



Duurzame melkveehouderij en stikstofmanagement

Themadag 2000: Stikstofbeheer en grondwaterkwaliteit op proefbedrijf 'De Marke'

H. van Keulen (Ed.)



Rapport 21



Duurzame melkveehouderij en stikstofmanagement

Themadag 2000: Stikstofbeheer en grondwaterkwaliteit op proefbedrijf 'De Marke'

H. van Keulen (Ed.)

Plant Research International B.V., Wageningen
november 2000

Rapport 21

Dit rapport verschijnt ook als 'De Marke' rapport nr. 29.

© 2000 Wageningen, Plant Research International B.V.

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

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317-477000
Fax : 0317-418094
E-mail : post@plant.wag-ur.nl
Internet : <http://www.plant.wageningen-ur.nl>

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
Stikstofbeheer op 'De Marke'; bedrijfssysteem, doelen en resultaten	3
De stikstofhuishouding van de bodem	4
Nitraat in het grondwater in relatie tot weer en beheer	4
Economie milieumaatregelen 'De Marke' anno 1999	5
Doelgericht ontwikkelen op basis van waargenomen functioneren	6
1. Stikstofbeheer op 'De Marke'; bedrijfssysteem, doelen en resultaten <i>G.J. Hilhorst & J. Oenema</i>	7
1.1 Inleiding	7
1.1.1 Doelstelling 'De Marke'	7
1.2 Bedrijfssysteem	8
1.2.1 Vee­stapel	8
1.2.2 Voeding	9
1.2.3 Grondgebruik	10
1.2.4 Bemesting	11
1.2.5 Vanggewas	12
1.3 Stikstofstromen	13
1.3.1 Bedrijfsniveau	13
1.3.2 Componenten VEE en MEST	14
1.3.3 Componenten BODEM en GEWAS	17
1.4 Overige milieuresultaten	18
1.5 Conclusies	19
2. De stikstofhuishouding van de bodem <i>W.J. Corré</i>	21
2.1 Inleiding	21
2.2 Methode	22
2.3 Resultaten	24
2.3.1 Mineralisatie	24
2.3.2 Het verloop van het gehalte aan minerale stikstof	27
2.3.3 Stikstofbalans van de bodem	29
2.3.4 Relaties tussen mineralisatie, stikstofoverschotten en N-min in het najaar	32
2.4 Discussie	33
2.5 Conclusies	34
3. Nitraat in het grondwater in relatie tot weer en beheer <i>J.G. Conijn</i>	35
3.1 Inleiding	35
3.2 De gegevens	36
3.2.1 De nitraatmetingen	36
3.2.2 De gegevens over weer en beheer	37
3.2.3 De gebruikte gegevens	38

3.3	De variatie in nitraat	39
3.4	De regressieanalyse	41
3.4.1	De gebruikte variabelen	41
3.4.2	Resultaten	46
3.5	Discussie en conclusies	52
Bijlage III.1	Procedure regressie-analyse	55
Bijlage III.2	Stikstofoverschot, -input, -oogst en -gehalte bij een aantal gewasrotaties op 'De Marke'	57
Bijlage III.3	Verschillen in neerslaghoeveelheden op 'De Marke' gedurende 1993-1998	59
4.	Economie milieumaatregelen 'De Marke' anno 1999; een normatieve modelmatige vergelijkende studie	61
	<i>M.H.A. de Haan</i>	
4.1	Achtergrond	61
4.2	Basisbedrijf en milieumaatregelen	62
4.2.1	Algemeen	62
4.2.2	Gewassen	63
4.2.3	Rantsoen	64
4.2.4	Economie en MINAS basisbedrijf	66
4.2.5	Milieumaatregelen	68
4.3	Overzicht effecten	70
4.3.1	Stikstof	70
4.3.2	Economie	71
4.4	Economie milieumaatregelen	76
4.4.1	Minder jongvee aanhouden	77
4.4.2	Maïs telen in vruchtwisseling met gras	79
4.4.3	Efficiënter weiden	80
4.4.4	Koeien beter op de DVE-norm voeren	84
4.4.5	Vanggewas telen onder de maïs met beweiding van pinken	85
4.4.6	Verlaging stikstofbemesting op gras- en maïsland en kortere uitrijperiode van mest	87
4.4.7	Verlaging van fosfaatbemesting	90
4.4.8	Meer snijmaïs voeren in de weideperiode	90
4.4.9	Areaal snijmaïs uitbreiden tot 25 ha	91
4.4.10	Verkorten van de weideperiode van de koeien	93
4.4.11	Emissiearme stal	97
4.4.12	Geen voerverkoop: gesloten systeem	97
4.5	Discussie en conclusies	100
4.5.1	Discussie	100
4.5.2	Conclusies en aanbevelingen	101
Bijlage IV.1	Globale economische kengetallen	103
Bijlage IV.2	Gedetailleerde economische kengetallen	105
Bijlage IV.3	Rantsoenen	113
Bijlage IV.4	Ingekuild voer	117

5.	Doelgericht ontwikkelen op basis van waargenomen functioneren	119
	<i>H.F.M. Aarts & H. van Keulen</i>	
5.1	Inleiding	119
5.2	Het functioneren van 'De Marke' in relatie tot haar doelen	119
5.3	N-balans bodem	121
5.4	Noodzaak en mogelijkheden tot bijsturing	123
5.5	Aanpassingen bedrijfsvoering 'De Marke'	124
5.6	Onderzoek	126
6.	Samenvatting algemene discussie Themadag 2000: 'Stikstofbeheer en grondwaterkwaliteit op proefbedrijf 'De Marke''	129
	<i>H. van Keulen, H.F.M. Aarts, J.G. Conijn, W.J. Corré, M.A.H. de Haan, G.J. Hilhorst & J. Oenema</i>	
6.1	Accumulatie van stikstof in de organische stof	129
6.2	Graslandbeheer	130
6.3	Veevoeding	131
6.4	Denitrificatie	131
6.5	Algemeen	131
	Literatuur	133

Voorwoord

Het **project De Marke** heeft (ondermeer) tot doel, na te gaan hoe de melkveehouderij op zandgrond kan voldoen aan stringente milieunormen, met een zo rendabel mogelijke bedrijfsvoering en aan maatschappelijke wensen met betrekking tot functies van de groene ruimte. Om dat doel te realiseren wordt sinds 1992 het **Proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu De Marke** geëxploiteerd op zeer droogte- en uitspoelingsgevoelige zandgrond in Hengelo (Gld.). Alle aspecten van de bedrijfsvoering worden zoveel mogelijk gekwantificeerd en de behaalde resultaten van het proefbedrijf worden vergeleken met de prognoses die bij het ontwerp van het bedrijf gemaakt zijn.

Ieder jaar wordt een themadag gehouden, tijdens welke de resultaten van één bedrijfsaspect zoveel mogelijk worden uitgediept, gepresenteerd en bediscussieerd. Naast onderzoekers die direct bij De Marke betrokken zijn, worden voor de themadagen externe deskundigen uitgenodigd. Voor de onderzoekers van De Marke vervullen de themadagen vooral een klankbordfunctie: worden de juiste gegevens verzameld, worden uit die gegevens de juiste conclusies getrokken, is het mogelijk aanpassingen in de bedrijfsvoering door te voeren die de gestelde doelen dichterbij brengen? Aan de hand van concrete situaties kunnen deskundigen op verschillende gebieden dus hun kennis en ervaring uitwisselen.

Eén van de belangrijkste milieuaspecten rond melkveehouderij is de stikstofproblematiek. In de gangbare melkveehouderij is de aanvoer van stikstof in de vorm van kunstmest en krachtvoer zeer veel groter dan de afvoer in melk en vlees. Het overschot verdwijnt voor het grootste deel naar het milieu in de vorm van ammoniakvervluchtiging naar de lucht en van nitraatuitspoeling naar het grondwater. In de MINAS-wetgeving heeft de overheid stringente normen vastgelegd voor de toegestane overschotten. Het op De Marke toegestane overschot (128 kg ha⁻¹ volgens de prognose) ligt nog aanzienlijk lager dan de eindnorm voor MINAS.

Tijdens de themadag 'Stikstofbeheer en grondwaterkwaliteit op proefbedrijf De Marke' op 12 april 2000 zijn de resultaten van het bedrijf gepresenteerd, is besproken waarom de gestelde normen niet zijn gerealiseerd, en is besproken welke aanpassingen nodig en mogelijk zouden zijn om het gestelde doel dichterbij te benaderen.

In dit rapport zijn de bijdragen van de verschillende inleiders opgenomen, alsmede een korte samenvatting van de discussie met de deelnemers.

Samenvatting

Stikstofbeheer op 'De Marke'; bedrijfssysteem, doelen en resultaten

De doelstelling van bedrijfssysteem 'De Marke' (gestart in 1992) is een zo rendabel mogelijke melkproductie bij stringente voorwaarden met betrekking tot milieukwaliteit, rekening houdend met de wensen van de samenleving ten aanzien van dierwelzijn, natuur en landschap. Het afvoeren van mest of het uitbesteden van de opfok van het jongvee is niet toegestaan, omdat dat leidt tot afwenteling van problemen. Ter wille van de herkenbaarheid voor 'de praktijk' is uitgegaan van een melkproductie van ongeveer 12.000 kg ha⁻¹, het gemiddelde in de zandgebieden aan het einde van de jaren tachtig.

De milieunormen van 'De Marke' met betrekking tot mineralen¹ zijn veel scherper dan de verliesnormen (maximaal toegestane overschotten) die de overheid heeft geformuleerd in het kader van de mestwetgeving. De doelstelling van 'De Marke' voor het N-overschot op de bedrijfsbalans is 128 kg N/ha. Dat is een afname van ruim 70% ten opzicht van gangbare bedrijven in het midden van de jaren tachtig.

Proefbedrijf 'De Marke' beschikt over ruim 55 ha cultuurgrond, opgesplitst in drie kavels: blijvend grasland, huiskavel en veldkavel. Het blijvend grasland heeft een areaal van 11 ha en ligt dicht bij de stal. Op de overige 44 ha wordt wisselbouw toegepast. Op de huiskavel (30 ha) wordt een driejarige grasperiode afgewisseld met een driejarige maïspanperiode. Op de veldkavel (14 ha) is de duur van de maïspanperiode vijf jaar in plaats van drie. Maïs heeft als nadeel dat het vanaf begin augustus nauwelijks meer mineralen uit de bodem opneemt. Om de dan nog in de bodem aanwezige mineralen en de na die tijd uit organische stof mineraliserende stikstof toch efficiënt te benutten wordt in juli tussen de maïs Italiaans raaigras gezaaid (vanggewas). Het gras voorkomt dat een gedeelte van de stikstof in de bodem, na de oogst van maïs, uitspoelt naar het grondwater.

De melkproductie per koe is beduidend hoger dan op gangbare bedrijven, waardoor minder dieren nodig zijn om het melkquotum vol te melken. Het melkvee weidt alleen in de ochtend en avond (siëstasysteem), waardoor de uitscheiding van urine en mest in het weiland sterk wordt beperkt.

Het belangrijkste uitgangspunt bij het bemestingsbeheer op 'De Marke' is dat alle dierlijke mest op het bedrijf op een verantwoorde wijze verdeeld en toegediend moet worden. Zodoende kunnen de gewassen er maximaal profijt van hebben en is zo min mogelijk kunstmest nodig. De bemestingsniveaus, uitgedrukt als totalen van drijfmest en kunstmest, zijn gemiddeld 40% lager dan gangbaar.

De stikstofkringloop is schematisch opgebouwd uit de componenten VEE, MEST, BODEM en GEWAS (ruwvoer en weidegras). Deze componenten zijn als het ware de schakels in de stikstofkringloop van het bedrijf. De stikstofbalans van een schakel maakt zichtbaar hoe (in)efficiënt stikstof in dat bedrijfsonderdeel wordt benut en legt daarmee de zwakste plekken in het gehele bedrijfssysteem bloot.

Het gemiddelde stikstofoverschot op 'De Marke' bedraagt 156 kg ha⁻¹. Hiermee is de doelstelling van 128 kg N/ha (nog) niet gehaald. De benutting van stikstof uit voer in melk en vlees op 'De Marke' is met 23% veel hoger dan op een gangbaar bedrijf met 19%.

¹ Hoewel formeel gezien stikstof geen mineraal is, wordt in dit rapport de term 'mineralen' gebruikt voor alle plantenvoedingsstoffen.

De stikstofhuishouding van de bodem

Het grootste deel van de stikstof die opgenomen wordt door planten op een melkveebedrijf komt terug in de bodem in de vorm van organische stikstof in afgestorven stoppels en wortels, oogst- en beweidingsverliezen en mest. Bij stringente milieueisen is het dan ook van groot belang rekening te houden met de stikstof die door mineralisatie uit de organische componenten beschikbaar komt voor de gewassen, en de bemesting hieraan aan te passen. Hiervoor is inzicht nodig in de mineralisatiesnelheid, zowel in de totale hoeveelheid per jaar als in de verdeling over het jaar.

Hiertoe is op 'De Marke' tussen 1992 en 1998 op twee plekken in blijvend grasland en vijf plekken in wisselbouw de mineralisatiesnelheid gevolgd via bepaling van de toename van de hoeveelheid N-mineraal in ingeslagen buizen. Deze methode kent een aantal nadelen en onnauwkeurigheden, maar is de meest praktische voor het verkrijgen van inzicht in de jaartotalen en het globale seizoensverloop in de praktijk.

Gemiddeld bedroeg de mineralisatie over de jaren 1993-1998 $345 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$, met een grote variatie per jaar en per plek, van minimaal 120 tot maximaal 750 kg. De mineralisatie was duidelijk gecorreleerd met het geteelde gewas en met de plaats in de vruchtwisseling. Onder tijdelijk grasland steeg de mineralisatie gedurende een aantal jaren na inzaai, in bouwland daalde de mineralisatie juist naarmate het perceel langer als bouwland in gebruik was. De gemeten mineralisatie was gemiddeld goed in overeenstemming met de geschatte totale aanvoer aan organische stikstof.

De mineralisatie droeg nauwelijks bij aan de verklaring van de hoogte van het op enig moment gevonden gehalte aan N-mineraal in de bodem. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt doordat mineralisatie en opname door planten onder dezelfde omstandigheden optimaal verlopen.

Bij de bemesting wordt op 'De Marke' goed rekening gehouden met de te verwachten mineralisatie; de mogelijkheden voor een nauwkeuriger aanpassing zijn beperkt.

Ondanks alle methodologische problemen, onnauwkeurigheden en natuurlijke variabiliteit waren, dankzij het grote aantal metingen, duidelijke trends in de resultaten waarneembaar; voorspellingen over de hoogte van de mineralisatie houden echter een erg grote onzekerheidsmarge.

Nitraat in het grondwater in relatie tot weer en beheer

Op proefbedrijf 'De Marke' worden sinds 1990 nitraatmetingen in het grondwater verricht en worden gegevens verzameld met betrekking tot het weer en het beheer van alle percelen. De trend in de gemiddelde nitraatconcentratie op bedrijfsniveau toont hoge waarden in de beginperiode 1990-1992 ($> 100 \text{ mg}$ nitraat per l), waarden rond de 50 mg/l tijdens de jaren 1993-1996 en een oplopende concentratie aan het eind tot ca. 90 mg/l in 1998. De relatief hoge waarde in 1998 werd (voor een deel) veroorzaakt door de percelen die in het voorjaar van 1998 waren ingezaaid, waarvan de gemiddelde nitraatconcentratie ruim 3x zo hoog was als die van de overige percelen. De specifieke weersomstandigheden van 1998, in combinatie met de timing van de eerste mestgift in dat jaar, zijn hier debet aan. Met behulp van multiële lineaire regressie is getracht om de variatie in nitraatconcentraties van het grondwater tussen jaren en percelen te verklaren als functie van weers- en beheersvariabelen. Dit onderzoek beperkt zich tot de metingen uit de periode 1993-1998, waarbij per jaar voor ieder perceel een gemiddelde nitraatconcentratie werd berekend ($n = 160$). Gemiddeld over de periode 1993-1998 zijn er nauwelijks verschillen in de nitraatconcentratie tussen de kavels 'blijvend grasland', 'huiskavel' en 'veldkavel'. Duidelijke verschillen zijn wel gevonden tussen de gewassen/teelten, met gemiddelde waarden van ca. 50 mg/l onder blijvend graslandpercelen (>4 jaren gras), 41 mg/l onder tijdelijk grasland (<4 jaren gras) en 65 mg/l onder bouwlandpercelen (maïs en voederbiet). Deze indeling in sub-sets is gebaseerd op gewas/teelt van het jaar vòòr het jaar van meting. Voor iedere sub-set is

afzonderlijk een regressie uitgevoerd. Zowel bij blijvend als tijdelijk grasland kon slechts een zeer gering percentage van de variatie in nitraatconcentratie verklaard worden, in tegenstelling tot de situatie bij bouwland, waar ca. 68% van de variatie werd verklaard. Voor alle sub-sets geldt dat stikstofbalans- termen, zoals stikstofoverschot, stikstofinput via weidemest, e.d., geen of geen duidelijke correlatie vertoonden met de gemeten nitraatconcentratie in het grondwater. Bij bouwland werd 62% van variatie verklaard door aan het weer gerelateerde variabelen, zoals neerslag en temperatuur, die echter bij blijvend en tijdelijk grasland geen rol van betekenis speelden. Mogelijke oorzaken voor de geringe correlatie met de stikstofbalans termen zijn: (1) de verschillen op één bedrijf zijn te gering, temeer omdat uitschieters vermeden worden door het aangepaste beheer en (2) de dynamiek van de bodemorganische stikstof, die op 'De Marke' een grote rol speelt, voorkomt dat een duidelijke correlatie met overige stikstofstromen kan worden aangetoond. De regressie-analyse wijst erop dat voor een verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater op 'De Marke' verbetering van de maïsteelt het meest in aanmerking komt. Hierbij is met name de beginperiode in het voorjaar van belang om de nitraatuitspoeling te beperken door een betere afstemming van vraag en aanbod van stikstof.

Economie milieumaatregelen 'De Marke' anno 1999

Op 'De Marke' worden zeer lage mineralenoverschotten gerealiseerd. Om te kunnen voldoen aan de nitraatnorm van de EU van minder dan 50 mg/l (11,3 mg/l stikstof (N)) in het bovenste grondwater, is het stikstofoverschot op 'De Marke' lager dan de MINAS-eindnorm. Om dat te bereiken is een groot aantal maatregelen genomen. Deze maatregelen leiden niet alleen tot een lager stikstofoverschot, maar ze hebben ook economische gevolgen. Per maatregel is, naast het milieueffect, ook het economisch effect berekend. Om het effect op het netto-bedrijfsresultaat te berekenen is de bedrijfsstructuur mét de verschillende milieumaatregelen vergeleken met een uitgangssituatie, zonder milieumaatregelen.

Het melkquotum is in de uitgangssituatie met 658.500 kg gelijk aan dat van 'De Marke'. Ook de totale oppervlakte (55 ha) en het aandeel veldkavel (30%) verschillen niet van 'De Marke'. Het bouwplan, de veestapel en de bemesting wijken echter wel af van hetgeen op 'De Marke' gebeurt. Verder wordt, in de situatie zonder milieumaatregelen, snijmaïs verkocht.

Het effect van een bepaalde maatregel is overigens afhankelijk van de eraan voorafgaande maatregel(en). De volgorde van toepassen van maatregelen is dus van belang. De in deze studie gebruikte volgorde is gebaseerd op de kosteneffectiviteit van de maatregelen; we beginnen met de maatregel die economisch het meest voordelig is.

Bepaalde groepen van maatregelen kunnen worden onderscheiden. Een groep die geld oplevert, een groep goedkope maatregelen, een groep dure, maar erg effectieve maatregelen en een groep met de duurste maatregelen.

De volgende maatregelen kunnen geld opleveren: minder jongvee aanhouden, efficiënter weiden (siësta-beweiding, naweiden met jongvee en minder weide-uren) en, in bepaalde gevallen, vruchtwisseling.

Beter op de norm voeren en telen van een vanggewas onder of na maïs zijn vrij goedkope maatregelen.

Verlagen van de stikstofgift tot 250 kg per ha grasland en in augustus geen drijfmest meer uitrijden zijn vrij prijzige maatregelen, maar leveren wel grote milieuwinst op.

Verkorten van de weideperiode, een emissie-arme stal bouwen en MKS telen en voeren, in plaats van maïs verkopen, zijn vrij duur en leiden tot slechts een geringe verlaging van het stikstofoverschot.

Na toepassen van alle maatregelen daalt het netto-bedrijfsresultaat bijna 6 cent en de arbeidsopbrengst 5 cent per kg melk.

Doelgericht ontwikkelen op basis van waargenomen functioneren

De analyse van het functioneren van 'De Marke' over de periode 1993-1998 laat zien, dat met betrekking tot stikstof alleen het ammoniakdoel volledig is gerealiseerd. Het overschot op de bedrijfsbalans, het nitraatgehalte in het grondwater en de vervluchtiging van stikstofoxiden als gevolg van bodemprocessen bleken gemiddeld te hoog, met grote verschillen tussen jaren. Omdat de ammoniakemissie lager is dan de norm, de conserveringsverliezen lager dan vooraf verondersteld en het N-overschot van het bedrijf hoger dan voorzien, is het N-overschot op bodemniveau (128 kg) aanmerkelijk hoger dan in het ontwerp van het bedrijf was voorzien (79 kg).

De nitraatconcentraties die op 'De Marke' gemeten zijn, blijken redelijk verklaarbaar. Op gronden als die van 'De Marke' zijn sterke schommelingen niet te vermijden omdat ze een heel lage buffercapaciteit hebben, voor zowel water als stikstof, zodat ze extreem gevoelig zijn voor variaties in weersomstandigheden. De conclusie is dat niet de gemeten nitraatgehalten verontrustend zijn, maar de gemeten accumulatie van organische N (jaarlijks per ha gemiddeld 40 kg). Accumulatie is eindig en daarom moet het N-overschot sterk worden verlaagd om een acceptabel nitraatgehalte te kunnen handhaven. Het overschot in het bodemsysteem kan omlaag door de output te verhogen of de input te verlagen. Verhogen van de output kan door meer gras te telen ten koste van maïs, of door zwaarder te bemesten. Beide maatregelen leiden per saldo tot vergroting van het overschot, zodat de oplossing moet worden gevonden in het beperken van de inputs.

Maatregelen daartoe, die op korte termijn resultaat kunnen opleveren, zijn: beperken van het aantal stuks jongvee, verlagen van het N-gehalte in het rantsoen, verder beperken van de beweiding, later starten met bemesten en/of beperken van de bemesting. Er wordt beredeneerd, dat het realiseren van de noodzakelijk geachte beperking van het N-overschot niet eenvoudig is. Als het niet mogelijk blijkt een pakket maatregelen samen te stellen dat voldoende effectief is, kan als laatste redmiddel gekozen worden voor een verlaging van de melkproductie met ongeveer 50 kg melk per kg nog te verlagen N-overschot.

Voortgaand onderzoek op 'De Marke' zal zich allereerst moeten richten op het uitwerken van pakketten van in de praktijk snel haalbaar geachte maatregelen die leiden tot een afname van het overschot op bodemniveau. Daarbij moet in eerste instantie aandacht worden geschonken aan de betekenis van gemineraliseerde stikstof bij het berekenen van de kunstmeststofbehoefte en in de startfase van gewassen. De werking van stikstof uit dierlijke mest kan mogelijk verbeterd worden door mestbehandeling.

Om meer definitieve uitspraken mogelijk te maken over de mogelijkheden om de nitraatdoelstelling blijvend te realiseren, is een langere looptijd van het onderzoek (evenwicht bodem) nodig, meer investeringen in analyses van bedrijfsgegevens en aanvullend experimenteel onderzoek.

