaarde opgelegd. De scenario's zullen in dit rapport als respectievelijk met MINAS-scenario en MGN-scenario worden aangeduid. In onderstaande paragrafen worden de methodiek van de wetgeving en de gebruikte normen uitgelegd.

3.1.1 MINAS

Het MINAS-stelsel legt beperkingen op aan het bedrijfsoverschot aan N en P. De beperkingen hebben betrekking op het overschot dat met de MINAS-balans wordt berekend (zie paragraaf 3.2). In deze balans wordt niet alle aanvoer van nutriënten meegeteld en is er een extra aftrek van het N-overschot, de zogenaamde diercorrectie. De aanvoer van N door symbiotische binding en depositie en aanvoer van P via kunstmest worden niet in de MINAS-balans meegenomen. De diercorrectie hangt af van de aantallen dieren op het bedrijf (voor respectievelijk melkkoeien, pinken en kalveren is de diercorrectie 30, 20,5 en 9,7 kg N/dier) en het areaal grasland (de diercorrectie wordt vermindert met 60 kg N/ha per ha grasland en 30 kg N/ha per ha maïslaan als er gras als nagewas wordt verbouwd). In deze studie zijn de oorspronkelijke normen voor het toelaatbare overschot voor 2003 en 2004 gebruikt. Het toelaatbare MINAS-overschot voor grasland is 180 en 140 kg N/ha en voor bouwland 100 en 60 kg N/ha voor respectievelijk normale en droge zandgrond. Voor P is het toelaatbare overschot 20 kg P₂O₅/ha. Als gras als nagewas na maïs wordt geteeld, geldt een toelaatbaar overschot van 140 en 100 kg N/ha op maïslaan op respectievelijk droge en normale zandgronden. In de loop van 2004 zijn de oorspronkelijke normen voor 2004 voor het toelaatbaar overschot verruimd. In deze studie is vastgehouden aan de oorspronkelijk normen om de uitkomsten te kunnen vergelijken met eerdere berekeningen (Schut *et al.*, 2004). Tevens was er nog geen definitief besluit genomen over de hoogte van de verliesnormen in de periode dat de berekeningen zijn gemaakt.

3.1.2 Stelsel van mestgebruiksnormen

Voor bepaling van de toegestane bemestingen, zoals bepaald in de mestwet die per 1 januari 2006 in werking treedt, is uitgegaan van de richtlijnen zoals weergegeven in de brief aan de Tweede Kamer van 19 mei 2004 (Tweede Kamer, 2004). In deze mestwet wordt een stelsel van mestgebruiksnormen (MGN) uitgewerkt. In de brief aan de kamer is nog een aantal zaken opengelaten. Voor de berekening van de mestexcretie zijn werkelijke excreties gebruikt.

Binnen het stelsel wordt zowel de toediening van dierlijke mest als die van kunstmest op gras en maïslaan beperkt. De gebruiksnorm voor dierlijke mest bedraagt 170 kg N/ha. Indien het aandeel stikstofbehoefte gewassen (bijv. grasland) groter is dan 70% dan wordt een derogatie verleend, wat inhoudt dat de N-gift uit dierlijke mest maximaal 250 kg N/ha mag zijn. Er is aangenomen dat gras/klaver-mengsels ook worden aangemerkt als stikstofbehoefte gewassen. Voor de berekening van de gift aan dierlijke mest is geen rekening gehouden met mest uit de mesthoop (in FARMMIN komen alleen voerresten op de mesthoop terecht).

Bij de bepaling van de maximale bemestingsgiften wordt gedifferentieerd naar bodemtype en gebruik (maaien/weiden), zie Tabel 1.

Tabel 1. Gebruikte normen in het MGN-scenario.

	Norm
Dierlijke mest, < 70% grasland (kg N/ha)	170
Dierlijke mest \geq 70% grasland (kg N/ha)	250
Maximale mestgift (kunstmest + drijfmest) op beweid grasland (kg N effectief/ha)	300
Maximale mestgift (kunstmest + drijfmest) op onbeweid grasland (kg N effectief/ha)	355
Maximale mestgift (kunstmest + drijfmest) op maïsland (kg N effectief/ha)	155
Maximale P-bemestingen grasland (kg P ₂ O ₅ /ha)	110
Maximale P-bemestingen maïsland (kg P ₂ O ₅ /ha)	95
Werkingscoëfficiënt van rundermest op bedrijven met beweiding (%)	35
Werkingscoëfficiënt van rundermest op bedrijven zonder beweiding (%)	60
Werkingscoëfficiënt van aangevoerde rundermest (%)	60

Er is aangenomen dat beweiding in dit kader refereert aan beweiding met melkkoeien, ongeacht het aantal uren beweiding. Voor de bepaling van de toegestane bemestingsgiften wordt gebruikt gemaakt van (forfaitaire) werkingscoëfficiënten zoals in de brief aan de Tweede Kamer zijn voorgesteld. Dit resulteert in een toegestane toediening van een bepaald tonnage mest (op basis van forfaitaire gehalten aan effectieve N). De werkelijke effectieve N-gehalten kunnen hiervan afwijken. Hierdoor kan het voorkomen dat de werkelijke bemesting boven het maximum uitstijgt.

Voor de bepaling van de plaatsingsruimte van kunstmest-N is rekening gehouden met de (werkelijke) effectieve N in de drijfmest. Dit is effectieve N van mest zoals die in de opslag aanwezig is, dus voordat N-verliezen voor toediening hebben plaatsgevonden.

3.2 Milieukundige indicatoren

In deze studie wordt gekeken naar effecten van scenario's op de mineralenbalans, de hoeveelheid minerale N in de bouwvoor (N in zowel ammonium- als nitraatvorm) aan het einde van het groeiseizoen en de nitraatconcentratie in het percolatiewater.

In de MINAS-wetgeving wordt gewerkt met een specifieke mineralenbalans, de zogenaamde MINAS-balans. Het overschot op de N- en P₂O₅-MINAS-balans wordt als volgt bepaald:

$$\text{MINASoverschot} = \text{aanvoer} - \text{afvoer} - \text{diercorrectie}$$

In de aan- en afvoerposten staan hoeveelheden N en P in krachtvoer, ruwvoer, dierlijke producten en mest. De hoeveelheid mineralen die op ander wijze het bedrijf binnenkomt door bijv. symbiotische binding of depositie uit de atmosfeer wordt niet meegeteld.

De diercorrectie is ingevoerd om 'onvermijdbare verliezen' in te rekenen en is bepaald op 30 kg N per melkkoe, 20.5 kg N per pink en 9.7 kg N per kalf. De diercorrectie wordt verlaagd met 60 kg N per ha grasland en 30 kg N per ha maïsland met nagewas of onderzaai. De grootte van de aftrek door de diercorrectie hangt af van de oppervlakte maïs en de aantallen dieren per ha.

In het werkelijke overschot wordt geen diercorrectie meegenomen:

$$\text{Werkelijkoverschot} = \text{aanvoer} + \text{symbiose} + \text{depositie} - \text{afvoer}$$

Op de werkelijke balans tellen alle aan- en afvoerposten mee. Dit betekent dat ook depositie en symbiotische N-binding worden meegeteld. Er is verondersteld dat de geoogste hoeveelheid N in klaver geheel afkomstig is van symbiotische N-binding, met uitzonderingen van opgenomen N uit urineplekken. De N afkomstig van symbiotische binding die in niet oogstbare delen van een klavergewas of indirect in gras (via mineralisatie) terecht komt wordt niet meegeteld op de balans.

De bodembalans kan gebruikt worden om specifiek te kijken naar de verliezen bij de teelt van de gewassen:

$$\text{Bodemoverschot} = \text{bemesting} + \text{symbiose} + \text{depositie} - \text{afvoer}$$

In deze balans zijn de kruisposten weggelaten, dit zijn posten die zowel aan afvoerszijde als aan aanvoerszijde op de balans staan. In de bemesting zitten kunstmest, mest afkomstig van de mesthoop (restant van voederverliezen), mest uit de mestput en weidemest na correctie voor ammoniakverliezen, maar inclusief alle urine-N (geen verliezen ingerekend). In de symbiose zitten zowel de N uit symbiose in het geoogste product als de N die gebonden is en wordt toegevoegd aan de bodemvoorraad (zie paragraaf 3.5). De afvoer bestaat uit netto geoogst product, exclusief gewasresten of verliezen tijdens het oogsten.

3.3 Gebruikte modellen

In deze studie zijn de bedrijfsmodellen FARMMIN en BBPR gebruikt. De biofysische aspecten zijn met FARMMIN door-gerekend. FARMMIN is een modulair, statisch model dat gericht is op het tactische en strategische beslissingsniveau (Van Evert *et al.*, 2002, 2003). Voor deze studie zijn de componenten die betrekking hebben op de veevoeding aangepast, zodat er gerekend wordt met een zomer- en winterrantsoen. Er zijn diverse nieuwe componenten ontwikkeld. Dit zijn o.a. de componenten voor de berekening van de effecten van beweiding, nitraatconcentratie in het grondwater volgens een balansmethode ('mest-ABC') en N-min en N-opname uit mineralisatie voor gras- en maïsland bij evenwicht tussen aan- en afvoer (zie paragraaf 3.4 en 3.5).

FARMMIN rekent op jaarniveau. Voor de berekening van de ruwvoerproducties is gebruik gemaakt van QUADMOD; dit programma berekent de gras- en maïslandproductie op basis van de (dosis-respons) relatie tussen werkzame N-gift en drogestof-opbrengst (Ten Berge *et al.*, 2000).

Een van de meest krachtige mogelijkheden van FARMMIN is het optimaliseren van een te kiezen variabele. De optimalisatie vindt plaats in twee schillen. In de binnenste schil wordt een zo goedkoop mogelijk rantsoen samengesteld door een lineair oplossingschema op basis van de beschikbare voedermiddelen. In de buitenste schil wordt met een 'controlled random search' methode de doelfunctie geminimaliseerd; in ons geval de bedrijfsconfiguratie met de laagste kosten. In principe kan elke doelvariabele geoptimaliseerd worden. Om de rekentijd te beperken en om de uitkomsten herhaalbaar te houden kan slechts een beperkt aantal (drie: stikstofgift op gras en maïsland en bijvoeding in de zomer) variabelen tegelijkertijd geoptimaliseerd worden.

In deze studie is een optimale combinatie berekend van aan- en verkopen ruwvoer, krachtvoergiften aan de melk-koeien, verhouding tussen eiwitarm en eiwitrijk krachtvoer, drijf- en kunstmestgiften en mestafvoer zodat de toegerekende kosten worden geminimaliseerd. In sommige gevallen kan het economisch aantrekkelijk zijn om overschrijding van de norm te accepteren en heffing te betalen. Om dit te voorkomen is de heffing per kg overschot verdrievoudigd. Indien er toch een heffing betaald moet worden omdat het bedrijf niet aan de norm kan voldoen, worden de 'normale' heffingen berekend. Met FARMMIN is de som van toegerekende kosten berekend, bestaande uit de kosten voor ruwvoer- en krachtvoeraankopen, kunstmest, mestafzet, oogsten van maaisneden minus de opbrengsten uit de verkoop van ruwvoer.

Met het model BBPR zijn de bedrijfseconomische aspecten berekend (Mandersloot *et al.*, 1991; Van Alem & Van Scheppingen, 1993; Zom, 2002). BBPR is een deterministisch simulatiemodel dat gericht is op het strategische, het tactische en het operationele beslissingsniveau. Kenmerkende aspecten van dit model zijn de praktijkgerichte veevoeding en het graslandgebruik dat geïntegreerd is in de veevoeding op dagbasis, bemesting en beweiding. Bovendien zijn alle facetten van de bedrijfsvoering samengevoegd in de bedrijfseconomische boekhouding.

In deze studie is getracht om sterke kanten van beide modellen te combineren. De optimale bedrijfsconfiguratie en tactische beslissingen die door FARMMIN zijn berekend zijn gebruikt om met BBPR de bedrijfssituatie in kaart te brengen met daarbij de bedrijfseconomische boekhouding. Bij een dergelijke aanpak is het van belang dat de gevonden optimale bedrijfsconfiguratie in FARMMIN overeenkomt met de bedrijfsconfiguratie in BBPR. Om dit te bewerkstelligen zijn de invoergegevens en de berekende ruwvoerproductie van beide modellen op elkaar afgestemd door de QUADMOD-parameters in FARMMIN iets te wijzigen. In het QUADMOD-rapport van Ten Berge *et al.* (2000) is een realistische reeks parameters te vinden zoals die voor verschillende veldproeven zijn bepaald. Voorwaarde voor de doorgevoerde wijzigingen is dat deze binnen een realistische spreiding blijven zoals die eerder is gevonden.

Voor de berekening van het bedrijfssaldo en ondernemersinkomen zijn de technische resultaten van FARMMIN gecombineerd met prijzen, kosten en opbrengsten die berekend zijn met BBPR.

FARMMIN kan optimale bemestingen berekenen die kleiner zijn dan de maximaal toegestane gift. Om te verkennen wat de gevolgen zijn voor de nitraatconcentraties bij maximale N-giften zijn extra berekeningen gemaakt. Hiervoor is voor het MINAS-scenario een gift kalkammonsalpeter (KAS) voor maïsland aangenomen van 25 kg/ha en voor grasland van 200-225 kg/ha voor droge zandgrond en 310-340 kg/ha voor normale zandgrond. Inclusief dierlijke mest levert dit werkzame bemestingsgiften op van 280-520 kg N/ha grasland en 120-160 kg N/ha maïsland. Voor het MGN-scenario is een KAS-gift van 80 kg op maïs aangenomen, wat ongeveer een werkzame N-gift oplevert van 130-160 kg N/ha. De KAS-N-gift op gras wordt vervolgens beperkt door de maximale effectieve N-gift.

3.3.1 Aanpassingen aan FARMMIN

Ten opzichte van eerder gebruikte versies van FARMMIN is er een mogelijkheid voor een P-bemesting toegevoegd. Er wordt nu ook P-kunstmest gebruikt. Voor extensieve en normaal intensieve bedrijven is een P-gift gehanteerd van 13,1 kg P/ha (equivalent aan 30 kg P_2O_5) op maïsland en 19,6 kg P/ha (equivalent aan 45 kg P_2O_5 /ha) grasland. Op intensieve bedrijven is deze P-bemesting achterwege gelaten vanwege de ruime P-voorziening via mest. In het geval van een tekort op de (werkelijke) P-bedrijfsbalans wordt de P-bemesting verhoogd.

De krachtvoergiften die worden verstrekt aan het melkvee zijn bepaald op 251 kg krachtvoer / 1000 liter melk (Tamminga, 2000). Er is een module voor de berekening van de N-opname uit mineralisatie ontwikkeld. Daarnaast is er expliciet rekening gehouden met verliezen op de mesthoop van het niet opgenomen voer.

De werkzaamheid van drijfmest is op een andere manier berekend. De minerale N in de mest wordt bepaald op basis van de verteerbare N in het voer. Gasvormige verliezen in de stal en tijdens het toedienen variëren nu als functie van de minerale stikstof in de mest. Tevens is er rekening gehouden met nitrificatie/denitrificatie-verliezen van de toegevoerde drijfmest. Van de organische fractie in drijfmest is 30% werkzaam, weidemest is niet werkzaam in het jaar van toediening.

Ook is er nu rekening gehouden met de verdamping van een vanggewas, waardoor er minder water percoleert onder maïsland. In tegenstelling tot de vorige studie (Schut *et al.*, 2004) geeft het vanggewas geen extra opname van N. Het voor deze studie gebruikte FARMMIN-model heeft een (vrijwel) sluitende balans. Alle N- en P-stromen zijn bekend en alle verliezen zijn gekwantificeerd.

