



PraktijkRapport Rundvee 42

Reductie van nitraatuitspoeling uit grasland op droge zandgronden



Februari 2004

Rundvee





Colofon

Uitgever

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

Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek

© Animal Sciences Group

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

Aansprakelijkheid

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

Bestellen

ISSN 1570-8616
Eerste druk 2004/oplage 100
Prijs € 17,50

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

Referaat

ISSN 1570-8616

H.C. de Boer, I.E. Hoving en G.J. Remmelink,
Animal Sciences Group, divisie Praktijkonderzoek
Reductie van nitraatuitspoeling uit grasland op
droge zandgronden
PraktijkRapport Rundvee 42
35 pagina's, 25 tabellen, 1 figuur

Uit de resultaten van deze vierjarige studie blijkt dat het door een integrale aanpak op het gebied van bemesting, beweiding en voeding mogelijk is de nitraatuitspoeling uit grasland op droge zandgronden te verlagen.

Trefwoorden: nitraat, uitspoeling, zandgrond, najaar, grondwater, grondwatertrap, droogtegevoelig, opbrengst, beweiding, stikstof, bedrijfssysteem, grasland, melkvee, voeding



PraktijkRapport Rundvee 42

Reductie van nitraatuitspoeling uit grasland op droge zandgronden

Reduction of nitrate leaching from grassland on drought-sensitive sandy soils

H.C. de Boer
I. E. Hoving
G.J. Remmelink

Februari 2004

Voorwoord

Nitraatuitspoeling is al geruime tijd een belangrijk milieuprobleem in de veehouderij op droge zandgronden. Momenteel is nitraat zeer actueel als gevolg van discussies rondom de EU-nitraatrichtlijn. Deze richtlijn heeft als doel om verontreiniging van grond- en oppervlaktewater door nitraatstikstof te voorkomen of te beperken. Voor droge zandgronden zijn aanvullende of verscherpte maatregelen voorzien.

Nitraatuitspoeling wordt direct beïnvloed door managementmaatregelen van individuele veehouders. Om een juiste uitspraak te kunnen doen over het effect van management op het nitraatgehalte in het bovenste grondwater, is een bedrijfsbrede aanpak noodzakelijk. Dit onderzoek laat zien wat bereikt kan worden met een combinatie van managementmaatregelen op het gebied van bemesting, beweiding en veevoeding. De resultaten dragen bij aan een duurzame grondgebonden veehouderij op droge zandgronden.

Het onderzoek is in 1999, 2000, 2001 en 2002 gefinancierd door het Productschap Zuivel en in 2003 door het Ministerie van LNV (DWK 398-I).

ir. F. Mandersloot
Manager Onderzoek

Samenvatting

In Nederland is nitraatuitspoeling op droge zandgronden een probleem. Op deze gronden wordt meestal niet voldaan aan de Europese richtlijn voor nitraat: maximaal 50 mg NO₃ l⁻¹ in het bovenste grondwater (eerste 75 cm). Momenteel heeft overschrijding van deze richtlijn nog geen consequenties. De kans bestaat echter dat in de nabije toekomst deze richtlijn bindend wordt. Daarnaast zijn hoge concentraties nitraat in het grondwater belastend voor het milieu en voor de drinkwaterwinning. Vanwege het streven naar een duurzame grondgebonden veehouderij is het daarom de vraag of het op droge zandgronden mogelijk is om aan de richtlijn te voldoen en hoe dit gerealiseerd zou kunnen worden.

Nitraatuitspoeling onder grasland is sterk afhankelijk van de grondsoort, de grootte van het neerslagoverschot, het niveau van stikstofbemesting en de intensiteit van beweiding (Hoofdstuk 2 Achtergronden nitraatuitspoeling). De grondsoort en het neerslagoverschot zijn op bedrijfsniveau een gegeven; het niveau van stikstofbemesting en de intensiteit van beweiding kunnen aangepast worden. Naast het directe effect van stikstofbemesting en beweiding op nitraatuitspoeling, is indirect ook de voeding van het melkvee van belang. De samenstelling van het rantsoen bepaalt bijvoorbeeld ook de samenstelling van de (weide) mest, wat vervolgens weer effect heeft op de kans dat nitraat uitspoelt. Bij onderzoek gericht op verlaging van het nitraatgehalte in het bovenste grondwater zal daarom een integrale aanpak op bedrijfsniveau het meest effectief zijn. Op praktijkcentrum 'Cranendonck' (Noord-Brabant) werden gedurende een periode van vier jaar (1999-2002) twee bedrijfssystemen vergeleken en getoetst: een referentiebedrijfssysteem (Gangbaar) en een streefbedrijfssysteem (Reductie). Het referentiebedrijfssysteem vertoonde de karakteristieken van de gangbare landbouwpraktijk in Noord-Brabant; het streefbedrijfssysteem was gericht op het voldoen aan de Europese nitraatrichtlijn voor grondwater. Bij het realiseren van het streefbedrijfssysteem stonden managementmaatregelen op het gebied van bemesting, beweiding en voeding centraal.

De belangrijkste vraag in dit onderzoek was: is het mogelijk om door aanpassing van het bedrijfssysteem de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van droge zandgronden te verlagen tot onder de grens van 50 mg l⁻¹ met behoud van een acceptabel productieniveau van grasland en melkvee?

De uitgangspunten van het reductiesysteem waren: verlaging van de werkzame stikstofgift van 350 naar 250 kg ha⁻¹, verkorting van de weideduur van acht tot vier uur per dag, opstallen eind augustus in plaats van half oktober en verlaging van de OEB in het rantsoen van 250-300 naar < 50 g dier⁻¹ dag⁻¹. Met behulp van het programma 'NitraatUitspoelingsReductiePlanner (NURP) werd op basis van deze uitgangspunten bij het gangbare en reductiesysteem een nitraatgehalte in het grondwater berekend van respectievelijk 70 en 42 mg l⁻¹. De 18 beschikbare percelen van elk 0,8 ha werden op basis van hoogte van de grondwatertrap en ligging op de kavel in twee groepen ingedeeld. De ene groep bestond uit percelen met voornamelijk grondwatertrap VII, de andere groep uit percelen met voornamelijk grondwatertrap VIII.

Uit de resultaten van het onderzoek bleek dat, gemiddeld over de laatste drie jaar, (in 1999 was er sprake van enkele opstartproblemen), verlaging van de werkzame stikstofgift van 347 naar 240 kg ha⁻¹ de netto drogestofproductie van de percelen met grondwatertrap VII deed afnemen van 11,2 naar 10,8 ton ha⁻¹. Bij de percelen met grondwatertrap VIII had een daling van de werkzame stikstofgift van 333 naar 243 kg ha⁻¹ een daling van de drogestofopbrengst van 9,5 naar 9,0 ton ha⁻¹ tot gevolg. De drogestofopbrengst van het gangbare en reductiesysteem lag bij grondwatertrap VIII respectievelijk 15 en 17 % lager dan bij grondwatertrap VII.

Exclusief de gegevens van 1999 was er bij de percelen met grondwatertrap VII geen verschil tussen de systemen in de hoeveelheid nitraatstikstof in bodemlaag 0-90 cm rond eind oktober. Bij de percelen met grondwatertrap VIII daalde de hoeveelheid nitraatstikstof bij toepassing van het reductiesysteem, gemiddeld over drie proefjaren, van 52 naar 36 kg ha⁻¹ en verschilde daarmee weinig.

Toepassing van het reductiesysteem kon het nitraatgehalte in de bovenste meter grondwater in het najaar duidelijk verlagen. Bij de percelen met grondwatertrap VII daalde het nitraatgehalte door toepassing van het reductiesysteem, gemiddeld over de laatste drie proefjaren, van 67 naar 50 mg l⁻¹ en voldeed daarmee exact aan de nitraatrichtlijn. Bij de percelen met grondwatertrap VIII daalde het nitraatgehalte door toepassing van het reductiesysteem, gemiddeld over de laatste drie proefjaren, van 108 naar 81 mg l⁻¹ en bleef daarmee nog ver boven de richtlijn. De nitraatuitspoeling was bij de percelen met grondwatertrap VIII duidelijk hoger dan bij de percelen met grondwatertrap VII.

Reductie van de OEB in het rantsoen van gemiddeld 362 g dier⁻¹ dag⁻¹ bij de groep gangbaar tot 67 g dier⁻¹ dag⁻¹ bij de groep reductie leidde niet tot verschillen in melkproductie en eiwitproductie. De vetproductie van de reductiegroep was hoger. De gemiddeld aanzienlijke daling van de OEB leidde slechts tot een lichte daling van het ureumgetal van 21 tot 18 mg 100 g⁻¹ melk.

Geconcludeerd kan worden dat het op droge zandgronden mogelijk is het nitraatgehalte van het bovenste grondwater in het najaar duidelijk te verlagen met slechts een gering verlies van grasproductie. Met behulp van bijvoeding kan de melkproductie en -samenstelling ongeveer op hetzelfde niveau blijven.

Summary

Nitrate leaching is a problem on dry sandy soil in the Netherlands. For these soils the European directive for nitrate of 50 mg NO₃ l⁻¹ in the upper groundwater (first 75 cm) is often not met. Exceeding this directive does not have any consequences yet, but chances are that in the near future this directive will become obligatory. Moreover, high concentrations of nitrate in the groundwater have a negative impact on the environment and on the production of drinking water. Because sustainable land bound dairy farming is aimed at, the issue therefore is whether it is possible to meet this directive on dry sandy soils and how this can be realised.

Nitrate leaching from grassland strongly depends on the type of soil, the amount of the precipitation surplus, the level of nitrogen fertilisation and the intensity of grazing. At farm level, soil type and precipitation surplus are facts; the level of nitrogen fertilisation and the intensity of grazing can be directed. Besides the direct effect of nitrogen fertilisation and grazing on nitrate leaching, the indirect effects of the dairy cattle's ration composition are also important. The composition of the ration defines for example also the composition of slurry and of the excretions in the pasture, thus effecting nitrate leaching. In research aimed at reducing the nitrate content in the upper groundwater, an integral approach at farm level will therefore be most effective. That is why during a period of four years (1999-2002), two farm systems were compared and tested at the research farm Cranendonck (North-Brabant, the Netherlands): a reference farm system (common) and a target farm system (reduction). The reference farm system had the characteristics of common agricultural practice in North-Brabant; the target farm system was aimed at complying with the European nitrate directive for groundwater. In realising the target farm system, management measures concerning fertilisation, grazing and feeding were focused on.

The most important question this research was based on was: is it possible to reduce the nitrate concentration in the upper groundwater of dry sandy soil to below the limit of 50 mg l⁻¹ by an integrated approach at farm level, while production levels of grassland and dairy cattle remain at the same level? Targets of the reduction system were: reduction of the effective nitrogen dose from 350 to 250 kg ha⁻¹, reducing grazing time from eight to four hours a day, cattle in the barn at the end of August instead of mid-October and reducing the OEB (degradable protein balance) in the ration from 250-300 to < 50 g animal⁻¹ day⁻¹. By means of the software program 'NitrateLeachingReductionPlanner' (NURP), a nitrate content of 70 and 42 mg l⁻¹ in the groundwater was calculated for the common and reduction systems respectively on the basis of the abovementioned assumptions. The 18 available plots of 0,4 hectare each were divided into two groups, mainly on the basis of the groundwater tread. In one group the plots had a groundwater tread of VII, in the other group they had a groundwater tread of VIII. The plots with groundwater tread VIII were drier than the plots with groundwater tread VII.

A reduction in the effective nitrogen dose from 347 to 240 kg ha⁻¹ resulted, averaged over the three last years (1999 was excluded because of some starting problems) in a decrease in dry matter production of the plots with groundwater tread VII of 11.2 to 10.8 tons ha⁻¹. Reduction in the effective nitrogen dose from 333 to 243 kg ha⁻¹ resulted, averaged over the last three years, in a decrease in dry matter production of the plots with groundwater tread VIII of 9.5 to 9.0 tons ha⁻¹. The level of dry matter production of the common and the reduction system was respectively 15 and 17 % lower at the plots with groundwater tread VIII compared to the plots with groundwater tread VII.

Excluding the 1999 data, at the plots with groundwater tread VII there was no difference between the systems as to the amount of nitrate nitrogen in the soil layer 0-90 cm around the end of October. At the plots with groundwater tread VIII, applying the reduction system resulted in a small decrease of the amount of nitrate nitrogen from 52 to 36 kg ha⁻¹.

Applying the reduction system resulted in a clear decrease in the nitrate content in the upper groundwater (upper meter) around early December. Excluding the 1999 data, the nitrate content at the plots with groundwater tread VII decreased from 67 to 50 mg l⁻¹ with applying the reduction system and therefore met exactly the nitrate directive. At the plots with groundwater tread VIII, the nitrate content decreased from 108 to 81 mg l⁻¹. At the plots with groundwater tread VIII, clearly more nitrate leached compared to the plots with groundwater tread VII.

Reduction of the OEB in the ration of on average 362 g animal⁻¹ day⁻¹ for the common group to 67 g animal⁻¹ day⁻¹ for the reduction group did not lead to differences in milk and protein production. Fat production of the reduction group was significantly higher. The average considerable reduction in OEB led to only a slight decrease in the urea content of 21 to 18 mg 100 g⁻¹ of milk.

It is concluded that it is possible to clearly reduce the nitrate content in the upper groundwater on dry sandy soil in the fall, while maintaining the level of grass production. By means of additional feeding, also the milk production and composition can be maintained.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Achtergronden nitraatuitspoeling	2
3	Materiaal en methoden	3
3.1	Algemene opzet	3
3.2	Gewas en bodem	3
3.2.1	Percelen	3
3.2.2	Weiden en maaien	4
3.2.3	Bemesting	4
3.2.4	Berekening	5
3.3	Melkvee	6
3.3.1	Algemeen	6
3.3.2	Groepsindeling	6
3.3.3	Rantsoen	6
3.4	Waarnemingen	7
3.4.1	Gewas	7
3.4.2	Bodem	7
3.4.3	Melkvee	8
4	Resultaten	9
4.1	Gewas	9
4.1.1	Werkzame stikstofbemesting	9
4.1.2	Netto drogestofopbrengst	10
4.1.3	N-balans	11
4.2	Bodem	14
4.2.1	Anorganische stikstof in bodemprofiel	14
4.2.2	Nitraatgehalte bovenste grondwater	15
4.2.3	Grondwaterstand	17
4.3	Melkvee	18
4.3.1	Beweidingsduur	18
4.3.2	Rantsoen	18
4.3.3	Melkproductie en -samenstelling	20
4.3.4	Ureumgetal	20
4.3.5	N-balans melkvee	21
5	Discussie	22
5.1	Proefopzet gewas en bodem	22
5.2	Gewas	22
5.2.1	Netto drogestofopbrengst	22
5.3	Bodem	23
5.3.1	Anorganische stikstof in bodemprofiel	23
5.3.2	Nitraatgehalte bovenste grondwater	23

5.4	Melkvee	24
5.4.1	OEB-gehalte in het rantsoen	24
5.4.2	Melkproductie en -samenstelling	24
6	Conclusies	25
7	Toepassing voor de praktijk	26
8	Literatuur	27
Bijlagen	28
Bijlage 1	Plattegrond ligging percelen op praktijkcentrum 'Cranendonck'	28
Bijlage 2	Gegevens bodemkartering 1996	29
Bijlage 3	Resultaten bodemanalyse	32
Bijlage 4	Inzaaidatum percelen	33
Bijlage 5	Aantal peilbuizen per perceel	34
Bijlage 6	Opbouw hoeveelheid neerslag en neerslagoverschot per jaar	35

1 Inleiding

In Nederland is nitraatuitspoeling op droge zandgronden een probleem. Op deze gronden wordt meestal niet voldaan aan de Europese richtlijn voor nitraat: maximaal 50 mg NO₃ l⁻¹ in het bovenste grondwater (eerste 75 cm). Momenteel heeft overschrijding van deze richtlijn nog geen consequenties. De kans bestaat echter dat in de nabije toekomst deze richtlijn bindend wordt. Daarnaast zijn hoge concentraties nitraat in het grondwater belastend voor het milieu en voor de drinkwaterwinning. Vanwege het streven naar een duurzame grondgebonden veehouderij is het daarom de vraag of het op droge zandgronden mogelijk is om aan de richtlijn te voldoen en hoe dit gerealiseerd zou kunnen worden.