1. Stikstofbeheer op ‘De Marke’; bedrijfssysteem, doelen en resultaten

G.J. Hilborst (*‘De Marke’*) & J. Oenema (*Plant Research International*)

1.1 Inleiding

Op het gemiddelde melkveebedrijf op de lichtere zandgronden is de aanvoer van mineralen met meststoffen en voer veel groter dan de afvoer met melk en vlees. Het verschil – het overschot – belast het milieu vroeg of laat. Door af- en uitspoeling van nitraat en fosfaat raken oppervlakte- en grondwater verontreinigd. Atmosferische depositie van ammoniak kan leiden tot verzuring en draagt bij aan eutrofiëring. Ecosystemen kunnen daardoor ontregeld raken en cultuurhistorisch erfgoed beschadigd. Het overheidsbeleid is erop gericht de verliezen van nutriënten te beperken tot milieuhygiënisch aanvaardbare niveaus. De veehouder zal proberen de kosten die voortvloeien uit het overheidsbeleid zo laag mogelijk te houden. Daarvoor moet hij beschikken over voldoende en betrouwbare informatie. Het landbouwkundig onderzoek moet ervoor zorgen dat de veehouder tijdig over de benodigde informatie kan beschikken. Het project ‘De Marke’ levert daaraan een bijdrage.

1.1.1 Doelstelling ‘De Marke’

Kenmerkend voor de melkveehouderij is de combinatie van plantaardige en dierlijke productie binnen één bedrijf. Door de uitwisseling van voer en mest tussen de plantaardige en dierlijke componenten van het bedrijf doorlopen mineralen een kringloop waaruit verliezen optreden. Om voor proefbedrijf ‘De Marke’ een geschikt bedrijfssysteem te vinden zijn zowel voor de dierlijke als voor de plantaardige bedrijfscomponent de belangrijkste input-output-relaties gekwantificeerd, waaronder de relatie tussen melkproductie en benodigde voedermiddelen en die tussen gewasgroei en benodigde meststoffen en water. Vervolgens zijn deze relaties gebruikt bij het zoeken naar bedrijfssystemen die in theorie voldoen aan de gestelde eisen: een zo rendabel mogelijke melkproductie bij stringente voorwaarden met betrekking tot milieukwaliteit, rekening houdend met de wensen van de samenleving ten aanzien van dierenwelzijn, natuur en landschap. Het afvoeren van mest of het uitbesteden van de opfok van het jongvee is niet toegestaan omdat dit kan leiden tot afwenteling van problemen. Terwille van de herkenbaarheid voor veehouders is uitgegaan van een melkproductie van ongeveer 12.000 kg ha⁻¹, het gemiddelde in de zandgebieden aan het einde van de jaren tachtig (Aarts *et al.*, 1992; Biewinga *et al.*, 1992).

De milieunormen van ‘De Marke’ met betrekking tot mineralen (Tabel 1.1) zijn veel scherper dan de verliesnormen (overschotmaxima) die de overheid heeft geformuleerd in het kader van de mestwetgeving. De verliesnormen van de overheid zijn compromissen tussen wensen op het gebied van milieukwaliteit en verwachte landbouwkundige problemen bij het realiseren ervan (Dekker & Van Leeuwen, 1998). Op uitspoelingsgevoelige zandgrond mag het N-overschot (inclusief depositie, enige binding door vlinderbloemigen en de ‘diercorrectie’, de toeslag op de verliesnormen voor gras- en bouwland) van een gemiddeld bedrijf uiteindelijk nog steeds 190 kg ha⁻¹ bedragen, het P-overschot 9 kg ha⁻¹. Bij ‘De Marke’ was de gewenste milieukwaliteit de enige maatstaf. In Tabel 1.1 is ook aangegeven in hoeverre de normen van ‘De Marke’ afwijken van de werkelijke verliezen in het midden van de jaren tachtig. Aan intensivering kwam toen een einde door de melkquotering en er werd een begin gemaakt met mestbeleid. Die periode kan daarom worden gezien als een keerpunt in de milieubelasting en dient als referentie bij het vaststellen van verbeteringen in milieuprestaties van de melkveehouderij. Duidelijk is dat de mineralenverliezen op het proefbedrijf maar een fractie mogen zijn van de verliezen in de referentieperiode.

De niet in Tabel 1.1 opgenomen milieudoelen hebben vooral betrekking op het gebruik van bestrijdingsmiddelen, de ophoping van zware metalen, de emissie van broeikasgassen, het verbruik van water en energie, en de ontwikkeling van natuurwaarden. Voor deze doelen gelden in de regel streefwaarden, geen minima of maxima die onvoorwaardelijk gerealiseerd moeten worden (Aarts *et al.*, 2000).

Tabel 1.1. Normen van proefbedrijf 'De Marke' met betrekking tot mineralenverliezen en de beoogde afname ten opzichte van de verliezen van gangbare bedrijven in de (referentie)periode 1983-1986 (Aarts *et al.*, 1992; Biewinga *et al.*, 1992).

Doel	Maximale waarde 'De Marke'	Afname t.o.v. gangbaar (%)
Stikstof (N)		
- vervluchtiging ammoniak	30 kg N ha ⁻¹ , uit dierlijke mest	70
- uitspoeling nitraat	50 mg nitraat l ⁻¹ , in het bovenste grondwater	75
- vervluchtiging stikstofoxiden	3 kg ha ⁻¹	66
- overschot op bedrijfsbalans	128 kg ha ⁻¹ , inclusief depositie en binding door vlinderbloemigen	74
Fosfor (P)		
- uitspoeling	0,15 mg P l ⁻¹ , in het bovenste grondwater	?
- overschot op bedrijfsbalans	0,45 kg P ha ⁻¹ , inclusief depositie	99

1.2 Bedrijfssysteem

Van de bedrijfssystemen die in theorie aan de normen voldeden, is het onderzoektechnisch meest interessante systeem in 1992 in praktijk gebracht op een speciaal voor dit doel aangekocht bedrijf, en wordt sindsdien als systeem 'De Marke' verder ontwikkeld. Vanwege omvang en kosten was het in veelvoud aanleggen van het experimentele systeem niet realistisch, het is dus uniek. Hieronder wordt het bedrijfssysteem 'De Marke' nader toegelicht.

1.2.1 Veestapel

Om de verliezen van mineralen op bedrijfsniveau te beperken is een goede mineralenbenutting door het vee van essentieel belang. Om hieraan te voldoen moet de veestapel aan de volgende eisen voldoen (Biewinga *et al.*, 1992):

- melktypische veestapel, uitgaande van Holstein;
- genetische aanleg voor een hoge melkproductie per koe (ca. 9000 kg);
- waar mogelijk, selectie op persistentie, vruchtbaarheid, levensduur en efficiëntie van voederconversie;
- goede aanleg voor eiwitproductie, gepaard aan een nauwe vet/eiwitverhouding;

De veestapel is gehuisvest in een emissiearme ligboxenstal, met natuurlijke ventilatie. Met 80 melkkoeien en 58 stuks jongvee heeft het bedrijf een lagere veebezetting dan een praktijkbedrijf met dezelfde melkproductie per ha. De jaarlijkse melkproductie per koe is op 'De Marke' ruim 1000 kg hoger dan in de praktijk. 'De Marke' kan dus met minder koeien een zelfde hoeveelheid melk produceren. De voerbehoefte is daardoor lager, waardoor het bedrijf naast het eigen ruwvoer, ook een gedeelte van het krachtvoer kan telen.

De veebezetting is 1,8 GVE²/ha en per 10 melkkoeien zijn er 7,3 stuks jongvee aanwezig. De gemiddelde ('93-'98) melkproductie per koe is 8.359 kg en ligt de laatste jaren op een hoger niveau dan in de eerste jaren. Na het verdwijnen van de voederbieten uit het rantsoen (vanaf '96/'97) is het vetgehalte van de melk gedaald tot ruim onder de vetreferentie (4,33%).

Tabel 1.2. Kengetallen proefbedrijf 'De Marke'.

	'93/'94	'94/'95	'95/'96	'96/'97	'97/'98	'98/'99	Gem. '93-'98
Melkkoeien	82,0	81,2	79,4	76,6	75,6	79,8	79,1
Jongvee > 1 jaar	29,9	28,8	24,4	27,3	29,3	26,4	27,7
Jongvee < 1 jaar	35,9	29,1	30,0	31,0	26,9	31,2	30,7
Jongvee/10 melkkoeien	8,0	7,1	6,9	7,6	7,4	7,2	7,3
Melkkoeien/ha	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4
GVE/ha	1,9	1,8	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8
Kg melk per ha	11.806	11.623	11.409	11.919	11.787	12.516	11.843
Kg melk per koe	8.005	8.102	8.119	8.791	8.622	8.516	8.359
Vetgehalte (%)	4,39	4,37	4,50	4,31	4,14	4,17	4,31
Eiwitgehalte (%)	3,49	3,50	3,50	3,47	3,42	3,42	3,47
Gras (ha)	30,6	35,0	34,2	29,2	26,5	31,5	31,2
Snijmaïs (ha)	13,1	10,1	13,7	20,2	20,1	14,1	15,2
MKS ¹ (ha)	5,8	7,1	4,6	7,1	8,7	8,7	7,0
Voederbieten (ha)	6,1	4,4	4,0	---	---	---	2,4
Bedrijfsoppervlakte (ha)	55,6	56,6	56,5	56,5	55,3	54,3	55,8

¹ maïskolvenschroot

1.2.2 Voeding

In de zomerperiode wordt voor de melkkoeien meestal het zogenaamde siësta-beweidingsstelsel gevolgd. De melkkoeien gaan dan 's morgens en 's avonds na het melken vier tot vijf uur de wei in. Daarna komen de koeien op stal en krijgen een rantsoen met snijmaïs, maïskolvenschroot (MKS) en krachtvoer bijgevoerd. Het eiwitrijke gras in de wei wordt zo gecompenseerd met eiwitarme producten op stal. Door de perioden van eiwitrijke en eiwitarme voeding te verkorten, kan beter op de norm worden gevoerd en kan een hogere benuttingsefficiëntie van stikstof worden behaald. Een ander belangrijk voordeel is dat de beweidingsverliezen lager zijn en er minder mest en urine in de weide terecht komt. Juist de heterogene ruimtelijke verdeling van de mest en urine zorgt voor een verhoogde kans op N-uitspoeling. Het melkvee wordt op 1 oktober opgestald, één maand eerder dan onder praktijkomstandigheden.

In de winterperiode wordt eigen geteeld kuilgras, maïs en MKS gevoerd. De helft van het gevoerde krachtvoer wordt op het bedrijf geteeld; het overige krachtvoer wordt aangekocht, meestal in de vorm van mengvoer. MKS heeft zich inmiddels bewezen als een goede krachtvoervervanger. Nadeel van de gangbare oogstmethode van MKS is dat het maïsstro op het land achterblijft. Op 'De Marke' worden, met een speciaal ontwikkelde hakselaar, in één werkgang MKS en maïsstro geoogst. Het maïsstro bevat weinig energie, eiwit en kalium, maar wel veel ruwe celstof en structuur. Hierdoor past het goed in het rantsoen van droogstaande koeien en dragende pinken.

² GVE is grootvee-eenheid.

In Tabel 1.3 staat een overzicht van de veevoeding in de jaren 1993-1997 (Habekotté *et al.*, 1998). Het totale voerverbruik was bijna 9% hoger dan verwacht. Het melkvee nam 6% meer drogestof op dan verwacht en het jongvee 23% meer. De belangrijkste reden hiervan is dat bij de opzet van 'De Marke' werd uitgegaan van 46 stuks jongvee, terwijl er de afgelopen jaren gemiddeld 58 stuks aanwezig waren.

Tabel 1.3. Voeropname veestapel 'De Marke' (ton drogestof per jaar).

	Gehele veestapel		Melkvee		Jongvee	
	Prognose	'93-'97	Prognose	'93-'97	Prognose	'93-'97
Kuilgras	134	150	110	132	24	18
Weidegras	146	111	108	66	38	44
Snijmaïs (incl. bieten) ¹	148	171	131	158	17	13
Voerresten ²	0	16	0	8	0	7
Overig ³	27	48	17	26	10	23
<i>Totaal runvoer</i>	<i>455</i>	<i>496</i>	<i>366</i>	<i>390</i>	<i>89</i>	<i>105</i>
Voederbieten	65	22	62	21	3	1
MKS	23	47	23	47	0	0
Mengvoer	76	103	74	94	2	9
Premix	PM	4	PM	3	PM	0
<i>Totaal krachtvoer</i>	<i>164</i>	<i>176</i>	<i>159</i>	<i>165</i>	<i>5</i>	<i>10</i>
Totaal	619	672	525	555	94	115

¹ Soms is een deel van de voederbieten tezamen met snijmaïs ingekuuld.

² Voerresten van melkkoeien worden door jongvee en droogstaande koeien opgenomen.

³ Overig runvoer bestaat uit maïsstro, bietenblad en herfstkuilgras.

De voederbieten zijn in 1996 uit het rantsoen verdwenen. De gemiddelde opname van voederbieten is daardoor lager dan verwacht. De lager dan verwachte opname van weidegras is deels gecompenseerd door een hogere opname van herfstkuilgras. Herfstkuilgras is het gras dat als gevolg van het vroeg opstallen moet worden gemaaid. Benutting van 'bijproducten' van de krachtvoervervangers, als maïsstro en bietenblad, en beweiding van het vanggewas onder maïs, Italiaans raaigras, zijn belangrijke kenmerken van de voeding op 'De Marke'. Ook door het naweiden van pinken na het uitscharen van de melkkoeien worden 'afvalproducten' benut.

De hoeveelheid aangekocht krachtvoer die voor de melkproductie nodig was is groter dan verwacht. Dat heeft onder meer te maken met het feit dat, wanneer alle dieren in groepen zijn gehuisvest, het niet goed mogelijk is om het rantsoen zo samen te stellen dat alle dieren exact op de energie- en eiwitnorm worden gevoerd.

1.2.3 Grondgebruik

Proefbedrijf 'De Marke' beschikt over ruim 55 ha cultuurgrond. De grond is rond de eeuwwisseling ontgonnen uit heide. Een humeuze bovenlaag van 30 cm dik ligt op vrijwel ondoorwortelbaar geel zand (Dekkers, 1992). Het grondwater bevindt zich op de meeste plaatsen meerdere meters diep, zodat het gewas er niet bij kan en de capillaire opstijging gering is. Na enige dagen droogte is er al vochttekort.

Vooral droge zandgronden zijn gevoelig voor nitraatuitspoeling. In de wortelzone kan maar weinig water worden opgeslagen, waardoor een korte regenperiode al voor uitspoeling van opgeloste voedingsstoffen kan zorgen. Tevens is op deze gronden de omzetting van nitraat tot stikstofgas (denitrificatie) gering. Uit Tabel 1.4 blijkt dat de grond van 'De Marke' tot het droogste deel van de Nederlandse zandgronden behoort. De helft van de grond heeft een vochtleverend vermogen van minder dan 50 mm. Op deze grond zijn de nitraat- en stikstofdoelen het moeilijkst te realiseren. Kunstmatige beregening is op deze gronden noodzakelijk, om alle ruwvoer en een deel van het krachtvoer zelf te kunnen verbouwen bij een melkproductie van bijna 12.000 kg ha⁻¹.

Tabel 1.4. *Vergelijking zandgrond 'De Marke' met zandgrond heel Nederland (naar Dekkers, 1992).*

Vochtleverend vermogen (mm)	Uitspoelingsgevoeligheid	Aandeel op 'De Marke' (%)	Aandeel in zandgrond Nederland (%)
> 200	zeer gering	5	20
150-200	vrij gering	6	26
100-150	matig	11	28
50-100	vrij groot	28	8
< 50	zeer groot	50	18

De 55 ha cultuurgrond is opgesplitst in drie kavels: blijvend grasland, huiskavel en veldkavel. Het blijvend grasland heeft een areaal van 11 ha en ligt dicht bij de stal. Op de overige 44 ha wordt wisselbouw toegepast. Op de huiskavel (30 ha) wordt een driejarige grasperiode afgewisseld met een driejarige maïspanperiode. Op de veldkavel (14 ha) is de duur van de maïspanperiode vijf jaar.

Belangrijkste verschillen tussen huis- en veldkavel zijn het al dan niet kunnen beweiden en beregenen en de afstand tot de bedrijfsgebouwen. De huiskavel en het blijvende grasland zijn bereikbaar met melkvee en kunnen beregend worden. Voor de veldkavel is dat niet het geval. Deze kavel vormt de 'buitenste schil' van het bedrijf. Het grasland van de huiskavel en het blijvend grasland worden daardoor intensiever beweid dan het grasland van de veldkavel.

Een voordeel van wisselbouw is het op peil houden van het organische-stofgehalte van de bodem. Hierdoor behoudt die zijn vochthoudend vermogen. Daarnaast kunnen bij wisselbouw meststoffen die niet benut worden door het ene gewas, maar achterblijven in de bodem, door een volggewas benut worden. Ook zijn er minder problemen met onkruid. Met name de opbrengst van maïs is in wisselbouw beduidend hoger dan in continueelt (Scholte, 1987).

Iets meer dan de helft van de grond is in gebruik als grasland, op de rest wordt maïs geteeld. Vergelijken met de meeste bedrijven op zandgrond is het aandeel maïs groot. Maïs levert hogere voeropbrengsten dan gras, en op de droge grond van 'De Marke' ook nog met veel minder beregening, waardoor het verbruik van grondwater en de aankoop van voer kunnen worden beperkt. Een flink aandeel maïs in het rantsoen beperkt de uitscheiding van stikstof door de dieren.

1.2.4 Bemesting

Bij de bemesting geldt een aantal uitgangspunten. Het belangrijkste uitgangspunt is dat alle dierlijke mest op het bedrijf op een verantwoorde wijze ingezet moet worden. Zodoende kunnen de gewassen er maximaal profijt van hebben en is zo min mogelijk kunstmest nodig. Daarnaast is de bemesting gericht op het beperken van de uitspoeling van nitraat, zodat de nitraatdoelstelling gerealiseerd wordt. Voor fosfaat geldt evenwichtsbemesting: niet meer bemesten dan in het gewas wordt afgevoerd.

De basisbemestingsniveaus voor stikstof zijn: voor gras 250 kg ha⁻¹ en voor maïs 100 kg ha⁻¹. Per perceel wordt de bemestingsbehoefte vastgesteld, waarbij rekening wordt gehouden met het gewas, het vochtleverend vermogen van de bodem, de fosfaattoestand van het perceel en het vrijkomen van stikstof uit ondergeploegde zode en groenbemester. De bemestingsbehoefte wordt zo goed mogelijk gedekt uit de eigen dierlijke mest en de stikstofbinding door klaver. Het grasland wordt bemest vanaf 1 maart, het maïsland vlak voor het zaaien.

Voor maïs is de stikstofbehoefte bepalend voor de hoogte van de drijfmestgift, voor gras de fosfaatbehoefte. De consequentie daarvan zou zijn dat op maïsland fosfaatkunstmest en op grasland stikstofkunstmest gestrooid zou moeten worden. Dit is niet gewenst in verband met het terugdringen van de stikstof- en fosfaataanvoer. De oplossing voor dit probleem is het boven en onder de fosfaatbehoefte bemesten, afhankelijk van het gewas. Tijdelijk grasland krijgt met drijfmest meer fosfaat toegediend dan onttrokken wordt, maïs krijgt minder fosfaat toegediend dan onttrokken wordt. Dit geeft geen problemen voor maïs omdat in de bodem nog fosfaat beschikbaar is dat niet benut is door het gras. Het gevolg is dat tijdelijk grasland ongeveer 73 m³ drijfmest per ha krijgt, 23 m³ meer dan blijvend grasland. Deze hoeveelheid drijfmest wordt gemiddeld in drie giften met een zodebemester toegediend. Half augustus wordt gestopt met de bemesting van grasland. Ruim 80% van de geproduceerde drijfmest gaat naar het grasland.

Uit Tabel 1.5 blijkt duidelijk dat de drijfmest van het eigen vee de belangrijkste meststof is. Daardoor gebruikt 'De Marke' 75% minder kunstmeststikstof dan een gangbaar bedrijf.

Door een gering aandeel klaver in het grasland bleef de N-binding achter bij de verwachtingen. Inzaai van gras en klaver in de herfst lukte goed, maar de klaver winterde sterk uit. Door gras en klaver in het voorjaar in te zaaien is dit probleem opgelost. Een blijvend probleem van klaver is de heterogene verdeling binnen het perceel.

Tabel 1.5. Bemesting 1993–1999 (per ha).

	Drijfmest				Kunstmest	
	m ³	kg N-tot	kg N-werkz	kg P ₂ O ₅	kg N	kg P ₂ O ₅
Blijvend grasland	50	147	89	54	133	1
Tijdelijk grasland	73	223	133	82	123	2
Maïs	25	82	54	27	0	0
Gemiddeld	49	150	92	54	74	1

1.2.5 Vanggewas

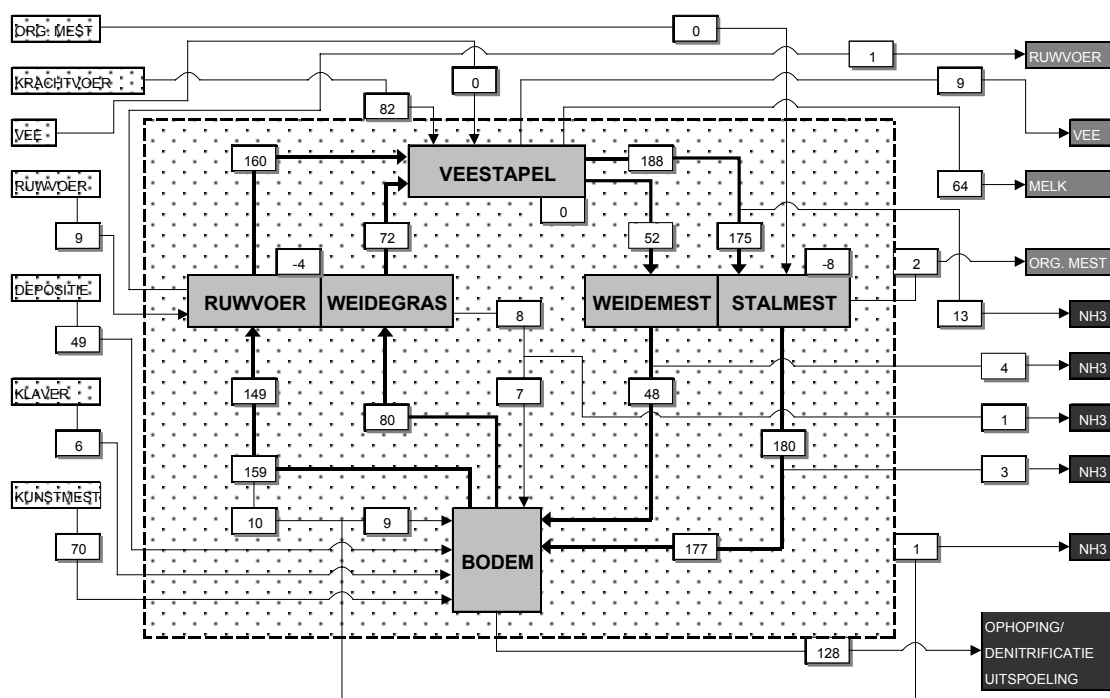
Maïs heeft als nadeel dat het vanaf begin augustus nauwelijks meer voedingsstoffen uit de bodem opneemt. Op dat moment zit er vaak nog veel minerale stikstof in de bodem en bovendien komt er daarna door mineralisatie nog veel stikstof vrij. Deze stikstof kan dus door de maïs niet meer worden opgenomen. Dit probleem is opgelost door circa zes weken na het zaaien van de maïs, Italiaans raaigras tussen de maïsrijen te zaaien. Na de oogst van de maïs groeit het Italiaans raaigras sterk uit en neemt vrijwel alle vrijkomende stikstof probleemloos op. Een dergelijk vanggewas is zeer effectief en bedrijfs-technisch goed inpasbaar. Wanneer het juiste zaaitijdstip wordt gekozen, is het gras geen concurrent voor de maïs. Een deel van het vanggewas wordt benut door in het najaar het jongvee erop te weiden.