3.4 Berekening van de nitraatconcentratie

Voor de berekening van de nitraatconcentratie in het percolatiewater worden twee methoden naast elkaar gebruikt en vergeleken. In het rapport van Willems *et al.* (2000) is een balansmethode beschreven, het zogenaamde 'mest-ABC'. Deze methode is verder uitgewerkt en gebruikt door de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG) (Schröder *et al.*, 2004). In Schut *et al.* (2004) is een methode beschreven waarin de N-min-voorraad na het groeiseizoen wordt berekend op basis van de hoeveelheid bemesting aangevuld met de effecten van beweiding. In de methode van Willems *et al.* (2000) wordt een uitspoelbare fractie bepaald, waarmee de uitspoelbare hoeveelheid N kan worden bepaald. In de N-min-methode wordt de uitspoelbare hoeveelheid N gelijk gesteld aan de N-min-

hoeveelheid die zich in de bodem bevindt aan het einde van het groeiseizoen. In onderstaande paragrafen 3.4.1 en 3.4.2 worden beide methoden in het kort beschreven. In paragraaf 3.4.3 wordt toegelicht hoe de uitspoelbare hoeveelheid N kan worden omgerekend naar nitraatconcentratie in het percolatiewater.

3.4.1 Balansmethode (mest-ABC)

De balansmethode gaat uit van het N-overschot in de bodem, zoals in paragraaf 3.2 is gedefinieerd. Als eerste wordt een uitspoelbare fractie berekend. De fractie wordt berekend op basis van empirische vergelijkingen die het balansoverschot koppelen aan gemeten nitraatuitspoelingen op praktijkbedrijven in het Landelijke meetnet Effecten Mestbeleid in de periode 1992-1995 (voor de zandgronden). De uitspoelbare fractie voor maïsland is bepaald op akkerbouwbedrijven. Voor melkveehouderijbedrijven is zowel de uitspoeling als het stikstofoverschot op de bodembalans op bedrijfsniveau bepaald. Om te kunnen differentiëren tussen effecten van gras- en maïsland zijn deze bedrijfswaarden gecorrigeerd door zowel de uitspoeling als het stikstofoverschot op de bodembalans te corrigeren met de eerder (op akkerbouwbedrijven) bepaalde waarden voor maïsland.

Dit betekent dat de effecten van gras/maïs-vruchtwisseling alleen zijn verdisconteerd in de uitspoelbare fractie voor grasland. Eventuele effecten van akkerbouwrotaties hebben mogelijk invloed op de uitspoelbare fractie voor maïsland. De teelt van een onder- of nagewas kan mogelijk de emissieroute beïnvloeden. Dat wil zeggen dat in de situatie van maïsland met een nagewas de uitspoelbare fractie veel kleiner kan zijn (er gaat dan relatief meer N verloren via denitrificatie); maïsland gaat dan meer lijken op grasland. In de gebruikte gegevenssets is nauwelijks sprake van de teelt van een nagewas; voor maïsland met een nagewas zijn de uitspoelbare fracties vermoedelijk te hoog.

De gebruikte waarden voor de uitspoelbare fractie is 0,81 voor maïsland en 0,43 voor grasland op zowel droge als op normale zandgrond.

3.4.2 Nmin-methode

De Nmin-methode is uitgebreid beschreven in eerder werk (Schut *et al.*, 2004); in deze paragraaf wordt de methode slechts beknopt weergegeven. Als eerste wordt een schatting gemaakt van de accumulatie van minerale stikstof (Nmin) als gevolg van mineralisatie en bemesting. Voor de zandgronden is de residuaire Nmin in de bouwvoor (0-90 cm) berekend als functie van de N-gift voor gras- en maïsland volgens relaties die zijn opgesteld door Ten Berge (2002). Deze relaties zijn bepaald aan de hand van proefveldgegevens. Voor gras heeft de bodemvruchtbaarheid geen invloed op de residuaire Nmin, voor maïsland echter wel. Voor maïs is de Nmin voor een onbemeste situatie (basisuitspoeling) aangepast aan de beschikbaarheid van N uit mineralisatie. Uit Figuur 3.10 in het rapport van Ten Berge (2002) is afgeleid dat er een verband is tussen N-opname uit mineralisatie en residuaire Nmin in een onbemeste situatie (zowel N-opname als residuaire Nmin zijn afhankelijk van het niveau van mineralisatie). De residuaire Nmin na maïsteelt zonder bemesting is gelijk gesteld aan 41% van de N-opname.

Naast het effect van bemesting op de Nmin-hoeveelheid is er ook een additief effect van beweiding op de Nmin-hoeveelheid. Als eerste wordt van de toegediende urine-N een fractie (0,4) afgetrokken voor verliezen. Deze verliesfractie is de som van verliezen door ammoniakvervluchtiging, nitrificatie- en denitrificatieprocessen en overige verliezen (o.a. opslag in de bodem). Er is uitgegaan van een volledige urine-N-opname tot 1 juli; na 1 juli neemt de opgenomen fractie lineair af tot het einde van het groeiseizoen. Er is geen rekening gehouden met overlappende urineplekken. De aanwezige maar niet opgenomen urine-N komt als Nmin in de bouwvoor.

Voor grasklaver is de geogste hoeveelheid symbiotisch gebonden N meegerekend als ware het een effectieve N-gift. De totale hoeveelheid symbiotisch gebonden N is wel gecorrigeerd voor verminderde binding door een ruime N-beschikbaarheid in urineplekken. Onder urineplekken is de N-concentratie hoog, doordat op een urineplek al gauw tot 400 kg N/ha extra N wordt gedeponeerd, wat bovenop de bemesting komt. Deze hoge N-concentraties zorgen ervoor dat de symbiotische binding niet functioneert. Daarom is de N die beschikbaar komt door symbiose gecorrigeerd voor de door klaver opgenomen N uit urinestikstof.

Een vanggewas kan onder gemiddelde omstandigheden ongeveer 40 kg/ha N opnemen, in warmere jaren kan dit sterk oplopen tot 75 kg/ha (Schröder *et al.*, 1995). Het effect van een vanggewas is meegerekend door de Nmin-hoeveelheid met maximaal 40 kg/ha te verlagen. Een vanggewas voegt geen extra stikstof aan het systeem toe. Bij ongewijzigde N-giften, kan er 20 kg N meer worden opgenomen. Nu rekenen we voor de evenwichtssituatie, waar de bemesting wel wordt aangepast. Dit betekent dat er geen extra opname van N is (in de bodembalans verandert niets, vanggewas is in evenwicht: een kruispost). Het vanggewas zorgt er alleen voor dat N op een andere manier verloren gaat dan door uitspoeling.

3.4.3 Van minerale N of uitspoelbare fractie naar de nitraatconcentratie in het percolatiewater

De uitspoelbare hoeveelheid N spoelt in principe uit met het percolatiewater. Als eerste wordt deze hoeveelheid N gecorrigeerd voor denitrificatieverliezen, waardoor N in de vorm van N₂ en N₂O uit de bodem ontwijkt. De denitrificatie hangt sterk af van de vochttoestand en de grondwaterpieken in de bodem. Per grondwatertrap is een relatieve reductiefactor ten opzichte van zeer droog zand bepaald door Boumans *et al.* (1989). In deze studie is verondersteld dat op zeer droog zand geen denitrificatie plaatsvindt. Deze veronderstelling lijkt redelijk; volgens J.G. Conijn (pers. med.) komt de door Boumans gerapporteerde verliesfractie op een zandgrond met Gt V goed overeen met modelberekeningen (modelinstrumentarium is beschreven door Conijn & Henstra, 2003). Voor droge en normale zandgrond is een reductiefactor voor Nmin van respectievelijk 0,17 en 0,57 gebruikt; dit komt overeen met respectievelijk grondwatertrap VI en IV (Boumans *et al.*, 1989).

Vervolgens is de nitraatconcentratie (mg nitraat/liter) berekend:

$$[NO_3] = \frac{N_{\min} \times 4.4286 \times (1 - rf)}{NO} \times 10^2$$

In deze vergelijking staat 4.4286 voor de verhouding tussen de molmassa's van nitraat en stikstof, *rf* voor de relatieve reductiefactor door denitrificatie en *NO* voor het neerslagoverschot.

Schröder *et al.* (2004) hebben dezelfde neerslagoverschotten gebruikt als eerder gegeven door Willems *et al.* (2000), zie Tabel 2. Deze waarden voor het neerslagoverschot wijken sterk af van gegevens van Kroes *et al.* (2001). Voor de belangrijkste gebieden met droge zandgronden hebben Kroes *et al.* zelfs een neerslagoverschot van 150-225 mm berekend (zie Figuur 5.2 in Kroes *et al.*, 2001). In nieuwe berekeningen zijn deze waarden geactualiseerd (Massop *et al.*, in voorbereiding). Hieruit blijkt dat voor de droge zandgronden de verdamping op grasland met ongeveer 50 mm werd overschat en het neerslagoverschot met ongeveer 50 mm werd onderschat (persoonlijke mededeling P.J.T. van Bakel).

Voor droge gebieden met een neerslaghoeveelheid van 700-750 mm (oosten van Noord-Brabant en noorden van Limburg. KNMI, 2002) resulteert dit in een gecorrigeerd neerslagoverschot van ongeveer 250 mm op grasland en 325 mm voor maïsland. Voor grasland komt dit overeen met gemiddeld 424 mm transpiratie (10,6 t/ha grasopbrengst en een transpiratiecoëfficiënt van 400 l water/kg ds, Smid *et al.*, 1998) en 75 mm evaporatie. Deze waarden lijken plausibel en zijn voor deze studie gebruikt.

Voor droog zand is de productie, en dus ook de verdamping lager dan voor normaal zand. Daarom is het neerslagoverschot verlaagd met 25 mm voor normaal zand (equivalent met 0,7 t ds meer opbrengst dan gemiddeld) en verhoogd met 50 mm (equivalent met 1,3 t/ha minder opbrengst dan gemiddeld). Ten opzichte van een gemiddelde maïsoopbrengst van 12,75 t ds/ha is de maïsoopbrengst voor droog zand 1,25 t/ha lager en voor normaal zand 0,65 t/ha hoger. Bij een transpiratiecoëfficiënt van 160 liter/kg ds betekent dit voor droog zand een neerslagoverschot correctie van 20 mm op droge zandgrond en 10 mm op normale zandgrond.

Tabel 2. Neerslagoverschotten volgens verschillende methoden.

Grondsoort	Normaal zand		Droog zand	
	gras	maïs	gras	maïs
Gewas				
Schröder <i>et al.</i> (2004)	268	380	387	473
Kroes <i>et al.</i> * (2001)	273	377		
Massop <i>et al.</i> * (in voorbereiding)	325	377		
Gebruikte waarden Nederland gemiddeld (775 mm)	300	367	375	397
Gebruikte waarden Nederland droge gebieden (725 mm)	250	317	325	347

* Gemiddelde waarde, niet gedifferentieerd naar grondsoort.

3.5 Berekening van N-mineralisatie in evenwicht

De bodemvoorraad stikstof zal na een langere tijd in evenwicht komen met de bemesting en gewasproductie. Bij evenwicht geldt dat de aanvoer van N via bemesting, depositie en symbiose gelijk moet zijn aan de afvoer van netto geoogst gewas. De hoeveelheid stikstof die niet wordt afgevoerd komt in de bodemvoorraad terecht en zal op termijn gaan mineraliseren. Een volledige uitwerking van de oplossing is te vinden in Bijlage III.

De via het gewas afgevoerde N komt of uit mineralisatie van de bodemvoorraad of uit de benutte fractie (terugwinningsfractie of apparent recovery) van de mineralisatie (ρ_s), bemesting (ρ_g) en depositie (ρ_d).

De netto N-opname (exclusief gewasresten en oogstverliezen) is afkomstig uit de volgende posten:

$$N_{opname} = \rho_s \times M + \rho_d \times N_{depositie} + \rho_g \times (N_{gift,w} + N_{symbiose}) \quad 1$$

De totale jaarlijkse mineralisatie (M) kan dan als volgt worden berekend:

$$M = (1 - L_{gift}) \times (1 - \rho_g) \times N_{gift} + N_{gift,r} + (1 - L_{depositie}) \times (1 - \rho_d) \times N_{depositie} \quad 2$$

De $N_{gift,r}$ geeft de hoeveelheid niet-opneembare stikstof in het jaar van toediening weer (ofwel de resistente hoeveelheid). De fracties L_{gift} en $L_{depositie}$ zijn de verliesfracties van de niet opgenomen N uit bemesting en depositie.

Deze vergelijkingen kunnen worden opgelost door vergelijking 2 in vergelijking 1 te substitueren. De twee onbekenden N_{opname} en ρ_g worden iteratief opgelost in de FARMMIN-optimalisatie (zie Bijlage III). Vervolgens kunnen de mineralisatie en de jaarlijkse opname uit mineralisatie van de bodemvoorraad berekend worden door een van bovenstaande formules in te vullen.

De recovery voor N uit mineralisatie ρ_s wordt bepaald door het relatieve deel van de mineralisatie die in het groeiseizoen beschikbaar komt. Voor de berekening van de verdeling van de mineralisatie binnen het jaar, gecorrigeerd voor temperatuur (MC) is de volgende formule gebruikt (A.L. Smit, pers. med.):

$$MC^{-d} = 2^{\frac{(BT-20)}{10}} \times M^{-d}$$

Hierin is BT de bodemtemperatuur en M^d de mineralisatie per dag. Gebruikmakend van gemiddeld weer kan aldus de mineralisatie per maand worden uitgerekend. De gebruikte waarde voor ρ_s is 0,809 voor grasland en 0,603 voor maïsland. De waarde voor maïsland is mogelijk wat hoog gezien de relatief lage recovery van kunstmest N (ongeveer 70%). Echter, gemiddeld wordt in proeven in Nederland een opname van N uit mineralisatie gemeten van ongeveer 88 kg N/ha (Ten Berge *et al.*, 2000). Bij de gebruikte waarde van 0,603 komt dit neer op een jaarlijkse mineralisatie van 146 kg N/ha, wat geen onredelijke waarde lijkt.

Voor de bepaling van de waarde van de verliesfracties is aangenomen dat de verliezen in de winter plaatsvinden. Van Dijk *et al.* (2004) hebben verliesfracties bepaald van N die wordt toegediend op verschillende tijdstippen buiten het groeiseizoen. Deze verliesfracties zijn gebruikt om de totale verliezen uit mineralisatie (er is verondersteld dat de verliezen uit het niet opgenomen deel van de gift gelijk zijn aan de verliezen van de mineralisatie buiten het groeiseizoen) en om de depositie te schatten.

De verliezen kunnen worden bepaald door deze maandmineralisaties te vermenigvuldigen met de verliesfracties zoals bepaald door Van Dijk *et al.* (2004). Dit resulteert in een waarde van 0,67 voor de L_{gift} en 0,63 voor de $L_{depositie}$.

De ρ_d is bepaald op 0,75 voor grasland en op 0,42 voor maïsland, uitgaande van een evenredige verdeling van depositie (som van droge en natte depositie) over het jaar en N-opname van februari tot en met oktober voor grasland en van mei tot en met 15 september voor maïsland.

De hoeveelheid residuaire N wordt bepaald door:

$$N_{gift,r} = (N_{gift} - N_{gift,w}) + N_{mesthoop,r} + N_{symbiose,r} \text{ met}$$

$$N_{gift,w} = N_{gift,m} + WC_{org} \times (N_{gift} - N_{gift,m})$$

Hierin staat het subscript r voor de residuaire hoeveelheid, en het subscript w voor de werkzame hoeveelheid. De mestgiften zijn gecorrigeerd voor verliezen door NH_3 -emissie en gasvormige verliezen na urinedepositie in de weide. De werkingscoëfficiënt van het organische deel van de N in de mest (WC_{org}) is vastgesteld op 0,3 voor drijfmest en 0 voor weidemest. Er is verondersteld dat de 33% van de N die op de mesthoop terechtkomt (voerresteren, 5% van het op stal gevoerde ruwvoer) als Nr-bemesting kan worden gebruikt. De waarde van 33% is afgeleid uit Lantinga *et al.* (1987). Zij geven aan dat ongeveer 8 g N/kg DM van de N in het voer onverteerbaar is; dit is bij benadering 33% van de totale N in ruwvoer.