Nitraatuitspoeling onder grasland is sterk afhankelijk van de grondsoort, de grootte van het neerslagoverschot, het niveau van stikstofbemesting en de intensiteit van beweiding (Hoofdstuk 2 Achtergronden nitraatuitspoeling). De grondsoort en het neerslagoverschot zijn op bedrijfsniveau een gegeven; het niveau van stikstofbemesting en de intensiteit van beweiding kunnen aangepast worden. Naast het directe effect van stikstofbemesting en beweiding op nitraatuitspoeling, is indirect ook de voeding van het melkvee van belang. De samenstelling van het rantsoen bepaalt bijvoorbeeld ook de samenstelling van de (weide) mest, wat vervolgens weer effect heeft op de kans dat nitraat uitspoelt. Bij onderzoek gericht op verlaging van het nitraatgehalte in het bovenste grondwater zal daarom een integrale aanpak op bedrijfsniveau het meest effectief zijn. Op praktijkcentrum 'Cranendonck' (Noord-Brabant) werden gedurende een periode van vier jaar (1999-2002) twee bedrijfssystemen vergeleken en getoetst: een referentiebedrijfssysteem (Gangbaar) en een streefbedrijfssysteem (Reductie). Het referentiebedrijfssysteem vertoonde de karakteristieken van de gangbare landbouwpraktijk in Noord-Brabant; het streefbedrijfssysteem was gericht op het voldoen aan de Europese nitraatrichtlijn voor grondwater. Bij het realiseren van het streefbedrijfssysteem stonden managementmaatregelen op het gebied van bemesting, beweiding en voeding centraal.

De belangrijkste vraag in dit onderzoek was: is het mogelijk om door aanpassing van het bedrijfssysteem de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van droge zandgronden te verlagen tot onder de grens van 50 mg l⁻¹ met behoud van een acceptabel productieniveau van grasland en melkvee?

2 Achtergronden nitraatuitspoeling

Uitspoeling van nitraat vereist twee belangrijke voorwaarden: een neerwaartse waterstroom en de aanwezigheid van nitraatstikstof in het bodemprofiel. Een neerwaartse waterstroom treedt op als de hoeveelheid neerslag groter is dan de verdamping en de opnamecapaciteit van de bodem, een situatie die in Nederland meestal voorkomt tussen het (late) najaar en het (late) voorjaar. Nitraatstikstof die in deze periode in het bodemprofiel aanwezig is, kan in principe volledig uitspoelen. De neerwaartse waterstroom is nauwelijks beïnvloedbaar; de hoeveelheid nitraat in het profiel echter wel. Factoren die kunnen bijdragen aan de hoeveelheid nitraat in het bodemprofiel in het najaar zijn de grootte van de stikstofgift, de vorm waarin de stikstof gegeven wordt, het tijdstip van de stikstofgift, de intensiteit van beweiding, de lengte van het weideseizoen en de mate van mineralisatie van organische stof in de zomer en het najaar.

Een hogere stikstofgift via kunstmest leidt in het algemeen tot een hogere nitraatuitspoeling. Garwood & Tyson (1973) concludeerden dat bij toediening van 250 kg N ha⁻¹ op gemaaid grasland het stikstofverlies via nitraatuitspoeling verwaarloosbaar klein was; bij een toediening van 500 kg N ha⁻¹ echter nam het verlies in de winter van 1970 toe van 14 tot 143 kg N ha⁻¹ en in de winter van 1971 van 4 tot 88 kg N ha⁻¹. Barraclough et al. (1983) constateerden dat bij een verhoging van de stikstofgift van 250 tot 900 kg N ha⁻¹ het cumulatieve nitraatverlies via uitspoeling toenam van 1,5 % van de stikstofgift tot 16,7 % van de stikstofgift over een periode van drie jaar. Scholefield et al. (1993) concludeerden dat, gemiddeld over zeven jaar, bij verhoging van de stikstofgift van 200 tot 400 kg N ha⁻¹ het nitraatverlies via uitspoeling toenam van 19 tot 33 % van de stikstofgift.

De vorm waarin stikstof wordt toegediend kan effect hebben op de mate van nitraatuitspoeling. Bij kunstmest geldt dit met name in het voorjaar. Ammoniumstikstof is minder gevoelig voor uitspoeling dan nitraatstikstof en wordt in het voorjaar slechts traag omgezet in nitraatstikstof. Door in het voorjaar kunstmest met een hoger aandeel ammonium te verstrekken, kan de nitraatuitspoeling in principe beperkt worden. Bij drijfmest komt de stikstof langzamer vrij dan bij kunstmest. Dit kan, afhankelijk van de omstandigheden, zowel een voordeel als een nadeel zijn. Tijdens lange natte perioden is het langzaam vrijkomen van stikstof uit drijfmest een voordeel. De trage mineralisatie leidt er echter toe dat er ook stikstof aan het einde van het groeiseizoen vrijkomt. Op dat moment is het minder goed te benutten voor het gewas en gevoeliger voor uitspoeling.

Het tijdstip van stikstoftoediening heeft invloed op de hoeveelheid stikstof die in het profiel achterblijft. Hoe later in het seizoen stikstof gegeven wordt, des te slechter de gemiddelde benutting. De achterblijvende stikstof is gevoelig voor uitspoeling.

Vergeleken met gemaaid grasland leidt beweiding tot een toename van de nitraatuitspoeling. Ryden et al. (1984) constateerden op basis van het nitraatgehalte in het bodemprofiel dat, gemiddeld over een periode van zes jaar, het nitraatverlies onder beweide grasland 5,6 keer groter was dan onder gemaaid grasland, een toename van 29 kg N ha⁻¹ tot 162 kg N ha⁻¹. Een deel van het nitraatverlies als gevolg van beweiding is toe te schrijven aan stikstofverlies via urineplekken. Op één urineplek kan omgerekend 500-600 kg stikstof per hectare gedeponeed worden (Ball et al., 1979; Cuttle & Bourne, 1993). Inclusief de stikstofgift via kunstmest of drijfmest leidt dat tot plaatselijk zeer hoge concentraties in de bodem. Het gras kan deze stikstof maar beperkt benutten; de rest is potentieel uitspoelbaar. Bij intensieve beweiding neemt niet alleen het aantal urineplekken toe, maar kan ook overlap van urineplekken plaatsvinden. Hierdoor wordt de plaatselijke stikstofbenutting nog lager en de potentiële nitraatuitspoeling nog hoger.

Naast de intensiteit van beweiding is ook de duur van het weideseizoen van belang. Cuttle & Bourne (1993) en Van der Putten (1996) toonden aan dat hoe later een urinedepositie in het groeiseizoen plaatsvindt, des te meer nitraatstikstof aan het eind van het groeiseizoen in het profiel aanwezig zal zijn. Eerder opstallen van weidend vee kan daarom de nitraatuitspoeling verlagen.

Een droge zomer met af en toe een bui, gevolgd door aanhoudende regenval in het najaar, zou in principe de nitraatuitspoeling kunnen verhogen. Birch (o.a. 1958) concludeerde dat bevochtiging van een uitdrogende bodem leidt tot een tijdelijk sterke toename (tot factor 10) van de mineralisatie van stikstof. Herhaling van deze cyclus (bijvoorbeeld via beregning) zou tot behoorlijke stikstofmineralisatie kunnen leiden. Bij hoge temperaturen en aanzienlijke verdamping kan het gewas deze vrijkomende stikstof slecht benutten. Aanhoudende regenval in het najaar kan vervolgens leiden tot uitspoeling van deze niet-benutte stikstof. Indien dit effect optreedt, kan o.a. de hoeveelheid makkelijk afbreekbare organische stof van een bodem bepalen hoeveel stikstof uiteindelijk mineraliseert. Langdurige toediening van drijfmest zou in principe een effect kunnen hebben op de hoeveelheid makkelijk afbreekbare organische stof in de bodem, daarmee op de mineralisatie in het naseizoen en op de nitraatuitspoeling. Door de aanvoer van makkelijk afbreekbare organische stof in de bodem te beperken, zou indirect mogelijk ook de nitraatuitspoeling gereduceerd kunnen worden.

3 Materiaal en methoden

3.1 Algemene opzet

Het onderzoek werd, voornamelijk gedurende het weideseizoen, uitgevoerd in de periode 1999 tot 2002 op praktijkcentrum 'Cranendonck' (Soerendonk, Noord-Brabant). De nitraatmetingen in het grondwater liepen door tot het voorjaar van 2003.

Het gangbare en het reductiesysteem werden beide op 9 percelen van 0,8 ha uitgevoerd. Er waren geen herhalingen, zodat de gewas- en bodemresultaten niet statistisch geïnterpreteerd konden worden. Bij het onderdeel melkvee konden de resultaten door groepsindeling wel statistisch geïnterpreteerd worden.

De voornaamste streefwaarden van beide bedrijfssystemen zijn vermeld in Tabel 1. Deze streefwaarden zijn berekend met behulp van het softwareprogramma 'NitraatUitspoelings ReductiePlanner (NURP)'. Een beschrijving van het onderliggende rekenmodel is gegeven in Vellinga et al. (1997). De systemen verschilden in het niveau van werkzame stikstofbemesting, de weideduur, het moment van opstallen, het niveau van bijvoeding en de hoeveelheid OEB in het rantsoen (Tabel 1). Het streefniveau van de hoeveelheid werkzame stikstof lag bij het gangbare systeem op 350 kg ha⁻¹ en bij het reductiesysteem op circa 250 kg ha⁻¹. Met werkzame stikstof wordt de totale stikstofgift via KAS en de werkzame hoeveelheid stikstof uit drijfmest (uitgedrukt in kg N via KAS) bedoeld. De drijfmestgift was bij het reductiesysteem hoger dan bij het gangbare systeem (Tabel 1). Door de beperkte weidegang in het reductiesysteem was de productie van drijfmest in de stal groter en moest er meer drijfmest uitgereden worden. Op basis van de uitgangspunten werd er met behulp van NURP berekend dat het nitraatgehalte bij het gangbare en reductiesysteem respectievelijk 70 en 42 mg l⁻¹ zou bedragen.

Tabel 1 Belangrijkste streefwaarden van de twee bedrijfssystemen

	Gangbaar	Reductie
Koeien (aantal)	30	30
Grasland (ha)	9 x 0,8 ha	18 x 0,4 ha
Veebezetting (aantal koeien ha ⁻¹)	4,2	4,2
Perceelnummers	1-4, 7, 12, 13, 23, 25	5, 6, 8-11, 21, 22, 24
Berekening	ja	ja
Werkzame N (kg ha ⁻¹)	350	250
Runderdrijfmest (m ³ ha ⁻¹)	52	75
Beweidingsstelsel	B4	B4
Beweidingsduur (uren dag ⁻¹)	8	4
Datum inscharen	half april	half april
Datum uitscharen	half oktober	begin september
Bijvoeding snijmais (kg ds dier ⁻¹ dag ⁻¹)	6	6
Bijvoeding graskuil (kg ds dier ⁻¹ dag ⁻¹)	0	3
OEB in het rantsoen (g)	250 - 300	< 50

3.2 Gewas en bodem

3.2.1 Percelen

De beschikbare percelen werden voor aanvang van het onderzoek op basis van het verschil in grondwatertrap in twee groepen ingedeeld, namelijk een groep met voornamelijk grondwatertrap VII (percelen 1-13) en een groep met voornamelijk grondwatertrap VIII (percelen 21-25). Naast het verschil in grondwatertrap waren de afmetingen van de percelen in beide groepen verschillend. De percelen 1-13 waren lang (250-270 m) en smal (15-20 m) en de percelen 21-25 waren korter (100-140 m) en breder (40-60 m). Ook de ligging van de percelen 21-25 op de bedrijfskavel was anders (Bijlage 1). Binnen iedere groep werden de percelen verdeeld over het reductiesysteem en het gangbare systeem (Tabel 2). De indeling in groepen werd gehanteerd om bij interpretatie van de resultaten eventueel onderscheid te kunnen maken voor een effect van verschil in perceelseigenschappen op het effect van het reductiesysteem. De grondwaterkarakteristieken zijn per perceel gegeven in Bijlage 2; de gemiddelden per groep percelen per bedrijfssysteem in Tabel 2.

In verband met de kortere beweidingsduur werden de percelen bij het reductiesysteem in tweeën gesplitst, met een a-deel en een b-deel. Het a-deel was altijd de linker helft van het perceel, gezien vanaf het koepad aan de voorkant (Bijlage 1).

Tabel 2 Indeling percelen per groep per bedrijfssysteem en gemiddelden van de grondwaterkarakteristieken per groep per bedrijfssysteem

Grondwatertrap	Systeem	Perceelnummer	GHG	GLG	GVG	Gt
VII	Gangbaar	1, 2, 3, 4, 7, 12, 13	118	220	136	VII
	Reductie	5, 6, 8, 9, 10, 11	109	212	129	VII
VIII	Gangbaar	23, 25	158	265	178	VIII
	Reductie	21, 22, 24	150	248	170	VIII

GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand

GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand

GVG = gemiddelde van de grondwaterstand

Gt = grondwatertrap

De percelen lagen op een podzolbodem. Meer specifieke gegevens over de opbouw van het bodemprofiel per perceel zijn opgenomen in Bijlage 2. Een bodemanalyse van laag 0-5 cm voor aanvang van het onderzoek is gegeven in Bijlage 3. De inzaaidatum van de percelen is gegeven in Bijlage 4.

3.2.2 Weiden en maaien

Gangbare systeem

De koeien werden half april ingeschaard en half oktober opgesteld. Er werd beweid volgens een systeem van omweiding met een duur van vier dagen. De beweidingsduur bedroeg acht uur per dag en de kuddegrootte 30 koeien. De koeien werden ingeschaard bij een snede-opbrengst van 1,7 - 1,8 ton ds ha⁻¹. Inscharen in te zware sneden werd indien mogelijk vermeden. Het aantal dieren en de duur van de beweiding werd dagelijks bijgehouden op de graslandkalender.

De voederwinning stond in dienst van de beweiding. Het aantal groeidagen voor een maaisnede werd beperkt tot maximaal 30 dagen. Hierbij was de opbrengst van een snede van ondergeschikt belang. Bij het ontstaan van bossen werden de percelen ontbost. Wanneer de gewenste beweiding door gebrek aan grasgroei niet gerealiseerd kon worden, werd de beweidingsduur van het gangbare systeem verminderd tot vier uur per dag.

Reductiesysteem

De koeien werden half april ingeschaard en eind augustus opgesteld. Er werd beweid volgens een systeem van omweiding met een duur van vier dagen. De beweidingsduur bedroeg vier uur per dag en de kuddegrootte 30 koeien. De koeien werden ingeschaard bij een snede-opbrengst van 1,7 - 1,8 ton ds ha⁻¹. Inscharen in te zware sneden werd indien mogelijk vermeden. Het aantal dieren en de duur van de beweiding werd dagelijks bijgehouden op de graslandkalender.

De voederwinning stond in dienst van de beweiding. Het aantal groeidagen voor een maaisnede werd beperkt tot maximaal 30 dagen. Hierbij was de opbrengst van een snede van ondergeschikt belang. Bij het ontstaan van bossen werden de percelen ontbost.

Wanneer de gewenste beweiding niet gerealiseerd kon worden, werden de koeien van het reductiesysteem op stal gehouden. Ten behoeve van een optimaal grasaanbod werd bij het reductiesysteem de perceelsgrootte (0,8 ha) met de helft gereduceerd. De betreffende percelen (Tabel 1) werden met een flexibele afrastering in de lengte in tweeën gedeeld.