1.3 Stikstofstromen

De belangrijkste stikstofstromen worden eerst voor het bedrijf als geheel besproken, en vervolgens per bedrijfscomponent.

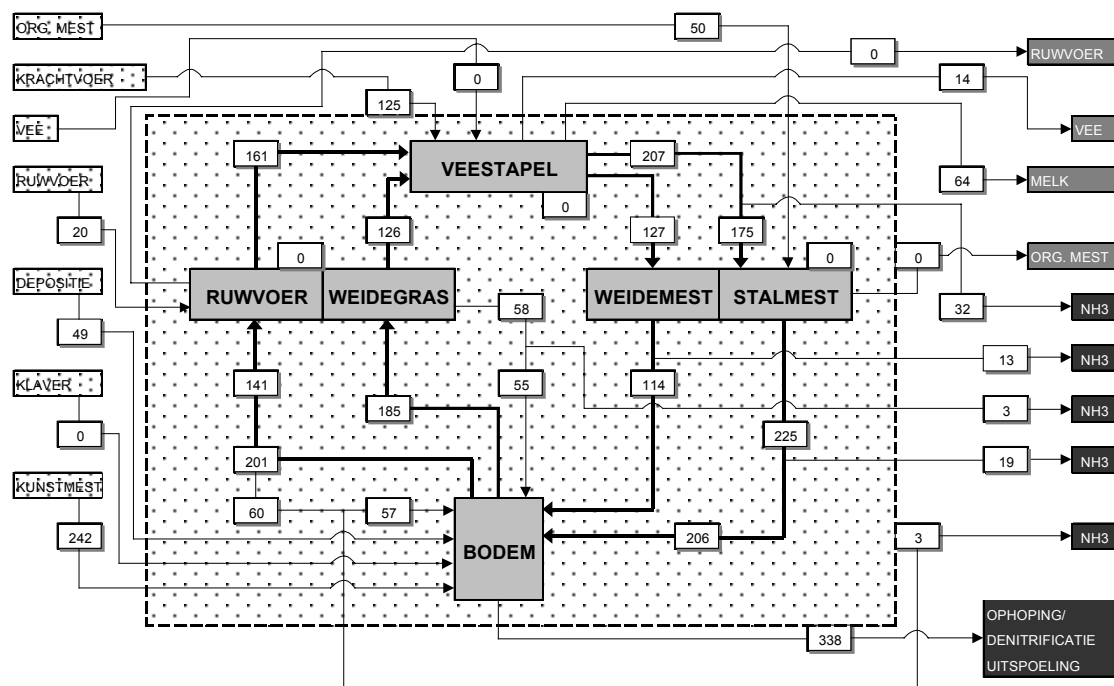
1.3.1 Bedrijfsniveau

De stikstofkringloop is opgebouwd uit de componenten VEE, MEST, BODEM en GEWAS (ruwvoer en weidegras). Deze componenten zijn als het ware de schakels in de stikstofkringloop van het bedrijf. De stikstofbalans van een schakel maakt zichtbaar hoe (in)efficiënt stikstof in dat bedrijfs onderdeel wordt benut en maakt het mogelijk de zwakste plekken in het gehele bedrijfssysteem te identificeren. In Figuren 1.1 en 1.2 zijn de stikstofkringlopen weergegeven voor, respectievelijk, 'De Marke', gemiddeld voor de jaren '93/'94 - '98/'99 en voor een 'gangbaar' bedrijf op zandgrond in het midden van de jaren negentig, met een quotum gelijk aan dat van 'De Marke', samengesteld uit verschillende databestanden (Aarts *et al.*, 1999). In de post ruwvoer is een correctie opgenomen voor conserverings- en vervoederingsverliezen.



Figuur 1.1. Stikstofkringloop van proefbedrijf 'De Marke' gemiddeld voor de jaren 1993/1994 - 1998/1999 (kg N ha^{-1}).

Het stikstofoverschot (Tabel 1.7) op de mineralenbalans van een bedrijf wordt verdeeld over ammoniakemissie, denitrificatie, ophoping in organische stof in de bodem en af- en uitspoeling. Afspoeling is op 'De Marke' niet van belang omdat oppervlaktewater vrijwel ontbreekt. Het gemiddelde jaarlijkse stikstofoverschot over de jaren 1993-1998 is 156 kg ha^{-1} . De doelstelling voor 'De Marke' is 128 kg ha^{-1} (Biewinga *et al.*, 1992). Het te hoge overschot werd in alle jaren veroorzaakt door een hoge stikstofaanvoer in ruw- en krachtvoer en het inkrimpen van de voorraden drijfmest en/of voer.



Figuur 1.2. Stikstofkringloop van een 'gangbaar' bedrijf op zandgrond in het midden van de jaren negentig, met een quotum gelijk aan dat van 'De Marke' (kg N ha^{-1}).

De aanvoer in kunstmest was een aantal jaren laag, maar niet laag genoeg om de te hoge stikstofaanvoer in voer te compenseren. De aanvoer van stikstof via binding door klaver was duidelijk minder dan verwacht. Op de veldkavel is geen klaver in het gras gezaaid en op het blijvend grasland was veel klaver in de eerste winter na inzaai al vrijwel verdwenen. De afvoer van stikstof in melk en vlees was vrijwel gelijk aan de verwachting. Doordat het vetgehalte van de melk meestal lager was dan de vetreferentie, konden meer liters melk worden geleverd. In 1997 is 25.000 kg melk 'verleest'.

Wanneer we de stikstofbalans van 'De Marke' vergelijken met de stikstofbalans van een vergelijkbaar gangbaar bedrijf in het midden van de jaren negentig, dan valt op dat op 'De Marke' veel minder voer en kunstmest worden aangekocht. Dat is het belangrijkste kenmerk van het bedrijfssysteem 'De Marke': door het realiseren van een hoge benuttingsefficiëntie van stikstof in voeding en teelt kan met een lagere aanvoer dezelfde productie van melk worden gerealiseerd.

1.3.2 Componenten VEE en MEST

De stikstofbalans van de component VEE is weergegeven in Tabel 1.8. Op het 'gangbaar' bedrijf is de totale input aanzienlijk hoger dan op 'De Marke' (resp. 412 en 313 kg N ha^{-1}). Zowel de input in krachtvoer (resp. 125 en 82 kg N ha^{-1}), als in ruwvoer (resp. 287 en 232 kg N ha^{-1}) was hoger. Deze hogere input in voer heeft niet geleid tot een hogere output in melk en vlees, maar tot een hogere excretie in mest (resp. 334 en 240 kg N ha^{-1}).

Tabel 1.7. Stikstofbalans van 'De Marke' voor de boekjaren '93/'94 - '98/'99, de prognoses bij de start van het bedrijf, en van een 'gangbaar' (zie tekst voor uitleg) bedrijf in het midden van de jaren negentig (kg N ha⁻¹).

	Prog.	'93/'94	'94/'95	'95/'96	'96/'97	'97/'98	'98/'99	Gem. '93-'98	Gangbaar rond '95
A. aanvoer									
- krachtvoer	41	82	70	75	86	73	101	81	125
- ruwvoer	0	2	11	8	12	10	10	9	20
- kunstmest	67	53	96	75	52	63	78	70	242
- organische mest	0	0	0	0	0	0	0	0	50
- klaver	30	12	5	8	3	4	4	6	0
- vee	0	1	0	0	0	0	0	0	0
- depositie	49	49	49	49	49	49	49	49	49
- diversen	5	4	4	5	5	5	5	5	0
<i>Som</i>	192	203	235	220	207	204	247	219	486
B. afvoer									
- melk	62	65	64	62	66	63	67	65	64
- vee	8	11	9	10	8	7	7	9	14
- ruwvoer	0	8	0	0	0	0	0	1	0
- organische mest	0	0	0	0	0	7	7	2	0
<i>som</i>	70	84	73	72	74	77	81	77	78
C. voorraadmutatie									
- vee	0	0	0	-2	-1	1	2	0	0
- ruwvoer	0	-35	17	-20	-7	11	-4	-6	0
- krachtvoer	0	2	-3	0	4	-5	3	0	0
- organische mest	0	11	-50	5	20	-31	1	-7	0
<i>som</i>	0	-22	-36	-17	16	-24	2	-14	0
Overschot (A-B-C)	122	141	198	165	117	151	164	156	408

De prognose voor 'De Marke' was een benuttingsefficiëntie van stikstof uit voer in melk en vlees van 25% door een eiwitarm rantsoen, een hoge melkproductie per koe en een sterke beperking van de jongveebezetting (de benuttingsefficiëntie door jongvee is relatief laag). De werkelijk gerealiseerde benutting in de jaren '93-'98 was 23%. Op het 'gangbaar' bedrijf was de benuttingsefficiëntie 19%. Door deze slechtere benutting van stikstof uit voer wordt 27% meer stikstof via mest + urine uitgescheiden. Deze hogere uitscheiding leidt echter niet tot een hogere stikstofvoorraad in de mestopslag. Weliswaar wordt meer stikstof op stal uitgescheiden (207 tegen 188 kg ha⁻¹, Tabel 1.8), maar de hoeveelheid stikstof die in de mestopslag terecht komt is op 'De Marke' vrijwel gelijk aan die van een gangbaar bedrijf (175 kg N ha⁻¹; zie Figuren 1.1 en 1.2) vanwege de emissiearme stal en langduriger opstallen. Door die emissiearme stal is de emissie in stal en opslag op 'De Marke' teruggebracht tot 7,5%, vergeleken met 15% op een gangbaar bedrijf. Op 'De Marke' is de emissie uit stal en opslag gemiddeld 13 kg N ha⁻¹, vergeleken met 32 kg ha⁻¹ op het 'gangbaar' bedrijf. Het verschil tussen de input en output van stikstof in de component MEST vertegenwoordigt de vervluchtiging als ammoniak uit de stal, in de weide, tijdens opslag en bij uitrijden (Tabel 1.9). Op het 'gangbaar' bedrijf is het totale verlies aan stikstof via ammoniak uit mest 64 kg N ha⁻¹. Op 'De Marke' is door de emissiearme stal en de kortere weidegang het stikstofverlies teruggebracht tot 20 kg N ha⁻¹.

Tabel 1.8. *Stikstofbalans van de component VEE van 'De Marke' in de boekjaren '93/'94-'98/'99, de prognoses bij de start van het bedrijf en de stikstofbalans van een 'gangbaar' (zie tekst voor uitleg) bedrijf in het midden van de jaren negentig (kg N ha⁻¹).*

	Prog.	'93/'94	'94/'95	'95/'96	'96/'97	'97/'98	'98/'99	Gem. '93-'98	Gangbaar rond '95
Input									
- krachtvoer	41	80	73	76	84	79	100	82	125
- ruwvoer + gras	237	256	257	229	228	202	217	232	287
<i>som</i>	278	336	329	305	312	282	317	313	412
Output									
- melk	62	65	64	62	66	63	67	64	64
- vlees	8	11	9	9	8	8	10	9	14
- excretie weide	56	52	62	46	38	53	63	52	127
- excretie stal	152	209	194	188	200	158	176	188	207
<i>som</i>	278	337	329	305	312	282	317	314	412
Output in melk en vlees (% van input)	25	23	22	23	24	25	24	23	19

Tabel 1.9. *Stikstofbalans van de component MEST van 'De Marke' in de boekjaren '93/'94 - '98/'99, de prognoses bij de start van het bedrijf, en de stikstofbalans van het 'gangbaar' (zie tekst voor uitleg) bedrijf in het midden van de jaren negentig (kg N ha⁻¹).*

	Prog.	'93/'94	'94/'95	'95/'96	'96/'97	'97/'98	'98/'99	Gem. '93-'98	Gangbaar rond '95
Input									
- excretie weide	56	52	62	46	38	53	63	52	127
- excretie stal	152	209	194	188	200	158	176	188	207
- aanvoer org. mest	0	0	0	0	0	0	0	0	50
<i>Som</i>	208	261	256	234	238	211	240	240	384
Output									
- weidemest bodem	51	48	57	42	35	49	59	48	114
- org. mest bodem	137	182	227	166	164	168	154	177	206
- afvoer org. mest	0	0	0	0	0	7	7	2	0
- mutatie voorraad	0	11	-50	5	20	-31	1	-8	0
mest									
<i>Som</i>	188	241	234	214	218	193	220	220	320
Input – output ¹	18	20	23	20	20	18	19	20	64
% output van input	91	92	91	91	92	91	92	92	83

¹ ammoniak uit mest

1.3.3 Componenten BODEM en GEWAS

De totale stikstofaanvoer naar de bodem op 'De Marke' komt gemiddeld in de buurt van de prognose (Tabel 1.10). Op het 'gangbaar' bedrijf is de totale aanvoer bijna twee keer zo hoog (respectievelijk 723 en 367 kg N ha⁻¹). Vooral de aanvoer in weidemest, kunstmest en netto voederverliezen is aanzienlijk hoger.

Tabel 1.10. *Stikstofbalans van de component BODEM van 'De Marke' in de boekjaren '93/'94 - '98/'99, de prognoses bij de start van het bedrijf en de stikstofbalans van het 'gangbaar' (zie tekst voor uitleg) bedrijf in het midden van de jaren negentig (kg N ha⁻¹).*

	Prog.	'93/'94	'94/'95	'95/'96	'96/'97	'97/'98	'98/'99	Gem. '93-'98	Gangbaar rond '95
Input									
- weidemest ¹	51	48	57	42	35	49	59	48	114
- org. mest ¹	137	182	227	166	164	168	154	177	206
- kunstmest	67	52	96	75	52	63	79	70	242
- depositie	49	49	49	49	49	49	49	49	49
- netto voederverliezen ²	21	18	20	17	14	15	16	17	112
- klaver	30	12	5	8	3	4	4	6	0
<i>Som</i>	<i>355</i>	<i>361</i>	<i>454</i>	<i>359</i>	<i>316</i>	<i>348</i>	<i>361</i>	<i>367</i>	<i>723</i>
Output									
- bruto gewas	276	275	269	233	216	219	218	238	386
Input – output ³	79	86	184	126	100	129	142	128	338
% output van input	78	76	59	65	68	63	61	65	53

¹ mest (faeces + urine) na vervluchtiging van ammoniak

² maai- en weideverliezen na vervluchtiging van ammoniak

³ input – output = ophoping in organische stof, denitrificatie en uitspoeling

Vergeleken met het 'gangbaar' bedrijf is de netto weidemestproductie op 'De Marke' flink lager (respectievelijk 114 en 48 kg N ha⁻¹). Het 'strooibeeld' van weidend vee is zo slecht dat het gras nauwelijks van deze stikstof kan profiteren. Daarnaast is het kunstmestgebruik op 'De Marke' sterk teruggebracht.

De hoeveelheid stikstof in de bruto gewasproductie (Tabel 1.11) op 'De Marke' (238 kg N ha⁻¹), is lager dan de prognose (276 kg N/ha). Vooral de laatste jaren was de bruto opbrengst van het gewas lager dan voorspeld. Een oorzaak van de veel grotere hoeveelheden stikstof in het gewas op het 'gangbaar' bedrijf (386 tegen 238 kg ha⁻¹) is de combinatie van een groter areaal grasland en een hoger bemestingsniveau. Echter, de benuttingsefficiëntie van de aangevoerde stikstof op 'De Marke' is 65%, terwijl die op een gangbaar bedrijf maar 53% bedraagt. Gevolg van de veel lagere input en de hogere benuttings-efficiënties is dat de hoeveelheid stikstof die niet teruggewonnen wordt als voer veel lager is dan op het 'gangbaar' bedrijf (respectievelijk 128 en 338 kg N ha⁻¹). Deze stikstof is vastgelegd in de organische stof in de bodem of verloren gegaan door denitrificatie of uitspoeling.

Tijdens het maaien en beweiden treden verliezen op, in de orde van 10% op 'De Marke' en ± 30% op het 'gangbaar' bedrijf (Tabel 1.11). Een klein gedeelte van deze verliezen (7%) is toe te schrijven aan vervluchtiging als ammoniak en de rest komt weer terug als input naar de bodem (netto voederver-

liezen, zie Tabel 1.10). Op 'De Marke' is daardoor de hoeveelheid stikstof in de netto voederverliezen aanzienlijk lager dan op een gangbaar bedrijf. De benuttingsefficiëntie van stikstof uit het gewas op 'De Marke' is hoger (respectievelijk 93 en 71%). Dit komt vooral door lagere beweidingsverliezen, als gevolg van snel omweiden, 's nachts opstallen, een kort weideseizoen en het naweiden met jongvee.

Tabel 1.11. *Stikstofbalans van de component GEWAS van 'De Marke' in de boekjaren '93/'94 - '98/'99, de prognoses bij de start van het bedrijf en de stikstofbalans van het 'gangbaar' bedrijf in het midden van de jaren negentig (kg N ha⁻¹).*

	Prog.	'93/'94	'94/'95	'95/'96	'96/'97	'97/'98	'98/'99	Gem. '93-'98	Gangbaar Rond'95
Input									
- bruto prod. weidegras	106	86	101	81	67	71	72	80	185
- bruto prod. ruwvoer	170	189	169	151	148	148	146	159	201
- aankoop ruwvoer	0	2	11	8	12	10	10	9	20
<i>Som</i>	276	277	280	241	227	229	228	247	406
Output									
- opname weidegras	93	77	91	73	61	64	65	72	126
- opname ruwvoer	144	179	166	156	168	138	152	160	161
- verkoop ruwvoer	0	8	0	0	0	0	0	1	0
- mutatie voorraad ruwvoer	0	-8	2	-7	-15	11	-6	-4	0
<i>Som</i>	237	256	259	222	213	213	211	229	287
Input – output ¹	39	21	21	19	15	16	18	18	119
% output van input	86	92	92	92	94	93	92	93	71

¹ *beweidings-, oogst-, conserverings- en vervoederingsverliezen*

1.4 Overige milieuresultaten

De doelstelling van terugdringen van de ammoniakuitstoot uit dierlijke mest tot 30 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ is inmiddels gerealiseerd (Van de Schans *et al.*, 1999). De voor 'De Marke' berekende stikstofuitstoot als ammoniak is ruim 70% lager is dan op het 'gangbare' melkveehouderijbedrijf in de jaren tachtig. Voor stal en opslag is daarbij gerekend met gemeten emissiecijfers, en voor verliezen bij toediening van mest en beweiding met geschatte emissiecijfers. Op dit moment worden metingen verricht voor het vaststellen van de werkelijke verliezen bij toediening en beweiding.

De emissie uit de stal komt goed overeen met de bij het ontwerpen van 'De Marke' berekende waarde. Er gaat 9,8 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ verloren. Bij een gangbaar emissiepercentage zou de emissie uit de stal 14,5 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ hoger zijn. De emissie na mesttoediening op grasland is vijf keer zo hoog dan verwacht. Mestinjectie op bouwland voldoet wel aan de doelstelling. Het grootste 'ammoniaklek' op 'De Marke' is de mesttoediening op grasland. Wanneer de ammoniakemissie verder moet worden verlaagd, moeten hier de verbeteringen worden gezocht.

Het gemiddelde gerealiseerde fosfaatoverschot is 6 kg ha⁻¹ en het Minas-overschot 0. Dit is aanzienlijk lager dan de Minas eindnorm van 20 kg ha⁻¹. De fosfaatafvoer is in de Minas-balans gelijk aan de fosfaataanvoer. In kunstmest wordt vrijwel geen fosfaat meer aangevoerd, maar de aanvoer in

krachtvoer is twee keer zo hoog als oorspronkelijk verwacht. De verwachting was 14 kg ha⁻¹ aanvoer in voer en 14 kg ha⁻¹ als kunstmest. De gemiddelde jaarlijkse fosfaataanvoer in de jaren 1993–1998 was met kunstmest 1 kg ha⁻¹ en met krachtvoer 27 kg ha⁻¹. Zolang de aanvoer in voer niet wordt verminderd, is er binnen de doelstelling geen ruimte om kunstmestfosfaat aan te voeren.

Tussen 1989 en 1995 is het gemiddelde Pw-getal met 26% gedaald, vooral op percelen met hoge waarden (Habekotté *et al.*, 1998). Op alle percelen is de fosfaattoestand nog steeds ‘voldoende’ of hoger. Na 1995 is de gemiddelde fosfaattoestand niet meer gedaald en die ligt op een zodanig niveau dat landbouwkundig gezien geen problemen verwacht worden. De totale voorraad fosfaat in de bodem is de afgelopen jaren nauwelijks veranderd.

Als op alle percelen een fosfaatoverschot van 1 kg ha⁻¹ wordt gerealiseerd, duurt het volgens modelberekeningen nog 10 tot 40 jaar voordat percelen met nu een fosfaattoestand ‘voldoende’ in de klasse ‘laag’ terechtkomen. Uiteindelijk zal de fosfaattoestand op ‘De Marke’ zich stabiliseren, maar het niveau waarop is nog onduidelijk.

1.5 Conclusies

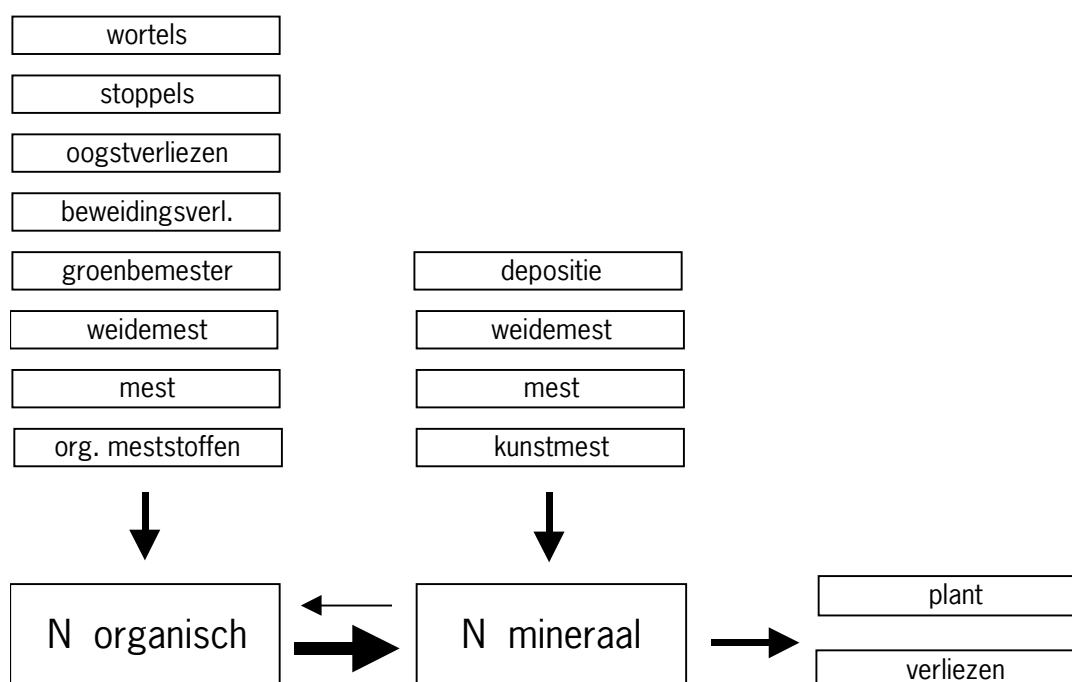
- Het gemiddelde stikstofoverschot op ‘De Marke’ voor de periode ‘93/’94-’98/’99 bedroeg 156 kg ha⁻¹. Hiermee is de doelstelling van 128 kg N ha⁻¹ nog niet gehaald.
- De aanvoer van stikstof op ‘De Marke’ via het voer is twee keer zo hoog dan verwacht en via kunstmest en klaver minder dan de prognose.
- De verwachte waarde voor de benuttingsefficiëntie van stikstof uit voer, in melk en vlees van 25% is nog niet gehaald (23%). Daardoor is de uitscheiding met mest in de stal nog te hoog.
- De benutting van stikstof uit voer in melk en vlees op ‘De Marke’ is met 23% veel hoger dan op het ‘gangbaar’ bedrijf met 19%.
- Op het ‘gangbaar’ bedrijf is het verlies van stikstof via ammoniak 64 kg N ha⁻¹ terwijl het op ‘De Marke’ door maatregelen als emissiearme stal en een kortere weidegang is teruggebracht tot 20 kg N/ha.
- De doelstelling voor ammoniakemissie uit organische mest (30 kg N ha⁻¹) wordt ruimschoots gehaald.
- De totale gewasopbrengsten (weidegras, kuilgras en maïskuil) op ‘De Marke’ zijn lager dan verwacht.
- De benutting van de totale aanvoer naar de bodem in de bruto gewasproductie is op ‘De Marke’ 65%, vergeleken met 53% op het ‘gangbaar’ bedrijf.
- Met 93%, tegenover 71% op het ‘gangbaar’ bedrijf, is de benutting van stikstof in het gewas op ‘De Marke’ veel hoger. Dit komt vooral door minder beweidingsverliezen, als gevolg van snel omweiden, ‘s nachts opstallen, een kort weideseizoen en het naweiden van jongvee.