De residuaire N uit symbiose kan worden geschat door het effect van klaver op de N-opname van gras in een mengsel te beschouwen. De extra N-opname van gras in een gras/klaver-mengsel wordt sterker in het 2^{de} tot 4^{de} jaar (Whitehead, 1995 en referenties daarin). Dit duidt op een effect over jaren heen dat via de bodemvoorraad wordt doorgegeven. De omvang van de residuaire N die door symbiose aan de bodempool wordt toegevoegd kan dus geschat worden uit de extra N-opname van gras. De gemineraliseerde hoeveelheid N die naar klaver gaat zal vermoedelijk klein zijn, aangezien klaver een veel zwakkere concurrent om N is dan gras; de N-opname uit mineralisatie van klaver is in een gras/klaver-mengsel dus vermoedelijk klein.

Elgersma (1997) rapporteerde een maximale getransfereerde hoeveelheid N van klaver naar gras van 82 kg N/ha bij een 'apparent' N-fixatie van 370 kg N/ha. Er is aangenomen dat de residuaire hoeveelheid N uit symbiose zich recht evenredig verhoudt tot de hoeveelheid geogoste N uit symbiose. Dit betekent dat de hoeveelheid residuaire N uit symbiose gelijk is aan 22% van de opname uit symbiose.

3.6 Invoergegevens

Deze paragraaf geeft inzicht in de belangrijkste invoergegevens. Een nadere toelichting op de gewasproductie en veevoeding is te vinden in eerder werk (Schut *et al.*, 2004). Een volledig overzicht van alle invoergegevens is te vinden in Bijlage I.

3.6.1 Representatieve modelbedrijven

In eerdere studies zijn negen typische bedrijven gedefinieerd die representatief zijn voor de Nederlandse melkveehouderij (Smit *et al.*, 2003; Van der Kamp, 2002). In deze studie zijn alleen de 6 bedrijven op zandgrond gebruikt. In reactie op invoering van mestwetgeving zal de bedrijfsvoering in de loop van de jaren veranderen. Om dit te onderwerpen zijn enkele maatregelen getroffen waarmee op de meest kostenefficiënte wijze aan MINAS kan worden voldaan (zie Smit *et al.*, 2003). De getroffen maatregelen zijn: gedeeltelijk of geheel vervangen van gras door gras/klaver-mengsels, minder jongvee, gebruik van P-arm krachtvoer, minder beweiding etc. De getroffen maatregelen variëren per bedrijf; op de intensieve bedrijven zijn de meeste maatregelen getroffen. Een uitgebreide beschrijving van de aanpassingen is te vinden in eerder werk (Schut *et al.*, 2004).

In de Mestwet-2006 is het toegestane gebruik van dierlijke mest afhankelijk van het aandeel grasland. Als er minder dan 70% gras wordt geteeld mag er 170 kg N/ha uit dierlijke mest worden toegediend, als er meer dan 70% gras wordt geteeld mag er 250 kg N/ha uit dierlijke mest worden toegediend. Het is erg waarschijnlijk dat het aandeel grasland wordt aangepast om de maximale hoeveelheid dierlijke mest te kunnen gebruiken, teneinde de af te voeren hoeveelheid mest te beperken. Om dit te ondervangen is de oppervlakte gras op intensieve bedrijven (19,5 t melk/ha) verhoogd ten opzichte van de gebruikte modelbedrijven in Schut *et al.* (2004), van 15,5 naar 17,25 ha en de oppervlakte maïs verlaagd van 9 naar 7,25 ha, zie Tabel 3.

Tabel 3. *Bedrijfskenmerken van typische bedrijven, representatief voor de Nederlandse melkveehouderij na doorvoering van geselecteerde maatregelen.*

Grondsoort	Normaal zand			Droog zand		
	11,5	13,5	19,5	11,5	13,5	19,5
Intensiteit (ton melk/ha)						
Oppervlak (ha)	36	31	24,5	36	31	24,5
Gras (ha)	28	24	17,25	28	24	17,25
w.v. gras/klaver (ha)	8,4	7,2	0	28	7,2	3,1
Maïs (ha)	8	7	7,25	8	7	7,25
w.v. maïs met vanggewas (ha)	0	0	7,25	0	0	7,25
Melkkoeien	58	55	62	58	55	62
Jongveebezetting per 10 melkkoeien	8,7	8,8	8,9	7	7	7
Melkproductie (kg/koe)	7100	7600	7700	7100	7600	7700
Vetgehalte (%)	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
Eiwitgehalte (%)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Beweidingsstelsel	0+4	B+8	B+8	0+4	B+8	B+8
Dagen beweiding melkkoeien	180	180	122	150	150	122

3.6.2 Gehanteerde prijzen voor aan- en verkoop

Er zijn standaard prijzen gebruikt voor de aankoop en verkoop van kunstmest en ruw- en krachtvoer (Tabel 4).

Tabel 4. Gebruikte prijzen voor aan- en afvoer van voedermiddelen, (kunst)mest en dierlijke producten.

	Prijs	Eenheid
Aanvoer		
Gras	0,05835	€ / kg product
Maïs	0,03744	€ / kg product
Krachtvoer, eiwitrijk	0,18	€ / kg product
Krachtvoer, eiwitarm	0,14004	€ / kg product
Kunstmest	0,1497	€ / kg product
Afvoer		
Drijfmest	0,126	€ / kg drogestof
Gras	0,0787	€ / kg drogestof
Maïs	0,0847	€ / kg drogestof
Melk	0,322	€ / liter
Melkkoe	560	€ / dier
Jonvee < 1 jaar	850	€ / dier
Nuchter kalf	182	€ / dier

Voor drijfmestafvoer is een prijs van € 11,34 per ton product (bron: Van der Kamp, 2002) gerekend voor alle scenario's. In scenario's waar meer mest moet worden afgevoerd zal in werkelijkheid ook de prijs van mestafvoer gaan stijgen. Dit is niet meegenomen, aangezien de prijsontwikkeling van mestafvoer sterk afhangt van de ontwikkelingen in de intensieve veehouderij en de akkerbouw. Hierdoor worden de kosten voor bedrijven die veel drijfmest moet worden afgevoerd mogelijk (sterk) onderschat.

3.6.3 Bedrijfseconomie

Zoals vermeld in sectie 3.3, is de berekening van de financiële bedrijfsresultaten in hoofdzaak uitgevoerd met BBPR. Dit betreffen de niet toegerekende kosten en de overige kosten. Er is een schatting gemaakt van de toegerekende kosten (aan- en verkopen ruw- en krachtvoer, kunstmest en mestafvoer) op basis van FARMMIN-uitkomsten. Er is gerekend met een vergoeding voor arbeid van € 45.900 voor de ondernemer. Het gehanteerde rentepercentage is 4%. Er zijn rentekosten in rekening gebracht voor al het vermogen dat in het bedrijf is geïnvesteerd, zowel eigen financiering als geleend geld. Het gepresenteerde arbeidsinkomen is de vergoeding voor arbeid vermeerderd met het bedrijfsresultaat. Het arbeidsinkomen geeft het inkomen voor de ondernemer weer, exclusief een rentevergoeding voor het eigen vermogen.

4. Resultaten

4.1 Tactische bedrijfsbeslissingen

De economische optima van kunst- en drijfmestgiften liggen lager in het MGN-scenario dan de economische optima in het MINAS-scenario (Tabel 5). Dit geldt voor zowel mais- als grasland. De grootste reductie in mestgift vindt plaats op de intensieve bedrijven, de werkzame N-gift op grasland wordt tot 148 kg/ha op intensieve bedrijven op droge zandgrond verlaagd. In het MGN-scenario is de N-aanvoer via weidemest lager dan in het MINAS-scenario. Dit komt door de lagere N-gift, waardoor zowel de zomer- als winterrantsoenen een lager N-gehalte hebben op alle bedrijven. Dit heeft tot gevolg dat er minder N in de mest zit, waardoor de N-gift via weidemest ook lager is.

De gerealiseerde N-bemesting uit drijfmest is voor alle bedrijven in het MGN-scenario 250 kg N/ha (te berekenen uit Tabel 4 m.b.t. arealen in Tabel 3). De totale effectieve N-bemesting ligt voor een aantal bedrijven duidelijk lager dan de toegestane hoeveelheid. In eerste instantie lijkt dit onlogisch, maar dit is te verklaren doordat een hogere N-bemesting leidt tot meer mestexport. Dit komt doordat een hogere N-bemesting een hoger N-gehalte in het ruwvoer tot gevolg heeft. Via een hogere N-excretie resulteert dit in een hoger N-gehalte in de mest. Bij een gelijkblijvende N-gift uit drijfmest (250 kg N/ha), moet er dan meer drijfmest (zowel m³ als kg N) worden afgevoerd. Een beperkte N-bemesting en iets meer voer aankopen is voor deze bedrijven goedkoper dan een maximale N-bemesting in combinatie met een grotere afvoer van drijfmest.

De reductie in N-bemesting in het MGN-scenario geeft ook een verminderde opbrengst op zowel gras- als maïsland (Tabel 6). De opbrengstdervingen voor maïsland zijn erg beperkt. Voor grasland vindt de grootste reductie plaats op normale zandgrond. Deze bedrijven op normale zandgrond worden in het MINAS-scenario het minst beperkt in N-gift.

In het MINAS-scenario wordt het toelaatbare N-overschot onderschreden (Tabel 7). Dit betekent dat de economisch optimale N-bemesting lager ligt dan in het MINAS-scenario zou mogen. Door de lagere N-gehalten van het ruwvoer is er in het MGN-scenario meer eiwitrijk krachtvoer nodig dan in het MINAS-scenario. In het MGN-scenario kan minder mest op het eigen bedrijf worden gebruikt en moet er meer drijfmest worden afgevoerd. Hierdoor nemen de kosten voor mestafzet op het intensieve bedrijf op droge zandgrond toe van 1,65 k€ (146 ton drijfmest) in het MINAS-scenario tot € 6,07 k€ (534 ton drijfmest) in het MGN-scenario. Deze kosten hangen uiteraard sterk af van de prijzen voor mestafzet.

Het MGN-scenario leidt t.o.v. het MINAS-scenario tot lagere overschotten op de werkelijke balans voor zowel N als P voor alle bedrijven (Tabel 8 en 9). De grootste reductie in N-overschot (86 kg N/ha) vindt plaats op het intensieve bedrijf op droge zandgrond. Voor het P-overschot vindt de grootste reductie (8,4 kg P/ha) plaats op het normaal intensieve bedrijf op droge zandgrond. De verkoop van maïs op extensieve bedrijven neemt af in het MGN-scenario t.o.v. het MINAS-scenario; de verkoop van gras op het normaal intensieve bedrijf op normale zandgrond wordt zelfs geheel gestaakt.

Tabel 5. Optimale bemesting van gras- en maïsland in het MINAS- en MGN-scenario.

Intensiteit (ton melk/ha)	Droge zandgrond			Normale zandgrond		
	11,5	13,5	19,5	11,5	13,5	19,5
MINAS						
N-totaal op grasland (kg N/ha)	468	353	569	458	426	688
KAS-N op grasland (kg N/ha)	175	75	173	152	131	235
Drijfmest op grasland (kg N/ha)	139	196	275	121	190	322
Weidemest op grasland (kg N/ha)	155	81	120	185	105	130
Werkzame N op grasland (kg N/ha)*	242	170	303	211	221	390
N-totaal op maïsland (kg N/ha)	183	215	222	203	259	251
KAS-N op maïsland (kg N/ha)	0	51	27	0	68	21
Drijfmest op maïsland (kg N/ha)	183	164	195	203	191	230
Werkzame N op maïsland (kg N/ha)	96	131	123	106	161	137
MGN						
N-totaal op grasland (kg N/ha)	420	347	355	365	315	463
KAS-N op grasland (kg N/ha)	147	71	70	97	45	190
Drijfmest (kg N/ha)	131	195	184	108	170	165
Weidemest (kg N/ha)	141	80	100	160	100	109
Werkzame N op grasland (kg N/ha)*	210	165	155	148	125	263
N-totaal op maïsland (kg N/ha)	171	218	188	187	216	244
KAS-N op maïsland (kg N/ha)	0	54	20	0	34	50
Drijfmest (kg N/ha)	171	163	168	187	182	194
Werkzame N op maïsland (kg N/ha)	88	133	99	95	121	142

* Werkzame N na aftrek van opslag en toedieningsverliezen

Tabel 6. Bruto en netto DS en N-opbrengsten van grasland en netto DS en N-opbrengst van maïsland in het MINAS- en MGN-scenario.

Intensiteit (ton melk/ha)	Droge zandgrond			Normale zandgrond		
	11,5	13,5	19,5	11,5	13,5	19,5
MINAS						
Gras, bruto ds-opbr, kg/ha	9748	9046	9658	11508	11519	13330
Gras, netto ds-opbr, kg/ha	9254	8604	9422	10743	10956	12867
Gras, netto N-opbrengst, kg/ha	346	290	383	374	362	494
Mais, netto ds-opbr, kg/ha	11500	11541	11555	13382	13510	13523
Mais, netto N-opbrengst, kg/ha	152	159	166	168	185	189
MGN						
Gras, bruto ds-opbr, kg/ha	9514	9001	8910	10016	9343	12056
Gras, netto ds-opbr, kg/ha	9063	8554	8603	9402	8579	11471
Gras, netto N-opbrengst, kg/ha	317	287	282	311	274	365
Mais, netto ds-opbr, kg/ha	11448	11542	11484	13236	13377	13457
Mais, netto N-opbrengst, kg/ha	146	160	149	158	168	176

Tabel 7. Optimale tactische bedrijfsbeslissingen in het MINAS en MGN-scenario.

Intensiteit (ton melk/ha)	Droge zandgrond			Normale zandgrond		
	11,5	13,5	19,5	11,5	13,5	19,5
MINAS						
Ruwvoer-aankoop (kg drogestof/koe)	0	1029	2379	0	555	1175
Aankoop eiwitarm krachtvoer (kg ds/koe, excl. jongvee)	1789	1898	1798	1789	1898	2053
Aankoop eiwitrijk krachtvoer (kg ds/koe, excl. jongvee)	0	0	285	0	0	30
Kosten voor mestafzet (k€ per bedrijf)	0	0	-1651	0	0	0
Onderschrijding MINAS-norm (kg N/ha)	21	68	39	99	111	65
Onderschrijding MINAS-norm (kg P/ha)	8,9	3,6	0	11,5	9,2	5,1
MGN						
Ruwvoer-aankoop (kg drogestof/koe)	0	1029	2574	0	574	1175
Aankoop eiwitarm krachtvoer (kg ds/koe, excl. jongvee)	1789	1868	1588	1789	1340	1573
Aankoop eiwitrijk krachtvoer (kg ds/koe, excl. jongvee)	0	45	495	0	576	510
Kosten voor mestafzet (k€ per bedrijf)	0	0	-6066	0	-231	-6973

Tabel 8. Bedrijfs N-balans in het MINAS- en MGN-scenario.