3.2.3 Bemesting

Algemeen

De bemesting met stikstof, fosfaat en kali werd uitgevoerd volgens de Adviesbasis voor bemesting van grasland en voedergewassen (1998) en geregistreerd in een bedrijfsmanagementsysteem. De analyseresultaten van de algemene grondmonsters (Bijlage 3), die ééns in de vier jaar werden genomen, golden als uitgangspunt voor de bemesting.

Stikstofbemesting

Het bemestingsadvies voor stikstof werd afgestemd op het stikstofleverend vermogen van de bodem (NLV). Deze is in 1999 bepaald. Bij percelen die in het najaar van 1998 opnieuw zijn ingezaaid (Bijlage 4) is deze bemonstering in 1999 herhaald.

Het bemestingsadvies per snede was het advies bij de maximale stikstofjaargift. Voor het reductiesysteem werd het bemestingsadvies omgerekend naar een gift van $250 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. Het stikstofadvies per snede werd ten opzichte van de maximale stikstofjaargift verhoudingsgewijs met een factor $250/400$ verminderd.

In februari werden alle percelen bemest met circa 25 m^3 runderdrijfmest. Deze mest werd voor toediening bemonsterd en geanalyseerd op stikstof, fosfaat en kali. Voor maaisneden na de eerste snede werden drijfmestgiften van 15 à 20 m^3 per snede gegeven. Het gangbare systeem werd in totaal met circa 50 m^3 drijfmest bemest en het reductiesysteem met circa 75 m^3 .

Opmerkingen uit het bemestingsadvies toegespitst op de proefsituatie:

1. De geadviseerde hoeveelheden betroffen stikstof uit kunstmest plus werkzame stikstof uit dierlijke mest.
2. In het voorjaar werd de eerste kunstmeststikstof zo snel mogelijk na het bereiken van temperatuursom $180 \text{ }^\circ\text{C}$ gegeven.
3. Na 15 augustus werd er geen dierlijk mest meer gegeven en na 15 september geen kunstmest meer.
4. De gearceerde horizontale balken in de tabellen van de Bemestingsadviesbasis (1998) golden voor normaal weiden en normaal maaien. Vanaf juli-augustus (snede 4-5) verschoven deze balken naar lichtere sneden. Uitgangspunt was dat de sneden niet langer dan 30 dagen mochten staan.
5. Als er bij een lagere opbrengst dan gepland werd beweid of gemaaid, werd de stikstofbemesting voor de volgende snede met een kwart van deze overbemesting verminderd.
6. Wanneer bij een hogere opbrengst werd beweid of gemaaid, werd de stikstofbemesting voor de volgende snede met een kwart van het tekort vermeerderd.
7. Bij een vochttekort werd volgens de bovenstaande methode vooraf of achteraf de bemestingshoeveelheid gecorrigeerd.

Fosfaatbemesting

De eerste snede werd bemest op basis van het PAL-getal (Bijlage 3). Bij beweiding werd vervolgens nog in totaal één gift gegeven en bij maaien per snede een gift. Het advies bij fosfaattoestand 'hoog' gold één jaar. Daarna werd bemest volgens het advies voor een fosfaattoestand 'ruim voldoende'.

Kalibemesting

De kalibemesting werd afgestemd op het K-getal van de bodem. Volgens het bemestingsadvies werd de eerste snede afhankelijk van maaien of weiden bemest naar de kalitoestand van de bodem. Voor weiden werd vervolgens nog in totaal één gift gegeven en voor maaien per snede een gift. Op basis van het betreffende bodemmonster golden de adviezen voor de kalitoestand 'laag' en 'voldoende' vier jaar. De adviezen voor kalitoestand 'ruim voldoende' of hoger golden één jaar. Daarna werd bij kalitoestand 'ruim voldoende' bemest volgens het advies voor kalitoestand 'voldoende' en bij kalitoestand 'hoog' volgens het advies voor toestand 'ruim voldoende'.

3.2.4 Berekening

Bij beide beweidingssystemen werd geprobeerd om droogtestress zoveel mogelijk te beperken. Daarvoor werd een planning van de beschikbare vochtvoorraad bijgehouden met het door het Praktijkonderzoek ontworpen softwareprogramma 'Beregeningswijzer'. In dit programma wordt de hoeveelheid benodigde berekening vastgesteld met behulp van de richtlijnen van 'Beregenen op Maat' (Hoving & Boomaerts, 1998). Indien nodig werden grondmonsters genomen om de berekende actuele vochttoestand te controleren. De maximum giftgrootte bedroeg 25 mm . Regelmatig werden giftgrootte en de verdeling van de gift gecontroleerd door regenmeters diagonaal over een beregeningsbaan te plaatsen. Het moment van beregening en het waterverbruik werd per perceel geregistreerd.

3.3 Melkvee

3.3.1 Algemeen

Er werd alleen gedurende het weideseizoen onderzoek verricht. Enige tijd voor de start van het weideseizoen werden ieder jaar opnieuw groepen samengesteld voor het gangbare en het reductiesysteem.

3.3.2 Groepsindeling

Er werden twee categorieën proefdieren onderscheiden:

1. Proefdieren in de hoofdgroep: deze dieren waren onafgebroken lactierend gedurende de proefperiode. De groep werd in twee gelijkwaardige delen gesplitst waarbij met name werd beoordeeld op productie, lactatienummer, lactatiestadium en gewicht. De proefdieren in de hoofdgroep werden paarsgewijs ingedeeld, waardoor de melkproductieresultaten van deze groep statistisch toetsbaar waren.
2. Proefdieren in de restgroep: deze dieren stonden een deel van de proefperiode droog. De restgroep werd in twee gelijkwaardige delen gesplitst, waarbij rekening gehouden werd met de verwachte afkalfdatum.

Bij de groepsindeling werd uitgegaan van in totaal 62 proefdieren. Doordat proefdieren uit de restgroep een deel van de proefperiode droog stonden, kwam het gemiddelde aantal weidende dieren per proefgroep uit op ongeveer 30. Ieder jaar werden de groepen opnieuw samengesteld.

3.3.3 Rantsoen

Groep Gangbaar

Via een geleidelijke overschakeling van het winterrantsoen naar beweiding werden de dieren gewend aan de weide. Aanvankelijk werd het krachtvoerniveau niet gewijzigd ten opzichte van het winterrantsoen. In eerste instantie werd uitgegaan van een gemiddelde opname van weidegras van circa acht kg ds dier⁻¹ dag⁻¹. Op stal kregen de dieren vijf tot zes kg ds snijmais bijgevoerd. Bij een geringer grasaanbod (berekend op basis van het Koemodel (Zom 2002)) werd de bijvoeding met snijmais verhoogd tot maximaal acht kg ds dier⁻¹ dag⁻¹. Het stalrantsoen werd berekend op basis van de samenstelling van de snijmais.

Bij een geringere opname van vers gras en dus een toename van het aandeel snijmais in het rantsoen werd ook de eiwit- en mineralenvoorziening aangepast. Bij een snijmaiskernbrok hoger dan zes kg ds werd per kg snijmais 0,5 kg snijmaiskernbrok verstrekt. Het rantsoen werd aangevuld met krachtvoer via de krachtvoerautomaat. De maximale krachtvoergift bedroeg acht kg per oudere koe en zes kg per vaars.

Groep Reductie

Via een geleidelijke overschakeling van het winterrantsoen naar beweiding werden de dieren gewend aan de weide. Aanvankelijk werd het krachtvoerniveau niet gewijzigd t.o.v. het winterrantsoen. Er werd uitgegaan van een gemiddelde weidegrasopname van circa vier kg ds dier⁻¹ dag⁻¹. Op stal werd aan de dieren een mengsel van snijmais, graskuil en eventueel enkelvoudige krachtvoerders en mineralen verstrekt. Het stalrantsoen werd berekend op basis van de samenstelling van de verschillende partijen. De verwachting was dat de dieren gemiddeld circa negen kg ds van het stalrantsoen zouden opnemen aan het voerhek. Het basisrantsoen werd aangevuld met krachtvoer via de krachtvoerautomaat. Er werd gestreefd naar normvoeding voor VEM en DVE en naar een OEB van maximaal 50 g per dag. De maximale krachtvoergift bedroeg tien kg per oudere koe en acht kg per vaars.

Berekening krachtvoergift

Éénmaal per twee weken of bij wisseling van voerpartijen werd de rantsoensamenstelling doorgerekend en werden de aanvullende krachtvoergiften bepaald. De krachtvoergift aan dieren die bij de groepsindeling één blok (koppel) vormden werd op basis van evenredigheid gestuurd.

3.4 Waarnemingen

3.4.1 Gewas

Maaisnede

De voederwinning stond in dienst van de beweiding. Een maaisnede werd geoogst bij een geschatte drogestofopbrengst van 3-3,5 ton ds ha⁻¹ of na een groeiduur van maximaal 30 dagen. De totale opbrengst werd per perceel gewogen op de weegbrug. Per perceel en per snede werd een vers grasmonster genomen. Na drogen (48 uur bij 70° C) werd het monster ter bepaling van het ruw eiwitgehalte (N-Kjehldal) opgestuurd naar het laboratorium.

Weidesnede

Het melkvee werd ingeschaard bij een geschatte drogestofopbrengst van circa 1,7 ton ha⁻¹. Bij het inscharen werd van ieder perceel een grasmonster genomen. Deze monsters werden gedroogd (48 uur bij 70° C) en per vier weken samengevoegd tot een verzamemonster. Het verzamemonster werd opgestuurd naar een laboratorium voor de volgende bepalingen: drogestof, ruw eiwit, ruw celstof, ruw as, suiker (NIRS), VC-os (T&T), VEM, DVE, OEB, Na, Ca, K, Mg en P.

3.4.2 Bodem

Anorganische stikstof in bodemprofiel

Ieder najaar werd van elk perceel de hoeveelheid anorganische stikstof in het profiel bepaald. In 1999 werd alleen de laag 0-100 cm bemonsterd; in 2000-2002 de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm. Er werden zes steken per monster genomen. De analysemethode verschilde per jaar. In 1999, 2000 en 2001 werd de hoeveelheid anorganische N bepaald door extractie van veldvochtige grond met 1:2 V/V CaCl₂ (0,1 M); in 2002 door extractie van luchtdroge grond met 1:10 m/V CaCl₂ (0,1 M). De hoeveelheden stikstof werden omgerekend naar kg ha⁻¹.

Nitraatgehalte in het bovenste grondwater

In het startjaar 1999 werd het grondwater in voor- en najaar bemonsterd met behulp van de open boorgatmethode van het RIVM (SOP LBG/424/00). De plaats van monsternamen werd bepaald volgens de lotingprocedure van het RIVM (SOP LBG/618/00). In het najaar van 1999 werden in het kader van arbeidsbesparing vaste peilbuizen geplaatst op de plek waar volgens loting op dat moment bemonsterd zou worden via de open boorgatmethode. De peilbuizen hadden een lengte van 2,5 meter en waren vanaf één meter onder het maaiveld geperforeerd. Om grove verontreinigingen van het bemonsterde water te voorkomen, was om het geperforeerde deel een filterkous bevestigd. Het bovenste grondwater werd bemonsterd door een blaasbalg van 50 cm lengte tot op de bodem van de peilbuis te laten zakken. Vervolgens werd de blaasbalg opgepompt. Na het oppompen werd het water boven de blaasbalg weggepompt en werd het toestromende water bemonsterd. Hierdoor werd, afhankelijk van de grondwaterstand, de bovenste meter van het grondwater bemonsterd. De peilbuizen waren van boven afgesloten met een dop; de bovenkant van de buis was afgedekt met een trottoirtegel. Vanwege de toegepaste lotingsmethode varieerde het aantal peilbuizen per perceel (Bijlage 5). In de groep percelen met grondwatertrap VII bedroeg het totale aantal peilbuizen respectievelijk 16 en 18 voor het gangbare en het reductiesysteem. In de groep percelen met grondwatertrap VIII bedroeg het totale aantal peilbuizen respectievelijk 16 en 16 voor het gangbare en het reductiesysteem. Op iedere meettijdstip werd van elke buis één monster genomen. Tevens werd steeds de hoogte van het grondwater gemeten. Na opslag van de watermonsters in de koelcel (3-5 °C) werd het nitraatgehalte in duplo bepaald met behulp van de Nitracheck reflectometer (SOP LBG/110/00). Na 1999 werd het nitraatgehalte gemeten in het voorjaar (maart), de zomer (augustus) en het najaar (december).

Bodemvochtigheid en weer

Eéns per week werden grondmonsters genomen van de percelen 6a, 12, 21 en 24a ter bepaling van de actuele vochttoestand. Per perceel werden in de laag overeenkomend met de geldende bewortelingsdiepte (0-25/30 cm) 15 steken genomen met een gutsboor. Dagelijks werden de minimum- en maximumtemperatuur en de hoeveelheid neerslag (mm) geregistreerd. Een overzicht van de hoeveelheid neerslag per maand en het berekende neerslagoverschot is voor de proefperiode opgenomen in Bijlage 6.

3.4.3 Melkvee

Ruwvoer en voerresten

Bij snijmais en graskuil werden dezelfde analyses uitgevoerd als bij vers weidegras, met als aanvulling de bepaling van amyloglucosidasezetmeel in snijmais en NH_3 in graskuil. Dagelijks werd van de ruwvoergiften en de ruwvoerresten een monster in duplo genomen voor bepaling van het drogestofgehalte. Wekelijks werd van beide ruwvoersoorten (graskuil en snijmais) een monster in duplo genomen voor bepaling van het drogestofgehalte teneinde de gewenste mengverhouding te kunnen realiseren. Wekelijks werd per partij van de bijgevoerde geconserveerde ruwvoerders een monster genomen voor voederwaardebepaling. Deze werden, mits ze van dezelfde partij waren, na overleg met de onderzoeker samengevoegd tot een verzamelmonster van meerdere weken.

Krachtvoer

Van de enkelvoudige producten en het correctiekrachtvoeder werd wekelijks een monster genomen voor chemische analyse. Voor het standaardkrachtvoer werd uitgegaan van de chemische samenstelling zoals opgegeven door de leverancier.

Melkproductie- en samenstelling, gewicht, gezondheid en vruchtbaarheid

Eenmaal per 14 dagen vond melkcontrole plaats. Per dier werden melkhoeveelheid, vet- en eiwitgehalte bepaald. Tevens werd het weekgemiddelde per dier (melkmeters) berekend. Eenmaal per week werd van 2 x 30 dieren in de ochtend en avond een gewogen melkmonster genomen (weging op basis van melkproductie m.b.v. Tru-tester). Hiervan werden 4 verzamelmonsters gemaakt (gangbaar/reductie, ochtend/avond). Deze monsters werden bewaard in de diepvries en later geanalyseerd. De dieren werden dagelijks gewogen via een automatische weegbrug vóór de melkstal. Alle gegevens die betrekking hebben op gezondheid en vruchtbaarheid werden vastgelegd.

4 Resultaten

4.1 Gewas

4.1.1 Werkzame stikstofbemesting

Gemiddeld over de vier proefjaren en alle percelen bedroeg de werkzame stikstofbemesting (kunstmest + drijfmest) bij het gangbare en reductiesysteem respectievelijk 346 (312-382) en 241 (213-267) kg N ha⁻¹ (Tabel 3) en kwam daarmee vrijwel overeen met de streefwaarden van respectievelijk 350 en 250 kg werkzame N ha⁻¹. Bij het gangbare systeem kwam, gemiddeld over de vier jaar en alle percelen, circa 72 % van de werkzame stikstof uit kunstmest en circa 28 % van de werkzame stikstof uit drijfmest. Bij het reductiesysteem kwam respectievelijk 41 % uit kunstmest en 59 % uit drijfmest. Uitsluiting van 1999 (jaar met enkele opstartproblemen) had nauwelijks effect op deze percentages.