2. De stikstofhuishouding van de bodem

W.J. Corré (Plant Research International)

2.1 Inleiding

Bij de beschrijving van de stikstofhuishouding van de bodem worden twee vormen van stikstof (N) onderscheiden: de organische stikstof en de anorganische of minerale stikstof (N-min). De voorraad organische stikstof, op 'De Marke' aanwezig in hoeveelheden van vijf tot tien ton per hectare, wordt aangevuld met plantenresten, dierlijke mest en eventueel andere organische meststoffen. Organische stikstof is niet opneembaar voor planten. Minerale stikstof is wel opneembaar voor planten, maar is ook betrokken bij andere processen, zoals denitrificatie en uitspoeling. De van nature aanwezige hoeveelheid is niet meer dan enkele tientallen kg per hectare en wordt aangevuld uit dierlijke mest, atmosferische depositie en kunstmeststoffen. De aanwezige hoeveelheid kan op 'De Marke' oplopen tot maximaal ongeveer 200 kg per hectare. De bronnen van organische en minerale stikstof in de bodem zijn samengevat in Figuur 2.1.



Figuur 2.1. Aanvoerbronnen van stikstof naar de bodem.

Grofweg wordt van de stikstof die opgenomen wordt door planten op een melkveebedrijf 10% in producten afgevoerd, de rest komt terug in de bodem, 20% als minerale stikstof en 70% in de vorm van organische stikstof. Uit deze cijfers blijkt hoe belangrijk de omzetting van organische stikstof in minerale stikstof, de mineralisatie, is. Mineralisatie is het sleutelproces, waarbij het grootste deel van de door planten opgenomen stikstof weer opnieuw voor opname beschikbaar komt.

De relatieve betekenis van mineralisatie wordt steeds groter. De input van meststoffen wordt verlaagd om de verliezen te beperken, zodat de planten relatief meer afhankelijk worden van gemineraliseerde stikstof. Maar anderzijds kan gemineraliseerde stikstof ook verloren gaan via denitrificatie en uitspoeling. Het is dus van groot belang om inzicht te hebben in de hoeveelheid stikstof die uit mineralisatie vrij komt en in de totale hoeveelheid minerale stikstof die aanwezig is in de bodem en beschikbaar is voor zowel opname door planten als voor verliezen. Dit inzicht moet de basis verschaffen voor sturend optreden. De mineralisatiesnelheid van reeds aanwezige organische stikstof is in de eerste plaats afhankelijk van de aard van de verbindingen en van de bodemtemperatuur en -vochtigheid en daardoor nauwelijks te sturen. Sturing is echter wel mogelijk bij het toedienen van dierlijke mest en bij de aanvulling met andere meststoffen. Door rekening te houden met de verwachte bijdrage uit mineralisatie, kunnen de toegediende hoeveelheid en het tijdstip van bemesting beter afgestemd worden op de behoeften van de planten en op het vermijden van ongewenst grote verliezen.

Naast mineralisatie vindt in de bodem ook omzetting van minerale stikstof in organische stikstof plaats, waarbij minerale stikstof wordt opgenomen door de bodemflora; dit wordt aangeduid met immobilisatie. In deze bijdrage wordt onder mineralisatie steeds verstaan de *netto mineralisatie*, ofwel de netto uitkomst van mineralisatie en immobilisatie. Dit is ook de hoeveelheid stikstof die netto voor opname door planten en verliesprocessen beschikbaar is en bovendien is de netto mineralisatie veel eenvoudiger te meten dan de afzonderlijke processen.

Tot slot een opmerking over het begrip *stikstofleverend vermogen* van de grond, aangeduid als de NLV-klasse in de bemestingsadviezen voor grasland. Dit begrip wordt soms verward met mineralisatie. Het stikstofleverend vermogen van de grond is echter gedefinieerd als de hoeveelheid stikstof die aanwezig is in het oogstbare deel van het gewas bij een stikstofbemesting nul. Deze stikstof is afkomstig van depositie en mineralisatie. Echter, een groot deel van de gemineraliseerde stikstof wordt gebruikt voor de groei van nieuwe wortels en stoppels. Het stikstofleverend vermogen is dus wel gerelateerd aan de mineralisatie, maar kan daar zeker niet direct van afgeleid worden.

2.2 Methode

Voor het bepalen van de mineralisatiesnelheid op 'De Marke' is gekozen voor een relatief eenvoudige directe meetmethode. Deze methode is de meest praktische voor het verkrijgen van inzicht in de jaartotalen en het globale seizoensverloop voor een aantal verschillende plekken en met beperkte middelen (Raison *et al.*, 1987). De methode is gebaseerd op het gebruik van in de grond geslagen buizen. Een buis (doorsnede 2,5 cm) wordt in de grond geslagen tot een diepte van 20 cm op grasland of 30 cm op bouwland. De buis wordt afgedekt ter voorkoming van depositie en uitspoeling. Bij het plaatsen wordt, dicht bij de buis, de bodem bemonsterd en geanalyseerd op N-min. Na maximaal 4 weken, in de winter 8 weken, wordt de buis leeggehaald en eveneens geanalyseerd op N-min. Het verschil tussen de N-minwaarden van de twee analyses is een maat voor de mineralisatie. Deze methode kent een aantal nadelen en onnauwkeurigheden, maar blijft waardevol voor dit type onderzoek (Jarvis *et al.*, 1996). Door het inslaan van de buis worden wortels doorgesneden en kan de opname van stikstof door planten worden beperkt, en door het afdekken worden depositie en uitspoeling verhinderd. Anderzijds kan denitrificatie normaal plaatsvinden en worden de omstandigheden door het inslaan van de buis veranderd. De afgesneden wortels vormen een aanvulling van afbreekbaar organisch materiaal en door het nagenoeg verbreken van de verbinding met de omringende grond volgt het vochtgehalte niet het natuurlijke verloop. Door beperkte opname door planten wordt het gehalte aan N-min hoger en zou de immobilisatie toe kunnen nemen.

Er zijn dus veel factoren die onzekerheid geven met betrekking tot de nauwkeurigheid van de bepaalde mineralisatiesnelheid, maar een nog belangrijker bron van onnauwkeurigheid is de ruimtelijke variatie. Daarmee wordt zo goed mogelijk rekening gehouden, door per perceel steeds 18 buizen te plaatsen, gelijkelijk te verdelen over drie afzonderlijk te analyseren monsters. Bij het installeren van de buizen

worden rondom iedere buis op een afstand van ongeveer 20 cm drie monsters genomen. Hieruit worden drie vergelijkbare mengmonsters samengesteld en afzonderlijk geanalyseerd. De variatie in gehalten tussen de drie geanalyseerde monsters is vaak groot en de mineralisatiesnelheid moet berekend worden uit het verschil tussen twee getallen met een grote onnauwkeurigheidsmarge. Om het effect van uitschieters in de analysesresultaten te dempen, wordt uit de drie gevonden waarden niet de gemiddelde waarde berekend, maar wordt de mediaan (de middelste waarde) gebruikt.

Naast de ruimtelijke variatie is er nog een aantal bronnen van onnauwkeurigheid. In voedergewassen worden de buizen in de rij geplaatst, om schoffelen mogelijk te maken. In de rij zal de minerale stikstof wat sneller door de planten opgenomen worden en de rij hoeft dus niet representatief te zijn voor het gehele perceel. In grasland worden de buizen in de eerste periode na bemesting met drijfmest tussen de injectiesleuven geplaatst om de zeer speciale omstandigheden in de sleuven te vermijden. Hierdoor wordt (waarschijnlijk) de mineralisatie uit drijfmest onderschat. Voor de perioden dat er geen buizen in de grond staan (bij grondbewerking, oogsten, beweiden, e.d.) worden de waarden van voor en na deze perioden geëxtrapoleerd.

Tussen 1992 en 1998 zijn in totaal twee plekken vijf jaar bemonsterd, drie plekken zes jaar en twee plekken zeven jaar, twee plekken in blijvend grasland en vijf plekken in wisselbouw. De in deze jaren op deze plekken geteelde gewassen zijn weergegeven in Tabel 2.1. De resultaten voor de jaren 1992, 1993 en 1994 zijn voor zes plekken reeds gerapporteerd (Aarts, 1996).

In 1992 zijn kortere buizen gebruikt, 10 cm in grasland en 20 cm in bouwland, is in maïs rijenbemesting toegepast en was nog weinig dierlijke mest op het bedrijf beschikbaar. De resultaten van dat jaar zijn dus moeilijk vergelijkbaar met die van de andere jaren en zijn ook niet in de vergelijkingen meegenomen.

Tabel 2.1. Gewassen geteeld op zeven plekken op 'De Marke' in zeven jaren.

Jaar	Plek						
	9	17	11	19	2	21	20
1992	b.g.	b.g.	t.g. +	v.g. 1b	v.g. 2	v.g. +	
1993	b.g.	b.g.	v.g. 1b	v.g. 2	v.g. +	v.g. +	t.g. +
1994	b.g.	b.g.	v.g. 2	v.g. +	v.g. +	v.g. +	v.g. +b
1995	b.g.	b.g.	v.g. +	t.g. 1	v.g. +	t.g. 1	v.g. 2
1996	b.g.	b.g.	t.g. 1	t.g. 2	t.g. 1	t.g. 2	v.g. +
1997	b.g.	b.g.	t.g. 2	t.g. +	t.g. 2	v.g. 1	v.g. +
1998	b.g.			v.g. 1		v.g. 2	

b.g.: blijvend grasland
t.g. 1: tijdelijk grasland 1^e jaar
t.g. 2: tijdelijk grasland 2^e jaar
t.g. +: tijdelijk grasland 3^e jaar en ouder
v.g. 1: voedergewas 1^e jaar (maïs)
v.g. 1b: voedergewas 1^e jaar (bieten)
v.g. 2: voedergewas 2^e jaar
v.g. +: voedergewas 3^e jaar en ouder

In het najaar zijn de bodemlagen van 0-20, 20-40 en 40-60 cm diepte afzonderlijk bemonsterd en geanalyseerd voor het bepalen van de totaal in de bovengrond aanwezige hoeveelheid N-mineraal. In 1998 kon deze bemonstering door de hoge grondwaterstand niet uitgevoerd worden.

2.3 Resultaten

2.3.1 Mineralisatie

Het verloop van de mineralisatie, in de loop van een aantal jaren, is voor de zeven verschillende plekken weergegeven in Figuur 2.2. Het algemene beeld dat naar voren komt uit deze figuren is uiteraard lage waarden in de winter en hogere in de zomer. Verder zien we in sommige jaren een sterke daling midden in de zomer en in andere jaren niet, hetgeen samenhangt met een meer of minder sterke uitdroging van de grond. Ook negatieve waarden komen voor: Een hoge beginwaarde voor N-min kan, in combinatie met een geringe mineralisatieactiviteit, netto immobilisatie opleveren.

De hoogte van individuele pieken heeft, zoals gezegd, een grote onnauwkeurigheidsmarge en is ook niet het meest relevant. Belangrijker zijn de waarden voor de hoeveelheid N die beschikbaar komt per plek per jaar. Deze waarden zijn weergegeven in Tabel 2.2.

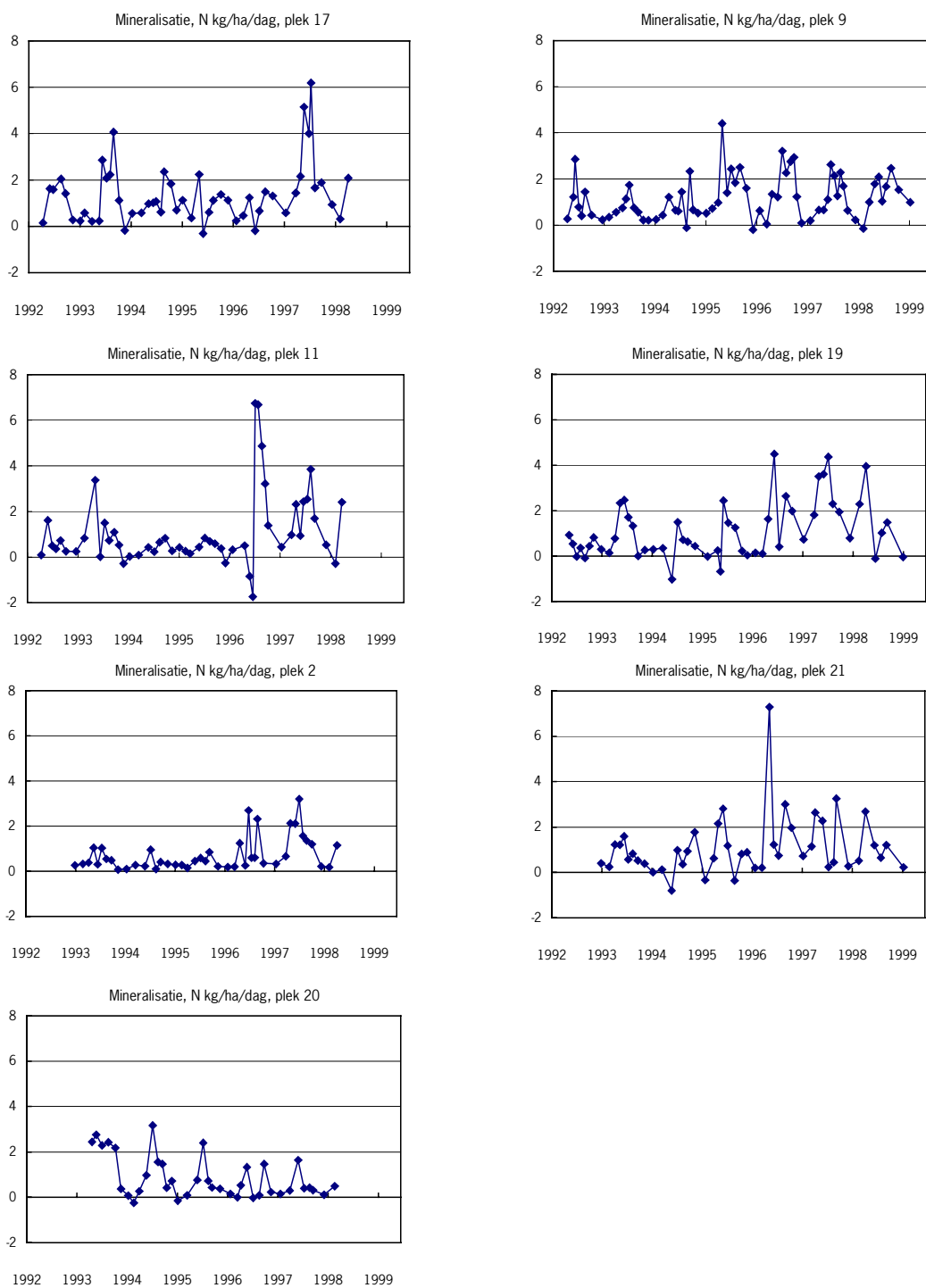
Gemiddeld bedroeg de mineralisatie over de jaren 1993-1998 $345 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, met een grote variatie per jaar en per plek, van minimaal 120 tot maximaal 750 kg. Deze cijfers zijn uitgesplitst naar gewas en voor de plekken met wisselbouw, naar plaats in de vruchtwisseling. Bekend is dat de plaats in de vruchtwisseling een duidelijk effect heeft op de stikstoflevering door de bodem. Bij het bepalen van de hoogte van de stikstofbemesting wordt daarmee rekening gehouden.

Tabel 2.2. *Stikstofmineralisatie in $\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ voor zeven plekken op 'De Marke' in zeven jaren.*

Jaar	Plek							Gem.
	9	17	11	19	2	21	20	
1992	192*	280*	114*	100*	57*	14*		
1993	214	385	385	314	155	245	501	314
1994	287	379	125	136	119	165	332	220
1995	542	343	152	225	135	257	198	265
1996	498	310	580	488	362	582	158	425
1997	377	734	498	751	421	344	155	469
1998	482			425		331		413
Gemiddeld	400	430	348	390	238	321	269	345

*: deze waarden zijn niet meegenomen in berekeningen en vergelijkingen

De waarden van de mineralisatie voor de verschillende gewasgroepen zijn weergegeven in Tabel 2.3 en samengevat in Figuur 2.3. Binnen de gewasgroepen is de spreiding nog aanzienlijk, maar er zijn duidelijke verschillen tussen de gewasgroepen. Onder blijvend grasland was de mineralisatie ongeveer $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ hoger dan onder wisselbouw. Onder tijdelijk grasland nam de mineralisatie toe naarmate dit grasland ouder werd, hoewel de verschillen tussen de drie groepen niet significant waren. Onder de voedergewassen daalde de mineralisatie naarmate het grasland langere tijd geleden was gescheurd; de gemiddelde waarde voor het eerste jaar verschilt significant van de waarden voor het tweede jaar ($p < 0,05$) en van de waarde voor het derde en latere jaren ($p < 0,01$). Wat opvalt is dat de mineralisatie onder tijdelijk grasland vanaf het tweede jaar veel hoger was dan onder blijvend grasland. Hiervoor is geen reden aan te geven.

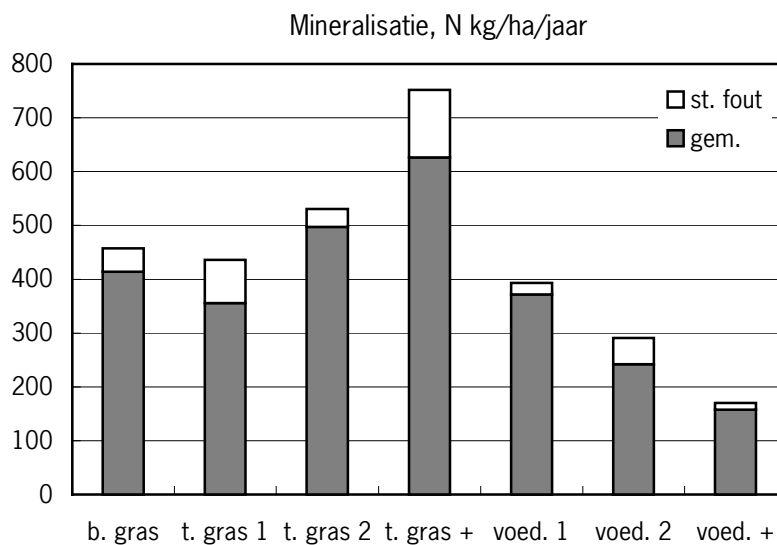


Figuur 2.2. Mineralisatie in $\text{kg ha}^{-1} \text{dag}^{-1}$ N voor zeven plekken op 'De Marke'.

Tabel 2.3. Mineralisatie in kg ha⁻¹ jaar⁻¹ per gewasgroep.

	n	gem.	s.a.*
Blijvend gras	11	414	143
Tijdelijk gras 1	4	356	160
Tijdelijk gras 2	4	497	66
Tijdelijk gras +	2	626	177
Voedergewas 1	4	372	42
Voedergewas 2	4	242	98
Voedergewas +	9	158	36

*: standaard afwijking



Figuur 2.3. Mineralisatie in kg ha⁻¹ jaar⁻¹ N voor zeven plekken.

De variatie binnen de groepen is deels het gevolg van onnauwkeurigheid, maar deels ook van verschillen in omstandigheden en/of teelt.

Eén van de mogelijke oorzaken van variatie in de mineralisatie is het al dan niet telen van een groenbemester of vanggewas na een voedergewas. Vergelijking is alleen mogelijk binnen de groep 'tweedejaar voedergewas', met drie waarden voor het jaar na de teelt van bieten *zonder* vanggewas en één waarde voor het jaar na de teelt van maïs *met* vanggewas. Deze waarden waren respectievelijk gemiddeld 210 en 330 kg ha⁻¹ jaar⁻¹. Voor de mineralisatie na de teelt van maïs met vanggewas, direct na scheuren van grasland, is dus maar één waarde beschikbaar. Dit geeft een grote onzekerheid, maar het lijkt waarschijnlijk dat de mineralisatie na de teelt van maïs met vanggewas op gescheurd grasland gemiddeld groter zal zijn dan de nu voor de gewasgroep 'voedergewas 2' gevonden waarde van 242 kg.

Een volgende bron van variatie is de aangevoerde hoeveelheid dierlijke mest, bestaande uit drijfmest, vaste mest en weidemest. De jaarlijks aangevoerde hoeveelheid organische N in dierlijke mest was gemiddeld voor blijvend grasland 150 kg per ha, voor tijdelijk grasland van 1 en 2 jaar oud 180 kg en voor ouder tijdelijk grasland 135 kg. Deze verschillen zijn niet groot, de verschillen in stikstofbemesting tussen tijdelijk grasland van verschillende ouderdom worden in de eerste plaats gerealiseerd met kunstmeststikstof. De verschillen in aangevoerde dierlijke mest geven in ieder geval geen verklaring

voor de hoge mineralisatie bij het oudere tijdelijk grasland. Binnen de groepen waren soms wel verschillen in mestgift aanwezig, maar een effect op de mineralisatie was niet waarneembaar. Bij de voedergewassen bestonden wel grote verschillen in mestgift tussen de groepen, waardoor de verschillen in gemeten mineralisatie tussen de groepen waarschijnlijk kleiner zijn dan ze bij gelijke mestgift geweest zouden zijn. Binnen de groepen was er nauwelijks verschil in mestgift, zodat hieruit ook geen verdere variatie verklaard kan worden.