Intensiteit (ton melk/ha)	Droge zandgrond			Normale zandgrond		
	11,5	13,5	19,5	11,5	13,5	19,5
MINAS aanvoer						
KAS (kg N/ha)	136	70	130	119	117	172
Mais (kg N/ha)	0	22	66	0	13	33
Krachtvoer eiwitarm (kg N/ha)	83	97	110	84	99	136
Krachtvoer eiwitrijk (kg N/ha)	0	0	41	0	0	6
Depositie (kg N/ha)	45	45	45	45	45	45
Symbiose (kg N/ha)	0	18	4	23	25	0
MINAS afvoer						
Melk (kg N/ha)	63	74	107	63	74	107
Vlees (kg N/ha)	10	11	16	12	13	16
Mais (kg N/ha)	7	0	0	20	0	0
Gras (kg N/ha)	0	0	0	0	30	0
Mest (kg N/ha)	0	0	20	0	0	0
Overschot op werkelijke balans (kg N/ha)	184	168	259	177	182	269
Overschot op de MINAS balans (kg N/ha)	120	79	150	86	82	164
MGN aanvoer						
KAS (kg N/ha)	115	67	55	76	42	148
Mais (kg N/ha)	0	22	66	0	19	40
Krachtvoer eiwitarm (kg N/ha)	83	95	86	84	71	85
Krachtvoer eiwitrijk (kg N/ha)	0	3	73	0	37	74
Depositie (kg N/ha)	45	45	45	45	45	45
Symbiose (kg N/ha)	0	18	11	27	28	0
MGN afvoer						
Melk (kg N/ha)	63	74	107	63	74	107
Vlees (kg N/ha)	10	11	16	12	13	16
Mais (kg N/ha)	4	0	0	5	0	0
Gras (kg N/ha)	0	0	0	0	0	0
Mest (kg N/ha)	0	0	66	0	2	78
Overschot op werkelijke balans (kg N/ha)	165	166	173	152	154	191
Overschot op de MINAS balans (kg N/ha)	102	78	57	58	51	85

Tabel 9. Bedrijfs P-balans in het MINAS en MGN-scenario.

Intensiteit (ton melk/ha)	Droge zandgrond			Normale zandgrond		
	11,5	13,5	19,5	11,5	13,5	19,5
MINAS aanvoer						
P-kunstmest (kg P/ha)	18,2	18,1	3,9	18,2	18,1	3,9
Mais (kg P/ha)	0	3,7	10,8	0	2,2	5,5
Krachtvoer eiwitarm (kg P/ha)	14,9	17,5	16,4	15,2	17,8	20,4
Krachtvoer eiwitrijk (kg P/ha)	0	0	6,3	0	0	0,8
MINAS afvoer						
Melk (kg P/ha)	11	12,9	18,7	11	12,9	18,7
Vlees (kg P/ha)	2,8	3,1	4,4	3,3	3,7	4,4
Mais (kg P/ha)	1,2	0	0	3,7	0	0
Gras (kg P/ha)	0	0	0	0	3,9	0
Mest (kg P/ha)	0	0	2,6	0	0	0
Overschot op werkelijke balans (kg P/ha)	18	23,3	12,6	15,3	17,6	7,5
Overschot op de MINAS-balans (kg P/ha)	-0,2	5,1	8,7	-2,8	-0,5	3,6
MGN aanvoer						
P-kunstmest (kg P/ha)	12,9	9,7	3,9	11,1	8,6	3,9
Mais (kg P/ha)	0	3,7	10,9	0	3,2	6,5
Krachtvoer eiwitarm (kg P/ha)	14,9	17	12,8	15,2	12,8	12,8
Krachtvoer eiwitrijk (kg P/ha)	0	0,5	11,3	0	5,7	11,4
MGN afvoer						
Melk (kg P/ha)	11	12,9	18,7	11	12,9	18,7
Vlees (kg P/ha)	2,8	3,1	4,4	3,3	3,7	4,4
Mais (kg P/ha)	0,8	0	0	1	0	0
Gras (kg P/ha)	0	0	0	0	0	0
Mest (kg P/ha)	0	0	9,9	0	0,3	12
Overschot op werkelijke balans (kg P/ha)	13,2	14,9	9,1	11	13,3	0
Overschot op de MINAS-balans (kg P/ha)	0,3	5,2	5,2	-0,1	4,7	-3,8

4.2 Arbeidsopbrengst

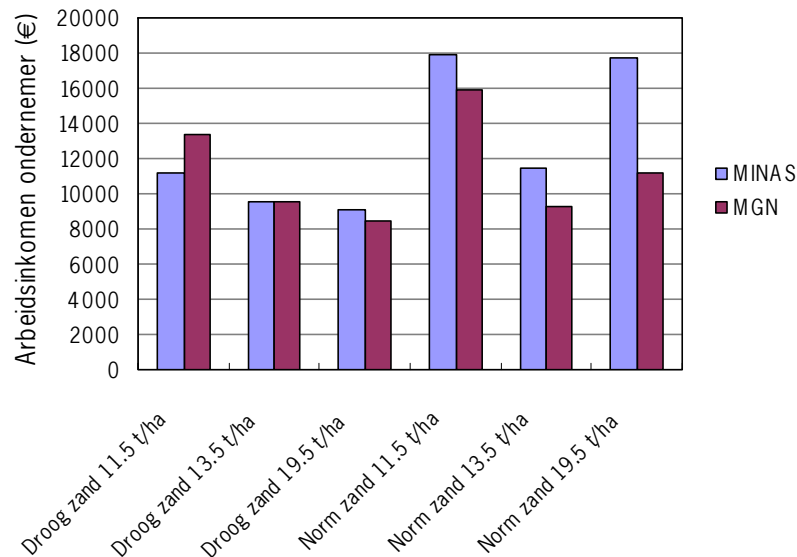
Het niveau van de arbeidsinkomens ligt laag, variërend van 7,8 tot 23,5 k€. De intensieve bedrijven hebben het hoogste arbeidsinkomen, zowel in het MINAS- als in het MGN-scenario (Figuur 1). Uiteraard hangt dit mede af van de kosten van mestafzet, waar nog veel onzekerheid over bestaat. De arbeidsinkomens dalen in het MGN-scenario het meest voor de intensieve bedrijven, van 3,2 k€ op droge zandgrond en 7,3 k€ op normale zandgrond. In algemene zin zijn de inkomens laag; het rendement van het geïnvesteerde eigen vermogen is bij een arbeidsvergoeding van 45,9 k€ kleiner dan 4%. De berekende rente bedraagt voor deze bedrijven 31 tot 37 k€, wat betekent dat het gezinsinkomen (arbeidsinkomen + rentevergoeding eigen vermogen), bij een eigen vermogen van 50%, 32,8 tot 46,8 k€ bedraagt.

4.3 Werking van mest

Van de stikstof die door het vee wordt uitgescheiden komt uiteindelijk 39-49% beschikbaar voor het gewas als equivalent van kunstmeststikstof. Van de N die als drijfmest wordt uitgereden komt 57-61% beschikbaar als kunstmeststikstof-equivalenten. De uiteindelijke benutting (opname door het gewas) hangt natuurlijk ook af van de kunstmestgift.

Weidemest heeft een veel lagere benutting, 29-44% van de N in weidemest wordt door het gewas opgenomen (dit is alleen N afkomstig uit urine). Opname van N uit weidemest is luxe-consumptie, d.w.z. dat de N-opname wel hoger wordt maar de drogestof-productie niet. De benutting van weidemest hangt voornamelijk af van de beweiding in het najaar, minder najaarsbeweiding geeft een hogere benutting van weidemest. Daarom is de benutting van weidemest hoger voor intensieve bedrijven dan voor extensieve bedrijven.

Er is nauwelijks verschil tussen de werkingscoëfficiënten in het MGN- en MINAS-scenario. De kleine verschillen worden veroorzaakt door verschillen in N-gehalten en samenstelling van drijfmest en weidemest als gevolg van lagere N-gehalten van het voer door een lager bemestingsniveau.



Figuur 1. Arbeidsopbrengst van de ondernemer.

Tabel 10. Werkingscoëfficiënten van N uit mest, uitgedrukt als % van N die door het vee is uitgescheiden of als percentage van N in de opslag of als percentage van N die op of in de grond terechtkomt. Voor weidemest is de benutting (d.w.z. de opgenomen N) weergegeven.

Intensiteit (ton melk/ha)	Droge zandgrond			Normale zandgrond		
	11,5	13,5	19,5	11,5	13,5	19,5
MINAS						
Weide- en drijfmest (% van uitgescheiden N)	45	46	48	41	44	49
Drijfmest 'uit de opslag' (%)*	60	58	58	60	58	59
Drijfmest 'in de grond' (%)**	64	61	61	63	61	62
Weide- en drijfmest op grasland (%)***	48	51	54	42	49	55
Benutting van weidemest (%)****	35	36	43	30	32	44
MGN						
Weide- en drijfmest (% van uitgescheiden N)	44	46	45	39	43	46
Drijfmest 'uit de opslag' (%)*	59	58	59	58	57	61
Drijfmest 'in de grond' (%)**	62	60	61	61	59	64
Weide- en drijfmest op grasland (%)***	47	51	52	41	47	53
Benutting van weidemest (%)****	34	36	40	29	31	41

* Gecorrigeerd voor NH_3 -emissie in de opslag.

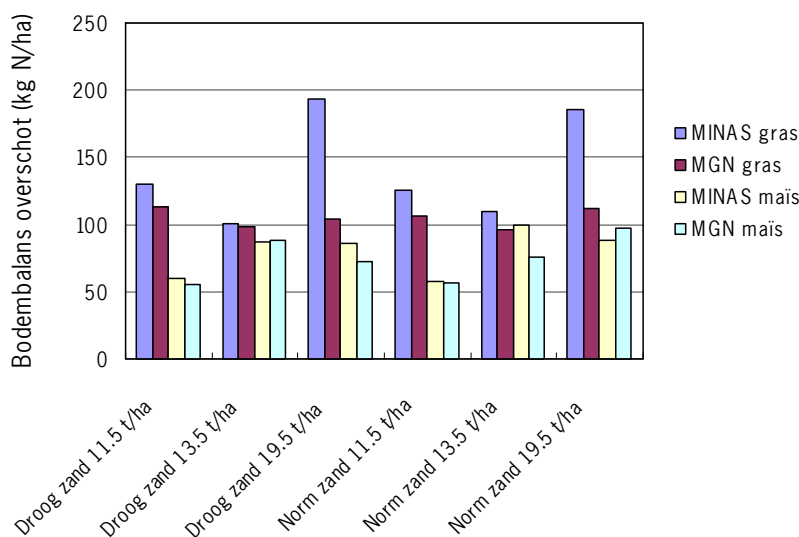
** Gecorrigeerd voor NH_3 -emissie in de opslag en NH_3 -verliezen tijdens toediening.

*** Gecorrigeerd voor NH_3 -emissie in de opslag en tijdens beweiding.

**** Gecorrigeerd voor verliezen tijdens beweiding.

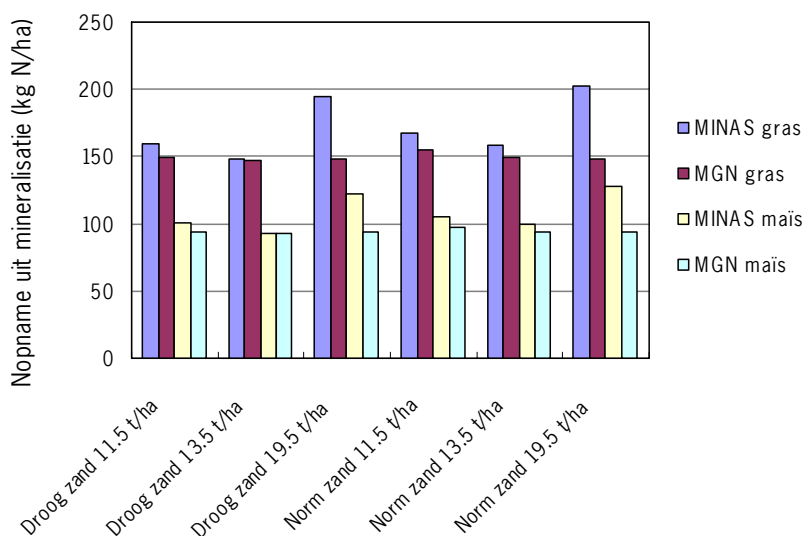
4.4 N-overschot op de bodembalans en bodemvruchtbaarheid

De overschotten op de bodembalans worden sterk gereduceerd in het MGN-scenario (Figuur 2). De reducties zijn aanzienlijk voor grasland, terwijl voor maïsland beperkte reducties zijn berekend. Voor het normaal intensieve bedrijf op droge zandgrond en het intensieve bedrijf op normale zandgrond is een lichte toename in het bodem balansoverschot op maïsland berekend. De variatie in bodem-N-overschot is voor grasland veel groter dan maïsland; dit is een gevolg van de relatief kleine verschillen in bemestingsniveau op maïsland.



Figuur 2. Overschot op de N-bodembalans voor gras en maïs bij MINAS en gebruiksnormen.

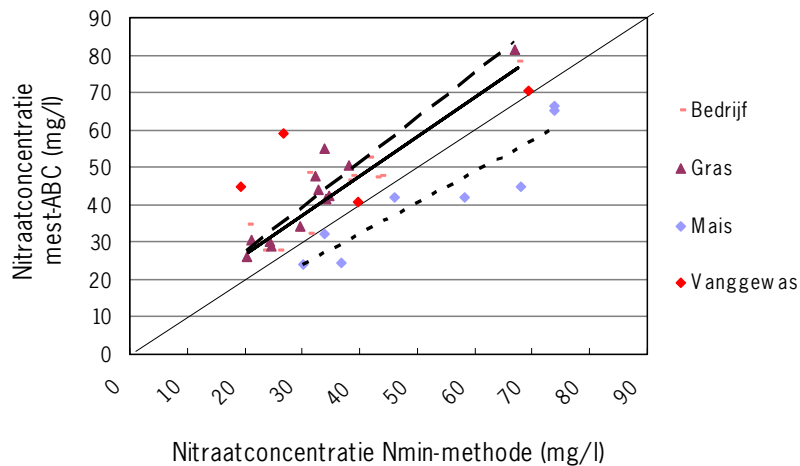
De berekende N-opname uit mineralisatie bij evenwicht in de bodem is hoger voor intensieve bedrijven dan voor extensieve bedrijven (Figuur 3). De bemestingen op het intensieve bedrijf op normale zandgrond in het MINAS-scenario leiden zelfs tot een jaarlijkse N-opname uit mineralisatie van 203 kg N/ha. In het MGN-scenario zijn de verschillen tussen bedrijven gering; er is dan een jaarlijkse N-opname uit mineralisatie te verwachten van ongeveer 150 kg N/ha voor gras en 94 kg N/ha voor maïs.



Figuur 3. Berekende N-opname uit mineralisatie bij een bodem in evenwicht voor gras en maïs in het MINAS- en in het MGN-scenario.