Tabel 3 Gerealiseerde werkzame N-bemesting (kg ha⁻¹) via drijfmest en kunstmest per bedrijfssysteem per jaar

Jaar	Systeem	Drijfmest	Kunstmest	Totaal
1999	Gangbaar	102	249	351
	Reductie	144	95	239
2000	Gangbaar	111	271	382
	Reductie	153	113	267
2001	Gangbaar	96	216	312
	Reductie	146	99	244
2002	Gangbaar	81	257	338
	Reductie	123	91	213
Gemiddelde	Gangbaar	98	248	346
	Reductie	141	99	241
Gemiddelde ¹⁾	Gangbaar	96	248	344
	Reductie	141	101	241

¹⁾ exclusief 1999

Na opsplitsing van de werkzame stikstofgift per groep van percelen bleek dat er weinig verschillen waren tussen de groepen (Tabel 4). Bij het gangbare systeem was de totale werkzame stikstofbemesting op de percelen met grondwatertrap VIII (341) iets lager dan op de percelen met grondwatertrap VII (347); bij het reductiesysteem was de werkzame stikstofgift op de percelen met grondwatertrap VIII (244) iets hoger dan op de percelen met grondwatertrap VII (239). Uitsluiting van 1999 had geen wezenlijke veranderingen tot gevolg.

Tabel 4 Gerealiseerde werkzame N-bemesting (kg ha⁻¹) via drijfmest en kunstmest per bedrijfssysteem per groep percelen per jaar

Jaar	Systeem	Grondwatertrap VII			Grondwatertrap VIII		
		Drijfmest	Kunstmest	Totaal	Drijfmest	Kunstmest	Totaal
1999	Gangbaar	103	245	348	100	264	364
	Reductie	147	89	235	138	108	246
2000	Gangbaar	111	274	385	110	258	368
	Reductie	155	110	265	151	119	269
2001	Gangbaar	96	219	315	96	204	300
	Reductie	144	98	242	149	101	249
2002	Gangbaar	81	259	340	81	251	331
	Reductie	122	92	214	123	88	211
Gemiddelde	Gangbaar	98	249	347	97	244	341
	Reductie	142	97	239	140	104	244
Gemiddelde ¹⁾	Gangbaar	96	251	347	96	237	333
	Reductie	140	100	240	141	103	243

¹⁾ exclusief gegevens 1999

4.1.2 Netto drogestofopbrengst

Gemiddeld over de vier proefjaren en alle percelen bedroeg de totale netto drogestofopbrengst bij het gangbare en reductiesysteem respectievelijk 10,4 (9,1-11,2) en 9,3 (6,5-11,3) ton ds ha⁻¹ (Tabel 5) en was daarmee bij het reductiesysteem 11 % lager. In het startjaar 1999 was de totale drogestofopbrengst van het reductiesysteem circa 29 % lager, voornamelijk als gevolg van opstartproblemen. Na uitsluiting van de resultaten van 1999 was de drogestofopbrengst, gemiddeld over de drie proefjaren, respectievelijk 10,8 en 10,2 ton ds ha⁻¹ voor het gangbare systeem en het reductiesysteem (Tabel 5).

Bij het gangbare systeem werd, gemiddeld over de vier proefjaren, circa 58 % van de drogestofopbrengst behaald via weiden en circa 42 % via maaien. Bij het reductiesysteem werd, gemiddeld over de vier proefjaren, circa 27 % van de drogestofopbrengst behaald via weiden en circa 73 % via maaien. Uitsluiting van 1999 leidde niet tot wezenlijke veranderingen in deze percentages. De weergegeven drogestofopbrengst is netto, dus inclusief maai- of weideverliezen, conserveringsverliezen (kuil) en voederverliezen. De netto-opbrengst bij beweiding is teruggerekend via het Koemodel (Zom, 2002). Bij maaien werd de drogestofopbrengst bepaald door net voor het inkullen te wegen. Deze gemeten opbrengsten zijn achteraf gecorrigeerd voor inkuilverliezen en voerverliezen van in totaal 10 %.

Tabel 5 Gerealiseerde netto drogestofopbrengst (ton ha⁻¹) via weiden en maaien per bedrijfssysteem per jaar

Jaar	Systeem	Weiden	Maaien	Totaal
1999	Gangbaar	4,6	4,5	9,1
	Reductie	1,3	5,1	6,5
2000	Gangbaar	6,2	5,0	11,2
	Reductie	3,1	8,2	11,3
2001	Gangbaar	5,8	5,4	11,2
	Reductie	2,4	8,0	10,4
2002	Gangbaar	7,2	2,8	10,0
	Reductie	3,1	5,8	8,9
Gemiddelde	Gangbaar	6,0	4,4	10,4
	Reductie	2,5	6,8	9,3
Gemiddelde ¹⁾	Gangbaar	6,4	4,4	10,8
	Reductie	2,9	7,3	10,2

¹⁾ exclusief gegevens 1999

Na opsplitsing van de drogestofopbrengst per groep percelen bleek dat in beide groepen de netto drogestofopbrengst van het reductiesysteem lager was. Toepassing van het reductiesysteem leidde bij de percelen met grondwatertrap VII tot een afname van de drogestofopbrengst van 10,7 tot 9,9 ton ds ha⁻¹ en bij de percelen met grondwatertrap VIII tot een afname van de drogestofopbrengst van 9,1 tot 8,1 ton ds ha⁻¹ (Tabel 6). Na uitsluiting van 1999 leidde toepassing van het reductiesysteem bij de percelen met grondwatertrap VII tot een afname van de drogestofopbrengst van 11,2 tot 10,8 ton ds ha⁻¹ en bij de percelen met grondwatertrap VIII tot een afname van de drogestofopbrengst van 9,5 tot 9,0 ton ds ha⁻¹.

Het opbrengstniveau van de percelen met grondwatertrap VII was aanzienlijk hoger dan het opbrengstniveau van de percelen met grondwatertrap VIII. Bij het gangbare bedrijfssysteem was de opbrengst op de percelen met grondwatertrap VIII, gemiddeld over de drie laatste proefjaren, 1,7 ton of 15 % lager dan de opbrengst van de percelen met grondwatertrap VII. Bij het reductiesysteem was de opbrengst van de percelen met grondwatertrap VIII, gemiddeld over de drie laatste proefjaren, 1,8 ton of 17 % lager dan de opbrengst van de percelen met grondwatertrap VII.

Tabel 6 Gerealiseerde netto drogestofopbrengst (ton ha⁻¹) via weiden en maaien per bedrijfssysteem per groep percelen per jaar

Jaar	Systeem	Grondwatertrap VII			Grondwatertrap VIII		
		<i>Maaien</i>	<i>Weiden</i>	<i>Totaal</i>	<i>Maaien</i>	<i>Weiden</i>	<i>Totaal</i>
1999	Gangbaar	5,1	4,3	9,4	2,2	5,6	7,8
	Reductie	5,7	1,3	7,0	3,9	1,4	5,4
2000	Gangbaar	5,8	5,9	11,7	2,2	7,4	9,6
	Reductie	9,5	2,5	12,0	5,7	4,4	10,1
2001	Gangbaar	5,7	5,8	11,5	4,3	6,0	10,3
	Reductie	8,6	2,2	10,8	6,7	2,9	9,6
2002	Gangbaar	3,2	7,2	10,3	1,4	7,3	8,7
	Reductie	7,0	2,7	9,7	3,4	4,0	7,4
Gemiddelde	Gangbaar	4,9	5,8	10,7	2,5	6,6	9,1
	Reductie	7,7	2,2	9,9	4,9	3,2	8,1
Gemiddelde ¹⁾	Gangbaar	4,9	6,3	11,2	2,6	6,9	9,5
	Reductie	8,4	2,5	10,8	5,3	3,7	9,0

¹⁾ exclusief gegevens 1999

4.1.3 N-balans

Gemiddeld over de vier proefjaren en alle percelen werd bij er bij het gangbare systeem circa 536 kg N-totaal ha⁻¹ gegeven en bij het reductiesysteem circa 414 kg N-totaal ha⁻¹, een verschil van 122 kg N-totaal of circa 23 % (Tabel 7). De stikstofgift uit kunstmest was bij het reductiesysteem (99 kg ha⁻¹) circa 60 % lager dan bij het gangbare systeem (248 kg ha⁻¹). De stikstofgift uit drijfmest was bij het reductiesysteem (284 kg ha⁻¹) circa 44 % hoger dan de stikstofgift uit drijfmest bij het gangbare systeem (197 kg ha⁻¹). De stikstofexcretie in de weide daalde bij toepassing van het reductiesysteem van 91 naar 31 kg ha⁻¹, een daling van 60 kg of 34 %.

De totale stikstofopbrengst daalde bij toepassing van het reductiesysteem van 366 naar 292 kg N ha⁻¹, een daling van 74 kg of 20 %. Deze daling was het resultaat van een 38 % hogere stikstofopbrengst via maaien en een 63 % lagere stikstofopbrengst via weiden. Als percentage van de stikstofgift bedroeg de stikstofopbrengst, gemiddeld over vier proefjaren en alle percelen, circa 68 % bij het gangbare systeem en circa 71 % bij het reductiesysteem. Het stikstofrendement was bij het reductiesysteem dus enigszins hoger.

Het stikstofoverschot bedroeg circa 170 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ bij toepassing van het gangbare systeem en circa 122 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ bij toepassing van het reductiesysteem. Toepassing van het reductiesysteem leidde dus tot een afname van het N-overschot met 48 kg N ha⁻¹ of 28 %. Bij uitsluiting van 1999 (jaar met opstartproblemen) leidde toepassing van het reductiesysteem tot een afname van het N-overschot van 153 naar 98 kg N ha⁻¹, een daling van 55 kg N of 36 %.

Na opsplitsing van de balans per groep van percelen bleken er behoorlijke verschillen tussen de twee groepen te zijn, met name wat betreft de stikstofopbrengst (Tabel 8). Bij de percelen met grondwatertrap VIII was de stikstofopbrengst van het gangbare systeem 320 kg N ha⁻¹; 59 kg N of 16 % lager dan bij de percelen met grondwatertrap VII. De stikstofopbrengst van het reductiesysteem was 249 kg N ha⁻¹ bij de percelen met grondwatertrap VIII; 64 kg N of 20 % lager dan bij de percelen met grondwatertrap VII. Hierdoor was het stikstofoverschot van de percelen met grondwatertrap VIII voor beide bedrijfssystemen aanzienlijk hoger dan van de percelen met grondwatertrap VII.

Toepassing van het reductiesysteem leidde bij de percelen met grondwatertrap VII tot een afname van de stikstofopbrengst van 379 naar 313 kg N ha⁻¹ en bij de percelen met grondwatertrap VIII tot een afname van de stikstofopbrengst van 320 naar 249 kg N ha⁻¹. Toepassing van het reductiesysteem leidde bij de percelen met grondwatertrap VII tot een afname van het stikstofoverschot van 155 naar 95 kg N ha⁻¹ en bij de percelen met grondwatertrap VIII van 223 naar 177 kg N ha⁻¹. Uit de post Weidemest blijkt dat er op de percelen met grondwatertrap VIII iets meer beweide werd dan op de percelen met grondwatertrap VII. Hierdoor was ook de totale stikstofgift op de percelen met grondwatertrap VIII iets hoger.

Uitsluiting van de gegevens van 1999 leidde bij toepassing van het reductiesysteem op de percelen met grondwatertrap VII tot een afname van het stikstofoverschot van 141 naar 70 kg N ha⁻¹ en bij de percelen met grondwatertrap VIII tot een afname van 196 tot 153 kg N ha⁻¹.

Tabel 7 Stikstofbalans (kg N-totaal ha⁻¹) op perceelsniveau per bedrijfssysteem per jaar

Jaar	Stikstofpost	Gangbaar	Reductie	Verschil
1999	N-gift	554	425	128
	Kunstmest	249	95	154
	Drijfmest ¹⁾	213	295	-82
	Weidemest ²⁾	91	35	56
	N-opbrengst	332	230	102
	-maaien	171	187	-15
	-weiden	160	43	117
	N-overschot	222	196	26
2000	N-gift	587	458	129
	Kunstmest	271	113	158
	Drijfmest	224	310	-86
	Weidemest	92	35	57
	N-opbrengst	388	360	28
	-maaien	161	256	-95
	-weiden	227	104	123
	N-overschot	199	97	101
2001	N-gift	487	408	78
	Kunstmest	216	99	117
	Drijfmest	188	285	-96
	Weidemest	83	25	58
	N-opbrengst	383	307	77
	-maaien	184	232	-48
	-weiden	200	75	125
	N-overschot	103	102	2
2002	N-gift	517	366	152
	Kunstmest	257	91	167
	Drijfmest	162	245	-83
	Weidemest	98	30	68
	N-opbrengst	360	272	88
	-maaien	100	178	-78
	-weiden	260	94	166
	N-overschot	157	94	63
Gemiddelde	N-gift	536	414	122
	Kunstmest	248	99	149
	Drijfmest	197	284	-87
	Weidemest	91	31	60
	N-opbrengst	366	292	74
	-maaien	154	213	-59
	-weiden	212	79	133
	N-overschot	170	122	48
Gemiddelde ³⁾	N-gift	530	411	120
	Kunstmest	248	101	147
	Drijfmest	191	280	-89
	Weidemest	91	30	61
	N-opbrengst	377	313	64
	-maaien	148	222	-74
	-weiden	229	91	138
	N-overschot	153	98	55

¹⁾ stikstof uit drijfmest is N-totaal²⁾ weidemest berekend met behulp van Koemodel (Zom, 2002) en beweidingduur per dag³⁾ exclusief gegevens 1999

Tabel 8 Stikstofbalans (kg N-totaal ha⁻¹) op perceelsniveau per groep per bedrijfssysteem per jaar

Jaar	Stikstofpost	Grondwatertrap VII			Grondwatertrap VIII		
		Gangbaar	Reductie	Verschil	Gangbaar	Reductie	Verschil
1999	N-gift	545	421	124	584	435	150
	Kunstmest	245	89	156	264	108	155
	Drijfmest ¹⁾	215	300	-86	209	284	-75
	Weidemest ²⁾	85	32	54	112	42	69
	N-opbrengst	346	252	95	280	186	94
	-weiden	151	42	109	193	46	147
	-maaien	196	210	-14	87	140	-53
	N-overschot	198	169	29	304	248	56
2000	N-gift	586	451	134	591	471	120
	Kunstmest	274	110	164	258	119	139
	Drijfmest	224	314	-89	222	303	-81
	Weidemest	87	27	59	111	49	61
	N-opbrengst	400	380	20	348	322	26
	-weiden	215	82	133	272	149	123
	-maaien	185	297	-112	76	173	-97
	N-overschot	186	72	114	243	149	94
2001	N-gift	489	401	88	478	422	56
	Kunstmest	219	98	121	204	101	103
	Drijfmest	188	282	-94	188	290	-102
	Weidemest	82	22	60	86	31	55
	N-opbrengst	395	327	68	343	266	77
	-weiden	196	68	128	212	88	124
	-maaien	199	259	-60	131	178	-48
	N-overschot	94	74	19	136	156	-20
2002	N-gift	518	361	157	517	376	141
	Kunstmest	259	92	167	251	88	162
	Drijfmest	162	245	-82	161	247	-86
	Weidemest	96	24	72	106	41	65
	N-opbrengst	375	296	79	308	223	84
	-weiden	259	83	176	264	116	147
	-maaien	116	213	-97	44	107	-63
	N-overschot	143	65	78	209	152	57
Gemiddelde	N-gift	534	408	126	543	426	117
	Kunstmest	249	97	152	244	104	140
	Drijfmest	197	285	-88	195	281	-86
	Weidemest	87	26	61	104	41	63
	N-opbrengst	379	313	66	320	249	70
	-weiden	205	69	136	235	100	135
	-maaien	174	245	-71	84	150	-65
	N-overschot	155	95	60	223	177	47
Gemiddelde ³⁾	N-gift	531	404	126	529	423	106
	Kunstmest	251	100	151	237	103	135
	Drijfmest	192	280	-88	191	280	-89
	Weidemest	88	24	64	101	41	60
	N-opbrengst	390	334	56	333	270	62
	-weiden	223	78	146	249	118	131
	-maaien	167	256	-90	84	153	-69
	N-overschot	141	70	71	196	153	43

¹⁾ stikstof uit drijfmest is totale stikstof²⁾ weidemest berekend met behulp van Koemodel (Zom, 2002) en beweidingduur per dag³⁾ exclusief gegevens 1999

4.2 Bodem

4.2.1 Anorganische stikstof in bodemprofiel

In het najaar van 1999 (10-11-1999) werd de hoeveelheid anorganische stikstof ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) alleen gemeten in bodemlaag 0-100 cm. Bij de percelen met grondwatertrap VII was er in 1999 geen verschil in hoeveelheid stikstof in bodemlaag 0-100 cm tussen het gangbare systeem en het reductiesysteem (Tabel 9). Bij de percelen met grondwatertrap VIII halveerde in 1999 de hoeveelheid stikstof in bodemlaag 0-100 cm bij het reductiesysteem, van 60 naar 30 kg ha^{-1} .