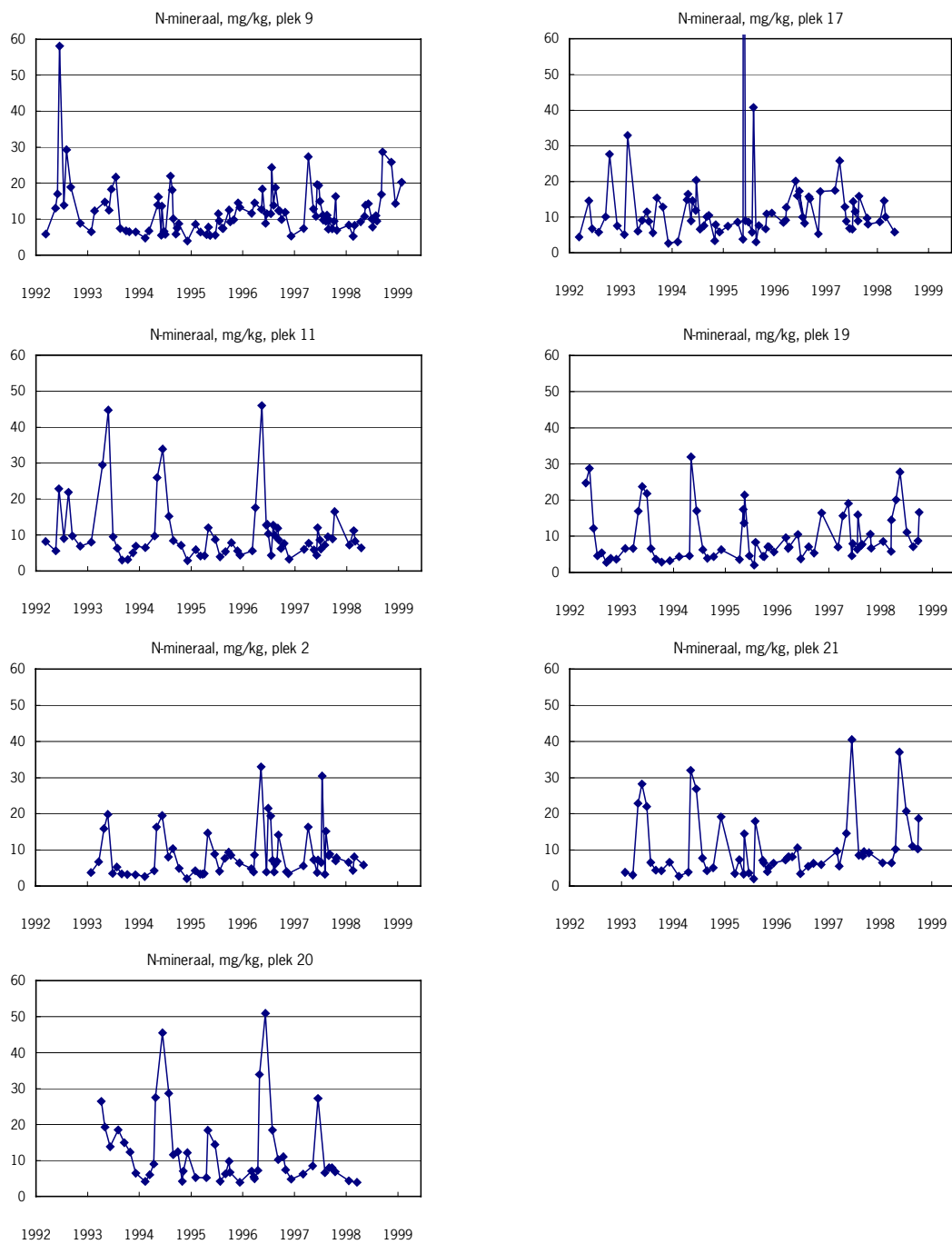
Tenslotte zijn er mogelijk effecten van jaar en plek, ofwel van weer en bodem. Weersinvloeden hebben ongetwijfeld effect, maar door interactie met de plek is dit effect niet zonder meer duidelijk. Zo zal b.v. droogte een sterker effect hebben op een droogtegevoelige plek. Het effect van de bodem is ook niet zonder meer vast te stellen, want een directe vergelijking is niet mogelijk, omdat op verschillende plekken niet tegelijk dezelfde gewassen werden verbouwd. Alleen plek 9 en plek 17 in blijvend grasland zijn direct vergelijkbaar. In plek 9 was de mineralisatie, ondanks een iets grotere aanvoer van dierlijke mest, gemiddeld 13% lager, maar dit verschil is volledig het gevolg van de extreem hoge waarde voor plek 17 in 1997 (zie Tabel 2.2).

2.3.2 Het verloop van het gehalte aan minerale stikstof

Het verloop van het gehalte aan N-min in de loop van een aantal jaren is weergegeven in Figuur 2.4. In het algemeen zijn hoge gehalten aan N-min terug te voeren op bemesting en is er geen direct verband met de mineralisatiesnelheid. Gezien de grote hoeveelheid N-min die via mineralisatie geproduceerd wordt, aanzienlijk meer dan als bemesting gegeven wordt, is dit een verrassende conclusie. De belangrijkste oorzaak van het ontbreken van een verband tussen mineralisatie en N-min-gehalte in de bodem lijkt dat mineralisatie en opname door planten onder dezelfde omstandigheden optimaal verlopen en daardoor in hoge mate synchronisch plaatsvinden.

De hoeveelheid N-min aanwezig in het najaar in de bodem tussen 0 en 60 cm diepte is weergegeven in Tabel 2.4 en samengevat per gewasgroep in Tabel 2.5. Deze hoeveelheid is gemiddeld duidelijk lager voor tijdelijk grasland dan voor blijvend grasland en voor voedergewassen. De hoge waarde voor tijdelijk grasland van drie jaar of ouder is het gemiddelde van één lage en één extreem hoge waarde van een plek met zeer veel klaver in de zode. Bij tijdelijk grasland lijkt de hoeveelheid N-min in het najaar iets toe te nemen bij het ouder worden, bij voedergewassen lijkt juist een licht dalende trend. Dezelfde tendens is in veel sterkere mate aanwezig bij de mineralisatie, maar de jaarlijkse mineralisatie en de gemeten hoeveelheid N-min in het najaar zijn alleen gecorreleerd bij de voedergewassen ($r = 0,48$) en niet bij tijdelijk grasland en blijvend grasland (zie Tabel 2.10).

Samenvattend kan gesteld worden dat, hoewel het wezen van mineralisatie de vorming van minerale stikstof is, de gemeten mineralisatiesnelheid niet bijdraagt aan de verklaring van het verloop van het gehalte aan N-mineraal en slechts beperkt bijdraagt aan de verklaring van de voorraad N-mineraal die aanwezig is in het najaar.



Figuur 2.4. N-mineraal in $mg\ kg^{-1}$ voor zeven plekken op 'De Marke'.

Tabel 2.4. Voorraad N-min in het najaar in kg ha⁻¹ voor zeven plekken op 'De Marke' in zes jaren.

Jaar	Plek							Gem.	s.f.*
	9	17	11	19	2	21	20		
1993	106	112	77	129	72	97	230	118	
1994	81	45	52	46	59	57	55	56	
1995	170	66	74	46	90	32	61	77	
1996	26	47	23	26	24	32	78	37	
1997	56	62	54	54	67	96	57	64	
1998**	-	-	-	-	-	-	-		
Gemiddeld	88	66	56	60	62	63	96	70	7

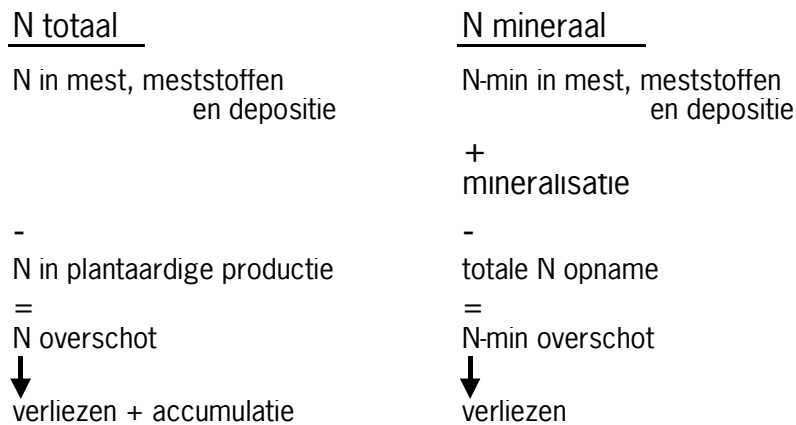
* s.f. = standaard fout

** - = niet bepaald

2.3.3 Stikstofbalans van de bodem

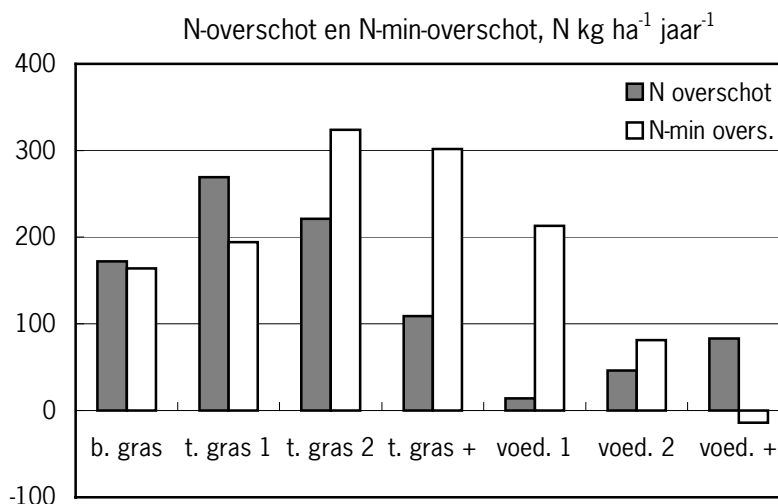
De stikstofbalans van de bodem is gedefinieerd als het verschil tussen de totale aanvoer en de totale afvoer. Het (positieve) verschil wordt aangeduid als het stikstofoverschot, dat ofwel verloren gaat via verschillende processen (uitspoeling, vervluchtiging) ofwel accumuleert in (of eventueel vrijkomt uit) organische stof in de bodem. De verliezen zijn uiteraard nauw gerelateerd aan dit overschot, maar op jaarbasis kunnen veranderingen in de totale hoeveelheid bodemorganische N dit verband sterk vertroebelen, bij voorbeeld in situaties met een vruchtwisseling van gras- en bouwland. Op basis van de gegevens met betrekking tot de mineralisatie wordt het mogelijk om de balans niet alleen op te stellen voor het totaal aan stikstof, maar ook voor minerale stikstof. Het overschot aan N-mineraal lijkt een veel betere maat voor op korte termijn te verwachten verliezen, omdat veranderingen in het gehalte aan organische N hier geen rol meer spelen. De balanstermen voor de beide balansen zijn samengevat in Figuur 2.5.

Er zijn wel andere complicaties. N in de oogstbare plantaardige productie is goed meetbaar, maar de totale N-opname omvat ook de opname in wortels, stoppels en tijdens de groei afgevallen blad. Die opname in niet-oogstbare plantendelen kan alleen ruw geschat worden, want de bepaling van de aanwezige hoeveelheid is veel minder nauwkeurig en bovendien is niet altijd duidelijk hoeveel van de opgenomen N op het moment van meting al weer is teruggevoerd naar de bodem. De opname in niet-ge oogste plantendelen is geschat op 50 kg per ha per jaar voor bieten, 150 kg voor maïs met onderzaai van gras en 250 kg voor grasland. Ook de cijfers voor de mineralisatie hebben een grote onnauwkeurigheidsmarge. Dit betekent dat het berekende N-min-overschot in principe wel een betere maat is voor de te verwachten verliezen uit de bodem, maar dat dit overschot veel minder nauwkeurig is vast te stellen.



Figuur 2.5. N balans van de bodem op perceelsniveau.

De berekende waarden voor het N-overschot en N-mineraal-overschot zijn weergegeven in Tabellen 2.6 en 2.7, de cijfers zijn voor de onderscheiden gewasgroepen samengevat in Figuur 2.6 en Tabellen 2.8 en 2.9. Het N-overschot was gemiddeld voor de bemonsterde plekken en jaren $141 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, met een grote spreiding tussen en binnen de gewasgroepen. Het gemiddelde N-min-overschot lag op hetzelfde niveau, $145 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, met vergelijkbare verschillen tussen en aanzienlijk grotere verschillen binnen de gewasgroepen. Dat de twee waarden op hetzelfde niveau liggen, suggereert dat er op langere termijn waarschijnlijk weinig zal veranderen aan de voorraad organisch N in de bodem. De onnauwkeurigheidsmarge van beide cijfers is echter groot, met een standaardfout van, respectievelijk 16 en 24 kg (zie Tabellen 2.6 en 2.7).



Figuur 2.6. N-overschot en N-min-overschot in $\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ voor zeven gewasgroepen.

Tabel 2.5. N-mineraal (0-60 cm) in het najaar in kg ha⁻¹ per gewasgroep.

	Aantal bepalingen	gem.	s.a.*
Blijvend gras	10	77	42
Tijdelijk gras 1	4	31	11
Tijdelijk gras 2	4	45	19
Tijdelijk gras +	2	142	124
Voedergewas 1	3	76	21
Voedergewas 2	3	81	42
Voedergewas +	9	70	17

* standaard afwijking

Tabel 2.6. Stikstofoverschot in kg ha⁻¹ jaar⁻¹ voor zeven plekken op 'De Marke' in zes jaren.

Jaar	Plek							Gem.	s.f.*
	9	17	11	19	2	21	20		
1993	164	70	67	-10	-45	12	63	46	
1994	255	169	64	257	106	225	40	159	
1995	210	147	156	240	55	223	50	154	
1996	217	166	287	225	345	196	37	210	
1997	173	118	317	155	241	22	142	167	
1998	204			-73		81		70	
Gemiddeld	204	134	178	132	140	126	67	141	16

* s.f. = standaard fout

Tabel 2.7. Stikstof(mineraal)overschot in kg ha⁻¹ jaar⁻¹ voor zeven plekken op 'De Marke' in zes jaren.

Jaar	Plek							Gem.	s.f.*
	9	17	11	19	2	21	20		
1993	-37	40	233	113	-69	55	124	66	
1994	101	128	-38	-26	-52	3	254	53	
1995	255	98	-3	97	-3	112	47	86	
1996	290	101	392	331	174	397	-87	228	
1997	113	463	341	497	228	162	57	266	
1998	253			202		200		218	
Gemiddeld	163	166	185	202	56	155	79	146	24

* s.f. = standaard fout

Tabel 2.8. N-overschot in kg ha⁻¹ jaar⁻¹ per gewasgroep.

	Aantal bepalingen	gem.	s.a.*
Blijvend gras	11	172	50
Tijdelijk gras 1	4	269	66
Tijdelijk gras 2	4	221	23
Tijdelijk gras +	2	109	65
Voedergewas 1	4	14	61
Voedergewas 2	4	46	40
Voedergewas +	9	83	92

* standaard afwijking

Tabel 2.9. N-mineraal overschot in kg ha⁻¹ jaar⁻¹ N per gewasgroep.

	Aantal bepalingen	gem.	s.a.*
Blijvend gras	11	164	139
Tijdelijk gras 1	4	194	136
Tijdelijk gras 2	4	324	70
Tijdelijk gras +	2	302	251
Voedergewas 1	4	213	40
Voedergewas 2	4	81	101
Voedergewas +	9	-14	50

* standaard afwijking

Het N-overschot werd sterk bepaald door de aanvoer van N en was aanzienlijk groter bij gras dan bij voedergewassen. Oorzaken hiervan zijn beweiding en het bewust matig bemesten van de voedergewassen, ter compensatie van de verhoogde mineralisatie uit gescheurd grasland. Het N-min-overschot hing nauw samen met de mineralisatie. De belangrijkste oorzaak hiervan was de grote spreiding in mineralisatie binnen de gewasgroepen in vergelijking met de spreiding in de overige balansposten.

2.3.4 Relaties tussen mineralisatie, stikstofoverschotten en N-min in het najaar

Voor alle onderlinge relaties tussen mineralisatie, N-overschot, N-min-overschot en hoeveelheid N-min in het najaar zijn, uitgesplitst voor blijvend grasland, tijdelijk grasland en voedergewassen, de correlatiecoëfficiënten (r) uitgerekend op basis van veronderstelde lineaire verbanden. Deze coëfficiënten zijn weergegeven in Tabel 2.10.

Voor tijdelijk grasland en voor voedergewassen was het N-overschot negatief gecorreleerd met de mineralisatie. De oorzaak hiervan is dat bij het vaststellen van de hoogte van de bemesting rekening wordt gehouden met de te verwachten verschillen in mineralisatie. Het N-min-overschot was voor alle gewassen sterk positief gecorreleerd met de mineralisatie. De verschillen in mineralisatie tussen de gewasgroepen zijn te groot om geheel door aanpassing van de bemesting gecompenseerd te kunnen worden en de grote spreiding in mineralisatie binnen de gewasgroepen veroorzaakt een soortgelijke spreiding in het N-min-overschot. De hoeveelheid N-min in het najaar was alleen voor voedergewassen positief gecorreleerd met de mineralisatie. Dit kan het gevolg zijn van beperkte opname van N aan het

eind van het groeiseizoen (met name door maïs), zodat die opname, ondanks het telen van gras als vanggewas, lager zal zijn dan die van grasland.

Tabel 2.10. *Correlaties (r) tussen mineralisatie, N-mineraal en overschotten voor verschillende gewassen.*

		Blijvend gras	Tijdelijk gras	Voedergewas
Mineralisatie	vs. N overschot	-0,13	-0,30	-0,51
	vs. N-min overschot	0,95	0,89	0,92
	vs. N-min najaar	0,02	0,10	0,48
N overschot	vs. N-min overschot	0,10	0,04	-0,30
	vs. N-min najaar	0,04	-0,74	-0,59
N-min overschot	vs. N-min najaar	-0,15	-0,34	0,24

2.4 Discussie

De gemiddelde waarde voor de mineralisatie van 345 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ komt goed overeen met de schatting van de gemiddelde hoeveelheid N die jaarlijks wordt opgenomen in niet oogstbare gewasdelen plus de input van organische N uit beweidingsverliezen en mest. Er zijn duidelijke verschillen in mineralisatie gevonden onder verschillende gewassen. Deze verschillen zijn gecorreleerd met het gewas in het jaar van meting, maar ook met de gewassen die in voorafgaande jaren zijn geteeld. Er is met name een verband gevonden met het aantal jaren dat een perceel in gebruik is als tijdelijk grasland of als bouwland. Onder tijdelijk grasland steeg de mineralisatie gedurende een aantal jaren na inzaai, op bouwland daalde de mineralisatie juist naarmate het perceel langer als bouwland in gebruik was. De werkelijke hoogte van de mineralisatie blijft echter slecht voorspelbaar, met name de hoge mineralisatie in ouder tijdelijk grasland is niet verklaarbaar. Ook individuele waarden kunnen sterk afwijken, waarschijnlijk voornamelijk door verschillen in weerscondities en onnauwkeurigheden als gevolg van de sterke ruimtelijke variabiliteit.

De gemeten mineralisatiesnelheid heeft, op korte termijn, geen voorspellende waarde voor de voorraad N-mineraal, waarschijnlijk omdat mineralisatie en opname sterk synchroon verlopen. Het jaartotaal aan mineralisatie is, althans voor voedergewassen, nog wel gecorreleerd aan de voorraad N-mineraal in het najaar, waarschijnlijk doordat de opname hier aan het eind van het groeiseizoen achterblijft bij de mineralisatie.

Het gemiddelde overschot aan N en aan N-mineraal liggen zeer dicht bij elkaar, wat vertrouwen geeft in de betrouwbaarheid van de gebruikte meetmethoden en schattingen. De onnauwkeurigheden in bepalingen en schattingen zijn echter zo groot dat de betrouwbaarheid van met name het geschatte N-min-overschot zeer gering is. Het N-overschot van gemiddeld 140 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ is wel nauwkeurig vastgesteld, en de overeenkomst met het N-min overschot suggereert dat het N-verlies ook ongeveer 140 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹ is, en er dus geen accumulatie van N optreedt. De verliezen op 'De Marke' zijn gemeten. Weliswaar op meer beperkte schaal dan de mineralisatie, maar een redelijke schatting is mogelijk. De beste schattingen lijken 15 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ door ammoniakvervluchtiging (Hilhorst & Oenema, 1999), 25 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ door denitrificatie (Corré, 1996) en 45 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ door nitraatuitspoeling (gemeten op 1 meter beneden maaiveld, Hack-ten Broeke, 1996). Dit betekent dat er een onverklaard verlies van ruim 50 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹ overblijft. Mogelijke verklaringen zouden kunnen zijn: accumulatie in de organische stof en/of onderschatting van de denitrificatie. Een accumulatie in de orde van 40 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹ lijkt niet onwaarschijnlijk (Aarts *et al.*, 1999) en ligt zeker binnen de onzekerheidsmarge van het N-min-overschot. Verder leiden methodologische problemen bij de meting waarschijnlijk tot onderschatting van de denitrificatie. Met name de mate van denitrificatie die optreedt

bij een sterk stijgende grondwaterspiegel na veel regen is niet bekend. De orde van grootte van een mogelijke onderschatting van de denitrificatie is echter niet aan te geven.

Bij de bemesting wordt duidelijk rekening gehouden met de verwachte mineralisatie. Het N-overschot daalt op tijdelijk grasland naarmate dit ouder wordt en het stijgt op bouwland naarmate het grasland langer geleden gescheurd is. Het gevonden negatieve verband tussen N-overschot en N-min-overschot voor zowel tijdelijk grasland als bouwland, lijkt erop te wijzen dat een nog verdergaande aanpassing mogelijk zou zijn. De mogelijkheden hiervoor zijn echter beperkt. Het voedergewas dat direct na het scheuren van het grasland wordt verbouwd, wordt nu al niet bemest en het gebruik van dierlijke mest op het bedrijf betekent dat niet alleen met stikstof rekening gehouden kan worden. Gezien het zeer lage N-min overschot bij voedergewassen in het derde jaar en het hoge N-min-overschot bij ouder tijdelijk grasland, zou enige verschuiving van bemesting van de laatste naar de eerstgenoemde groep overwogen kunnen worden.

De correlatie tussen mineralisatie en N-min-overschot is heel sterk, de correlaties tussen mineralisatie en N-overschot en mineralisatie en voorraad N-min in het najaar zijn veel zwakker: heel zwak voor grasland en nog redelijk voor voedergewassen. Dit resulteert voor voedergewassen in een duidelijke (negatieve) correlatie tussen N-overschot enerzijds en N-min-overschot en N-min in het najaar, anderzijds en een positieve correlatie tussen N-min-overschot en N-min in het najaar, terwijl voor grasland duidelijke correlaties ontbreken. Het ontbreken van duidelijke correlaties toont aan dat bij de bemesting van grasland minder goed rekening gehouden kan worden met de verwachte mineralisatie. Bij blijvend grasland kan dit uiteraard niet, omdat verschillen in mineralisatie niet te voorspellen zijn, bij tijdelijk grasland kan dit ook maar beperkt, omdat ook daar de mineralisatie moeilijk te voorspellen is, getuige de grote spreiding binnen de drie groepen (eerste, tweede en latere jaren). Bij de voedergewassen is de spreiding in mineralisatie binnen de drie groepen veel kleiner. Mogelijk wordt de grotere spreiding in grasland veroorzaakt door de relatief grote bijdrage van N, die is gemineraliseerd uit vers materiaal, in de totale mineralisatie; dit materiaal is ruimtelijk zeer heterogeen verdeeld, zoals bij beweidingsverliezen en mestflatten. De negatieve correlaties tussen de voorraad N-min in het najaar en zowel N-overschot als N-min-overschot bij tijdelijk grasland zijn niet verklaarbaar.

2.5 Conclusies

- Stikstof uit mineralisatie is een belangrijke stikstofbron voor het gewas. Op 'De Marke' levert mineralisatie gemiddeld ongeveer 345 kg stikstof per hectare per jaar, met uiterste waarden van 120 en 750 kg.
- De mineralisatie is duidelijk gecorreleerd met het geteelde gewas, in het jaar van meting en in voorafgaande jaren.
- Mineralisatie draagt nauwelijks bij aan de verklaring van de totale voorraad N-mineraal in de bodem op enig moment.
- Op basis van de mineralisatie kan een N-min-balans met een N-min-overschot opgesteld worden. Dit overschot is sterk gecorreleerd met de mineralisatie en ligt gemiddeld op ongeveer hetzelfde niveau als het N-overschot.
- Ondanks alle methodologische problemen, onnauwkeurigheden en natuurlijke variabiliteit zijn, dankzij het grote aantal metingen, duidelijke trends in de resultaten waarneembaar, voorspellingen over de hoogte van de mineralisatie houden echter een erg grote onzekerheidsmarge.