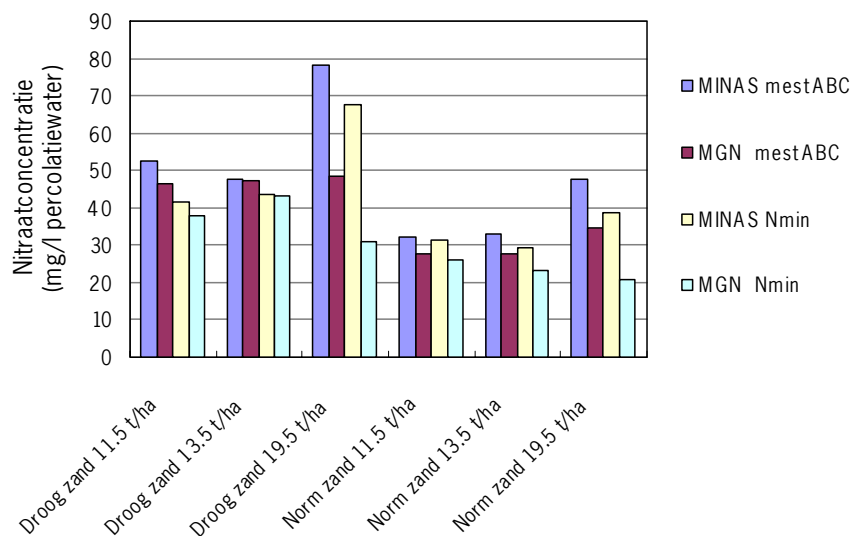
4.5 Nitraatconcentratie in het percolatiewater

De berekende nitraatconcentraties liggen voor de mest-ABC-methode iets hoger dan voor de Nmin-methode (Figuur 4). Dit komt vooral door een hogere berekende concentratie op grasland. De berekende nitraatconcentraties onder maïsland volgens het mest-ABC liggen lager dan volgens de N-min-methode. Dit geldt niet voor maïsland met een vanggewas; daar is met de Nmin-methode juist een (veel) lagere nitraatconcentratie berekend.



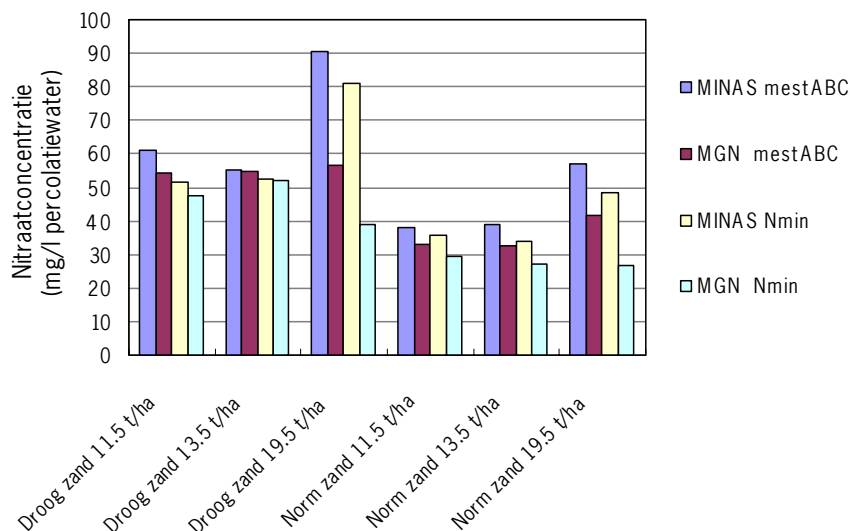
Figuur 4. Berekende nitraatconcentratie in het percolatiewater volgens Nmin-methode versus mest-ABC. Bij de regressielijnen horen de volgende vergelijkingen: Bedrijfsniveau inclusief vanggewas $y = 1.0x + 6.22$, $r^2 = 0.9$; Bedrijfsniveau exclusief vanggewas $y = 1.06x + 2.11$, $r^2 = 0.96$; Gras: $y = 1.12x + 4.3$, $r^2 = 0.96$; Mais: $y = 0.81x - 0.27$, $r^2 = 0.84$

In het MGN-scenario zitten alle bedrijven onder de norm van 50 mg nitraat/l percolatiewater (Figuur 5). In het MINAS-scenario zit het intensieve bedrijf op droog zand boven deze norm volgens beide methoden. Het extensieve bedrijf op droog zand overschrijdt de norm volgens de mest-ABC-methode met een nitraatconcentratie van 53 mg/l. In het MGN-scenario hebben bedrijven op droge zandgrond een nitraatconcentratie tussen 32 en 49 mg/l, terwijl bedrijven op normale zandgrond een nitraatconcentratie realiseren tussen 21 en 36 mg/l.



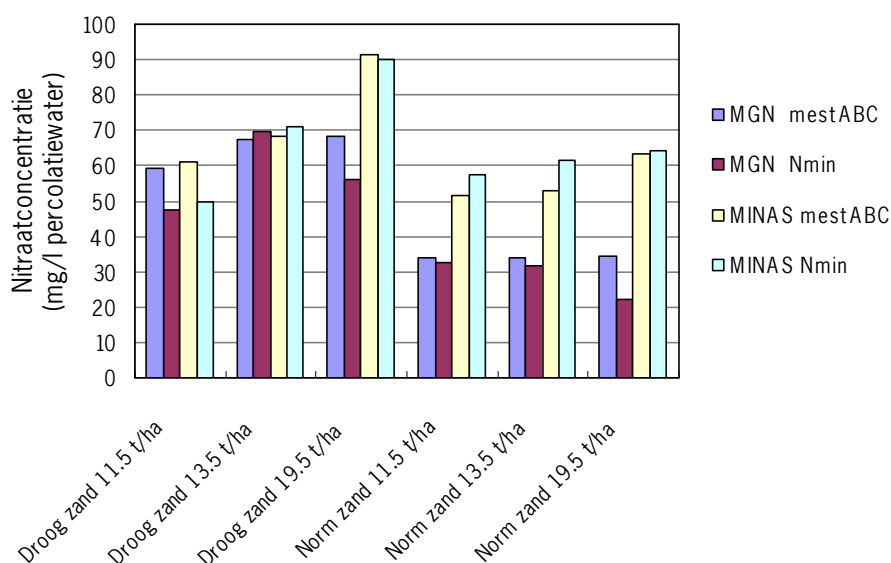
Figuur 5. Gemiddelde nitraatconcentratie op het bedrijf volgens de Nmin-methode en de mest-ABC-methode bij een neerslagoverschot van 268 tot 380 mm voor grasland en 387 tot 473 mm voor maïsland.

In drogere regio's met 50 mm minder neerslag liggen de nitraatconcentraties op droge zandgrond ongeveer 7,4 mg/l en op normale zandgrond ongeveer 5,8 mg/l hoger (ofwel 17%) dan bij een gemiddelde neerslaghoeveelheid (vergelijk Figuur 5 met 6). In deze situatie ligt de nitraatconcentratie voor het MGN-scenario op droge zandgrond ook boven de 50 mg/l volgens de mest-ABC-methode. Volgens de Nmin-methode blijven deze bedrijven wel net op of onder de 50 mg/l.



Figuur 6. Gemiddelde nitraatconcentratie op het bedrijf volgens de Nmin-methode en het mest-ABC bij een neerslagoverschot van 183 tot 273 mm voor grasland en 219 tot 327 mm voor maisland.

Zoals eerder vermeld in paragraaf 4.1 liggen de economisch optimale N-bemestingen lager dan de maximaal toegestane N-bemestingen in beide scenario's. Indien toch een maximale N-gift wordt gegeven dan komen de nitraatconcentraties aanmerkelijk hoger uit, tot 70 mg/l voor droge zandgronden bij het MGN-scenario. Bedrijven op normale zandgronden blijven ruim onder 50 mg/l. Procentueel zijn dit stijgingen van 35 tot 45% op droge zandgrond en 15-23% op normale zandgrond t.o.v. de economisch optimale N-giften. In het MINAS-scenario stijgen de nitraatconcentraties tot 50-92 mg/l op droge zandgrond en tot 52-62 mg/l op normale zandgrond. Dit is een procentuele stijging van 25 tot 31% op droge zandgrond en 52 tot 87% op normale zandgrond t.o.v. economisch optimale N-giften.



Figuur 7. Gemiddelde nitraatconcentratie op het bedrijf bij maximale bemestingen volgens de Nmin-methode en het mest-ABC bij een neerslagoverschot van 268 tot 380 mm voor grasland en 387 tot 473 mm voor maisland.

4.6 Het lot van het N-overschot

Uiteindelijk gaat het werkelijke overschot verloren, hetzij als NH_3 , N_2O of N_2 gas in de lucht (NO_x verliezen zijn netto op 0 verondersteld) of als NO_3 in het percolatiewater. Er zijn verliesposten op het bedrijf, zoals vlak na toediening van drijfmest en weidemest (urine), op de mesthoop en in de bodem, waarvan nog niet duidelijk is in welke vorm N als gas verloren gaat. De grootste verliespost is denitrificatie in de bodem, gevolgd door ammoniakverliezen (Tabel 11). Zowel de nitraat- als ammoniakverliezen zijn in het MGN-scenario lager dan in het MINAS-scenario.

Tabel 11. Lot van het N-overschot, omvang van verschillende emissieroutes

Intensiteit (ton melk/ha)	Droge zandgrond			Normale zandgrond		
	11,5	13,5	19,5	11,5	13,5	19,5
MINAS						
Werkelijk overschot (kg N/ha)	184	168	259	177	182	269
NH_3 -N-verliezen (kg N/ha)	48,7	49,8	69,0	48,3	54,8	79,2
N_2O -N-verliezen (kg N/ha)	5,8	4,0	5,4	6,1	4,9	6,2
NO_3 -N verliezen (kg N/ha)	38,6	39,5	59,1	21,5	21,1	28,3
Gasvormige verliezen door weidemest (kg N/ha)	27,7	14,3	20,2	32,9	18,8	22,2
Gasvormige verliezen uit mesthoop (kg N/ha)	5,2	5,6	9,1	4,7	5,4	9,0
Gasvormige verliezen uit de bodem (kg N/ha)	49,2	44,8	83,1	55,0	67,4	107,3
Gasvormige verliezen na mesttoediening (kg N/ha)	9,6	10,6	14,1	8,9	10,8	17,5
MGN						
Werkelijk overschot (kg N/ha)	165	166	172,7	152	154	191
NH_3 -N-verliezen (kg N/ha)	45,0	49,4	56,0	41,8	46,1	61,3
N_2O -N-verliezen (kg N/ha)	5,3	4,0	4,0	5,2	4,0	5,0
NO_3 -N verliezen (kg N/ha)	35,5	39,2	28,4	17,8	16,7	15,6
Gasvormige verliezen door weidemest (kg N/ha)	24,6	14,2	15,7	27,0	17,7	17,4
Gasvormige verliezen uit mesthoop (kg N/ha)	5,0	5,5	8,0	4,6	4,5	7,1
Gasvormige verliezen uit de bodem (kg N/ha)	42,3	44,4	52,5	49,6	56,7	76,1
Gasvormige verliezen na mesttoediening (kg N/ha)	8,6	10,5	9,1	7,4	9,2	9,1

5. Discussie

5.1 Uitgangspunten

De beschrijving van de gebruikte modelbedrijven geeft de situatie weer in het midden van de jaren negentig, voor het MINAS-tijdperk. Sindsdien heeft een proces van sterke intensivering en schaalvergroting plaatsgevonden. In deze studie is gekozen voor het handhaven van dezelfde modelbedrijven omdat 1) er nog geen andere beschrijving beschikbaar is en 2) de resultaten van deze studie nu kunnen worden vergeleken met eerdere berekeningen voor dezelfde modelbedrijven.

De bedrijven hebben de bedrijfsvoering aangepast aan de MINAS-wetgeving (t.o.v. de uitgangssituatie in 1996). Voorbeelden hiervan zijn het gebruiken van P-arm krachtvoer, minder jongvee, geheel of partiële gras/klaver-teelt, minder beweiding, teelt van een vanggewas en mest afvoeren. De economisch meest aantrekkelijke maatregelen zijn geïmplementeerd, zoals gerapporteerd door Smit *et al.* (2003). Ondernemers zullen de bedrijfsvoering opnieuw gaan aanpassen na invoering van het stelsel van mestgebruiksnormen. In ieder geval zal op intensieve bedrijven het aandeel gras ten minste 70% worden om in aanmerking te komen voor derogatie. Daarnaast blijft gras/klaver aantrekkelijk, omdat N uit symbiose niet wordt meegeteld voor de bepaling van de bemestingsmaxima. Verder blijven dezelfde maatregelen aantrekkelijk als onder de MINAS-wetgeving. In deze studie zijn alleen de aandelen gras en maïs in het bouwplan aangepast, zowel voor MINAS als voor het MGN-scenario.

Er is veel onzekerheid over de mestafzetprijzen. In deze studie is een mestafzetprijs gehanteerd van 11,34 €/ton. Bij de interpretatie van de uitkomsten moet rekening gehouden worden met mogelijk andere mestprijzen. Dit zal zeker consequenties hebben voor de uitkomsten; bij andere mestafzetprijzen zullen de berekende optima ook veranderen.

5.2 Veranderingen in FARMMIN

In vergelijking met de eerdere versie van FARMMIN is een aantal zaken aangepast. Als eerste is nu ook rekening gehouden met veranderingen in bodemvruchtbaarheid als functie van de bedrijfsvoering; voorheen was de bodemvruchtbaarheid als constante verondersteld. De bodemvruchtbaarheid neemt nu toe bij hogere bemestingsregimes. Dit heeft tot gevolg dat voor bedrijven met een hoog bemestingsniveau zowel de gewasproductie als de N-verliezen in de bodem toenemen t.o.v. de oude situatie bij eenzelfde gift. De residuaire N_{min} , en daarmee ook de nitraatuitspoeling, nemen toe omdat de N_{min} -accumulatie onder maïsland voor onbemeste situaties nu mede afhankelijk is van het niveau van bodemvruchtbaarheid.

Daarnaast is er expliciet rekening gehouden met verliezen op de mesthoop van het niet opgenomen voer. Voorheen kwam dit in de mestput terecht. Er wordt nu tevens kunstmest-P aangevoerd. De werkzaamheid van drijfmest is op een andere manier berekend. De minerale N in de mest wordt bepaald op basis van de verteerbare N in het voer. Gasvormige verliezen in de stal en tijdens het toedienen variëren nu als functie van de minerale stikstof in de mest. Tevens is er rekening gehouden met nitrificatie/denitrificatie-verliezen van de toegediende drijfmest. Van de organische fractie in drijfmest is 30% werkzaam, weidemest is niet werkzaam in het jaar van toediening. Met werkzaam wordt hier de beschikbaarheid voor de plant bedoeld, uitgedrukt als kunstmeststikstof-equivalent.

Van de stikstof die door het dier wordt uitgescheiden is 39-49% werkzaam (beschikbaar voor opname door maïs of gras). De werkzaamheid van mest varieert per bedrijf; de werkzaamheid op intensieve bedrijven is hoger dan op extensieve bedrijven doordat er op intensieve bedrijven minder wordt beweid in het najaar dan op extensieve bedrijven. Hierdoor worden de N-verliezen beperkt en wordt de benutting groter. Van de stikstof die als drijfmest wordt uitgereden (de verliezen in de opslag zijn er dan al vanaf) is 57-61% werkzaam. Voorheen was dit in FARMMIN een vast percentage van 50%.

Van de N in weidemest wordt 29-44% opgenomen door het grasland als luxe consumptie (verhoogt wel de N-opname maar niet de drogestofproductie). Dit betekent dat de werkzaamheid gemeten als extra drogestofproductie gelijk is aan 0.

De werkingscoëfficiënten van drijfmest komen overeen met de door de WOG berekende werkingscoëfficiënt voor bouwland van 60-62% (Schröder *et al.*, 2004, Van Dijk *et al.*, 2005). Voor grasland is de werkingscoëfficiënt iets hoger dan de 50% werkingscoëfficiënt zoals in de WOG-rapportage is berekend. In de WOW-rapportage (Van Dijk *et al.*, 2005) worden waarden voor de werkingscoëfficiënt genoemd van 0,3-5,7 voor weidemest bij een N-gift van 250 kg/ha voor drogestofopbrengst, voor N-opbrengst liggen deze waarden op 13,8-18,4. Deze waarden liggen lager dan de waarden in deze studie; dit komt deels doordat in deze studie geen rekening is gehouden met de negatieve werking van mestflaten, in tegenstelling tot de WOW-studie. Vellinga *et al.* (2001) geven aan dat de recovery van urine-N ongeveer 30-35% is; in dit artikel staat ook een kort overzicht van waarden voor urine-recovery in de literatuur; deze variëren van 11-43%.