Gemiddeld over de periode 2000-2003 was er bij de percelen met grondwatertrap VII geen duidelijk verschil in hoeveelheid anorganische stikstof in bodemlaag 0-90 cm tussen het gangbare systeem (49 kg ha^{-1}) en het reductiesysteem (46 kg ha^{-1}). Bij de percelen met grondwatertrap VIII daalde de hoeveelheid anorganische stikstof door toepassing van het reductiesysteem van 62 naar 48 kg N ha^{-1} , een daling van 14 kg of 23 %. Opvallend is dat in 2001 bij de percelen met grondwatertrap VII de hoeveelheid anorganische stikstof in bodemlaag 0-90 cm bij het reductiesysteem hoger was dan bij het gangbare systeem. Bij de percelen met grondwatertrap VIII was er in 2001 geen verschil tussen de systemen. Gemiddeld genomen was er geen duidelijk verschil in hoeveelheid anorganische stikstof tussen de percelen met grondwatertrap VII en de percelen met grondwatertrap VIII.

Tabel 9 Anorganische stikstof (kg ha^{-1}) in bodemlagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm in het najaar per groep percelen per jaar

Bemonsteringsdatum	Systeem	Grondwatertrap VII				Grondwatertrap VIII			
		0-30	30-60	60-90	0-90 ¹⁾	0-30	30-60	60-90	0-90 ¹⁾
10-11-1999	Gangbaar	-	-	-	33	-	-	-	60
	Reductie	-	-	-	32	-	-	-	30
25-10-2000	Gangbaar	23	23	19	65	20	29	37	86
	Reductie	18	20	14	51	24	15	19	58
18-10-2001	Gangbaar	8	7	7	22	11	14	10	35
	Reductie	21	13	8	43	16	11	11	37
31-10-2002	Gangbaar	29	18	13	60	25	24	16	64
	Reductie	19	13	12	43	19	17	12	48
Gemiddelde ²⁾	Gangbaar	20	16	13	49	19	22	21	62
	Reductie	19	15	11	46	20	14	14	48

¹⁾ in 1999 is stikstof alleen in bodemlaag 0-100 cm bepaald

²⁾ exclusief gegevens 1999

Ammoniumstikstof wordt eind oktober (tijdstip bemonstering) nauwelijks nog omgezet in nitraatstikstof en is minder gevoelig voor uitspoeling. De gemeten ammoniumstikstof droeg daarom nauwelijks bij aan de nitraatuitspoeling. Als ammoniumstikstof buiten beschouwing gelaten werd, veranderde het beeld van Tabel 9 niet wezenlijk en werden alleen de stikstofniveaus lager (Tabel 10). Over de periode 2000-2002 was er bij de percelen met grondwatertrap VII nog steeds geen duidelijk verschil tussen het gangbare systeem (41 kg ha^{-1}) en het reductiesysteem (38 kg ha^{-1}) en was bij de percelen met grondwatertrap VIII de relatieve afname van de hoeveelheid nitraatstikstof bij toepassing van het reductiesysteem wat groter, namelijk 16 kg of 31 % in plaats van 14 kg of 23 %.

Tabel 10 Nitraatstikstof (kg ha⁻¹) in bodemlagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm in het najaar per groep percelen per jaar

Bemonsteringsdatum	Systeem	Grondwatertrap VII				Grondwatertrap VIII			
		0-30	30-60	60-90	0-90 ¹⁾	0-30	30-60	60-90	0-90 ¹⁾
10-11-1999	Gangbaar	-	-	-	18	-	-	-	43
	Reductie	-	-	-	21	-	-	-	26
25-10-2000	Gangbaar	21	21	11	53	18	27	32	77
	Reductie	16	17	7	41	21	14	12	48
18-10-2001	Gangbaar	8	7	7	22	9	14	10	33
	Reductie	19	13	8	41	15	10	7	33
31-10-2002	Gangbaar	24	15	10	49	14	20	13	47
	Reductie	14	10	9	33	15	14	10	40
Gemiddelde ²⁾	Gangbaar	17	14	9	41	13	20	18	52
	Reductie	16	14	8	38	17	13	10	36

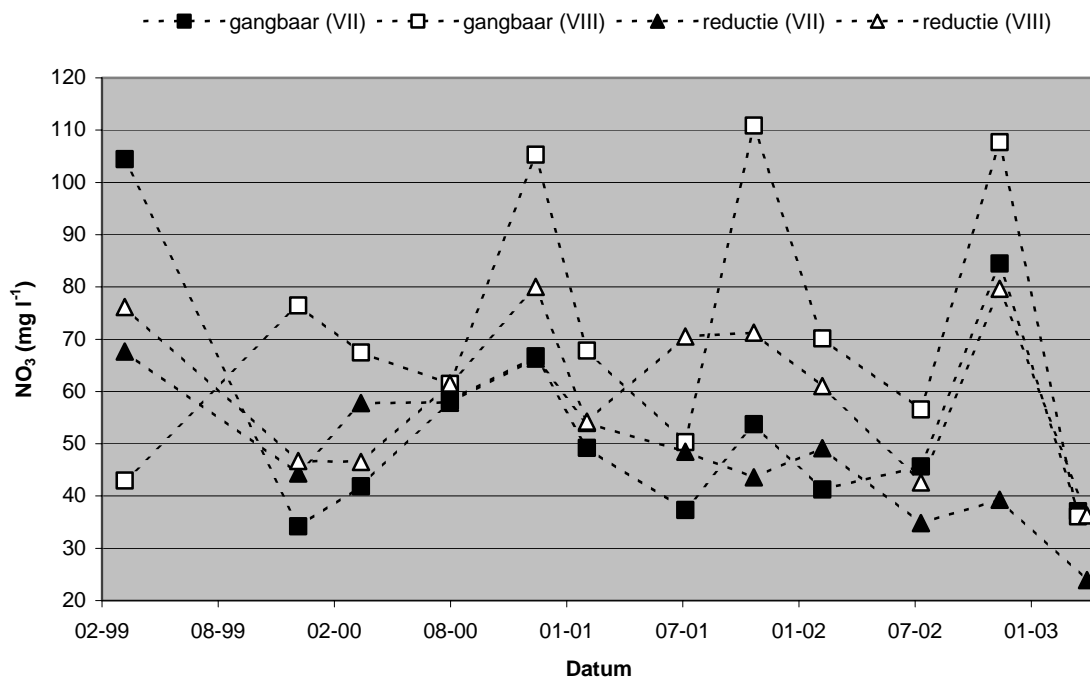
¹⁾ in 1999 is stikstof alleen in bodemlaag 0-100 cm bepaald

²⁾ exclusief gegevens 1999

4.2.2 Nitraatgehalte bovenste grondwater

Het verloop van het nitraatgehalte was zeer variabel over de proefperiode (Figuur 1). In het algemeen was er sprake van een piek in het nitraatgehalte in het najaar. Dit patroon was het duidelijkst bij toepassing van het gangbare systeem op de percelen met grondwatertrap VIII. Ieder najaar vertoonde het nitraatgehalte een (scherpe) piek en lag de nitraatconcentratie steeds aanzienlijk hoger dan bij grondwatertrap VII en bij het reductiesysteem in beide groepen. Het nitraatgehalte piekte ook in het najaar van 2000, 2001 en 2002 bij grondwatertrap VII en bij toepassing van het reductiesysteem op de percelen met grondwatertrap VIII, maar minder sterk (m.u.v. 2002). Bij toepassing van het reductiesysteem op de percelen met grondwatertrap VII was er nauwelijks sprake van duidelijke pieken in het najaar. Terwijl in het najaar van 2002 het nitraatgehalte bij de andere combinaties sterk steeg, vertoonde het nitraatgehalte bij deze combinatie slechts een zwakke top. Vanaf het najaar van 2001 leek op de percelen met grondwatertrap VIII de nitraatconcentratie bij het reductiesysteem systematisch lager te blijven dan bij het gangbare systeem. Bij de percelen met grondwatertrap VII leek hetzelfde verschijnsel op te treden, maar dan vanaf het najaar van 2002.

Figuur 1 Verloop nitraatgehalte (mg l⁻¹) in het bovenste grondwater per bedrijfssysteem per groep percelen (grondwatertrap VII of VIII) gedurende de proefperiode



De nitraatconcentraties waren bij grondwatertrap VIII gemiddeld duidelijk hoger dan bij grondwatertrap VII. De verschillen in nitraatgehalte tussen gangbaar en reductie waren bij de percelen met grondwatertrap VIII ook groter dan bij de percelen met grondwatertrap VII.

Bij de percelen met grondwatertrap VII was, gemiddeld over vier jaar, de nitraatconcentratie bij toepassing van het reductiesysteem licht lager in het voorjaar, gelijk in de zomer en duidelijk lager in het najaar (Tabel 11). Bij de percelen met grondwatertrap VIII was de nitraatconcentratie in het voorjaar en de zomer gelijk en duidelijk lager in het najaar.

Bij de percelen met grondwatertrap VII verschilde de nitraatconcentratie tussen voor- en najaar minder dan bij de percelen met grondwatertrap VIII. Ook als de gegevens van 1999 buiten beschouwing worden gelaten, was de nitraatconcentratie in het najaar gemiddeld duidelijk hoger dan in het voorjaar.

Tabel 11 Nitraatgehalte (mg NO₃ l⁻¹) in het bovenste grondwater per systeem per groep percelen per jaar, gemeten in voorjaar, zomer en najaar

Jaar	Systeem	Grondwatertrap VII			Grondwatertrap VIII		
		<i>Voorjaar</i>	<i>Zomer</i>	<i>Najaar</i>	<i>Voorjaar</i>	<i>Zomer</i>	<i>Najaar</i>
1999	Gangbaar	104	n.g. ¹⁾	34	43	n.g.	76
	Reductie	68	n.g.	44	76	n.g.	47
2000	Gangbaar	42	58	67	67	61	105
	Reductie	58	58	66	47	62	80
2001	Gangbaar	49	37	54	68	50	111
	Reductie	54	48	44	54	71	71
2002	Gangbaar	41	46	84	70	57	108
	Reductie	49	35	39	61	43	80
2003	Gangbaar	37	n.g.	n.g.	36	n.g.	n.g.
	Reductie	24	n.g.	n.g.	36	n.g.	n.g.
Gemiddelde ²⁾	Gangbaar	55	47	60	57	56	100
	Reductie	51	47	48	55	58	69
Gemiddelde ³⁾	Gangbaar	42	47	68	60	56	108
	Reductie	46	47	50	50	58	77

¹⁾ niet gemeten

²⁾ inclusief gegevens 1999

³⁾ exclusief gegevens 1999

Bovenstaande resultaten zijn berekend op basis het gemiddelde nitraatgehalte per perceel en het gemiddelde van de percelen per groep en per bedrijfssysteem. Het aantal peilbuizen voor de nitraatmeting verschilde echter tussen de percelen. Om sommige percelen lag maar één buis, op andere twee, drie of acht (Bijlage 5). Bij vergelijking van één meting per perceel met een gemiddelde van acht metingen per perceel geeft het gemiddelde van acht buizen een betrouwbaarder beeld van het betreffende perceel. Om een betrouwbaarder beeld te krijgen van de gemiddelde nitraatconcentratie, is weging naar het aantal buizen een optie. Dit kan op de volgende wijze:

- vermenigvuldiging van het aantal buizen per perceel met het gemeten nitraatgehalte per buis
- de uitkomst van alle percelen per groep en per systeem optellen
- de som delen door het totaal aantal buizen per groep en per systeem

De resultaten veranderden door toepassing van deze weging niet wezenlijk (Tabel 12). Bij de percelen met grondwatertrap VII voldeed het reductiesysteem in het najaar exact aan de nitraatrichtlijn, met of zonder de gegevens van 1999. Het nitraatgehalte van het gangbare systeem lag met 58 (incl. 1999) en 67 (excl. 1999) mg l⁻¹ duidelijk hoger. Bij de percelen met grondwatertrap VIII lag het nitraatgehalte van het reductiesysteem in het najaar met 73 (incl. 1999) en 81 (excl. 1999) mg l⁻¹ duidelijk ver boven de nitraatrichtlijn. Bij het gangbare systeem lagen de nitraatgehalten in het najaar duidelijk hoger dan het reductiesysteem, met 100 (incl. 1999) en 108 (excl. 1999) mg l⁻¹. Toepassing van het reductiesysteem leidde, gemiddeld over drie of vier jaar, tot een duidelijke verlaging van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in het najaar bij beide grondwatertrappen.

Tabel 12 Nitraatgehalte (mg NO₃ l⁻¹) in het bovenste grondwater per systeem per groep percelen en per jaar, gemeten in het voorjaar, de zomer en het najaar. Gemiddelden gewogen naar aantal peilbuizen per perceel

Jaar	Systeem	Grondwatertrap VII			Grondwatertrap VIII		
		Voorjaar	Zomer	Najaar	Voorjaar	Zomer	Najaar
1999	Gangbaar	99	n.g. ¹⁾	34	43	n.g.	76
	Reductie	70	n.g.	49	75	n.g.	49
2000	Gangbaar	38	55	62	67	61	105
	Reductie	59	58	68	49	63	84
2001	Gangbaar	47	35	51	68	50	111
	Reductie	57	49	42	59	74	74
2002	Gangbaar	39	43	87	70	57	108
	Reductie	50	35	40	65	45	84
2003	Gangbaar	33	n.g.	n.g.	36	n.g.	n.g.
	Reductie	24	n.g.	n.g.	37	n.g.	n.g.
Gemiddelde	Gangbaar	51	44	58	57	56	100
	Reductie	52	48	50	57	61	73
Gemiddelde ²⁾	Gangbaar	40	44	67	60	56	108
	Reductie	48	48	50	52	61	81

¹⁾ niet gemeten²⁾ exclusief gegevens 1999

4.2.3 Grondwaterstand

Gemiddeld over de vier proefjaren en vergeleken met de percelen met grondwatertrap VII stond het grondwater bij de percelen met grondwatertrap VIII iets lager in het voorjaar, duidelijk lager in de zomer en vrijwel gelijk in het najaar (Tabel 13).