3. Nitraat in het grondwater in relatie tot weer en beheer

J.G. Conijn (Plant Research International)

3.1 Inleiding

Maximaal 50 mg nitraat per liter in het bovenste grondwater is de doelstelling van proefbedrijf 'De Marke' ten aanzien van de nitraatuitspoeling. Aangezien het bedrijf op een uitspoelingsgevoelige zandgrond ligt (Hilhorst & Oenema, 2000) zijn verschillende maatregelen nodig om dit doel te bereiken. De voornaamste maatregelen om de nitraatuitspoeling te beperken zijn:

- verlaging van de stikstofgift uit kunstmest,
- niet bemesten na half augustus,
- per dag minder beweidinguren,
- aan het eind van het seizoen eerder opstallen,
- verhoging aandeel stikstofarm voer in het rantsoen,
- vanggewas telen tijdens en na maïsteelt.

Over de mate waarin deze maatregelen op proefbedrijf 'De Marke' zijn doorgevoerd in vergelijking met de situatie op gangbare bedrijven is uitvoerig verslag gedaan in de bijdrage van Hilhorst en Oenema (2000). Het resultaat van al deze inspanningen met betrekking tot de nitraatuitspoeling wordt bepaald door jaarlijks het bovenste grondwater te bemonsteren en de nitraatconcentratie hierin vast te stellen. De aanleiding voor het onderzoek naar de relatie tussen nitraatconcentratie en weer en beheer was enerzijds de onzekerheid of met het huidige beheer het doel van 50 mg nitraat per liter grondwater gehaald wordt en anderzijds de grote en deels onbegrepen variatie in gemeten nitraatconcentraties tussen percelen en tussen jaren. Volgens een voorlopige analyse, uitgevoerd door medewerkers van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), zou het veeljarig gemiddelde uitkomen op 74,6 mg nitraat per l grondwater met een 95% betrouwbaarheidsinterval van +/- 4,5 mg l⁻¹ (pers. mededeling Boumans & Fraters, RIVM, 1999). Deze waarde is gebaseerd op de metingen uit de periode 1992–1998 en een correctie voor weersinvloeden, omdat het weer gedurende die periode afweek van het veeljarig gemiddelde weer. Volgens een andere studie zou op proefbedrijf 'De Marke' de gemiddelde nitraatconcentratie op 1 m beneden maaiveld (-mv) 67 mg l⁻¹ bedragen, waarbij in 2/3 van het aantal jaren de norm van 50 mg l⁻¹ overschreden wordt (Hack-ten Broeke *et al.*, 1999). Deze verwachting is gebaseerd op berekeningen met behulp van een simulatiemodel, waarbij 30 verschillende weerjaren werden gebruikt. Beide analyses komen uit op een overschrijding van de norm van 50 mg/l op langere termijn, wanneer rekening wordt gehouden met de weersvariabiliteit. De twijfel of met het huidige bedrijfssysteem van 'De Marke' de nitraatdoelstelling duurzaam gehaald wordt, wordt hierdoor versterkt, maar dit resultaat vraagt ook om nader onderzoek naar de oorzaken van de variatie in de nitraatconcentraties in het grondwater.

Het doel van het hier beschreven onderzoek is om de effecten van weer en beheer op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van de percelen op proefbedrijf 'De Marke' te kwantificeren en aan te geven welk deel van de variatie in de gemeten nitraatconcentraties daarmee verklaard kan worden. Hiervoor wordt een multiële lineaire regressie uitgevoerd met de nitraatconcentratie als te verklaren variabele en weer- en beheersaspecten als verklarende variabelen. Als mogelijke 'spin-off' zouden de resultaten van dit onderzoek kunnen leiden tot aanpassing van het stikstofbeheer op 'De Marke' met het doel de kans op realisatie van de nitraatdoelstelling te verhogen, maar dit aspect staat niet voorop in het onderzoek.

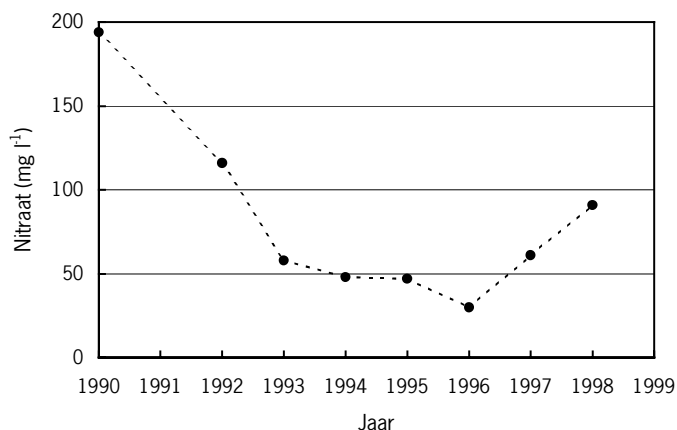
De nitraatconcentraties in het bovenste grondwater op proefbedrijf 'De Marke' in de jaren 1990–1998 laten een enorme variabiliteit zien. Deze variatie zal niet voor 100% te verklaren zijn uit weers- en beheersaspecten, omdat er sprake is van bijv. meeton nauwkeurigheden of variabiliteit die niet direct afhankelijk is van weer en management, zoals verschillen in watertransport in de ondergrond. Welk deel wel verklaard kan worden, is aan het begin van dit onderzoek niet bekend. In een vergelijkbare studie naar het verband tussen bedrijfskarakteristieken en gemiddelde nitraatconcentraties op bedrijfsniveau kon 64,2% van de variatie verklaard worden (Fraters *et al.*, 1997). De verwachting voor dit onderzoek ligt lager, omdat de verschillen in nitraatconcentraties op 'De Marke' kleiner zijn dan die tussen de bedrijven in de studie uitgevoerd door Fratens *et al.* (op. cit.).

In dit hoofdstuk komt eerst aan de orde welke gegevens beschikbaar zijn en hoe ze verzameld zijn (zie 3.2 **De gegevens**). Vervolgens wordt een globaal beeld gegeven van de variatie in nitraatconcentraties op proefbedrijf 'De Marke', o.a. bij de verschillende kaveltypen en gewassoorten (zie 3.3 **De variatie in nitraatconcentraties**). In de 4e paragraaf worden de variabelen die mogelijk een verklaring kunnen geven voor de variatie in nitraatconcentratie besproken (zie 3.4 **De regressieanalyse**). Daarnaast wordt de in de regressieanalyse gevolgde procedure uitgelegd en worden de resultaten van de regressieanalyse gepresenteerd en kort besproken. De laatste paragraaf bevat de discussie en de conclusies van dit onderzoek, om de betekenis van de gemeten nitraatconcentraties op proefbedrijf 'De Marke' en de gevonden samenhang met weers- en beheersaspecten in een breder kader te plaatsen (zie 3.5 **Discussie en conclusies**).

3.2 De gegevens

3.2.1 De nitraatmetingen

Sinds 1990, met uitzondering van 1991, worden jaarlijks op alle percelen van proefbedrijf 'De Marke' metingen verricht naar de kwaliteit van het bovenste grondwater. De grondwatermonsters worden door het RIVM verzameld, mede in het kader van het 'Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven in het zandgebied' (zie o.a. Fratens *et al.*, 1997) en geanalyseerd op het laboratorium van het RIVM. Op ieder perceel wordt eenmaal per jaar (meestal in oktober of november) een aantal grondwaterbuizen geslagen. De datum waarop dit plaatsvindt verschilt tussen jaren, maar soms ook tussen percelen binnen een jaar. Het aantal buizen per perceel is afhankelijk van de oppervlakte van het perceel, maar zodanig dat er ongeveer drie buizen per ha worden aangebracht. Deze buizen worden na monsternamen weer verwijderd, maar bij bemonstering in een volgend jaar wordt op ongeveer dezelfde plek opnieuw geboord. Uit de buizen wordt een hoeveelheid grondwater opgezogen, zodat de bovenste meter van het grondwater voor analyse gebruikt kan worden. In het laboratorium van het RIVM wordt ieder monster afzonderlijk geanalyseerd, waarbij o.a. de nitraatstikstof-concentratie in mg N-NO₃ per liter grondwater wordt bepaald. In totaal zijn op deze manier 1327 metingen verricht gedurende een periode van acht jaar. De metingen van 1999, waarvoor de monsters verzameld zijn in oktober, konden niet in dit onderzoek worden meegenomen, omdat de resultaten niet op tijd beschikbaar waren. De ontwikkeling van de gemiddelde nitraatconcentraties in de periode 1990–1998 toont een sterke daling in de concentratie gedurende de beginperiode (1990-1994), van ± 200 naar ± 50 mg l⁻¹, maar ook een stijging in de laatste twee jaren van 30 naar 91 mg l⁻¹ (zie Figuur 3.1).



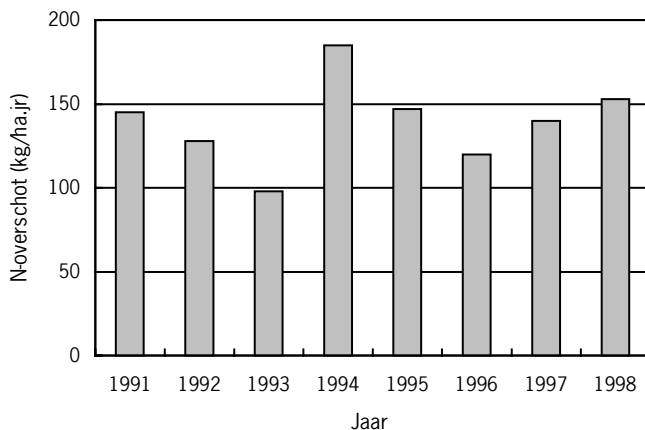
Figuur 3.1. De gemiddelde nitraatconcentratie in mg l⁻¹ in het bovenste grondwater op proefbedrijf 'De Marke', gemeten in de herfst gedurende de periode 1990-1998.

Bij het nemen van de monsters in het veld werd door het RIVM tevens de grondwaterstand per grondwaterbuis bepaald.

3.2.2 De gegevens over weer en beheer

Op proefbedrijf 'De Marke' zijn gegevens verzameld met betrekking tot het weer en het beheer van alle percelen sinds 1990. Vanaf het begin van het bedrijf in 1990 zijn 22 percelen tot op de dag van vandaag nog in gebruik. In de periode 1991–1994 zijn er zes percelen bij gekomen, via aankoop of ruilverkaveling. Het totaal aantal percelen in 1998 bedraagt dus 28, met een gemiddelde oppervlakte van 2,0 ha. Met betrekking tot het weer zijn de volgende gegevens verzameld: neerslag, minimum en maximum temperatuur en straling. Van deze weersvariabelen zijn dagwaarden of dagtotalen beschikbaar vanaf medio 1992, toen het weerstation op 'De Marke' in gebruik werd genomen. Met betrekking tot het beheer van de percelen is een groot aantal gegevens verzameld. Van drie nutriënten (stikstof, fosfor en kalium) zijn de inputs en outputs gemeten³, c.q. geschat. Voor stikstof betreft dit de input via drijfmest, weidemest, vaste mest, kunstmest, binding van atmosferisch stikstofgas door klaver en de atmosferische depositie van stikstofverbindingen. De verdeling van de stikstof, toegediend via dierlijke mest, in een mineraal en een organisch gebonden deel is in bijna alle gevallen voor de toediening van drijfmest en vaste mest vastgesteld. De output wordt gegeven als de hoeveelheid stikstof in het gewas die van het perceel afgevoerd wordt via de geoogste producten. Ook voor fosfor en kalium zijn deze gegevens beschikbaar. Het overschot op perceelsniveau wordt gegeven door de totale aanvoer minus de afvoer in geoogst materiaal. Het gemiddelde stikstofoverschot per jaar van alle percelen, berekend als het ongewogen gemiddelde van de stikstofoverschotten op perceelsniveau, schommelt sinds 1991 rond een gemiddelde van 140 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹, met uitschieters van 98 in 1993 en 185 in 1994 (Figuur 3.2).

³ In 1991 zijn niet alle stikstofbalansposten gemeten (o.a. het stikstofgehalte in het geoogste gewas) en is er gebruik gemaakt van de 'best mogelijke schatting'.



Figuur 3.2. Het stikstofoverschot (= aanvoer - afvoer op perceelsniveau) gedurende de periode 1991–1998, gemiddeld over alle percelen van proefbedrijf 'De Marke' (berekend zonder rekening te houden met verschillen in oppervlakte van de percelen).

Teeltkundige gegevens zijn gedurende de gehele periode vastgelegd, o.a. via het rotatieschema waarop de verdeling van de gewassen over de percelen per jaar aangegeven wordt. Op proefbedrijf 'De Marke' worden hoofdzakelijk gras en maïs geteeld en in de periode tot 1996 op enkele percelen ook voederbieten. Sinds 1993 wordt bijgehouden hoeveel water er via kunstmatige beregening per beregeningsgift aan de percelen is toegediend. Dit water wordt uit het grondwater opgepompt en voornamelijk voor de graslandpercelen gebruikt, indien daar behoefte aan is. De percelen van 'De Marke' kunnen ingedeeld worden in relatief droge en relatief natte percelen op basis van een bodemkartering uit 1990 (Dekkers, 1992) en visuele waarnemingen. In 1998 werden 11 percelen (circa 40% van het totale areaal) als relatief nat gekwalificeerd. De termen 'droog' en 'nat' gelden 'intern' voor proefbedrijf 'De Marke', aangezien de meeste percelen als relatief droog aangemerkt moeten worden in vergelijking met de droogtegevoeligheid van de overige zandgronden in Nederland, waarop melkveebedrijven gevestigd zijn (Hilhorst & Oenema, 2000).

3.2.3 De gebruikte gegevens

Niet alle gegevens die beschikbaar waren, zijn ook daadwerkelijk gebruikt in dit onderzoek. De gegevens van de jaren 1990-1992 zijn uit de analyse weggelaten, omdat in de zomer van 1992 het melkvee werd aangekocht en 1993 dus het eerste volledige jaar als melkveebedrijf was. De periode 1990-1992 kan worden gezien als aanlooperperiode, waarin het melkvee nog niet aanwezig was en niet alle metingen op het gebied van weer en management van het bedrijf werden uitgevoerd.

De gegevens van het beheer op proefbedrijf 'De Marke' zijn verzameld op perceelsniveau en geven dus informatie over het perceel als geheel. Ten aanzien van de nitraatconcentraties is er jaarlijks van elk perceel een aantal gegevens beschikbaar. In de regressieanalyse is gerekend met de gemiddelde nitraatconcentratie per perceel per jaar en niet met de afzonderlijke metingen. Elk perceel wordt in de analyse beschouwd als een experimentele eenheid, waarop jaarlijks een bepaald beheer van toepassing is en waarvan de nitraatconcentratie wordt weergegeven door het rekenkundig gemiddelde van de afzonderlijke metingen. Hierdoor zijn er in totaal maximaal 165 nitraatconcentraties beschikbaar, verdeeld over 6 jaren en 28 percelen.

3.3 De variatie in nitraat

In deze paragraaf wordt een globaal beeld gegeven van de verschillen in de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater tussen jaren, percelen en gewassen op proefbedrijf 'De Marke'. Op basis van de gemiddelde nitraatconcentratie van alle percelen over de periode 1993–1998 (55 mg l⁻¹), is de nitraatdoelstelling (50 mg l⁻¹ over deze periode (net) niet gehaald en wordt de norm in 50% van de jaren overschreden (zie onderste rij van Tabel 3.1). Bij vergelijking van de gemiddelde nitraatconcentraties in de verschillende jaren, valt op dat in 1996 en 1998 een duidelijk lagere, respectievelijk hogere, nitraatconcentratie op bedrijfsniveau gemeten werd dan het periodegemiddelde van 55 mg l⁻¹.

Tabel 3.1. *De gemiddelde nitraatconcentraties (mg l⁻¹) onder de drie kaveltypen van proefbedrijf 'De Marke' in de periode van 1993-1998. Cijfers zijn bepaald op basis van de perceelsgemiddelden zonder rekening te houden met verschillen in oppervlakte tussen percelen.*

Kaveltype ⁴	Jaar						
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	93/98
Blijvend grasland	50	43	55	42	84	41	53
Huiskavel	40	42	47	29	54	105	53
Veldkavel	94	60	41	20	49	91	58
Bedrijf	56	47	48	31	60	88	55

Indien de totale periode van 1993–1998 beschouwd wordt, zijn er slechts kleine verschillen in de gemiddelde nitraatconcentratie tussen de kaveltypen (zie laatste kolom van Tabel 3.1), ondanks de verschillen in beheersintensiteit tussen de kaveltypen. In afzonderlijke jaren liggen de nitraatconcentraties van de kavels soms wel sterk uiteen (bijv. in 1993 en 1998). De gemiddelde nitraatconcentratie onder blijvend grasland ligt in vijf van de zes jaren hoger dan het gemiddelde onder de huiskavel, maar door de relatief hoge nitraatconcentratie voor de huiskavel in 1998, komen beide periodegemiddelden op hetzelfde niveau uit.

Bij een indeling van de gemiddelde nitraatconcentraties naar jaar en gewas, zoals dat geteeld werd in het jaar van de meting, komt bij de vergelijking van gras met maïs hetzelfde beeld naar voren als bij de kavelindeling (zie Tabel 3.2): in afzonderlijke jaren zijn soms grote verschillen waar te nemen (bijv. in 1998), terwijl de verschillen in periodegemiddelden relatief gering zijn. Hierbij geldt dat gemiddeld over de hele periode bij de maïsteelt een hogere nitraatconcentratie gevonden wordt, maar dat dit veroorzaakt wordt door de extreem hoge waarde uit 1998. Bij de teelt van voederbieten werd altijd een relatief lage nitraatconcentratie gemeten, maar dit gewas wordt niet meer geteeld na 1995.

⁴ Voor definitie van de kaveltypen zie de bijdrage van Hilhorst en Oenema in dit rapport.

Tabel 3.2. De gemiddelde nitraatconcentraties (mg l⁻¹) bij de drie gewassen van proefbedrijf 'De Marke' in de periode 1993–1998. De nitraatconcentratie, gemeten in de herfst van een bepaald jaar, is hierbij gekoppeld aan het gewas van datzelfde jaar.

Gewas (dit jaar)	Jaar						
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	93/98
Gras	48	53	53	34	66	59	52
Maïs	73	39	45	23	54	126	61
Biet*	38	38	18	-	-	-	32
Bedrijf	56	47	48	31	60	88	55

* Voederbieten werden in 1993 op drie percelen geteeld en in 1994 en 1995 op twee percelen

Indien de nitraatconcentratie van een bepaald jaar gekoppeld wordt aan het gewas dat één jaar eerder op dat perceel geteeld werd, komt een duidelijker verschil tussen gras- en maïsteelt naar voren (zie Tabel 3.3). Op percelen waarop vorig jaar maïs geteeld werd, wordt in alle jaren een hogere nitraatconcentratie in het grondwater gevonden dan op percelen met grasteelt.

Tabel 3.3. De gemiddelde nitraatconcentraties (mg l⁻¹) bij de drie gewassen van proefbedrijf 'De Marke' in de periode 1993-1998. De nitraatconcentratie van een bepaald jaar is hierbij gekoppeld aan het gewas dat een jaar eerder op dat perceel geteeld werd.

Gewas (vorig jaar)	Jaar						
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	93/98
Gras	45	44	45	30	53	50	44
Maïs	74	54	55	36	65	126	73
Biet	39	43	42	18	-	-	36
Bedrijf	56	47	48	31	60	88	55

De indeling in gewassoorten van Tabel 3.2 kan nader gedetailleerd worden door tevens het aantal jaren van een bepaalde teelt in ogenschouw te nemen. Dit geldt alleen voor de maïs- en grasteelt op huis- en veldkavel. Dan valt op dat 1^e jaar gras na een periode akkerbouw (altijd maïs) in alle jaren een hogere nitraatconcentratie had dan het bedrijfsgemiddelde (Tabel 3.4). Daartegenover staat de gemiddelde nitraatconcentratie van tijdelijk grasland ouder dan 2 jaar, dat in alle jaren een lager gemiddelde heeft.

In 1998 werden onder een aantal teelten extreem hoge gemiddelde nitraatconcentraties vastgesteld, die ruim drie keer zo hoog waren als de nitraatconcentraties van de overige teelten. De groep met de hoge nitraatconcentraties (1^e-jaars gras, 1^e, 2^e en > 2^e-jaars maïs) heeft als gemeenschappelijk kenmerk dat ze in het voorjaar van 1998 zijn ingezaaid, terwijl dit bij de overige teelten (blijvend gras, 2^e en >2^e jaar gras) niet het geval was. Ook voor waarden in Tabel 3.4 geldt dat de verschillen in de periode-gemiddelden sterk beïnvloed worden door de hoge waarden van 1998.

Tabel 3.4. De gemiddelde nitraatconcentraties (mg/l) bij een aantal gewasrotaties van proefbedrijf 'De Marke' in de periode van 1993-1998. De nitraatconcentratie, gemeten in de herfst, is hierbij gekoppeld aan het gewas van datzelfde jaar.

Gewasrotatie	Jaar						
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	93/98
Blijvend grasland	50	43	55	42	84	41	53
Gras, 1 ^e jaar	84	65	61	43	62	127	76
Gras, 2 ^e jaar	20	66	54	16	61	28	43
Gras, >2 ^e jaar	28	28	45	28	27	36	33
Maïs, 1 ^e jaar	177 [*])	30 [*])	9 [*])	24	16	132	47
Maïs, 2 ^e jaar	75	43	40	13	67	139	67
Maïs, >2 ^e jaar	51	39	56	30	72	115	63
Bedrijf	56	47	48	31	60	88	55

* Deze waarden zijn slechts gebaseerd op waarnemingen afkomstig van één perceel

In deze paragraaf is aangetoond dat er aanzienlijke verschillen bestaan in de nitraatconcentraties tussen jaren, kavels, gewassen en gewasrotaties. Hieraan kunnen nog geen conclusies verbonden worden ten aanzien van de oorzaken van de variatie, omdat de samenhang met de overige weers- en beheersaspecten nog niet is onderzocht. Die samenhang wordt bepaald met behulp van een multiële lineaire regressie-analyse, omdat hiermee de gezamenlijke effecten van meerdere variabelen kunnen worden vastgesteld. In de volgende paragraaf worden de resultaten van deze analyse besproken.

3.4 De regressieanalyse

Er is een multiële lineaire regressieanalyse uitgevoerd met behulp van het statistische software-pakket GENSTAT (Genstat 5 Committee, 1998; Goedhart & Thissen, 1998), met de volgende twee doelstellingen:

- kwantificeren van de invloed van één of meer verklarende variabelen op de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater en
- aangeven welk deel van de variatie in nitraatconcentratie verklaard wordt door de gebruikte verklarende variabelen.

De gevolgde procedure voor de regressieanalyse staat in Bijlage III.1, waarin kort wordt uitgelegd volgens welke statistische criteria de 'beste' regressievergelijking wordt geselecteerd. De resultaten van de regressieanalyse zijn in eerste instantie van toepassing op de nitraatconcentraties uit de periode 1993–1998. In de discussie (paragraaf 3.5) komt vervolgens aan de orde in hoeverre de resultaten gebruikt kunnen worden om voor proefbedrijf 'De Marke' meer algemene uitspraken te doen.

3.4.1 De gebruikte variabelen

De te verklaren variabele is de gemiddelde nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater op de percelen van proefbedrijf 'De Marke', zoals gemeten in de herfst van ieder jaar in de periode 1993-1998. Maximaal zijn er 165 gemiddelde nitraatconcentraties beschikbaar voor de analyse. In vijf gevallen zijn er bij de verklarende variabelen onvoldoende gegevens beschikbaar, waardoor de samenhang tussen deze nitraatconcentraties en de verklarende variabelen niet kan worden vastgesteld. Deze vijf waarnemingen zijn uit de dataset verwijderd, zodat de analyse is uitgevoerd met 160 gemiddelde nitraatconcentraties.