Ook is er nu rekening gehouden met de verdamping van een vanggewas, waardoor er minder water percoleert op maïsland. In tegenstelling tot de vorige studie geeft het vanggewas geen extra opname van N. Dit lijkt in eerste instantie onlogisch, maar een vanggewas levert geen extra input of output van N in het systeem. Nu er rekening wordt gehouden met veranderingen in mineralisatie waardoor de extra N-opname via extra mineralisatie wordt verdisconteerd. Een vanggewas beperkt de verliezen door meer N te conserveren, in zowel langzaam als snel afbreekbare organische vorm. Hierdoor neemt het N-leverend vermogen van de grond toe, waardoor minder bemesting nodig is voor eenzelfde opbrengst. Het grootste effect van een vanggewas zit in de verplaatsing van het moment waarop N beschikbaar komt. De geconserveerde N komt in plaats van in de herfst vrij in perioden met een hoge mineralisatie, voor een groot deel (ongeveer 60%) in de groeiperiode.

Het voor deze studie gebruikte FARMMIN-model heeft een (vrijwel) sluitende balans. Alle N- en P-stromen zijn bekend en alle verliezen zijn gekwantificeerd. In Schut *et al.* (2004) is een paragraaf opgenomen over de plausibiliteit van het model waarin geconcludeerd is dat de berekende posten op de bedrijfsbalansen goed overeenkomen met gemeten posten op de bedrijfsbalansen van praktijkbedrijven met een vergelijkbare intensiteit. Tevens zijn de berekende nitraatconcentraties in het percolatiewater met FARMMIN gevalideerd voor bedrijven op zandgrond in het project Koeien en Kansen; de berekende nitraatconcentraties kwamen redelijk goed overeen met de gemeten nitraatconcentraties.

5.3 Berekende nitraatconcentratie

Voor de berekening van de nitraatconcentratie zijn andere, iets hogere neerslagoverschotten gehanteerd dan in de voorgaande studie. In de eerdere studie zijn neerslagoverschotten uit de STONE-rapportage gebruikt, die in 2004 zijn herzien. De in de WOG-studie gebruikte neerslagoverschotten zijn voor maïsland beduidend hoger dan de schattingen in STONE. Er is in deze studie gekozen om met de herziene gegevens van STONE te rekenen. De verschillen tussen natte en droge zandgrond in de WOG-studie erg groot; indien dit alleen veroorzaakt wordt door transpiratie dan is dat equivalent met een opbrengstverschil tussen droge en normale zandgronden van 2,98 ton drogestof voor grasland en 5,8 ton drogestof voor maïsland (bij een transpiratiecoëfficiënt van 160 en 400 l/kg drogestof-opbrengst); dit lijkt erg veel. Een tweede argument om te kiezen voor een relatief klein neerslagoverschot is de verwachte stijging van de gemiddelde temperatuur, waardoor waarschijnlijk gewasgroei, transpiratiecoëfficiënt en evapotranspiratie toenemen met een kleiner neerslagoverschot als gevolg.

In deze studie zijn twee methoden voor de berekening van de nitraatconcentratie vergeleken: de Nmin-methode en het mest-ABC. De berekening van uitspoelbare N is verschillend, het traject daarna (denitrificatie en oplossen in het beschikbare percolatiewater) is voor beide methoden gelijk. De coëfficiënten die gebruikt worden voor het bepalen van de uitspoelbare fractie van het stikstofoverschot bij het mest-ABC zijn gebaseerd op praktijkgegevens. De coëfficiënten voor maïsland zijn afgeleid van akkerbouwbedrijven. Voor grasland zijn de gegevens op bedrijfsniveau gecorrigeerd voor het aandeel maïs in het bouwplan, gebruikmakend van de op akkerbouwbedrijven bepaalde coëfficiënten. Dit betekent dat eventuele rotatie-effecten op akkerbouwbedrijven van invloed kunnen zijn op de coëfficiënten voor maïsland en de effecten van gras/maïswisselbouw op de coëfficiënten voor grasland. Daarnaast

is één van de aannames in deze methode dat de bodem in steady-state verkeerd; er is geen post voor netto mineralisatie of vastlegging in de balans opgenomen. Gezien de grote veranderingen in bemestingsniveau in de periode waarin de meetgegevens zijn verzameld is het goed mogelijk dat er een netto mineralisatie heeft plaatsgevonden op de bedrijven. Hierdoor zijn de coëfficiënten en daarmee de niraatuitspoeling waarschijnlijk iets te hoog ingeschat. Tevens houdt het mest-ABC geen rekening met nagewassen. In de gebruikte gegevens is het gebruik van nagewassen op melkveehouderijbedrijven minimaal.

De Nmin-methode is gebaseerd op statistische relaties tussen bemesting en Nmin-accumulatie aan het einde van het groeiseizoen (Ten Berge, 2002). De effecten van beweiding zijn additief ingerekend, waarbij geen rekening is gehouden met overlappende urineplekken. Hierdoor wordt de niraatuitspoeling onder grasland in geringe mate onderschat.

De trends in de berekende niraatconcentraties volgens beide methoden komen goed overeen, met uitzondering van maïsland met een vanggewas. De niraatconcentratie volgens het mest-ABC komt gemiddeld ongeveer 5-6 mg/l hoger uit. De gebruikte waarde voor de Nmin-accumulatie onder onbemest grasland is mogelijk 5-10 kg/ha te laag. Hierdoor kan de niraatconcentratie berekend met de Nmin-methode maximaal 1,9 mg/l te laag uitkomen.

Voor nagewassen is een reductie van 40 kg Nmin in het najaar ingerekend en is tevens rekening gehouden met 30 mm extra verdamping. Dit resulteert in minder percolatiewater. In principe verandert de bodembalans niet door een nagewas zonder symbiotische N-binding, er is geen extra aanvoer of afvoer van N als het nagewas geheel wordt ondergeploegd. Er zijn echter indirecte aanwijzingen dat een nagewas de fractie die uitspoelt verkleint en de fractie die op een andere wijze verloren gaat verhoogt (Schröder, 1998). Netto wordt de niraatuitspoeling op maïsland met een vanggewas (bij een gelijkblijvende som van bemesting en mineralisatie) verlaagd met ongeveer 27 en 36 mg/l percolatiewater op respectievelijk normale en droge zandgrond (bij een gelijkblijvende som van bemesting en N-opname uit mineralisatie). Deze waarden komen redelijk overeen met de door Van Dijk *et al.* (1995) gemeten waarde van 25-33 mg/l voor een normale zandgrond op Aver Heino bij bemestingsniveaus van 92-172 kg N/ha. Hierbij moet worden opgemerkt dat op Aver Heino de gewasafvoer van N met een vanggewas met 3-5 kg/ha werd verhoogd bij normale bemestingsniveaus, aangezien de bemesting voor de situatie met nagewas hetzelfde was als zonder nagewas.

Bij mestgebruiksnormen zal, bij de berekende bemestingsgiften, de niraatconcentratie onder 50 mg/l blijven op zowel normale als op droge zandgrond bij een gemiddeld neerslagoverschot. In gebieden met minder regenval (Noord-Limburg en het oosten van Noord-Brabant) zal de niraatconcentratie stijgen met ongeveer 9 en 5 mg/l op droge en normale zandgronden, ofwel 17%. Hierdoor komt de niraatuitspoeling op droge zandgronden boven 50 mg/l. Hierbij moet worden opgemerkt dat de economisch optimale N-giften lager liggen dan maximaal toegestaan, zowel voor het MINAS- als voor het MGN-scenario.

Als in het MGN-scenario de maximale N-giften worden gehanteerd stijgen de gemiddelde niraatconcentratie t.o.v. de economisch optimale bemestingsgiften sterk tot 70 mg/l op droge zandgrond. In het MINAS-scenario stijgen de niraatconcentraties zelfs tot 50-92 mg/l op droge zandgrond en tot 52-62 mg/l op normale zandgrond.

5.4 Veranderingen van uitkomsten na model-aanpassingen

Het randvoorwaarden en de bedrijfsgegevens die zijn gebruikt voor het basisscenario in de voorgaande studie (Schut *et al.*, 2004) zijn vrijwel hetzelfde als in het MINAS-scenario in deze studie; alleen de verhouding gras/maïs is licht gewijzigd. In vergelijking met het basisscenario van de voorgaande studie zijn de bemestingen en gewasopbrengsten in het MINAS-scenario op zowel grasland als op maïsland op droge zandgrond hoger geworden, met uitzondering van het normaal intensieve bedrijf op droge zandgrond. Voor normale zandgronden zijn de bemestingen op maïsland lager en op grasland hoger geworden, met uitzondering van grasland op het intensieve bedrijf. Uiteraard komen hierdoor ook de verhoudingen tussen eiwitrijk/eiwitarm krachtvoer en de omvang van aan- en afvoer van ruwvoer, symbiotische N-binding en mestafvoer anders te liggen.

De berekende nitraatuitspoelingen in eerder werk kwamen uit op 36-54 mg/l percolatiewater. In deze studie liggen de berekende waarden tussen 29-70 mg/l. De waarden komen voor de meeste bedrijven redelijk overeen, alleen voor het intensieve bedrijf op droge zandgrond wordt nu een veel hogere waarde berekend (70 mg/l i.p.v. 43 mg/l) door de aanzienlijk hogere bemestingsniveaus. De grotere waarde voor het neerslagoverschot wordt gedeeltelijk gecompenseerd door hogere bemesting en de bijdrage van een veranderende bodemvruchtbaarheid aan de nitraatuitspoeling.

5.5 Bodemvruchtbaarheid

De bodemvruchtbaarheid varieert in het MINAS-scenario van 150 tot ruim 200 kg N-opname uit mineralisatie voor grasland en 93-128 kg N voor maïsland. In het MGN-scenario liggen deze waarden op 150 kg N/ha op grasland en 94 kg N/ha op maïsland. Deze getallen lijken in eerste instantie hoog, maar komen redelijk overeen met de gemeten waarden in proefvelden (Ten Berge, 2002). Op onbemeste proefveldobjecten op grasland op proefvelden kwamen N-opnamen voor tot 200 kg, op onbemeste proefveldobjecten op maïsland zelfs tot 225 kg N/ha. Voor praktijkpercelen zijn alleen gegevens beschikbaar van het N-leverend vermogen (NLV); voor grasland is dit goed vergelijkbaar met de N-opname. De berekende N-opnamen uit mineralisatie zijn iets hoger dan de gemeten NLV-waarden van praktijkpercelen. Voor praktijkpercelen met grasland op dekzand is het aandeel van percelen in NLV-klassen <41, 41-93, 94-147 en 148-200 kg N/ha respectievelijk 9, 37, 30 en 25% (A.J. Reijneveld, persoonlijke mededeling).

Een van de mogelijke oorzaken hiervoor zou kunnen zijn dat de berekeningen geen rekening houden met rotaties of gras/maïs-wisselbouw. In een 31-jarige proef waarin effecten van gras en maïs in monocultuur zijn vergeleken met gras/maïs-rotaties (Nevens, 2003), komt naar voren dat de gemiddelde hoeveelheden C en N in de bodem in beide rotaties niet veel van elkaar verschillen (J.C. Conijn, persoonlijke mededeling). Op basis van deze proef is niet te verwachten dat de effecten van gras/maïs-wisselbouwsystemen op de mineralisatie groot zijn.

Daarnaast wordt in de berekening uitgegaan van goede landbouwpraktijk, met relatief lage verliezen. Bij grotere verliezen door minder secure bemesting (hoeveelheden N per gift, timing van gift, drijfmestgiften in het najaar) zal er meer stikstof verloren gaan, met als gevolg dat de bodemvruchtbaarheid lager zal uitkomen. Een derde oorzaak zou kunnen zijn dat de doorgerekende extensieve bedrijven in deze studie mogelijk meer gras/klaver gebruiken dan in de praktijk gangbaar is. Aanvoer van N op het bedrijf via gras/klaver verhoogt de mineralisatie t.o.v. N-aanvoer met KAS. Naast symbiotisch gebonden N in de bovengrondse delen komt er ook symbiotisch gebonden N in de ondergrondse delen terecht. Dit verhoogt de mineralisatie op langere termijn. Ook is het mogelijk dat praktijkpercelen de evenwichtstoestand nog niet bereikt hebben.

5.6 Het MINAS-scenario versus het MGN-scenario

Ten opzichte van de economisch optimale bemesting in het MINAS-scenario liggen de economisch optimale bemestingen in het MGN-scenario fors lager. Dit heeft onder meer tot gevolg dat bedrijven met een ruwvoertekort meer ruwvoer moeten aankopen en bedrijven met een ruwvoerverschot minder ruwvoer kunnen verkopen. Daarnaast nemen de kosten voor mestafzet sterk toe. Dit zorgt ervoor dat het arbeidsinkomen tot 3,3 k€ daalt op droge zandgrond en tot 7,3 k€ op normale zandgronden. De grootste daling doet zich voor op intensieve bedrijven; de effecten zijn gering voor extensieve en normaal intensieve bedrijven.

Zowel in het MINAS- als het MGN-scenario is het arbeidsinkomen het grootst op intensieve bedrijven. De verschillen in arbeidsinkomen door intensiteit worden sterk bepaald door mestafzetprijzen; bij hogere mestafzetprijzen nemen de kosten relatief sterker toe op intensieve bedrijven dan op extensieve bedrijven.

In het MGN-scenario ligt de N-opname uit mineralisatie op 150 kg/ha voor gras en op 94,5 kg/ha voor maïs; bij een maximale N-gift is de gemiddelde N-opname uit mineralisatie 100 en 160 kg N/ha voor gras- en maïsland. Dit betekent dat bij een overgang naar het mestgebruiksnormen-stelsel vanaf 2006 op langere termijn een daling van de N-levering uit mineralisatie verwacht mag worden, met als gevolg lagere opbrengsten dan nu worden gerealiseerd. De nitraatconcentraties in het bovenste grondwater zullen dalen als gevolg van invoering van het stelsel van mestgebruiksnormen vanaf januari 2006.

5.7 Belangrijkste conclusies

De trends in de berekende nitraatconcentraties volgens de Nmin-methode en de mest-ABC-methode komen goed overeen. De nitraatconcentratie berekend met de mest-ABC-methode komt gemiddeld ongeveer 5-6 mg/l hoger uit dan de nitraatconcentratie berekend met de Nmin-methode. Voor maïsland met een nagewas verschillen de methoden sterk in berekende nitraatconcentraties.

Bij invoering van het stelsel van mestgebruiksnormen mag op termijn een daling van de N-opname uit mineralisatie worden verwacht. In het MGN-scenario ligt de N-opname uit mineralisatie op 150-160 kg N/ha voor grasland. Dit is lager dan de berekende N-opname uit mineralisatie in het MINAS-scenario. Tevens liggen de gemeten NLV-waarden van iets minder dan 25% van de praktijkpercelen op dekzand boven dit niveau. Hierdoor zullen voor deze percelen op termijn de gewasproducties bij dezelfde N-gift lager uitkomen door verminderde N-levering van de bodem.

Ten opzichte van het MINAS-scenario daalt het arbeidsinkomen op intensieve bedrijven tot 3,3 k€ op droge zandgrond en tot 7,3 k€ op normale zandgronden in het MGN-scenario. Zowel in het MINAS- als het MGN-scenario is het arbeidsinkomen het hoogst op intensieve bedrijven. De verschillen in arbeidsinkomen door intensiteit worden sterk bepaald door mestafzetprijzen; bij hogere mestafzetprijzen nemen de kosten relatief sterker toe op intensieve bedrijven waar relatief veel mest moet worden afgevoerd.