Tabel 13 Grondwaterstand (m) in voorjaar, zomer en najaar, gemeten per bedrijfssysteem per groep van percelen per jaar

Jaar	Systeem	Grondwatertrap VII			Grondwatertrap VIII		
		Voorjaar	Zomer	Najaar	Voorjaar	Zomer	Najaar
1999	Gangbaar	1,0	n.g. ¹⁾	1,1	1,1	n.g.	1,0
	Reductie	1,0	n.g.	1,3	1,0	n.g.	0,9
2000	Gangbaar	1,0	1,1	0,9	1,0	1,4	0,9
	Reductie	0,9	1,1	0,9	1,0	1,3	0,9
2001	Gangbaar	1,1	1,6	1,2	1,3	1,8	1,4
	Reductie	1,1	1,5	1,0	1,1	1,7	1,2
2002	Gangbaar	1,1	n.g.	1,1	1,2	n.g.	1,1
	Reductie	1,1	n.g.	1,1	1,1	n.g.	1,1
2003	Gangbaar	1,0	n.g.	n.g.	1,1	n.g.	n.g.
	Reductie	1,1	n.g.	n.g.	1,1	n.g.	n.g.
Gemiddelde	Gangbaar	1,0	1,3	1,1	1,2	1,6	1,1
	Reductie	1,0	1,3	1,1	1,1	1,5	1,0

¹⁾ niet gemeten

4.3 Melkvee

4.3.1 Beweidingsduur

Bij toepassing van het reductiesysteem nam de gerealiseerde beweidingsduur op de percelen met grondwatertrap VII, gemiddeld over vier proefjaren, af van 13,1 tot 4,2 dagen per perceel, een afname van 8,9 dagen of 69 % (Tabel 14). Bij toepassing van het reductiesysteem op de percelen met grondwatertrap VIII nam de beweidingsduur, gemiddeld over vier proefjaren, af van 15,9 tot 6,5 dagen per perceel, een afname van 9,4 dagen of 59 %. Er was bij de percelen met grondwatertrap VIII iets minder verschil tussen het gangbare en het reductiesysteem dan bij de percelen met grondwatertrap VII. De afname in beweidingsduur bij het reductiesysteem was een combinatie van halvering van de duur van de dagelijkse weidegang en een korter weideseizoen.

Gemiddeld over de vier proefjaren werd op de percelen met grondwatertrap VIII meer beweid dan op de percelen met grondwatertrap VII, zowel bij het gangbare als bij het reductiesysteem (Tabel 14). De gerealiseerde beweidingsduur van het gangbare systeem lag bij de percelen met grondwatertrap VIII circa 2,8 dagen of 21 % hoger dan bij de percelen met grondwatertrap VII; de gerealiseerde beweidingsduur van het reductiesysteem lag bij de percelen met grondwatertrap VIII circa 2,3 dagen of 55 % hoger dan bij de percelen met grondwatertrap VII. Uitsluiting van de gegevens van 1999 had nauwelijks effect op de gerealiseerde beweidingsduur.

Tabel 14 Gemiddeld aantal omgerekende dagen beweidingsduur (ha^{-1} , 8 uur) per bedrijfssysteem per groep van percelen per jaar

Jaar	Grondwatertrap VII		Grondwatertrap VIII	
	<i>Gangbaar</i>	<i>Reductie</i>	<i>Gangbaar</i>	<i>Reductie</i>
1999	12,9	4,7	18,0	6,3
2000	13,9	4,0	18,5	7,2
2001	12,3	3,8	13,0	5,8
2002	13,3	4,4	14,0	6,7
Gemiddelde	13,1	4,2	15,9	6,5
Gemiddelde ¹⁾	13,1	4,1	15,9	6,5

¹⁾ exclusief gegevens 1999

4.3.2 Rantsoen

De totale voeropname, gemiddeld over de vier proefjaren, was voor beide groepen gelijk, namelijk $19,6 \text{ kg ds dier}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ (Tabel 15). In twee van de vier proefjaren (1999 en 2001) was de totale drogestofopname van de reductiegroep wat lager, in één jaar gelijk (2002) en in één jaar aanzienlijk hoger (2000). De berekende opname van weidegras was, gemiddeld over de vier proefjaren, voor de gangbare en de reductiegroep respectievelijk $8,5$ en $3,6 \text{ kg ds dag}^{-1}$. De voeropname in Tabel 15 is voor beide groepen berekend over de volledige weideseizoenen. Omdat er bij de reductiegroep minder beweid werd, was de opname van weidegras in de daadwerkelijk weideperiode hoger. Deze berekende grasopname was $2,5$, $5,6$, $5,0$ en $5,3 \text{ kg drogestof dier}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ in de jaren 1999, 2000, 2001 en 2002. Gemiddeld over de vier proefjaren nam de reductiegroep volgens deze berekening $4,6 \text{ kg ds dier}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ uit weidegras op, circa 46 % minder dan de gangbare groep. De lagere opname van weidegras door de reductiegroep werd, gemiddeld over de vier jaar, aangevuld met $3,7 \text{ kg ds graskuil}$ en $1,7 \text{ kg krachtvoer}$ (Tabel 15). De bijvoeding uit snijmais, was gemiddeld over de proefperiode, bij de reductiegroep wat lager dan bij de gangbare groep. Overig krachtvoer bestond voornamelijk uit bietenpulp, respectievelijk $0,4$, $1,3$, $1,6$ en $0,8 \text{ kg ds dier}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ in de jaren 1999, 2000, 2001 en 2002.

Tabel 15 Diervoeding (kg ds dier⁻¹ dag⁻¹) gedurende de proefperiode, daggemiddelden per seizoen per groep

Jaar	Groep	DS-totaal	Weidegras ¹⁾	Snijmais	Graskuil	Standaardbrok	Overig krachtvoer
1999	Gangbaar	20,8	7,0	8,5	0,0	5,4	0,6
	Reductie	20,3	2,1	6,9	4,4	6,4	1,2
2000	Gangbaar	18,0	8,6	6,0	0,0	3,8	0,0
	Reductie	19,2	4,3	7,2	2,2	3,8	2,2
2001	Gangbaar	19,4	9,1	6,4	0,0	4,2	0,1
	Reductie	18,8	3,7	5,5	3,9	4,4	1,8
2002	Gangbaar	20,1	9,4	6,3	0,0	4,8	0,1
	Reductie	20,0	4,1	6,1	4,1	5,3	0,9
Gemiddelde	Gangbaar	19,6	8,5	6,8	0,0	4,6	0,2
	Reductie	19,6	3,6	6,4	3,7	5,0	1,5

¹⁾de opname van weidegras is berekend met behulp van het herziene Koemodel (Zom, 2002), waarbij is uitgegaan van 18 % drogestof in het weidegras

De gemiddelde kVEM- en DVE-opname verschilde, gemiddeld over de vier proefjaren, nauwelijks tussen de groepen (Tabel 16). De gerealiseerde OEB-opname van de reductiegroep bedroeg, gemiddeld over de proefperiode, 67 gram dier⁻¹ dag⁻¹. Hiermee kwam de gerealiseerde OEB hoger uit dan de streefwaarde van 50 gram in de proefperiode 2000-2002. De variatie in OEB was daarnaast bij de reductiegroep zeer groot, met een (sterk) positieve OEB in 1999 en 2000 en een (sterk) negatieve OEB in 2001 en 2002.

Tabel 16 Nutriëntenopname (g dier⁻¹ dag⁻¹, behalve VEM) gedurende de proefperiode, daggemiddelden per seizoen per groep

Jaar	Groep	kVEM	DVE	OEB	RE	N
1999	Gangbaar	19,8	1748	430	3512	562
	Reductie	19,2	1722	315	3293	527
2000	Gangbaar	17,3	1557	429	3170	507
	Reductie	18,5	1678	163	2994	479
2001	Gangbaar	18,8	1671	253	3183	509
	Reductie	18,2	1587	-126	2579	413
2002	Gangbaar	19,5	1748	336	3383	541
	Reductie	19,2	1649	-86	2773	444
Gemiddelde	Gangbaar	18,9	1681	362	3312	530
	Reductie	18,8	1659	67	2910	466

De kVEM- en DVE-dekking was in alle jaren voldoende tot ruim voldoende. De gemiddelde kVEM-dekking over de proefperiode was voor de gangbare en de reductiegroep respectievelijk 109 en 106 %; de gemiddelde DVE-dekking respectievelijk 116 en 110 % (Tabel 17).

Tabel 17 kVEM- en DVE-behoefte (g dier⁻¹ dag⁻¹, behalve VEM) en -dekking (%) gedurende de proefperiode, daggemiddelden per seizoen en per groep

Jaar	Groep	kVEM-behoefte	VEM-dekking	DVE-behoefte ¹⁾	DVE-dekking
1999	Gangbaar	17,9	111	1601	109
	Reductie	18,8	102	1608	107
2000	Gangbaar	16,8	103	1373	113
	Reductie	17,7	105	1441	116
2001	Gangbaar	16,2	114	1328	126
	Reductie	17,0	107	1467	108
2002	Gangbaar	18,0	108	1513	116
	Reductie	17,7	108	1498	110
Gemiddelde	Gangbaar	17,2	109	1454	116
	Reductie	17,8	106	1504	110

¹⁾ de DVE-behoefte is berekend excl. correctie voor de VEM-balans omdat die minder relevant geacht werd. De negatieve OEB-balans is wel ingerekend (aan de hand van geschatte gewichten) omdat deze bij de reductiegroep nogal van invloed was

4.3.3 Melkproductie en -samenstelling

Op basis van de gegevens van de tweewekelijkse melkcontrole was er, gemiddeld over de proefperiode, geen verschil in melkproductie tussen beide groepen. Bij de gangbare en de reductiegroep bedroeg de absolute melkproductie respectievelijk 25,3 en 25,2 kg dier⁻¹ dag⁻¹ (Tabel 18). In 2002 leek de melkproductie van de reductiegroep lager te zijn, maar dit verschil was net niet significant.

Het vetgehalte was bij de reductiegroep gemiddeld hoger. Er was gemiddeld geen verschil in eiwitgehalte tussen de groepen.

De vetproductie was bij de reductiegroep hoger dan bij de gangbare groep. De eiwitproductie verschilde gemiddeld niet, alleen in 2002 was de eiwitproductie van de reductiegroep significant lager.

Tabel 18 Melkproductie (kg dier⁻¹ dag⁻¹), vet- en eiwitgehalte (%), vet- en eiwitproductie (g dier⁻¹ dag⁻¹) gedurende de proefperiode, daggemiddelden per seizoen per groep

Jaar	Groep	Melkproductie	Meetmelk/FPCM	Vetgehalte	Eiwitgehalte	Vetproductie	Eiwitproductie
1999	Gangbaar	27,2	27,2	3,92	3,44	1068	937
	Reductie	27,1	28,3	4,31	3,42	1168	928
2000	Gangbaar	24,1	25,6	4,49	3,41	1080	820
	Reductie	24,8	26,5	4,56	3,38	1133	839
2001	Gangbaar	21,9	23,6	4,56	3,54	996	775
	Reductie	22,7	24,5	4,62	3,45	1047	782
2002	Gangbaar	27,9	28,6	4,22	3,30	1178	922
	Reductie	26,1	27,5	4,46	3,30	1165	862
Gemiddelde	Gangbaar	25,3	26,3	4,30	3,42	1081	864
	Reductie	25,2	26,7	4,49	3,39	1128	853

4.3.4 Ureumgetal

Het ureumgehalte in de dagmelk was bij de reductiegroep, gemiddeld over de vier proefjaren, circa 14 % lager dan bij de gangbare groep (Tabel 19). Het ureumgehalte in de avondmelk lag structureel wat hoger dan het gehalte in de ochtendmelk; opname van eiwitrijk gras gedurende de dag en bijvoeding met eiwitarm snijmaïs gedurende de nacht lag daaraan ten grondslag.

Tabel 19 Melkureumgehalte (mg 100 g⁻¹) in de ochtend- en avondmelk en gemiddeld over de dag gedurende de proefperiode, daggemiddelden per seizoen per groep

Jaar	Groep	Ochtend	Avond	Dag
1999	Gangbaar	20	23	21
	Reductie	21	22	21
2000	Gangbaar	23	28	25
	Reductie	17	21	18
2001	Gangbaar	16	20	18
	Reductie	14	16	15
2002	Gangbaar	19	23	21
	Reductie	15	19	17
Gemiddelde	Gangbaar	20	24	21
	Reductie	17	20	18

4.3.5 N-balans melkvee

Een berekende stikstofbalans van het dier is per seizoen gegeven in Tabel 20. Gemiddeld over de proefperiode was de stikstofopname via voer bij de reductiegroep circa 12 % lager. De stikstofuitscheiding via melk was gelijk; de uitscheiding via mest en urine was 16 % lager, de uitscheiding in de stal 9 % hoger en de uitscheiding in de weide circa 67 % lager.

Tabel 20 Berekende N-balans (g dier⁻¹ dag⁻¹) gedurende de proefperiode, daggemiddelden per seizoen per groep

Jaar ¹⁾	Groep	N-uitscheiding				
		N-opname Voer	Melk	Mest en urine	Stal	Weide
1999	Gangbaar	562	144	418	279	139
	Reductie	527	145	382	331	51
2000	Gangbaar	507	123	384	256	128
	Reductie	479	130	349	302	47
2001	Gangbaar	509	120	389	259	130
	Reductie	413	124	289	252	37
2002	Gangbaar	541	137	405	270	135
	Reductie	444	129	314	273	42
Gemiddelde	Gangbaar	530	131	399	266	133
	Reductie	466	132	334	290	44

¹⁾ N-balans berekend met behulp van Koemodel (Zom, 2002). De aanzet van N en mobilisatie van N in het lichaam is voor een veestapel van gemiddelde leeftijdsopbouw relatief klein en daarom op nul gesteld. N-uitscheiding in stal en weide zijn berekend op basis van weideduur en onder aanname van een constante uitscheiding per uur

5 Discussie

5.1 Proefopzet gewas en bodem

Bij de bodem- en gewasresultaten kon, vanwege het ontbreken van herhalingen in de proefopzet, niet vastgesteld worden of verschillen wel of niet significant waren. Verder konden alleen de resultaten van de twee bedrijfssystemen binnen een groep van percelen of per bedrijfssysteem tussen de groepen percelen vergeleken worden. Pogingen om verklaringen voor afwijkende resultaten te vinden door parameters op perceelsniveau aan elkaar te koppelen (bijvoorbeeld nitraatgehalte in bodemprofiel en nitraatgehalte in grondwater) leverden weinig op. Bij mogelijke conclusies zouden vanwege de aard van de proefopzet diverse kanttekeningen te plaatsen zijn. Behalve bepaling van de hoogte van de grondwaterstand tijdens de nitraatmetingen zijn er verder geen waarnemingen aan het grondwater verricht. Bij opzet van de proef was op basis van literatuurgegevens en ervaringen van anderen aangenomen dat de laterale stroming van het grondwater gering zou zijn. Aangezien er geen metingen zijn verricht, kan echter beïnvloeding van het nitraatgehalte door laterale stroming niet volledig worden uitgesloten.

Voor de indeling van de percelen in groepen was de kartering uit 1996 gebruikt (Bijlage 2). Uit de gemeten grondwaterstanden in de vier proefjaren bleek dat de percelen sinds de kartering natter geworden waren. De indeling in grondwatertrap VII en VIII klopt daardoor niet helemaal meer, wel zijn de percelen met de oorspronkelijke grondwatertrap VIII nog steeds droger dan de percelen met oorspronkelijke grondwatertrap VII.

De peilbuizen voor het nemen van watermonsters zijn in het najaar van 1999 geplaatst op de plek waar volgens loting de nitraatmeting via de open boorgatmethode zou moeten plaatsvinden. Hierdoor lagen de peilbuizen willekeurig verspreid over een perceel en soms op slechts enkele meters afstand van een aangrenzend perceel. Het is daarom in theorie mogelijk dat grondwater van een reductieperceel vervuild kan zijn door grondwater van een gangbaar perceel of andersom. Op deze manier kan wederzijdse verontreiniging verschillen tussen percelen verkleind hebben. In de praktijk is deze vervuiling waarschijnlijk minimaal of afwezig geweest.

Het aantal peilbuizen varieerde van één tot acht per perceel (Bijlage 5). De ongelijke verdeling van de peilbuizen over de percelen was het gevolg van de gebruikte loting op basis van grondwaterpunten (RIVM). Door de ongelijke verdeling van de peilbuizen was de representativiteit van het gemeten nitraatgehalte op het ene perceel hoger dan op het andere. Bij beoordeling van de resultaten is geprobeerd het effect van een verschil in aantal buizen per perceel te verkleinen door een gewogen gemiddelde te hanteren, waardoor iedere peilbuis evenveel bijdroeg aan het totaalresultaat. Deze aanpak bleek weinig effect op de resultaten te hebben.