De dynamiek van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater wordt bepaald door een aantal factoren, waarvan de belangrijkste zijn:

- aanvoer van water en nitraat vanuit de bovengrond,
- denitrificatie in het grondwater,
- transport van water en/of nitraat over de grenslaag van één meter in het grondwater (bijv. door kwel).

Op proefbedrijf 'De Marke' speelt kwel geen rol van betekenis en is denitrificatie in het grondwater onder gemiddelde weersomstandigheden waarschijnlijk te verwaarlozen (Corré, 1996). In deze studie wordt dus verondersteld dat de gemeten nitraatconcentraties voornamelijk bepaald worden door de aanvoer van bovenaf, zodat een relatie verwacht mag worden met zowel de stikstofbalans als de waterbalans van het perceel. De gemiddelde nitraatconcentratie van een perceel wordt hierbij gekoppeld aan andere karakteristieken van datzelfde perceel, waarmee impliciet wordt aangenomen dat de stroming van water door de bodem richting het grondwater in hoofdzaak verticaal is. Deze aanname is o.a. gebaseerd op onderzoek, waarbij berekend werd dat de onderkant van de bovenste meter grondwater in een gemiddeld jaar slechts 5 m van het bemonsteringspunt infiltreert (pers. mededeling, Boumans, RIVM, 1999).

De mogelijk verklarende variabelen waarvan het effect op de nitraatconcentratie onderzocht is, staan in Tabel 3.5, en zijn in drie groepen verdeeld. In de stikstofbalans zijn variabelen opgenomen die informatie geven over het stikstofbeheer op een perceel. De weer- en waterbalansgroep bevat gegevens met betrekking tot het weer, de kunstmatige beregening en de grondwaterstand. Tenslotte zijn er teeltvariabelen in de analyse opgenomen, zoals gewaskeuze e.d.

Stikstofbalans

Stikstofaanvoer naar het perceel vindt plaats via drijfmest, vaste mest, weidemest en kunstmest, door binding van atmosferisch stikstofgas (N_2) door klaver, en als gevolg van depositie van stikstofverbindingen uit de atmosfeer. Afvoer van stikstof vindt plaats via het oogsten van de gewassen. Deze stromen zijn voor ieder perceel per jaar geschat of gemeten en in de analyse opgenomen (zie Tabel 3.5). Het verschil tussen aan- en afvoer is het stikstofoverschot op perceelsniveau en de verwachting is dat de gemeten nitraatconcentratie positief gecorreleerd is met dit overschot. Dit werd o.a. gevonden in de studie van Fraters *et al.* (1997), waarin het stikstofoverschot *op bedrijfsniveau* een significante bijdrage leverde aan de verklaring van de variatie in gemiddelde nitraatconcentraties tussen bedrijven.

De dynamiek van stikstof in de bodem wordt niet alleen bepaald door de bovenbeschreven termen van de stikstofbalans, maar ook door de interne stikstofstromen in de bodem (zie Corré, 2000). Echter, deze stromen zijn niet voor alle percelen per jaar gemeten en zijn daarom niet in de analyse gebruikt. Bovendien zijn de schattingen van met name de mineralisatie en de totale stikstofopname door de gewassen per perceel per jaar uiterst onzeker, waardoor de samenhang met de nitraatuitspoeling wellicht niet verbeterd wordt in vergelijking met het gebruik van bovenstaande balanstermen. De onzekerheid wordt nog versterkt doordat de jaarlijkse stikstofuitspoeling op 'De Marke' in veel gevallen circa 10% bedraagt van de stikstofmineralisatie of de totale stikstofopname per jaar. Een kleine fout in de schatting van de mineralisatie of de opname zou daardoor grote consequenties hebben voor het overschot op de minerale-stikstofbalans.

Tabel 3.5. Lijst van verklarende variabelen, waarvan het effect op de nitraatconcentratie met behulp van regressieanalyse onderzocht is.

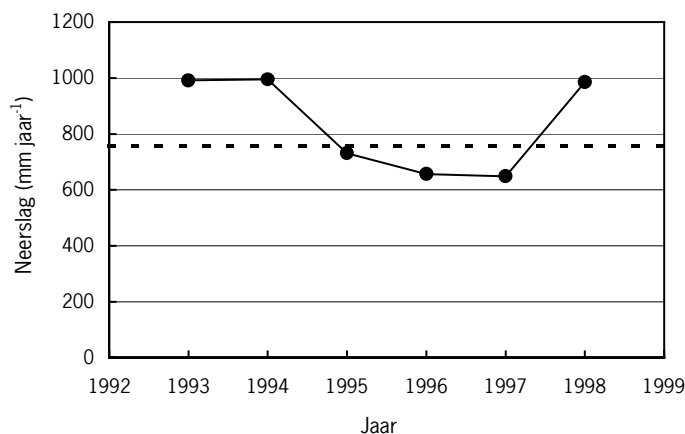
	Omschrijving	Eenheid
Stikstofbalans		
Ndrijfm	Input van stikstof via drijfmestgift	kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹
Nvastem	Input van stikstof via vaste mestgift	kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹
Nweidem	Input van stikstof via weidemest (urine en mestflatten)	kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹
Nkunstm	Input van stikstof via kunstmestgift	kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹
Nklaver	Input van stikstof via binding van atmosferisch stikstofgas door klaver	kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹
N-depositie	Input van stikstof door depositie van stikstofverbindingen uit de atmosfeer	kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹
Ninput	Totale input van stikstof (= Ndrijfm + Nvastem + Nweidem + Nkunstm + Nklaver + N-depositie)	kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹
Nmininput	Mineraal deel van de totale input van stikstof	kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹
Noogst	Hoeveelheid geoogste stikstof	kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹
Nover	Stikstofoverschot (= Ninput – Noogst)	kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹
Weer en waterbalans		
Temp[feb-apr]	Gemiddelde temperatuur in de maanden februari t/m april	°C
Gws	Grondwaterstand in boorgat als perceelsgemiddelde	m – mv*
Ixcon	Indexconcentratie (corrigeert voor weersinvloeden)	mg l ⁻¹
IxconGws	Interactieterm van indexconcentratie en grondwaterstand (= product van Gws en Ixcon)	(m.mg) l ⁻¹
Mmgift	Totale jaarlijkse berekening per perceel	mm
Neer[met-met]	Cumulatieve hoeveelheid neerslag tussen vorige meting en huidige meting	mm
Neer[met-mar]	Cumulatieve neerslag vanaf vorige meting tot 1 maart	mm
Neer[mar-sep]	Cumulatieve neerslag vanaf 1 maart tot 1 september	mm
Neer[sep-met]	Cumulatieve neerslag vanaf 1 september tot de meting	mm
Neer[met-apr]	Cumulatieve neerslag vanaf vorige meting tot 1 april	mm
Neer[apr-okt]	Cumulatieve neerslag vanaf 1 april tot 1 oktober	mm
Neer[okt-met]	Cumulatieve neerslag vanaf 1 oktober tot de meting	mm
Neermmgift	Som van Neer[mar-sep] en Mmgift	mm
Neermmtot	Som van Neer[met-met] en Mmgift	mm
Int[sep-met]	Gemiddelde neerslagintensiteit in de periode vanaf 1 september tot de meting	mm d ⁻¹
Int[okt-met]	Gemiddelde neerslagintensiteit in de periode vanaf 1 oktober tot de meting	mm d ⁻¹
Teeltaspecten		
Grasteelt	variabele die aangeeft of op een perceel gras geteeld werd (waarde = 1) of een ander gewas (waarde = 0)	-
Bietenteelt	variabele die aangeeft of op een perceel bieten geteeld werden (waarde = 1) of een ander gewas (waarde = 0)	-
Vochtlevering	variabele waarmee de percelen ingedeeld worden in twee niveaus van vochtleverend vermogen: 0 voor relatief droge en 1 voor relatief natte percelen	-

* meters beneden maaiveld

Weer en waterbalans

Bij de waterbalans spelen de hoeveelheid neerslag, de beregening, de verdamping vanaf het bodemoppervlak en de transpiratie door het gewas een rol. Op proefbedrijf 'De Marke' speelt afvoer via het oppervlaktewater in het algemeen geen rol van betekenis. In het onderzoek naar de variatie in nitraatconcentraties op bedrijfsniveau kwam het belang van de waterbalans duidelijk naar voren via de verdunningsfactor (Fraters *et al.*, 1997). In dit artikel wordt de verdunningsfactor *indexconcentratie* genoemd (afgekort: *Ixccon*), omdat het niet alleen om verdunning van het grondwater gaat (pers. Mededeling, Boumans, RIVM, 1999). De *indexconcentratie* wordt berekend met behulp van een waterbalansmodel, waarmee de concentratie van een inerte stof in het grondwater gesimuleerd wordt (Boumans *et al.*, 1997). Deze stof wordt met een constante snelheid op het oppervlak van het bodemprofiel gebracht en zal uiteindelijk in het grondwater belanden door massastroming en diffusie. Een grondsoort vergelijkbaar met die van 'De Marke' en de gemeten neerslaggegevens van 'De Marke' worden bij deze simulatieberekening gebruikt. Hierbij is de verdampingssnelheid gebaseerd op de referentieverdamping van gras, die in geval van droogte naar beneden wordt bijgesteld. Voor ieder meetpunt wordt, in combinatie met de waargenomen grondwaterstand en de datum van meting, een *indexconcentratie* berekend, waarvan gemiddelden per perceel en per jaar berekend zijn ten behoeve van de analyse. De verwachting is dat *Ixccon* positief gecorreleerd is met de gemeten nitraatconcentratie. Ook een interactieterm van *Ixccon* en de grondwaterstand wordt in de analyse gebruikt, omdat uit onderzoek van RIVM bleek dat deze interactieterm (*IxcconGws*) in combinatie met de grondwaterstand (*Gws*) een deel van de variatie in de nitraatconcentraties kon verklaren. Daarbij was het verband van de nitraatconcentratie met *Gws* positief.

In de periode 1993–1998 varieerde met name de jaarlijkse hoeveelheid neerslag sterk (Figuur 3.3). De hoeveelheid neerslag in de maanden maart–augustus verschilde met bijna een factor 1,5 tussen het droogste jaar (1996) en het natste jaar (1994). Het effect van neerslag op de nitraatconcentratie is niet eenduidig. Veel neerslag kan leiden tot verdunning van de nitraatconcentraties in het grondwater, maar indien er veel neerslag valt tijdens de groeiperiode kan het tevens leiden tot een grotere uitspoeling van stikstof. Het gecombineerde effect hangt dus af van de hoeveelheid nitraat in de bodem op het moment dat er veel neerslag valt. Om het effect van neerslag op de nitraatconcentratie te onderzoeken, is daarom niet alleen gekeken naar de cumulatieve neerslag van meting tot meting, maar is die hoeveelheid ook in drie delen opgesplitst: (1) vanaf de datum van een meting tot aan 1 maart daaropvolgend, (2) van 1 maart tot 1 september en (3) vanaf 1 september tot de datum van de volgende meting. Een dergelijke indeling is ook uitgevoerd met 1 april en 1 oktober als grenzen. De beheersactiviteiten, zoals grondbewerking, bemesting en beregening, spelen zich voornamelijk af in de periode van 1 maart tot 1 oktober. Van de neerslaghoeveelheden in de herfst voorafgaand aan de meting (*Neer[sep-met]* en *Neer[okt-met]*) is ook de gemiddelde neerslagintensiteit uitgerekend in mm per dag, omdat daarmee het neerslagoverschot in die periode nader gekarakteriseerd wordt. Om het effect van beregening in de analyse mee te nemen, is zowel de totale hoeveelheid beregening in een jaar (*Mmgijt*), als de som van beregening en neerslag in het groeiseizoen (*Neermmgijt*) bepaald.



Figuur 3.3. De jaarlijkse hoeveelheid neerslag, gemeten op proefbedrijf 'De Marke' gedurende de periode 1993–1998. De stippellijn geeft de langjarig gemiddelde hoeveelheid neerslag, afkomstig van het KNMI-weerstation te Doetinchem (= 758 mm/jaar).

Ook de temperatuur kan een effect hebben op de nitraatconcentraties in het grondwater, deels via de waterbalans, door zijn invloed op verdamping, en deels via de omzettingsprocessen in bodem en gewas. Het effect van de temperatuur op de waterbalans is meegenomen in de variabele I_{xcon} . Ten aanzien van de omzettingsprocessen in bodem en gewas kan de temperatuur zowel de mineralisatie als de opname door het gewas positief beïnvloeden. Indien dit gelijktijdig optreedt, kan de additioneel beschikbare minerale stikstof door het gewas opgenomen worden (Corré, 2000). Dit zal waarschijnlijk in hoge mate het geval zijn op meerjarig grasland, maar in mindere mate op maïs- en bietenpercelen en op 1^e-jaars grasland tijdens de begingroei. Daarbij is vooral in het voorjaar de kans op uitspoeling van stikstof relatief hoog, omdat er gedurende 2 à 3 maanden geen of onvoldoende gewas staat om de beschikbaar komende minerale stikstof uit de bodem op te nemen en omdat de lage potentiële evapotranspiratie in die periode de kans op een neerslagoverschot vergroot. Omdat temperatuur een positief effect heeft op de mineralisatiesnelheid, is de gemiddelde voorjaarstemperatuur ($Temp_{[feb-apr]}$) in de analyse meegenomen, waarbij de verwachting is dat op percelen met maïs of bieten en 1^e-jaars grasland, $Temp_{[feb-apr]}$ positief gecorreleerd is met de nitraatconcentratie in het grondwater.

Teeltaspecten

Er is ook een aantal variabelen in Tabel 3.5 opgenomen die gekenmerkt worden door slechts twee mogelijke waarden, 0 en 1, en die in de analyse gebruikt zijn om onderscheid te maken tussen wel of geen grasteelt, wel of geen bietenteelt en 'droge' en 'natte' percelen. Hiermee kan een mogelijk verschil in het gemiddelde niveau van de nitraatconcentratie tussen de ene en de andere groep vastgesteld worden. Door het gebruik van deze variabele wordt niet a-priori aangenomen dat er een significant niveauverschil in gemiddelde nitraatconcentratie bestaat tussen de twee onderscheiden groepen, maar kan het niveauverschil als uitkomst van de analyse, in combinatie met de effecten van andere variabelen, bepaald worden. De variabelen *Grasteelt* en *Bietenteelt* zijn in de analyse opgenomen, omdat uit de resultaten weergegeven in de Tabellen 3.2, 3.3 en 3.4 bleek dat bij deze teelten relatief lage of hoge nitraatconcentraties in het grondwater werden waargenomen. Met *Vochtlevering* wordt onderzocht of de variaties in nitraatconcentraties deels verklaarbaar zijn door het vochtleverend vermogen van de bodem, waarmee de (relatief) droge en natte percelen op proefbedrijf 'De Marke' gekarakteriseerd worden. De verwachting hierbij is dat op de natte percelen een lagere nitraatconcentratie in het grondwater gevonden wordt, omdat door de relatief nattere omstandigheden meer denitrificatie kan optreden. In het onderzoek naar de stikstofstromen op 'De Marke' uit de periode 1992–1994 werd

vastgesteld dat op de nattere percelen een lagere stikstofuitspoeling optrad (Hack-ten Broeke & De Groot, 1996) en ook door Fraters *et al.* (1997) werd een significant verband gevonden tussen deze bodemeigenschap en de nitraatconcentraties op bedrijfsniveau.

Een groot deel van de verklarende variabelen die in de analyse gebruikt worden, zijn balansgrootheden die over een bepaalde periode berekend worden. Hierbij is de periode waarover de balans moet worden opgesteld om een zo goed mogelijke correlatie te vinden met de gemeten nitraatconcentratie in het grondwater niet vanzelfsprekend. De bovenste meter grondwater bevat nitraat en water, eveneens afkomstig uit een bepaalde periode, waarbij het waarschijnlijk is dat het nitraat dat zich boven in het grondwater bevindt op een recentere datum ingespoeld zal zijn dan het nitraat dat onder in de bovenste meter aanwezig is. Door de bovenste meter van het grondwater te bemonsteren, worden pieken in de nitraatuitspoeling afgevlakt en vertegenwoordigt de gemeten waarde de gemiddelde uitspoeling over een langere periode. De lengte van deze periode hangt af van de mate van grondwateraanvulling en het poriënvolume in de ondergrond. Onder gemiddelde weersomstandigheden, dat is bij een aanvulling van 300 mm jr^{-1} , en een poriënvolume van $0,33 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ zal de bovenste meter grondwater een hoeveelheid nitraat bevatten die afkomstig is van een uitspoelingsperiode van circa 1 jaar. De stikstofbalans termen in Tabel 3.5 zijn bepaald over een periode van één jaar, waarbij het onwaarschijnlijk is dat ze onder gemiddelde weersomstandigheden de nitraatconcentratie van de bovenste meter grondwater in datzelfde jaar al sterk beïnvloeden, omdat de nitraatconcentraties op proefbedrijf 'De Marke' gemeten zijn in de herfst, aan het begin van het uitspoelingsseizoen. Tijdens het groeiseizoen kan er al uitspoeling uit de wortelzone plaatsvinden, maar het is de verwachting dat tijdens het uitspoelingsseizoen de meeste grondwateraanvulling plaatsvindt. De gemeten nitraatconcentratie in een bepaald jaar kan daarom waarschijnlijk beter gecorreleerd worden met de stikstofbalans termen van het jaar voorafgaand aan het jaar waarin de meting plaatsvond. Ook in andere studies (b.v. Fraters *et al.*, 1997) is de gemeten nitraatconcentratie van de bovenste meter grondwater in verband gebracht met het beheer van het jaar voorafgaand aan het jaar van meting. In het onderzoek waarvan in dit rapport verslag gedaan wordt, zijn de stikstofbalans termen van hetzelfde jaar en van het jaar voorafgaand aan het jaar van meting gebruikt in de regressieanalyse. Iedere term komt dus twee keer voor en krijgt de toevoeging *_0*, indien het jaar van de nitraatmeting samenvalt met het jaar van de balansmeting en *_1* voor geval het een jaar voorafgaand aan het jaar van meting betreft. In enkele gevallen is ook het gemiddelde van een term voor beide jaren berekend en dit wordt met de toevoeging *_m* aangegeven.

3.4.2 Resultaten

In deze studie spelen de stikstofbalans termen en met name het stikstofoverschot een belangrijke rol (zie Tabel 3.5). Het lot van het stikstofoverschot is niet precies bekend. Deels kan het vastgelegd worden in organische stof, terwijl het andere deel verloren zal gaan via vervluchtiging als ammoniak, denitrificatie en uitspoeling naar het grondwater. Met name de verdeling tussen verlies en vastlegging is moeilijk te schatten, maar hangt wel sterk samen met de verschillende teelten die op proefbedrijf 'De Marke' worden toegepast. Onder tijdelijk grasland wordt een aanzienlijk deel van het overschot vastgelegd als gevolg van opbouw van organische stof na een fase van bouwlandgebruik, terwijl daarentegen onder bouwland netto afbraak van de organische stof plaatsvindt, die tijdens de graslandfase is opgebouwd. Op blijvend grasland wordt de meest stabiele situatie verwacht met betrekking tot organische stikstof. Bij het stikstofbeheer op 'De Marke' wordt hiermee rekening gehouden: tijdelijk grasland krijgt de hoogste stikstofinput, met als gevolg het hoogste stikstofoverschot, en maïspcelen worden matig bemest, omdat een groot deel van de stikstofvoorziening verwacht wordt uit de mineralisatie te komen, waardoor het stikstofoverschot op perceelsniveau relatief laag is en zelfs negatief kan zijn (Bijlage III.2). Omdat de dynamiek van de organische stikstof zo verschillend is en omdat het beheer op 'De Marke' hiermee verweven is, is besloten de totale dataset te splitsen in drie groepen:

- blijvend grasland (percelen, waarop in het jaar van meting al 4 of >4 jaren gras geteeld wordt)
- tijdelijk grasland (overige graslandpercelen)
- bouwland (percelen met maïs of voederbiet)

Door elke sub-set apart in te brengen in de multi-pele regressieanalyse, kunnen effecten van weers- en beheersaspecten duidelijker tot uiting komen, omdat in de totale dataset bijv. een lage stikstofinput gecompenseerd wordt door een hoge mineralisatie en omgekeerd, waardoor effecten van stikstofinput of stikstofoverschot op de nitraatconcentratie in het grondwater gemaskeerd worden. Op basis van de veronderstelling dat de nitraatconcentratie van de bovenste meter grondwater het sterkst bepaald wordt door het beheer in het jaar voorafgaand aan het jaar van meting (paragraaf 3.4.1), is de indeling in sub-sets gebaseerd op het gewas en de teelt van het jaar vòòr het jaar van meting.

De gemiddelde nitraatconcentratie van sub-set 'blijvend grasland', zoals boven gedefinieerd, bedraagt 50 mg l⁻¹ in de periode 1993–1998, de concentratie van sub-set 'tijdelijk grasland' 41 mg l⁻¹ en het gemiddelde voor bouwland 65 mg l⁻¹. De getallen voor blijvend grasland en bouwland wijken af van de cijfers gepresenteerd in de Tabellen 3.1 en 3.3, omdat in de regressieanalyse vijf waarnemingen niet gebruikt worden (zie paragraaf 3.4.1) en omdat de kavelindeling ten aanzien van blijvend grasland niet altijd exact gelijk was aan de indeling op grond van het aantal (= 4) jaren van onafgebroken gras op een perceel.

3.4.2.1 Blijvend grasland

Voor de periode 1993–1998 kan de variatie in nitraatconcentratie (NO₃) van de bovenste meter grondwater van een perceel met blijvend grasland voor 42,5% verklaard worden met behulp van:

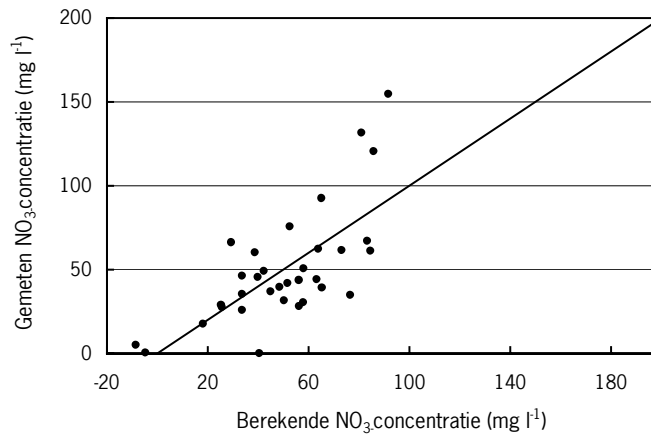
$$\text{NO}_3 = 45.9 + 2.30 \text{Nweidem}_1 - 0.00729 (\text{Nweidem}_1)^2 - 0.137 \text{Neer}[\text{sep-met}] - 0.255 \text{Ninput}_1 \quad (1a)$$

$$(n = 33 ; R^2 = 42,5\%)$$

In Vergelijking 1a is de nitraatconcentratie positief gecorreleerd met de beweidingdruk in het jaar voorafgaand aan het jaar van meting. Een kwadratische term bleek een significante bijdrage te leveren aan de te verklaren variatie, omdat het verband tussen nitraatconcentratie en *Nweidem_1* de vorm van een verzadigingscurve heeft. Zowel de hoeveelheid neerslag in de herfst vanaf 1 september tot aan de meting, als de totale input van stikstof in het jaar voorafgaand aan het jaar van meting zijn in Vergelijking 1a negatief gecorreleerd met de nitraatconcentratie. Een hogere neerslaghoeveelheid direct voorafgaand aan de meting, of een hogere input van stikstof lijken in deze dataset een verlagend effect te hebben op de nitraatconcentratie zoals gemeten in de herfst.

De vergelijking tussen gemeten en berekende nitraatconcentraties laat een onevenwichtig beeld zien, omdat de hoge gemeten waarden niet gereproduceerd worden met Vergelijking 1a en omdat er zelfs negatieve nitraatconcentraties berekend worden. (Figuur 3.4).