In het MINAS-scenario is een nitraatconcentratie berekend die groter is dan 50 mg/l op intensieve bedrijven op droge zandgrond. Indien maximale N-giften worden gehanteerd i.p.v. economisch optimale N-giften, dan stijgen de nitraatconcentraties tot 92 mg/l op intensieve bedrijven op droge zandgrond. De nitraatconcentraties liggen in droge gebieden nog eens 17% hoger. Dit bevestigt de conclusie in eerdere rapportages dat aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn om met MINAS-wetgeving aan de nitraatrichtlijn te voldoen, zeker voor gebieden met een klein neerslagoverschot door minder regenval (Noord-Limburg en het oosten van Noord-Brabant, zie KNMI, 2004). Aanvullende maatregelen die nodig zijn om aan de norm te voldoen waren: weglaten van de diercorrectie, verplicht telen van een nagewas en beperking van najaarsbeweiding. Dit pakket maatregelen verlaagt de nitraatconcentratie met 30 tot 50% t.o.v. het MINAS-scenario (zie Schut *et al.*, 2004).

In het MGN-scenario blijft de nitraatconcentratie beneden 50 mg/l, op zowel normale als op droge zandgrond bij een gemiddeld neerslagoverschot, bij economisch optimale bemestingsgiften. Als de maximale N-giften worden gehanteerd stijgt de gemiddelde nitraatconcentratie t.o.v. de economisch optimale bemestingsgiften met ongeveer 19 en 5 mg/l op respectievelijk droge en normale zandgronden. Hierdoor stijgt de nitraatconcentratie op droge zandgronden tot 48-70 mg/l. Normaal gesproken is er op vrijwel elk bedrijf een combinatie van droge en normale zandgronden aanwezig, waardoor mogelijk toch aan de norm wordt voldaan door uitmiddeling. Voor intensieve bedrijven met voornamelijk droge zandgrond in gebieden met weinig neerslag zijn echter aanvullende maatregelen nodig, zoals beperken van najaarsbeweiding en verplicht telen van een vanggewas.

Door de onzekerheid omtrent de omvang van de neerslagoverschotten zijn ook de uitkomsten met betrekking tot nitraatuitspoeling enigszins onzeker. In deze studie is een voorzichtige schatting van het neerslagoverschot gebruikt, wat hogere berekende nitraatuitspoelingen tot gevolg heeft.

6. Literatuur

- Aarts, H.F.M., J.G. Conijn & W.J. Corré, 2001.
De stikstofhuishouding van bodem en gewas en invloed daarvan op het nitraatgehalte van het grondwater van 'De Marke'. In: H. Van Keulen & J. Oenema (Eds), Nitraatbeleid: de wetenschap, de sector en het beleid: nationaal symposium over normen, onderzoeksresultaten en praktijk, met speciale aandacht voor melkveehouderij op zandgrond Wageningen, Plant Research International, Rapport 30.
- Alem, G.A.A. van & A.T.J. van Scheppingen, 1993.
The development of a farm budgetting program for dairy farm. XXV CIOSTA-CIGR Congress, Lelystad, pp. 326-331.
- Berge, H.F.M. ten, 2002.
A review of potential indicators for nitrate loss from cropping and farming systems in the Netherlands. Wageningen, Plant Research International, Rapport 31.
- Berge, H.F.M. ten & M.J.D. Hack-Ten Broeke, 2004.
Synthese van de milieuresultaten behaald in de Nitraatprojecten. Wageningen, Plant Research International, Rapport 75A.
- Berge, H.F.M. ten, J.C.M. Withagen, F.J. de Ruijter, M.J.W. Jansen & H.G. van der Meer, 2000.
Nitrogen responses in grass and selected field crops. Wageningen, Plant Research International, Report 24.
- Boumans, L.J.M., C.R. Meinardi & G.J.W. Krajenbrink, 1989.
Nitraatgehalten en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Rapport 728472013.
- Conijn, J.G. & P. Henstra, 2003.
Effecten van bemestingsstrategieën op grasopbrengsten en stikstofverliezen onder gemaaid grasland. Wageningen, Plant Research International, Rapport 66.
- Doornewaard, G.J., A.C.G. Beldman & C.H.G. Daatselaar, 2002.
Resultaten melkvee 2001. Trendanalyse 1997-2001. Houten, Praktijkcijfers 2.
<http://www.praktijkcijfers.nl/melkvee/resultaten/>
- Ennik, G.C., 1982.
De bijdrage van witte klaver aan de opbrengst van grasland. Landbouwkundig Tijdschrift 94: 363-369.
- Evert, F.K. van, H.G. van der Meer, H.F.M. ten Berge, B. Rutgers & S.L.G.E. Burgers, 2002.
MINAS determines nitrogen fertilization on Dutch farms. In: F.J. Villalobos & L. Testi (Eds), VII Congress of the European Society of Agronomy, Córdoba, Spain, 15-18 July 2002, pp. 721-722.
- Evert, F.K. van, H.F.M. ten Berge, H.G. van der Meer, B. Rutgers, A.G.T. Schut & J.J.M.H. Ketelaars, 2003.
FARMMIN: Modeling Crop-Livestock Nutrient Flows. ASA-CSA-SSSA Annual Meeting 2003, Denver, Co, USA, Annual Meetings Abstract 2003, CD-ROM.
- Galama, P.J., A.G. Evers, G.J. Gotink, M.H.A. de Haan, C.J. Hollander, G.C.P.M. van Laarhoven & E.A.A. Smolders, 2002.
Vee in balans. Lelystad, Praktijkonderzoek Veehouderij, Koeien & Kansen, Rapport 12.
- Hilhorst, G.J. & J. Oenema, 2001.
De stikstofhuishouding van bodem en gewas en invloed daarvan op het nitraatgehalte van het grondwater van 'De Marke'. In: H. Van Keulen & J. Oenema (Eds), Nitraatbeleid: de wetenschap, de sector en het beleid : nationaal symposium over normen, onderzoeksresultaten en praktijk, met speciale aandacht voor melkveehouderij op zandgrond. Wageningen, Plant Research International, Rapport 30.
- Kamp, A. van der, 2002.
Prognose technische, maatschappelijke en economische gevolgen. Evaluatie mestbeleid 2002.
http://arch.rivm.nl/milieu/Bodem/emb/ConcRap_%20CI%205_%20EvaluatieMeststoffenwet_2002%20versie_3_0.pdf
- KNMI, 2002.
Klimaatatlas. http://www.knmi.nl/voori/kd/lijsten/normalen71_00/html/neerslag_jaarsom.html
- Kroes, J.G., P.J.T. van Bakel, J. Huygen, T. Kroon & R. Pastoors, 2001.
Actualisatie van de hydrologie voor STONE 2.0. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Rapport 298.

- Massop, H.T.L. & J.G. Kroes *et al.*, 2005.
Op zoek naar de 'ware' neerslag en verdamping. Wageningen, Alterra. Rapport (in voorbereiding).
- Mandersloot, F., A.T.J. van Scheppingen & J.M.A. Nijssen, 1991.
Modellen rundveehouderij: overzicht en onderlinge samenhang modellen voor simulatie van melkveebedrijven. Lelystad, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, Rapport 72.
- Nevens, F., 2003.
Nitrogen use efficiency in grassland, silage maize and ley/arable rotations. Proefschrift, Universiteit Gent, Gent.
- 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. Wageningen, Plant Research International, Rapport 49.
- PR, 1997.
Handboek melkveehouderij. Lelystad, Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR).
- Reijneveld, J.A., 2000.
'Typical Dutch' : zicht op verscheidenheid binnen de Nederlandse melkveehouderij. Wageningen, Plant Research International, Rapport 8.
- RIVM, 2002.
Stikstofdepositie, landelijk beeld 2001. <http://www.rivm.nl/milieuenatuurcompendium/nl/i-nl-0189-03.html>
- Schut, A.G.T., M.H.A. de Haan & D.F. ter Veer, 2004.
Melkveehouderij met minder mineralen. Effecten van scenario's met aangescherpte normen voor toelaatbare verliezen aan stikstof en fosfaat op economische en milieukundige bedrijfsresultaten. Wageningen, Plant Research International, Rapport 74.
- Schröder, J.J., 1998.
Towards improved nitrogen management in silage maize production on sandy soils. Wageningen, Wageningen Agricultural University, Proefschrift.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems, 2004.
Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Wageningen, Plant Research International, Rapport 79.
- Smit, A.L., W. van Dijk, J.R. van der Schoot, B.H.C. van der Waal, L.J.M. Kater, W.J.M. Hazelaar, R. Schreuder, F.J. de Ruijter, A.G.T. Schut & M.H.A. de Haan, 2003.
Kosteneffectieve maatregelen(pakketten) om voor de sectoren vollegrondsgroenten, bollen en veehouderij te voldoen aan MINAS2003-eindnormen. Wageningen, Plant Research International, Rapport 61.
- Tweede Kamer, 2004.
Mestbeleid vanaf 2006. Den Haag, Kenmerk DL. 2004/1608.
- Taminga, S., A.W. Jongbloed, M.M. van Eerd, H.F.M. Aarts, F. Mandersloot, N.J.P. Hoogervorst & H. Westhoek, 2000.
De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren. Lelystad, ID-Lelystad, Rapport 00-2040R.
- Vellinga, T.V., A.H.J. van der Putten & M. Mooij, 2001.
Grassland management and nitrate leaching, a model approach. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 49, 229-253.
- Van Dijk, W., J.G. Conijn, J.H.M. Huijsmans, J.C. van Middelkoop & K.B. Zwart, 2005.
Onderbouwing N-werkingscoëfficiënt organische mest. Lelystad, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Rapport ??.
- Van Dijk, W., J.J. Schröder, L. ten Holte & W.J.M. de Groot, 1995.
Effecten van wintergewassen op verliezen en benutting van stikstof bij de teelt van snijmaïs: verslag van onderzoek op ROC Aver-Heino tussen voorjaar 1991 en najaar 1994. Lelystad: PAGV, Rapport 201.
- Zom, R.L.G., 2002.
Voorspelling voeropname met Koemodel 2002. Lelystad, Praktijkonderzoek Veehouderij, Praktijkrapport Rundvee 11.

Bijlage I.

Uitwerkingen N-mineralisatie bij evenwicht

De via het gewas afgevoerde N komt of uit mineralisatie van de bodemvoorraad of uit de benutte fractie (terugwinningsfractie of apparent recovery) van mineralisatie (ρ_s), bemesting (ρ_g) en depositie (ρ_d).

De netto N-opname (exclusief gewasresten en oogstverliezen) is afkomstig uit de volgende posten:

$$N_{opname} = \rho_s \times M + \rho_d \times N_{depositie} + \rho_g \times (N_{gift,w} + N_{symbiose}) \quad 1$$

Het gedeelte van de bemesting die niet door het gewas in het jaar van de gift wordt opgenomen (RN_{gift}) kan als volgt worden berekend:

$$RN_{gift} = N_{gift,w} + N_{mineralisatie} - N_{opname} \quad 2$$

De benutte fractie van de bemesting kan als volgt worden bepaald:

$$\rho_g = \frac{N_{gift,w} - RN_{gift}}{N_{gift,w}} \quad 3$$

Dit heeft betrekking op de N in het netto geoogste gewas (dit is niet direct vergelijkbaar met de werkingscoëfficiënten die vaak in experimenten wordt bepaald; deze heeft betrekking op de N-opname in het bruto gewas). De totale jaarlijkse mineralisatie (M) kan dan als volgt worden berekend:

$$M = (1 - L_{gift}) \times (1 - \rho_g) \times N_{gift} + N_{gift,r} + (1 - L_{depositie}) \times (1 - \rho_d) \times N_{depositie} \quad 4$$

De $N_{gift,r}$ geeft de hoeveelheid niet-opneembare stikstof in het jaar van toediening weer (ofwel de resistente hoeveelheid). De fracties L_{gift} en $L_{depositie}$ zijn de verliesfracties van de niet opgenomen N uit bemesting en depositie.

De opname van stikstof voor een onbemest veldje (U_0) kan als volgt worden berekend:

$$U_0 = N_{opname} - \rho_g \times (N_{gift,w} + N_{symbiose}) \quad 5$$

Voor het gemak zijn eerst de 'constanten' in de vergelijkingen vervangen door een letter:

$$M = (1 - \rho_g) \times a + b \quad 6$$

Met:

$$a = (1 - L_{gift}) \times N_{gift,w}$$

$$b = N_{gift,r} + (1 - L_{depositie}) \times (1 - \rho_{depositie}) \times N_{depositie}$$

U_0 is natuurlijk ook gelijk aan het opgenomen deel van de mineralisatie en de depositie:

$$U_0 = \rho_s \times M + \rho_d \times N_{depositie} \quad 7$$

1 - 2

Of, anders opgeschreven:

$$U_0 = -a\rho_s\rho_g + c$$

Met:

$$c = \rho_s \times (a + b) + \rho_{depositie} \times N_{depositie}$$

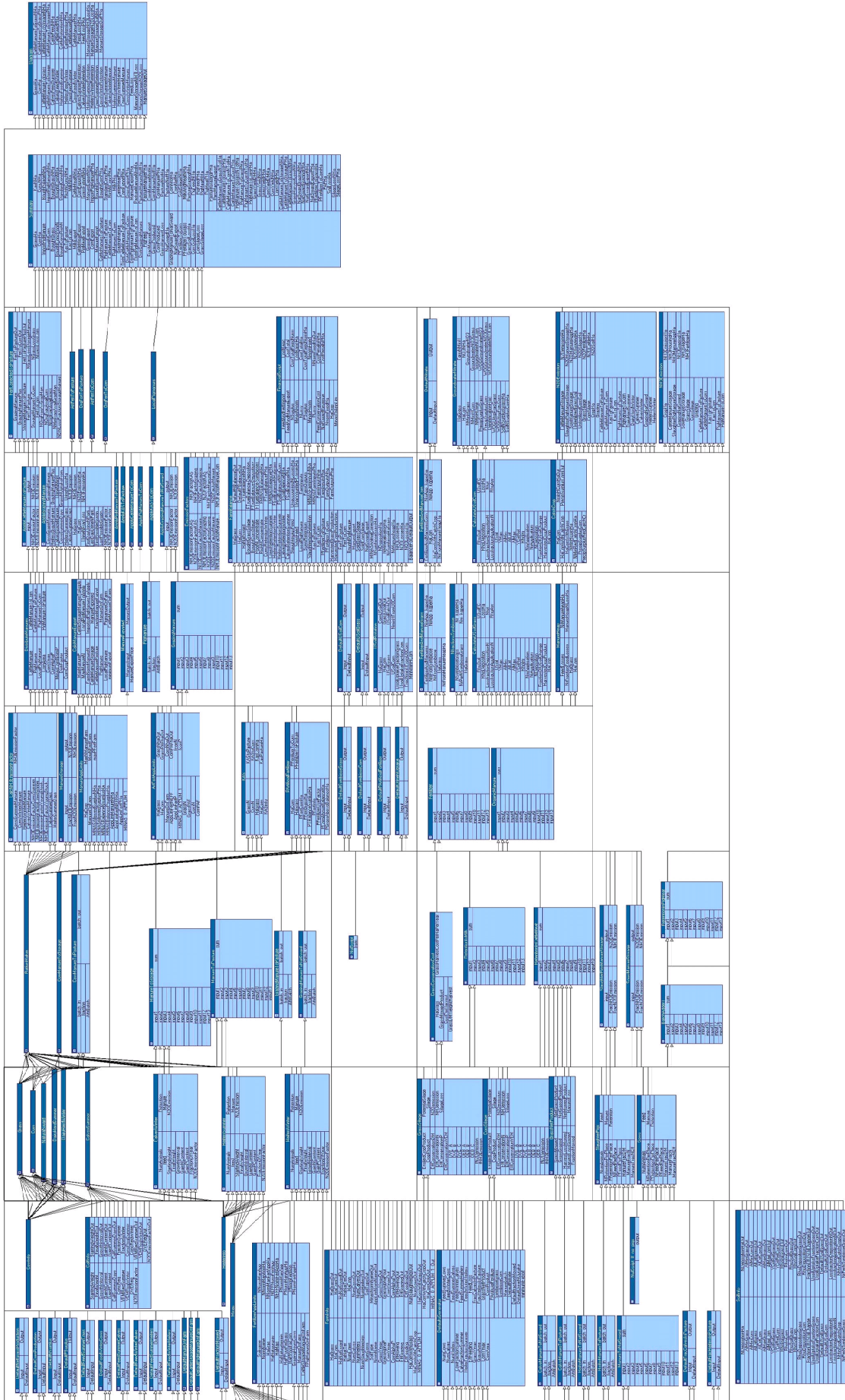
Nu kunnen we vergelijking 5 en 7 aan elkaar gelijk stellen en oplossen:

$$\rho_g = \frac{c - N_{opname}}{-(N_{gift,w} + N_{symbiose}) + a \times \rho_s} = \frac{N_{opname} - c}{(N_{gift,w} + N_{symbiose}) - a \times \rho_s}$$

In deze vergelijking zijn nu nog twee onbekenden: N-opname en ρ_g . Deze worden iteratief opgelost tijdens de FARMMIN-optimalisatie. De jaarlijkse opname uit de mineralisatie van de bodemvoorraad kan nu berekend worden door een van bovenstaande formules in te vullen.