De gebruikte drijfmest in het gangbare en het reductiesysteem was om praktische redenen afkomstig uit de gangbare bedrijfsvoering. Hierdoor waren de bedrijfssystemen niet 'gesloten'. Als consequentie daarvan was er geen effect van verschil in veevoeding tussen de twee bedrijfssystemen op de stikstofdynamiek van de percelen en op de gemeten nitraatgehalten. Als gevolg van bovengenoemde keuze werd bij het reductiesysteem drijfmest gegeven met een (wat) hoger (anorganisch) stikstofgehalte dan verwacht zou mogen worden van drijfmest uit een reductiesysteem. Doordat het (anorganische) stikstofgehalte van de drijfmest uit het reductiesysteem waarschijnlijk wat lager zou zijn geweest en de C/N-verhouding waarschijnlijk wat hoger (door minder eiwit in het rantsoen en meer structuur), had toepassing van drijfmest uit het reductiesysteem een ander effect kunnen hebben op de resultaten van het reductiesysteem. Dit effect is nu niet opgetreden.

5.2 Gewas

5.2.1 Netto drogestofopbrengst

De netto drogestofopbrengst per bedrijfssysteem, gemiddeld over de vier proefjaren, was redelijk te noemen met respectievelijk 10,4 en 9,3 ton ds ha⁻¹ voor het gangbare en het reductiesysteem (Tabel 5). De daling van 1,1 ton ha⁻¹ of 11 % bij toepassing van het reductiesysteem is relatief gering, gezien de daling van de werkzame stikstofgift met 105 kg N ha⁻¹ of 30 % (Tabel 3). Wordt het startjaar 1999, met diverse opstartproblemen, buiten beschouwing gelaten, dan bedraagt de daling van de netto drogestofopbrengst slechts 0,6 ton ha⁻¹ of 6 %, van 10,8 naar 10,2 ton ds ha⁻¹ jaar⁻¹ bij een daling van de berekende hoeveelheid werkzame stikstofgift van 344 naar 241 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ (Tabel 3). Een korting van circa 103 kg werkzame stikstof had dus een gering effect op de netto drogestofopbrengst.

Uit opsplitsing van de resultaten in drogestofopbrengst per systeem per groep van percelen blijkt dat het opbrengstniveau van de percelen met grondwatertrap VIII aanzienlijk lager was dan het opbrengstniveau van de percelen met grondwatertrap VII. Gemiddeld over de twee bedrijfssystemen (exclusief gegevens 1999) was de opbrengst van de percelen met grondwatertrap VIII circa 1,8 ton of 16 % lager (Tabel 6). De werkzame stikstofgift was voor beide groepen vrijwel gelijk (Tabel 4), zodat een slechtere stikstofvoorziening niet de

oorzaak kan zijn geweest. Het lagere opbrengstniveau is waarschijnlijk veroorzaakt doordat het vochtleverende vermogen van de percelen met grondwatertrap VIII gemiddeld lager was. Berekening heeft het verschil in vochtlevering tussen de groepen blijkbaar niet kunnen compenseren.

Opvallend is verder dat, bij uitsluiting van de gegevens van 1999, er in beide groepen geen duidelijk verschil in opbrengst was tussen het gangbare en het reductiesysteem (Tabel 6). Dit geeft aan dat de beschikbaarheid van stikstof in beide groepen geen beperkende factor is geweest voor de grasgroei. Waarschijnlijk had de stikstofgift bij het reductiesysteem nog verder gereduceerd kunnen worden zonder duidelijk verlies aan opbrengst, met name bij de percelen met grondwatertrap VIII. Hierdoor had ook de nitraatuitspoeling verder verlaagd kunnen worden. Aanpassing van de stikstofgift aan de groeipotentie van een droogtegevoelige zandgrond kan daarom een belangrijke bijdrage leveren aan het verlagen van de nitraatuitspoeling.

Bij een hoger productieniveau van drogestof, bijvoorbeeld door een betere vochtvoorziening, had er mogelijk wel een verschil tussen het gangbare en het reductiesysteem kunnen optreden. De geringere stikstofvoorziening had dan mogelijk wel een negatief effect kunnen uitoefenen.

De voederwaarde van het opgenomen gras is bij beweiding hoger dan bij maaien (Van den Pol- van Dasselaar et al., 2002). Vanwege het grotere aandeel beweiding in het gangbare systeem (58 % versus 27 %, Tabel 5) kan de voederwaarde-opbrengst van het gangbare systeem hoger geweest zijn dan de voederwaarde-opbrengst van het reductiesysteem. De drogestofopbrengst bij beweiding is lager dan bij maaien, aangezien er bij relatief lage drogestofopbrengsten ingeschaard wordt. Als beide systemen alleen gemaaid waren, had de drogestofopbrengst van het gangbare systeem hoger uit kunnen vallen dan de drogestofopbrengst van het reductiesysteem.

5.3 Bodem

5.3.1 Anorganische stikstof in bodemprofiel

Het ontbreken van een duidelijk verschil in de gemiddelde totale hoeveelheid anorganische stikstof in het bodemprofiel in het najaar tussen de systemen op de percelen met grondwatertrap VII (Tabel 9) is opvallend te noemen. Het stikstofoverschot (op basis N-totaal) was bij het gangbare systeem 141 kg ha⁻¹ en bij het reductiesysteem slechts 70 kg ha⁻¹ (Tabel 8, exclusief 1999). Het stikstofoverschot op basis van de werkzame stikstofgift (exclusief weidemest) was bij het gangbare systeem -43 kg ha⁻¹ en bij het reductiesysteem -94 kg ha⁻¹ (op basis van Tabel 4 & Tabel 8). Uitgaande van deze gegevens zou de hoeveelheid stikstof in het profiel bij toepassing van het reductiesysteem een stuk lager kunnen zijn dan bij toepassing van het gangbare systeem. Bij de percelen met grondwatertrap VIII is de totale hoeveelheid stikstof bij toepassing van het reductiesysteem wel lager, maar de afname is met 14 kg of 23 % niet groot (Tabel 9, excl. 1999). Dat er bij grondwatertrap VIII wel een verschil aanwezig was, is enigszins merkwaardig. Bij de percelen met grondwatertrap VIII was het verschil in stikstofoverschot (op basis van N-totaal) tussen het gangbare en het reductiesysteem namelijk aanzienlijk kleiner, met een overschot voor beide systemen van respectievelijk 196 en 153 kg ha⁻¹ (Tabel 8, excl. 1999). Op basis daarvan zou het verschil in stikstof bij de percelen met grondwatertrap VIII kleiner dienen te zijn dan bij de percelen met grondwatertrap VII. Voor het optreden van deze effecten kan geen bevredigende verklaring gevonden worden. Wel is het zo dat bij de percelen met grondwatertrap VII de resultaten van 2001 een aanzienlijk effect op het gemiddelde over de drie proefjaren hebben. In 2001 was de hoeveelheid stikstof bij het reductiesysteem niet lager maar hoger dan bij het gangbare systeem. De reden hiervoor is onbekend. Bij de percelen met grondwatertrap VIII waren er echter geen verschillen. Als de gegevens van 2001 uitgesloten worden, was de hoeveelheid anorganische stikstof bij toepassing van het reductiesysteem op de percelen met grondwatertrap VII circa 16 kg of 25 % lager dan bij toepassing van het gangbare systeem. Uitsluiting van 2001 leidt er echter toe dat het gemiddelde nog maar uit de gegevens van twee proefjaren bestaat.

De bemonstering rond eind oktober is mogelijk wat aan de late kant geweest. De gegevens lijken erop te wijzen dat in sommige jaren al een behoorlijk deel van de stikstof in de laag 60-90 cm en dieper zat (Tabel 9). Omdat er na september geen opname van grote hoeveelheden stikstof meer verwacht hoeft te worden, lijkt het aan te bevelen om de bodembemonstering rond eind september uit te voeren.

5.3.2 Nitraatgehalte bovenste grondwater

Er was op perceelsniveau geen relatie vast te stellen tussen de hoeveelheid stikstof in het profiel in het najaar en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in het najaar of het volgende voorjaar. Correlatiecoëfficiënten tussen beide parameters waren zeer laag, en opsplitsing per groep van percelen had nauwelijks effect. In het kader van vervolgonderzoek werd op de reductiepercelen het aantal peilbuizen in het voorjaar van 2003 uitgebreid van één of twee tot vijf per perceel. Bij dit aantal meetpunten was de correlatiecoëfficiënt tussen de hoeveelheid nitraatstikstof in het najaar van 2002 en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in het

voorjaar van 2003 slechts 0,01. Een kanttekening bij deze resultaten is dat in het voorjaar van 2003 relatief laat gemeten werd, namelijk half april in plaats van het gebruikelijke tijdstip (begin - half maart).

Uit het feit dat bij hoge niveaus van nitraatuitspoeling (grondwatertrap VIII) de nitraatconcentraties in het najaar gemiddeld hoger waren dan in het voorjaar (Tabel 12), kan afgeleid worden dat op deze gronden het najaar (half december) het beste tijdstip is om een eventueel verschil in nitraatuitspoeling te meten.

5.4 Melkvee

5.4.1 OEB-gehalte in het rantsoen

De belangrijkste reden voor de grote variatie in de OEB tussen de jaren was een hoger OEB in het weidegras in 1999 en 2000 dan verwacht en een lager OEB dan verwacht in het weidegras in 2001 en 2002. Daarnaast kwam in 1999 een aantal voederwaarde-analyses van graskuil- en snijmaisonsters niet goed overeen met partijmonsters die voor aanvang van de proef uit de kuil waren genomen. Doordat er actief op OEB-gehalte gestuurd werd, kon daardoor de fout nog verder toenemen; bij een te hoge OEB op basis van partijmonsters werd er bietenpulp bijgevoerd om het OEB-gehalte van het rantsoen te verlagen. Als de werkelijke OEB in de voederwaarde-analyses echter lager was, kwam uiteindelijk de OEB van het rantsoen soms negatief uit in plaats van de gewenste licht positieve waarde. Verder was de samenstelling van het krachtvoer variabel. Door forse wijzigingen in grondstoffsamenstelling gedurende de proef was van een aantal afgeleverde partijen de OEB hoger dan gemiddeld. Tenslotte is een aantal keren een rantsoenwijziging door het proefbedrijf te laat uitgevoerd, waardoor ongewenste verschillen ten opzichte van de uitgangspunten zijn ontstaan. Ondanks de grote verschillen in OEB waren de verschillen in ureumgetal relatief klein (Tabel 19). Doordat alleen drijfmest uit het gangbare systeem gebruikt werd, kan de lagere OEB van de reductiegroep alleen effect op de nitraatuitspoeling gehad hebben via excretie in de weide.

5.4.2 Melkproductie en -samenstelling

De beide bedrijfssystemen waren niet gesloten. Daarom kan over de dierlijke productie weinig geconcludeerd worden, behalve de open deur dat het met behulp van bijvoeding bij de reductiegroep mogelijk was om melkproductie en -kwaliteit op peil te houden. Wel leidde toepassing van het reductiesysteem tot een hogere vetproductie (Tabel 18). Deze hogere vetproductie kan vanuit de rantsoeneigenschappen goed verklaard worden. Het belangrijkste verschil tussen de rantsoenen van de gangbare en de reductiegroep was de opname van weidegras en graskuil. Dieren in de reductiegroep konden minder weidegras vreten, maar kregen wel graskuil op stal. Graskuil bevat doorgaans een groter aandeel celwanden (ruwe celstof) dan weidegras vanwege een langere groeiperiode. De afbraak van ruwe celstof in de pens zorgt voor de vorming van relatief veel azijnzuur. Van een hoge azijnzuurconcentratie in de pens is bekend dat deze de melkvetproductie stimuleert.

6 Conclusies

Toepassing van het reductiesysteem kan op droge zandgronden het nitraatgehalte in het bovenste grondwater in het najaar duidelijk verlagen bij slechts een geringe daling van de netto drogestofopbrengst.

Op percelen met grondwatertrap VIII was de nitraatuitspoeling duidelijk hoger dan op percelen met grondwatertrap VII.

Verlaging van de hoeveelheid werkzame stikstof van circa 350 kg ha⁻¹ naar circa 250 kg ha⁻¹ had slechts een gering effect op de drogestofopbrengst.

Met name op zandgronden met grondwatertrap VIII lijkt er potentieel te zijn voor een verdere verlaging van de werkzame stikstofgift beneden de 250 kg ha⁻¹ jaar⁻¹.

Aanpassing van de stikstofgift aan de groeipotentie van een droogtegevoelige zandgrond kan een belangrijke bijdrage leveren aan het verlagen van de nitraatuitspoeling

Toepassing van het reductiesysteem leidde niet tot sterk lagere hoeveelheden anorganische stikstof of nitraatstikstof in het bodemprofiel bij bemonstering in de tweede helft van oktober.

Er was op perceelsniveau geen correlatie vast te stellen tussen het anorganische stikstofgehalte in het najaar en het nitraatgehalte in het bovenste grondwater in datzelfde najaar of het volgende voorjaar.

Reductie van de OEB in het rantsoen van gemiddeld 362 g dier⁻¹ dag⁻¹ bij het gangbare systeem naar gemiddeld 67 g dier⁻¹ dag⁻¹ bij het reductiesysteem leidde niet tot verschillen in melk- en eiwitproductie.

Toepassing van het reductiesysteem leidde tot een hogere melkvetproductie.

7 Toepassing voor de praktijk

Uit het onderzoek blijkt dat toepassing van een reductiesysteem het nitraatgehalte in het bovenste grondwater in het najaar duidelijk kan verlagen. Tevens blijkt dat het onder de geldende omstandigheden mogelijk was efficiënter om te gaan met stikstof met slechts een licht dalende grasproductie tot gevolg. De resultaten geven verder aan dat er mogelijk potentie is voor een verdere verlaging van de werkzame stikstofgift tot onder de 250 kg ha⁻¹. Dit geldt met name voor zandgronden met grondwatertrap VIII.

De resultaten uit dit onderzoek zijn met name van belang voor beleidsontwikkeling en dragen bij aan de beantwoording van een aantal zeer belangrijke vragen, namelijk: is het bij de geldende en toekomstige stikstof- en nitraatnormen nog wel mogelijk om op droge zandgronden melkvee te weiden? Wat zijn de voorwaarden en beperkingen? Vanwege de opzet op bedrijfsniveau konden de resultaten slechts in beperkte mate geanalyseerd worden. Wel is duidelijk geworden dat er op droge zandgronden potentie is om door een gerichte aanpak op bedrijfsniveau het nitraatgehalte in het bovenste grondwater terug te dringen. Om meer inzicht te krijgen in het effect van afzonderlijke maatregelen is vervolgonderzoek opgestart. De resultaten uit dit onderzoek zullen naar verwachting verder bijdragen aan beantwoording van de bovengenoemde vragen.

8 Literatuur

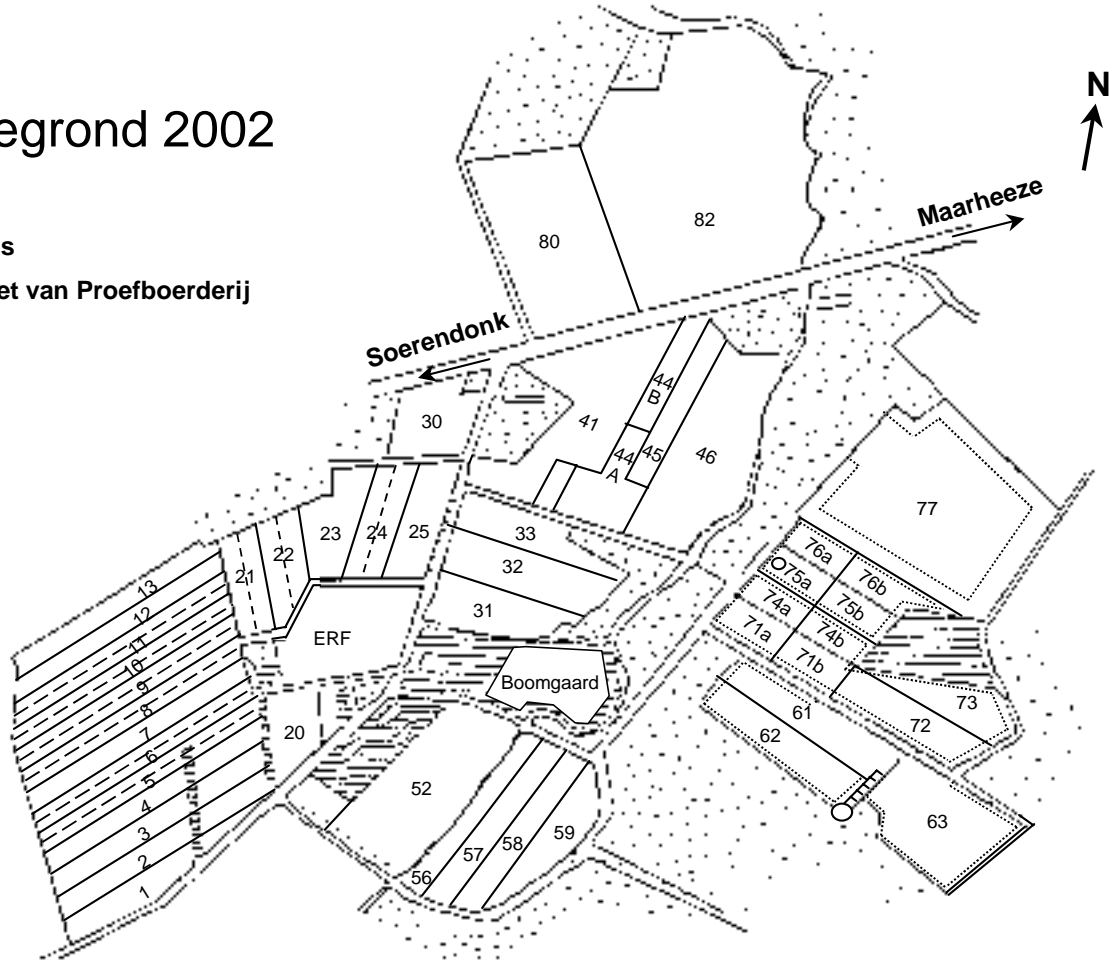
- Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen, 1998. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad: 53 pp.
- Ball, R., Keeny D.R., Theobald, P.W., Nes P., 1979. Nitrogen balance in urine-affected areas of a New Zealand pasture. *Agronomy Journal* 71: 309-314.
- Barracough, D., Hyden, M.J., Davies, G.P., 1983. Fate of fertilizer nitrogen applied to grassland. I. Field leaching results. *Journal of Soil Science* 34: 483-497
- Birch, H.F., 1958. The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. *Plant and Soil* 10: 9-31
- Cuttle, S.P., Bourne, P.C., 1993. Uptake and leaching of nitrogen from artificial urine applied to grassland on different dates during the growing season. *Plant and Soil* 150: 77-86
- Garwood, E.A., Tyson, K.C., 1973. Losses of nitrogen and other plant nutrients to drainage from soil under grass. *Journal of Agricultural Science* 80: 303-312
- Hoving, I.E., Boomaerts, A.C.M.M., 1998. Beregenen op maat. RundveeRapport 177, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad: 75 pp.
- Hoving, I.E., de Haan, M.H.A., de Boer, J.A., 2002. Stikstofjaarwijzer. Intern rapport 473, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad: 18 pp.
- Van der Putten, A.H.J., 1996. De benutting van urinstikstof door grasland. Verslag van een experiment in het kader van het Droevendaal project. Rapport 47, AB-DLO, Wageningen
- Ryden, J.C., Ball, P.R., Garwood, E.A., 1984. Nitrate leaching from grassland. *Nature* 311: 50-53
- Scholefield, D., Tyson, K.C., Garwood, E.A., Armstrong, A.C., Hawkins, J., Stone, A.C., 1993. Nitrate leaching from grazed grassland lysimeters: effects of fertilizer input, field drainage, age of sward, and patterns of weather. *Journal of Soil Science* 44: 601-613.
- SOP LBG/110/00, 2000. Standard Operating Procedure LBG/110/00, RIVM, Bilthoven
- SOP LBG/424/00, 2000. Standard Operating Procedure LBG/424/00, RIVM, Bilthoven
- SOP LBG/618/00, 2000. Standard Operating Procedure LBG/618/00, RIVM, Bilthoven
- Zom, R.L.G., 2002. Voorspelling voeropname met Koemodel 2002. PraktijkRapport Rundvee 1, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad: 50 pp.
- Van de Pol- van Dasselaar, A., Corré, W., Hopster, H., van Laarhoven, G.C.P.M., Rougoor, C.W., 2002. Belang van weidegang. PraktijkRapport Rundvee 14, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad: 82 pp.
- Vellinga, T.V., Mooij, M., Van der Putten, A.H.J., 1997. Richtlijnen voor bemesting en graslandgebruik ter beperking van nitraatuitspoeling op zandgrond. Rapport 166, Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad: 47 pp.

Bijlagen

Bijlage 1 Plattegrond ligging percelen op praktijkcentrum 'Cranendonck'

Plattegrond 2002

-  bos
-  niet van Proefboerderij



Bijlage 2 Gegevens bodemkartering 1996

Kartering op 13-5-1996 uitgevoerd door het voormalige Staring Centrum (nu onderdeel van Alterra)

Verklaring bouwsteen Bovengronden

B1	leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand
B2	zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
B3	sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
B4	zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
B5	grof zand
B6	keileem
B7	zeer lichte zavel
B8	matig lichte zavel
B9	zware zavel
B10	lichte klei
B11	matig zware klei
B12	zeer zware klei
B13	zandige leem
B14	ziltige leem

Verklaring bouwsteen Ondergronden

O1	leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand
O2	zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
O3	sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
O4	zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
O5	grof zand
O6	keileem
O7	beekleem
O8	zeer lichte zavel
O9	matig lichte zavel
O10	zware zavel
O11	lichte klei
O12	matig zware klei
O13	zeer zware klei
O14	zandige leem
O15	ziltige leem

GHG = gemiddeld hoogste grondwatertrap

GLG = gemiddeld laagste grondwatertrap

Gt = grondwatertrap

Grwst = actuele grondwaterstand op moment van karteren

Perceel	Boornr.	Gebruik	GHG (cm)	GLG (cm)	Gt	GVG (cm)	Grwst (cm)	Bewortelbare (cm)	diepte	Bouwsteen Staringreeks	Diepte (cm)	Klasse verm.	vochtl.
1	36	triticale	110	210	VIII	130	170	35/120		B2	0-115	3/4	
										O2	115-210		
2	35	triticale	170	270	VIII	190	230	35/85		B2	0-60	4	
										O2	60-190		
										O1	190-230		
										O2	230-235		
3	30	luzerne	110	210	VII	130	160	30/50		B2	0-45	4	
										O2	45-200		
3	32	luzerne	110	210	VII	130	160	35/100		B2	0-55	3/4	
										O2	55-140		
										O1	140-210		
3	34	luzerne	135	230	VII	155	190	35/80		B2	0-50	4	
										O2	50-180		
										O4	180-195		
										O2	195-230		
5	29	luzerne	110	215	VII	130	170	30/60		B2	0-45	4	
										O2	45-220		
6	31	luzerne	115	220	VII	135	170	35/50		B2	0-45	3/4	
										O2	45-170		
										O3	170-195		
										O1	195-215		
										O2	215-220		
6	33	gras	115	220	VII	135	180	40/95		B2	0-60	3/4	
										O2	60-75		
										B3	75-95		
										O3	95-120		
										O1	120-195		
										O3	195-200		
										O1	200-220		
7	27	gras	105	210	VII	125	150	35/50		B2	0-35	3/4	
										O2	35-60		
										O3	60-70		
										O2	70-120		
										O1	120-210		
7	28	gras	90	190	VII	110	140	35/50		B1/B2	0-35	3/4	
										O2	35-85		
										O4	85-90		
										O1	90-160		
8	24	gras	125	220	VII	145	180	35/70		B2	0-50	4	
										O2	50-145		
										O1	145-190		
										O3	190-210		
										O1	210-220		
8	26	gras	110	200	VII	130	160	35/80		B2	0-50	3	
										O3	50-90		
										O2	90-110		
										O1	110-200		
9	20	gras	100	200	VII	120	150	35/50		B2	0-40	3/4	
										O2	40-95		
										O1	95-170		
										O3	170-180		
										O2	180-200		
9	22	gras	100	210	VII	120	170	35/50		B2	0-35	3/4	
										O2	35-100		
										O4	100-110		
										O1	110-200		
10	21	gras	110	200	VII	130	150	35/70		B3	0-50	3	
										O3	50-125		
										O1	125-200		
10	23	gras	110	220	VII	130	170	35/50		B2	0-40	3	
										O2	40-170		
										O3	170-200		
										O1	200-220		
11	18	gras	110	210	VII	130	150	30/45		B2	0-40	4	
										O2	40-90		
										O1	90-155		
										O2/O3	155-220		
11	19	gras	90	210	VII	110	165	30/80		B2	0-80	3/4	
										O17	80-95		

									O3	95-155	
									O1	155-160	
									O3	160-170	
									O1	170-200	
12	16	gras	100	210	VII	120	140	30/45	B2	0-35	4
									O2	35-120	
									O3	120-140	
									O1	140-210	
12	17	gras	120	210	VII	140	160	35/70	B2	0-50	4
									O2	50-130	
									O4	130-150	
									O1	150-200	
									O3	200-205	
									O1	205-210	
13	14	gras	100	220	VIII	120	140	30/65	B2	0-55	4
									O2	55-230	
13	15	gras	100	210	VII	120	150	30/100	O2/B2	0-40	4
									O2	40-85	
									B3	85-115	
									O2	115-175	
									O4	175-185	
									O2	185-200	
21	12	gras	140	230	VIII	160	180	30/40	B2	0-40	4
									O2	40-150	
									O3	150-230	
21	13	gras	150	240	VIII	170	170	40/80	B2	0-45	4
									O2	45-200	
22	9	gras	140	240	VII	160	170	25	B2	0-25	4
									O2	25-70	
									O1	70-200	
22	11	gras	140	240	VII	160	180	35/60	B2	0-40	4
									O2	40-150	
									O3	150-230	
23	8	gras	160	260	VIII	180	180	30/70	B2	0-55	3
									O2	55-150	
									O1	150-220	
23	10	gras	150	250	VIII	170	180	35/100	B2	0-80	3
									O2	80-140	
									O1/O2	140-250	
24	2	gras	160	270	VIII	180	200	35/60	B2	0-45	3/4
									O2/O1	45-110	
									O2	110-250	
24	4	gras	170	270	VIII	190	210	30/50	B2	0-30	4
									O2	30-70	
									O1	70-90	
									O2	90-200	
									O3	200-250	
25	1	gras	150	260	VIII	170	200	35/55	B2	0-50	4
									O2/O1	50-150	
									O3	150-200	
									O2	200-250	
25	3	gras	170	270	VIII	190	210	35/50	B2	0-45	4
									O2	45-80	
									O1/O2	80-230	

Bijlage 3 Resultaten bodemanalyse**Tabel 21** Bodemanalyse van de percelen van laag 0-5 cm voor aanvang van het onderzoek

Systeem	Datum	Jaar	Perceel	pH-KCl	Organische stof	K-getal	P-Al-getal	MgO	Na ₂ O	Cu	Co
Gangbaar	2-12-1997	1997	1	5,2	3	14	42	141	2	4,9	0,15
Gangbaar	2-12-1997	1997	2	5,4	3,1	11	38	114	2	4,6	0,17
Gangbaar	2-12-1997	1997	3	6,1	3,5	10	37	160	2	4,6	0,18
Gangbaar	2-12-1997	1997	4	5,9	3,8	11	33	169	2	6	0,19
Reductie	5-2-1997	1997	5	5,4	3,5	14	36	152	2	5,5	0,24
Reductie	5-2-1997	1997	6	5,4	3,5	17	34	113	2	5,3	0,18
Gangbaar	5-2-1997	1997	7	5,3	2,9	51	28	138	3	4,9	0,17
Reductie	5-2-1997	1997	8	5,4	3	54	27	154	2	5	0,15
Reductie	5-2-1997	1997	9	6,1	3,5	48	46	129	2	6,1	0,22
Reductie	5-2-1997	1997	10	5,9	3,3	50	39	124	2	4,6	0,22
Reductie	2-12-1998	1998	11	5,4	3,8	27	29	195	2	5,2	0,28
Gangbaar	2-12-1998	1998	12	5,1	3,8	23	30	161	2	5,9	0,37
Gangbaar	2-12-1998	1998	13	4,8	3,6	14	27	142	2	5,9	0,37
Reductie	2-12-1998	1998	21	5,3	3,8	27	37	249	2	6,3	0,48
Reductie	2-12-1998	1998	22	5,5	3,5	26	38	215	2	5,7	0,45
Gangbaar	2-12-1999	1998	23	5,4	3,7	25	34	236	2	5,9	0,45
Reductie	2-12-1998	1998	24	5,4	3,4	30	33	219	2	5,1	0,34
Gangbaar	2-12-1998	1998	25	5,4	3,3	33	37	225	1	7,2	0,46

Bijlage 4 Inzaaidatum percelen**Tabel 22** Inzaaidatum percelen

Perceel	Inzaaidatum
1	26-10-1997
2	26-10-1997
3	26-10-1997
4	26-10-1997
5	10-10-1996
6	10-10-1996
7	1-4-1996
8	1-4-1996
9	1-4-1996
10	1-4-1996
11	17-7-1998
12	17-7-1998
13	17-7-1998
21	1-9-1995
22	1-9-1995
23	1-9-1995
24	1-9-1995
25	1-9-1995

Bijlage 5 Aantal peilbuizen per perceel**Tabel 23** Aantal peilbuizen per perceel

Perceel	Systeem	Buizen per veld
1	Gangbaar	2
2	Gangbaar	2
3	Gangbaar	2
4	Gangbaar	2
7	Gangbaar	2
12	Gangbaar	3
13	Gangbaar	3
23	Gangbaar	8
25	Gangbaar	8
5a	Reductie	1
5b	Reductie	2
6a	Reductie	2
6b	Reductie	1
8a	Reductie	1
8b	Reductie	2
9a	Reductie	2
9b	Reductie	1
10a	Reductie	1
10b	Reductie	2
11a	Reductie	2
11b	Reductie	1
21a	Reductie	3
21b	Reductie	2
22a	Reductie	2
22b	Reductie	3
24a	Reductie	3
24b	Reductie	3

Bijlage 6 Opbouw hoeveelheid neerslag en neerslagoverschot per jaar**Tabel 24** Neerslag (mm) per maand in de periode 1999- voorjaar 2003 en het langjarig gemiddelde

	1999	2000	2001	2002	2003	1971-2000
Januari	84	38	83	74	66	58
Februari	72	61	65	118	11	45
Maart	57	66	93	41	38	58
April	55	59	76	42	47	43
Mei	65	87	12	48		63
Juni	62	68	35	54		70
Juli	39	95	54	85		64
Augustus	143	31	64	135		59
September	22	57	159	28		59
Oktober	42	84	64	48		58
November	40	85	66	79		66
December	138	43	73	107		70
Totaal	819	774	844	859		713

Tabel 25 Berekend neerslagoverschot (mm) per maand in de periode 1999-voorjaar 2003 en het gemiddelde over de proefperiode

	1999	2000	2001	2002	2003	Gemiddelde
Januari	74	30	74	64	57	60
Februari	57	42	48	100	-11	47
Maart	23	40	71	1	-12	25
April	-3	-2	25	-18	-23	-4
Mei	-18	-1	-94	-32		-36
Juni	-32	-38	-59	-44		-43
Juli	-75	28	-51	-5		-26
Augustus	62	-60	-26	60		9
September	-38	10	116	-28		15
Oktober	13	59	30	21		31
November	28	72	54	67		55
December	131	35	66	101		83
Totaal	222	215	254	287		215