Bijlage II.

Componenten in FARMMIN



Bijlage III.

Invoergegevens FARMMIN

Intensiteit	Normale zandgrond			Droge zandgrond		
	11,5 t/ha	13,5 t/ha	19,5 t/ha	11,5 t/ha	13,5 t/ha	19,5 t/ha
ArtFertAppLimits_CornN	0,0	33,9	49,6	0,0	54,1	20,0
ArtFertAppLimits_GrassN	97,4	44,9	189,9	147,4	71,3	70,1
ArtFertAppLimits_GrassPAF	19,6	19,6	0	19,6	19,6	0
CatchCrop_PrecipSurplusCorn	367	367	367	397	397	397
CowInfo_CowSummerDays	180	180	122	150	150	122
CowInfo_GrazeHours	20	8	8	20	8	8
CowInfo_MilkProduction	7100	7600	7700	7100	7600	7700
FarmlInfo_cornYMax	13533	13533	13533	11556	11556	11556
FarmlInfo_grassYMax	13500	13500	13500	10000	10000	10000
FarmlInfo_HaCorn	8	7	7,25	8	7	7,25
FarmlInfo_HaCornWithCatchCrop	0	0	7,25	0	0	7,25
FarmlInfo_HaGrass	28	24	17,25	28	24	17,25
FarmlInfo_NumCalves	25,2	24,2	21,7	20,3	19,25	21,7
FarmlInfo_NumCows	58	55	62	58	55	62
FarmlInfo_NumHeifers	25,2	24,2	21,7	20,3	19,25	21,7
FarmlInfo_SoilType	4	4	4	3	3	3
Grass_GrasslandAreaFractionGrassClover	0,3	0,3	0	1	0,3	0,2
Grass_MaxGrassDMYieldWithCloverDM	9950	9950	9950	8550	8550	8550
Grass_MaxGrassYieldWithCloverNuptake	10540	10540	10540	9000	9000	9000
Grass_PureCloverDMYield	6120	6120	6120	5225	5225	5225
Grass_PureCloverNuptake	356,6	356,6	356,6	304,5	304,5	304,5
GroundWaterNitrate_DenitrificationFrac	0,57	0,57	0,57	0,17	0,17	0,17
GroundwaterNitrate_PrecipSurplusGrass	300	300	300	375	375	375
HeiferInfo_HeiferSummerDays	180	180	150	150	150	150
rationmaker_CowConcSummer	4,88	5,23	5,3	4,88	5,23	5,3
rationmaker_cowconcwinter	4,88	5,23	5,3	4,88	5,23	5,3
rationmaker_CowSummerSupplSilage	2,6	3,6	3,6	1,4	3,6	8,0
rationmaker_CowWinterCorn	4	8	8	4	8	8
soilcode	4	4	4	3	3	3
SoilInfo_DefaultUSoilGrass	140	140	140	100	100	100
SoilInfo_RholniGrass	0,9	0,9	0,9	0,85	0,85	0,85

grazingManureTonNatSward_attrBatch	NEFF=0[kg/kg]
grazingManureTonPasture_attrBatch	NEFF=0[kg/kg]
KAS_KASinfo	N=0,27[kg/kg]; NEFF=0,27[kg/kg]; P=0[kg/kg]; DM=1[kg/kg]; Price=0,1497[EUR/kg]
PArtificialFertilizer_PFertInfo	N=0,0[kg/kg]; NEFF=0,0[kg/kg]; P=1[kg/kg]; DM=1[kg/kg]; Price=1,10[EUR/kg]
pigManure_AttrBatch	N=0,0071[kg/kg]; NEFF=0,003905[kg/kg]; P=0,00166
pigManure_batch_in	Amount=0;DM=0,09[kg/kg]; Price=0[EUR/kg]
rationmaker_BoughtCornSilage	dm=0,32[kg/kg]; vem=291[VEM/kg]; dve=15[gDVE/kg]; N=0,004256[kg/kg]; P=0,000704[kg/kg]; price=0,03744[EUR/kg]; OEB=-8[g/kg]
rationmaker_BoughtGrassSilage	dm=0,45[kg/kg]; vem=389[VEM/kg]; dve=31,7[gDVE/kg]; N=0,01418[kg/kg]; P=0,0018[kg/kg]; price=0,05835[EUR/kg]; OEB=24,5[g/kg]
rationmaker_NRichConcentrate	dm=0,9[kg/kg]; vem=940[VEM/kg]; dve=120[gDVE/kg]; N=0,032[kg/kg]; P=0,00495[kg/kg]; price=0,18[EUR/kg]; OEB=25[g/kg]
rationmaker_StandardConcentrate	dm=0,9[kg/kg]; vem=940[VEM/kg]; dve=90[gDVE/kg]; N=0,024[kg/kg]; P=0,00432[kg/kg]; price=0,14004[EUR/kg]; OEB=0[g/kg]

ApplyGrazingManure_FirstDayUrineNPartialLeaching	183	corn_oeb_b	0
ApplyGrazingManure_FirstPossibleGrazingDay	122	corn_oeb_c	0
ApplyGrazingManure_LastDayUrineNPartialLeaching	275	corn_Precipitation	345
ApplyGrazingManure_LastPossibleGrazingDay	306	corn_VEM	936
ApplyGrazingManure_UrineNFracLoss	0,4	CornSilage_DVE_A	31,77169
ArtFertAppLimits_CornPAF	13,1	CornSilage_DVE_B	14,53349
CalcNH3EmissionFactor_NH3EmissionFactorCowsSummer	0,154	CornSilage_DVE_C	0
CalcNH3EmissionFactor_NH3EmissionFactorCowsWinter	0,114	CornSilage_EffConservationDM	0,97
CalcNH3EmissionFactor_NH3EmissionFactorSummer	0,154	CornSilage_EffConservationN	0,9447
CalcNH3EmissionFactor_NH3EmissionFactorWinter	0,114	CornSilage_EffConservationP	1
CalcNH3EmissionFactor_NH3EmissionFactorYoungStockSummer	0,139	CornSilage_EffConservationVEM	0,92
CalcNH3EmissionFactor_NH3EmissionFactorYoungStockWinter	0,103	CornSilage_fN2Oemission	0,015
CallInfo_CalfSummerDays	73	CornSilage_fNH3emission	0,055
callinfo_concreq	236	CornSilage_OEB_A	-73,26835
callinfo_DVEReq	278	CornSilage_OEB_B	27,65622
callinfo_FinalWeight	320	CornSilage_OEB_C	5,565939
callinfo_GainNContent	0,0256	CowInfo_CalfNContent	0,0294
callinfo_GainPContent	0,00738	CowInfo_CalfPContent	0,008
callinfo_GrowthInterval	365	CowInfo_CalfWeight	43
CallInfo_N2OEmissionFactor	0,00005	CowInfo_CalvesPerYear	0,9125
callinfo_StartingWeight	45	CowInfo_GainCowNContent	0,0256
callinfo_VEMReqSummer	4551	CowInfo_GainCowPContent	0,00738
callinfo_VEMReqWinter	4076	CowInfo_kDVEGrowth	20,4
CatchCrop_PrecipSurplusRedCatchCrop	32	CowInfo_kVEMGestation	155
corn_dve_a	48	CowInfo_kVEMGrowth	360
corn_dve_b	0	CowInfo_LiveWeight	600
corn_dve_c	0	CowInfo_LiveWeightGainCow	25
corn_N2OemissionHa	0,9	CowInfo_MilkFatContent	4,3
corn_NMinHparA	1,25	CowInfo_MilkPContent	0,00096
corn_NMinHparB	0,42	CowInfo_MilkProteinContent	3,5
corn_NMinHparC	0,061	CowInfo_N2OEmissionFactor	0,00005
corn_NMinHparD	10,8	CowInfo_ReplacementFactor	0,36
corn_NMinHparE	-0,036	dairyherdsummer_energymovingfactor	0,2
corn_oeb_a	-24	dairyherdwinter_energymovingfactor	0,05

DistributeManures_DistrFactor	0	Grass_CloverOEB_C	0
EmissionFactors_N2OemissionFactorGrazing	0,025	Grass_CloverVEM	1000
EmissionFactors_N2OemissionFactorKAS	0,01	grass_dve_a	35,56465
EmissionFactors_N2OemissionFactorManure	0,005	grass_dve_b	29,596231
EmissionFactors_NH3emissionFactorGrazing	0,08	grass_dve_c	-2,764483
EmissionFactors_NH3emissionFactorKAS	0,02	Grass_GrassCloverBasicNSupply	75
EmissionFactors_NH3emissionFactorManureCorn	0,09	grass_N2OemissionHa	0,9
EmissionFactors_NH3emissionFactorManureGrass	0,102	grass_NMinHparA	0,83
FarmBalance_NMineralisationHa	0	grass_NMinHparB	0,99
FarmInfo_CornAlphaP	0,0022	grass_NMinHparC	0,0068
FarmInfo_EffFeeding	0,95	grass_NMinHparD	373
FarmInfo_EffGrazing	0,82	grass_NMinHparE	-0,0034
FarmInfo_EffMowing	0,95	grass_NMinHZero	20
FarmInfo_GrassAlphaP	0,0044	grass_noGrazingIncrease	1,15
FarmInfo_HaCornWithGrass	0	grass_oeb_a	-114,242873
FarmInfo_HaNatSward	0	grass_oeb_b	36,208947
FarmInfo_HaNatTer	0	grass_oeb_c	2,358751
FarmInfo_NumSlaughterpigs	0	grass_Precipitation	450
FarmInfo_NumSows	0	Grass_SymbioseN2Ofactor	0
FertCorrectedToPasture_NDNLossFractionStorageManure	0,15	grass_VEM	1000
FertCorrectedToPasture_NMinFracAvailGrazMan	0	GrassConservationCost_CostPerHarvest	124
FertCorrectedToPasture_NOrgFracAvailCorn	0,3	GrassConservationCost_GrassDMYieldAtHarvest	2500
FertCorrectedToPasture_NOrgFracAvailGrass	0,3	GrassSilage_DVE_A	31,77169
FertCorrectedToPasture_NOrgFracAvGrazMan	0	GrassSilage_DVE_B	14,53349
FertilizerAppLimits_HaPPoorFixCorn	0	GrassSilage_DVE_C	0
FertilizerAppLimits_HaPPoorFixGrass	2,2689	GrassSilage_EffConservationDM	0,97
FinancialScript_NLevy	0	GrassSilage_EffConservationN	0,9447
FinancialScript_NnormFixedHa	0	GrassSilage_EffConservationP	1
FinancialScript_PLewy	20,7974	GrassSilage_EffConservationVEM	0,9
Grass_CloverDVE_A	130	GrassSilage_fN2Oemission	0,015
Grass_CloverDVE_B	0	GrassSilage_fNH3emission	0,055
Grass_CloverDVE_C	0	GrassSilage_OEB_A	-73,26835
Grass_CloverOEB_A	70	GrassSilage_OEB_B	27,65622
Grass_CloverOEB_B	0	GrassSilage_OEB_C	5,565939

grazingManureToNatSward_fraction	1	rationmaker_calvesmaxcornwinter	344
grazingManureToPasture_fraction	1	rationmaker_CornSilagePrice	0,084733333
GroundWaterNitrate_WOGLitspFracCorn	0,81	rationmaker_cowgrazecap	1
GroundWaterNitrate_WOGLitspFracGrass	0,43	RationMaker_GrassConservationCost	400
heiferinfo_concreq	174	rationmaker_GrassSilagePrice	0,078666667
heiferinfo_DVEReq	376	rationmaker_heifersmaxcornwinter	160
heiferinfo_FinalWeight	530	rationmaker_MaxVEMOverFeeding	1,27
heiferinfo_GainNContent	0,0256	Soilinfo_AICritCorn	0,01
heiferinfo_GainPContent	0,00738	Soilinfo_AICritGrass	0,032
heiferinfo_GrowthInterval	365	Soilinfo_AIMaxCorn	0,0145
Heiferinfo_N2OEmissionFactor	0,00005	Soilinfo_AIMaxGrass	0,044
heiferinfo_StartingWeight	320	Soilinfo_AIMinCorn	0,007
heiferinfo_VEMReqSummer	7746	Soilinfo_AIMinGrass	0,025
heiferinfo_VEMReqWinter	6825	Soilinfo_AlphaP	0,004
ManureExported_ManureExportPrice	0,1639	Soilinfo_AlphaPCorn	0,0022
ManureHeap_NrFractionFeedLosses	0,33	Soilinfo_DefaultUSoilCorn	88
manurestorage_FracN2Oemission	0,00005	Soilinfo_ExtraNmFromCatchCrop	20
manurestorage_FracNH3Emission	0,11	Soilinfo_FractionOfUSoilChange	1
Minas_HaOverigBouwland	0	Soilinfo_LossfractionApplicationN	0,664
Minas_HaUitspGeVP	0	Soilinfo_LossfractionDepositionN	0,628
NaturalSward_Bonus	0	Soilinfo_NDepositionHa	45
NaturalSward_DMfirstCut	2721	Soilinfo_NminRedCatchCrop	40
NaturalSward_DMsecondCut	1401	Soilinfo_NrPerNSymbioseGrass	0,22
NaturalSward_DVEsecondCut	55	Soilinfo_RhoDepositionCorn	0,42
NaturalSward_NfirstCut	52	Soilinfo_RhoDepositionGrass	0,75
NaturalSward_NsecondCut	42	Soilinfo_RholniCorn	0,7
NaturalSward_OEBsecondCut	-6	Soilinfo_RhoSoilCorn	0,603
NaturalSward_PfirstCut	6,8	Soilinfo_RhoSoilGrass	0,809
NaturalSward_PsecondCut	4,5	Soilinfo_UsoilUptakeFractionCorn	0,63
NaturalSward_VEMsecondCut	730	Soilinfo_UsoilUptakeFractionGrass	1
PArtificialFertilizer_PCornAboveBalanceHa	0	Soilinfo_YCritRelCorn	0,9
PArtificialFertilizer_PFertilizerUseFactor	1	Soilinfo_YCritRelGrass	0,9
PArtificialFertilizer_PGrassAboveBalanceHa	0	USoilRotation_FracNminHFromUOCorn	0,41
pigManure_fraction	1	USoilRotation_MinNminHCorn	15