De berekende effecten van de herfstneerslag en de totale input van stikstof in Vergelijking 1a hangen sterk samen met de drie hoogst gemeten waarden van de dataset. Wanneer deze waarden met een gemiddelde van 136 mg l⁻¹ uit de dataset verwijderd worden, zijn de effecten van de neerslag en de stikstofinput niet meer significant en wordt de variatie in de nitraatconcentratie voor 38,6% verklaard door de lineaire en kwadratische term van *Nweidem_1*. Die extreme waarden zijn in 1997 gemeten, in combinatie met relatief lage waarden voor *Neer[sep-met]* en *Ninput_1*, waardoor die effecten in deze dataset significant worden. In dat jaar zijn nog drie andere percelen met blijvend grasland bemonsterd, waarbij een gemiddelde nitraatconcentratie van 32,0 mg/l gemeten werd. Het verschil tussen beide groepen is nog niet verklaard.



Figuur 3.4. De gemeten nitraatconcentratie van de percelen met blijvend grasland uitgezet tegen de nitraatconcentratie, berekend met behulp van regressievergelijking 1a. De getrokken lijn is de $y = x$ lijn.

Ook de effecten van $Nweidem_1$ en $(Nweidem_1)^2$ in Vergelijking 1a zijn enigszins instabiel. Indien de drie laagste gemeten waarden, die van één perceel afkomstig zijn, uit de dataset verwijderd worden, dan is het effect van de kwadratische term niet meer significant. Er blijft nog wel een significant positief verband over voor de lineaire term van $Nweidem_1$. Als daarnaast de drie hoogste waarden worden verwijderd, wordt ook deze term niet significant. Dit betekent dat het effect van de beweidingdruk samenhangt met slechts zes waarnemingen en dat in de overige 27 waarnemingen geen effect van beweidingdruk aanwezig is, ondanks een verschil van bijna een factor twee tussen de laagste en hoogste waarde voor $Nweidem_1$, in die 27 waarnemingen.

Voor Vergelijking 1a neemt de restterm, i.e. het verschil tussen gemeten en berekende waarde, toe als functie van de *berekende* nitraatconcentratie, waardoor de schatting van de hoogte van de effecten sterker beïnvloed wordt door hoge nitraatconcentraties. Als oplossing hiervoor kan een transformatie op de nitraatconcentraties worden toegepast. In deze studie zijn de nitraatconcentraties verheven tot de macht 0,2, omdat daarmee op het RIVM goede resultaten werden behaald (pers. mededeling, Boumans, RIVM, 1999). Bij gebruik van de getransformeerde waarden blijkt de invloed van zowel $N_{eer[sep-met]}$ als N_{input_1} in de vergelijking niet meer significant te zijn en wordt 59,5% van de variatie in de getransformeerde nitraatconcentraties verklaard met alleen $Nweidem_1$ en $(Nweidem_1)^2$ (Vergelijking 1b).

$$(\text{NO}_3)^{0.2} = -0.261 + 0.0373 Nweidem_1 - 0.000136 (Nweidem_1)^2 \quad (1b)$$

$$(n = 33 ; R^2 = 59,5\%)$$

Ook voor deze vergelijking geldt dat de effecten niet significant zijn na uitsluiting van de zes extreme waarden in de dataset.

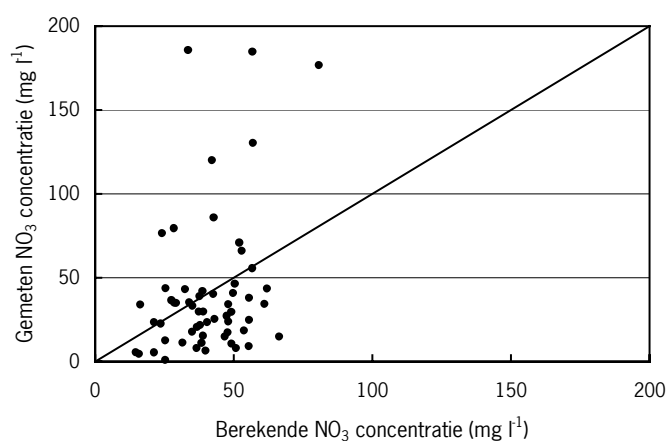
3.4.2.2 Tijdelijk grasland

Voor de periode 1993–1998 kan de variatie in nitraatconcentratie (NO_3) in de bovenste meter grondwater op huis- of veldkavel, waarop een jaar eerder gras geteeld werd, voor 8,9% verklaard worden met behulp van de regressievergelijking:

$$\text{NO}_3 = -40.3 + 0.151 N_{input_1} \quad (2a)$$

$$(n = 58 ; R^2 = 8,9\%)$$

In Vergelijking 2a is de nitraatconcentratie positief gecorreleerd met de totale input van stikstof in het jaar voorafgaand aan het jaar van meting. Volgens de vergelijking resulteert een stijging van de stikstofinput met $100 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ in een verhoging van $15,1 \text{ mg}$ nitraat per l grondwater. De vergelijking tussen gemeten en berekende nitraatconcentraties laat een zeer onevenwichtig beeld zien, omdat de hoge gemeten waarden niet gereproduceerd worden met Vergelijking 2a (Figuur 3.5). Echter, in de regressie-analyse bleek geen enkele andere variabele hiervoor een significante verklaring te kunnen geven.



Figuur 3.5. De gemeten nitraatconcentratie van de graslandpercelen op huis- of veldkavel uitgezet tegen de nitraatconcentratie, berekend met behulp van regressievergelijking 2a. De getrokken lijn is de $y = x$ lijn.

Bij Vergelijking 2a neemt eveneens de restterm toe als functie van de berekende nitraatconcentratie, waardoor de schatting van de hoogte van het effect van N_{input_1} sterker beïnvloed wordt door hoge waarden van N_{input_1} . De transformatie die voor blijvende grasland is uitgevoerd, is ook hier toegepast:

$$(\text{NO}_3)^{0.2} = 1.19 + 0.00144 N_{input_1} \quad (2b)$$

$$(n = 58 ; R^2 = 10,6\%)$$

Door de transformatie neemt het percentage van de variatie dat door de regressievergelijking verklaard wordt met $1,7\%$ toe ten opzichte van de ongetransformeerde waarden.

Bij de verklaring van de variatie in nitraatconcentratie onder tijdelijk grasland spelen weersvariabelen geen rol van betekenis, in tegenstelling tot de situatie op bouwland (zie Vergelijking 3). Maar ook de stikstofbalanstermen vertonen weinig samenhang met de nitraatconcentratie, aangezien bijna 90% van de variatie in nitraatconcentratie niet verklaard kan worden door de regressievergelijking. Dit kan veroorzaakt zijn doordat variatie in de verklarende variabelen vrijwel afwezig is. Dit lijkt niet het geval te zijn, aangezien bijv. voor N_{input_1} de waarden voor tijdelijk grasland uiteenlopen van 370 tot $719 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$, waarbij het gemiddelde en de standaardafwijking gelijk zijn aan 539 , respectievelijk $90,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. Extreme waarden voor de gemeten nitraatconcentratie kunnen ook een lage R^2 opleveren, indien ze niet samenhangen met één of meer verklarende variabelen. De nitraatconcentraties onder tijdelijk grasland bevatten een aantal extreme gemeten waarden, waarvan het gemiddelde van de drie hoogste 182 mg l^{-1} bedraagt (zie Figuur 3.5). Indien deze drie waarnemingen verwijderd worden uit de dataset, blijkt het percentage verklaard niet veel hoger te worden. Hierdoor wordt het beeld van Vergelijking 2a bevestigd, dat onder tijdelijk grasland de variatie in nitraatconcentratie weinig samenhang vertoont met de verklarende variabelen uit Tabel 3.5.

3.4.2.3 Bouwland (maïs en voederbieten)

Voor de periode 1993–1998 kan de variatie in nitraatconcentratie (NO_3) in de bovenste meter grondwater van een perceel, waarop een jaar eerder maïs of voederbieten geteeld werd, voor 67,5% verklaard worden met behulp van de volgende regressievergelijking:

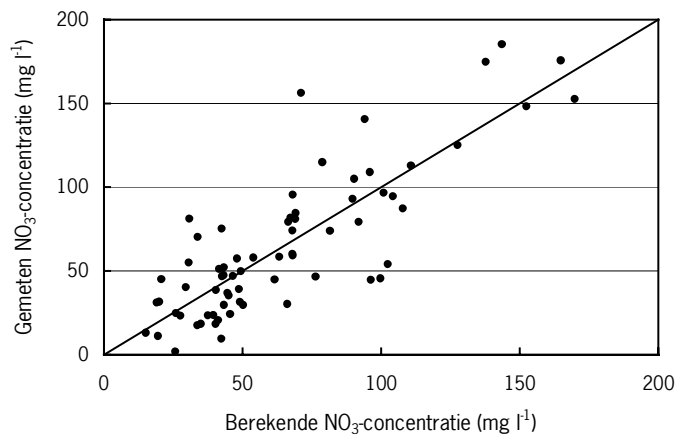
$$\text{NO}_3 = -50.8 + 1.02 (\text{Int}[\text{okt-met}])^2 + 11.5 \text{Temp}[\text{feb-apr}]_0 + 0.212 \text{Nweidem}_0 - 17.5 \text{IxconGws} \quad (3)$$

$$(n = 69 ; R^2 = 67,5\%)$$

In Vergelijking 3 is de nitraatconcentratie positief gecorreleerd met zowel de neerslagintensiteit in de herfst voorafgaand aan de meting, als de temperatuur in het voorjaar. De combinatie van een warm voorjaar en een natte herfst zorgt dus in deze vergelijking voor een verhoogde nitraatconcentratie in de herfst van hetzelfde jaar. Dit was vooral in 1998 zichtbaar met hoge nitraatconcentraties onder de percelen waarop in 1997 maïs was geteeld (zie Tabel 3.4: 1^e-jaars gras, 2^e en >2e-jaars maïs in 1998). Het positieve verband tussen NO_3 en Nweidem_0 duidt op een verhogend effect indien de maïs gevolgd werd door beweide grasland in het jaar waarin de meting plaatsvond. De interactieterm van indexconcentratie en grondwaterstand blijkt voor bouwlandpercelen significant negatief gecorreleerd te zijn met de nitraatconcentratie.

Uit vergelijking van gemeten en berekende nitraatconcentraties blijkt dat zowel lage als hoge gemeten waarden uit de periode 1993–1998 met de regressievergelijking redelijk gereproduceerd kunnen worden (Figuur 3.6).

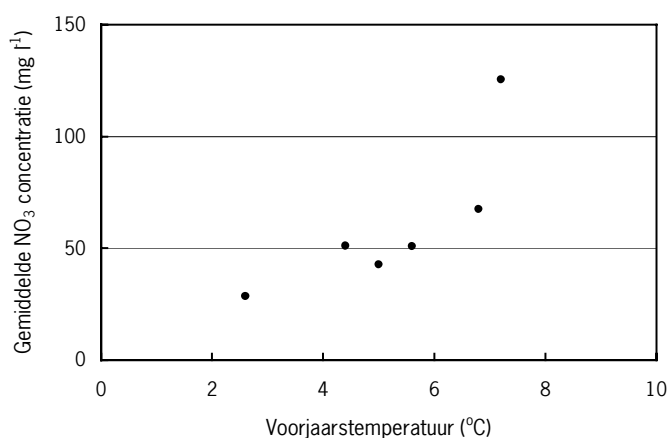
Het valt op dat de stikstofbalanstermen nauwelijks een significant effect hebben op de variatie in nitraatconcentratie, aangezien de weersvariabelen in de regressievergelijking verantwoordelijk zijn voor een groot deel van de verklaarde variatie. Zonder Nweidem_0 in Vergelijking 3 kan met de drie weersvariabelen al 61,9% van de variatie in nitraatconcentratie verklaard worden.



Figuur 3.6. De gemeten nitraatconcentratie van de bouwlandpercelen uitgezet tegen de nitraat-concentratie, berekend met behulp van regressievergelijking 3. De getrokken lijn is de $y = x$ lijn.

Met het effect van de voorjaarstemperatuur worden alleen de verschillen tussen de jaren in de periode 1993–1998 verklaard, omdat in de regressie-analyse voor ieder perceel in een bepaald jaar dezelfde voorjaarstemperatuur gebruikt wordt. De gemiddelde nitraatconcentratie van alle bouwlandpercelen

blijkt sterk samen te hangen met de voorjaarstemperatuur (Figuur 3.7), waarbij in het jaar 1998 een additioneel verhogend effect optrad.



Figuur 3.7. De gemiddelde nitraatconcentratie van de bouwlandpercelen uitgezet tegen de gemiddelde temperatuur in de maanden februari-april voorafgaand aan de meting.

Het jaar 1998 was een uitzonderlijk nat jaar, waarin op proefbedrijf 'De Marke' 228 mm meer neerslag gemeten werd dan het veeljarig gemiddelde. Deze extra hoeveelheid regen viel met name in de herfst (in de maanden september en oktober bedroeg de neerslag 250 mm meer dan gemiddeld), maar ook in het voorjaar en in de maand juni (zie Bijlage III.3). Indien de data van 1998 uit de analyse worden weggelaten, blijkt het effect van $(Int[okt-met])^2$ in Vergelijking 3 niet meer significant te zijn. Dit duidt erop dat de neerslagintensiteit van 1 oktober tot aan het moment van de meting in de regressievergelijking gebruikt wordt om de hoge gemeten waarden van 1998 te berekenen (gemiddeld gemeten en berekend: 125,5 resp. 120,8 mg l⁻¹). Indien voor de waarde van $(Int[okt-met])^2$ de veeljarig gemiddelde waarde ingevuld wordt, is de berekende gemiddelde nitraatconcentratie gelijk aan 51,6 mg l⁻¹. Dit stemt overeen met de gemiddelde gemeten waarde uit de periode 1993–1997 (= 49,4 mg l⁻¹). Ook hieruit blijkt dat het effect van $(Int[okt-met])^2$ in de regressievergelijking samenhangt met de hoge gemeten waarden voor de nitraatconcentratie in 1998.

Indien alleen $Temp[feb-apr]_0$ en $(Int[okt-met])^2$ gebruikt worden in de regressievergelijking wordt al 58,6% van de variatie in nitraatconcentratie verklaard. Ook met andere combinaties van weersvariabelen kan een vergelijkbaar percentage verklaard worden, bijv. met $Temp[feb-apr]_m$ en $IxconGws$ (575%) en met $Ixcon$ en Gws (49,6%).

In tegenstelling tot de situatie bij het grasland, bleek transformatie van de nitraatconcentraties niet nodig te zijn, omdat de resttermen evenwichtig verdeeld waren en niet systematisch veranderden als functie van de berekende waarden.

De nitraatconcentratie van het grondwater onder de bouwlandpercelen, die in de regressieanalyse gebruikt zijn bedroeg in de periode 1993–1998 gemiddeld 64,8 mg l⁻¹, waarbij 95% van de waarden tussen 58,8 en 70,8 mg l⁻¹ lag. Met behulp van de regressievergelijking is uitgerekend dat in een 'gemiddeld' jaar de nitraatconcentratie voor 95% ligt tussen 42,8 en 66,1 met een gemiddelde van 54,9 mg l⁻¹. Hiervoor zijn de gemiddelde waarden van de weersvariabelen, zoals bepaald voor de periode 1993–1998, vervangen door waarden die gelden voor een gemiddeld jaar (Tabel 3.6). De waarde voor $Nweidem_0$ is in deze berekening gelijk gehouden aan het gemiddelde van 1993–1998.

Tabel 3.6. De gemiddelde waarden voor de weersvariabelen in de periode 1993–1998, de waarden zoals gebruikt in de berekening van de nitraatconcentratie in een gemiddeld jaar en de verandering in de berekende gemiddelde nitraatconcentratie per variabele.

Variabele	Periode 1993–1998	Gemiddeld jaar	Verandering in NO ₃ concentratie (mg l ⁻¹)
(Int[okt-met]) ²	16,7	3,8 ¹	-13,2
Temp[feb-apr]	5,4	4,7 ¹	-8,1
IxconGws	-1,76	-2,41 ²	+11,4

Bron: Meteorologisch station Doetinchem

Bij de berekening van IxconGws is alleen voor Ixcon een gemiddelde waarde gebruikt, die gelijk is aan 1,14 (pers. mededeling, Boumans & Fraters, RIVM, 1999) in combinatie met de grondwaterstanden, zoals gemeten in de periode 1993–1998.

3.5 Discussie en conclusies

De resultaten laten een aantal duidelijke verschillen zien tussen bouwlandpercelen enerzijds en graslandpercelen anderzijds. De nitraatconcentraties onder percelen die in het jaar voorafgaand aan het jaar van de meting als bouwland in gebruik waren, waren in de periode 1993–1998 hoger (zie Tabel 3.3 en paragraaf 3.4.2) en worden in veel sterkere mate beïnvloed door weersvariabelen (zie Vergelijkingen 1-3) dan die onder graslandpercelen. De resultaten met betrekking tot het gemiddelde niveau stemmen deels overeen met de resultaten van Fraters *et al.* (1997), die onder maïspancelen eveneens hogere nitraatconcentraties vonden, terwijl het percentage maïspancelen een significant positief effect had op de nitraatconcentratie in het grondwater op bedrijfsniveau. Het verschil in nitraatconcentratie onder maïspancelen en onder grasland is op 'De Marke' wel aanzienlijk kleiner dan de 100–150 mg l⁻¹ gemeten op gangbare bedrijven, zoals in Fraters *et al.* (1997) vermeld. Het aangepaste beheer op 'De Marke' (maïs in wisselbouw met gras, vanggewas en bemesting afhankelijk van verwachte mineralisatie) draagt hier ongetwijfeld sterk aan bij. Ten aanzien van de schommelingen in het niveau van de nitraatconcentraties, lijken de graslandpercelen op 'De Marke' veel meer 'gebufferd' dan de bouwlandpercelen (zie Tabel 3.3), waardoor samenhang met weersvariabelen gedurende 1993–1998 vrijwel afwezig was (zie Vergelijkingen 1-3). Mogelijke verklaringen hiervoor zijn: meer gespreide bemesting op grasland en geen grondbewerking, c.q. kale grond in het voorjaar (geldt niet voor 1^e-jaars gras). Deze resultaten werpen een nieuw licht op de bevindingen van Fraters *et al.* (1997), die een relatie vonden tussen de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie en het weer. Volgens de uitkomsten van het onderzoek met de dataset van 'De Marke', wordt deze relatie veroorzaakt door de aanwezigheid van bouwland op het bedrijf, omdat op grasland geen relatie aangetoond is tussen weer en nitraat in het grondwater. Nader onderzoek is nodig om te onderzoeken of deze conclusie ook voor andere melkveebedrijven geldt.

Over het algemeen valt op dat de variatie in nitraatconcentraties slechts in geringe mate verklaard wordt door de in deze studie gebruikte verklarende variabelen en dat vooral de stikstofbalanstermen geen of geen duidelijke rol van betekenis spelen. In geen van de drie sub-sets is een relatie met het stikstofoverschot gevonden, in tegenstelling tot de bevindingen van Fraters *et al.* (1997). Onder blijvend grasland kan 82% van de gemeten nitraatconcentraties niet door de stikstofinput via weidemest verklaard worden en onder tijdelijk grasland wordt met de totale stikstofinput 'slechts' 10% van de variatie verklaard. Er zijn wel lage en hoge waarden voor de nitraatconcentratie gemeten onder grasland, maar deze vertonen geen duidelijke samenhang met één of meerdere variabelen uit Tabel 3.5. Bij bouwland spelen de stikstofbalanstermen slechts een marginale rol in de verklaring van de variatie. Een mogelijke oorzaak voor deze geringe correlaties met de stikstofbalanstermen kan de dynamiek in organische stikstof zijn. Onder tijdelijk grasland wordt minerale stikstof vastgelegd in de organische stof en onder maïspancelen komt er veel vrij via mineralisatie. Wellicht zijn deze (interne) stromen zo hoog,

dat de correlatie met de perceelbalanstermen uit Tabel 3.5 gemaskeerd wordt. Bij blijvend grasland wordt geen netto verandering in die mate verwacht, maar het onderzoek van Corré (2000) laat zien dat er wel grote verschillen bestaan in stikstofmineralisatie tussen relatief droge en natte percelen met blijvend grasland en tussen de verschillende jaren. Hierdoor wordt het ook moeilijker om een verband met de inputs en outputs te vinden. Een andere mogelijke verklaring voor de geringe correlatie kan zijn dat op proefbedrijf 'De Marke' te weinig variatie bestaat in de stikstofinputs en het stikstofoverschot. In dat geval zou het aangepaste management op het bedrijf ertoe geleid hebben dat echte uitschieters, zoals bij te intensief beweiden, teveel bemesten, e.d., voor zover die terug te vinden zouden zijn in de nitraatconcentraties in het grondwater, niet meer voorkomen. Uiteindelijk heeft het beheer op 'De Marke' een nivellerende werking: verschillen in hoeveelheden 'verliesbare' stikstof tussen percelen en teelten worden teruggebracht, bijv. door het telen van een vanggewas bij de maïsteelt. Als laatste mogelijke oorzaak voor de geringe correlatie die gevonden is, kan genoemd worden de onzekerheid met betrekking tot de periode van beheer waarmee een gemeten nitraatconcentratie goed correleert. In deze studie is de keus gemaakt om de twee jaren voorafgaand aan een meting ieder afzonderlijk als geheel te gebruiken, maar wellicht ontstaat er een betere correlatie indien gekeken wordt naar afzonderlijke gebeurtenissen met een hoog risico voor uitspoeling. Daarbij blijft dan nog wel het probleem om in te schatten *wanneer* en *in welke mate* dat terug te vinden is als verandering in de nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater. Hierbij kan het gebruik van dynamische simulatiemodellen overwogen worden, omdat hierbij de invloed van management, weer en bodem op de nitraatuitspoeling en de concentratie van nitraat in het grondwater expliciet op dagbasis gesimuleerd wordt (zie bijv. Hack-ten Broeke & Van der Putten, 1997).

Een uitspraak met betrekking tot de gemiddelde nitraatconcentratie op langere termijn, zoals voor bouwland is gedaan, is met veel onzekerheid omgeven, omdat de resultaten van de berekening sterk bepaald worden door weersaspecten, die vooral *tussen de jaren* verschillen en niet of in veel mindere mate *tussen percelen*. Hierdoor zijn er slechts zes niveaus in de onderzochte periode 1993–1998, zodat de kans groot is dat de geschatte effecten anders zullen zijn wanneer de gegevens van een volgend jaar aan de dataset worden toegevoegd. In de huidige dataset correleert de gemiddelde voorjaars-temperatuur goed met de gemeten nitraatconcentratie, maar ook met andere aan het weer gerelateerde variabelen kan een aanzienlijk deel van de variatie verklaard worden (o.a. met *Ixcon* en *Gws*). Van deze variabelen kan dus niet gezegd worden dat ze geen effect hebben, maar de correlatie is minder dan die van de combinatie van $Temp[feb-apr]_0$ en $(Int[okt-met])^2$ indien de dataset beperkt wordt tot de jaren 1993–1998. Het RIVM had door het gebruik van *Ixcon* veel succes met het verklaren van de afname in nitraatconcentraties in de periode 1992–1994, die werd toegeschreven aan verschillen in neerslag. In Vergelijking 3 speelt *Ixcon* via *IxconGws* echter een kleine rol in de verklaring van de nitraatconcentraties, omdat er al veel verklaard wordt door de combinatie van $Temp[feb-apr]_0$ en $(Int[okt-met])^2$. Alleen door uitbreiding van de dataset met gegevens uit andere jaren zal duidelijker worden welke combinatie van weersaspecten beter correleert, zodat ook de berekening van een veeljarig gemiddelde met meer zekerheid kan worden gegeven.

Wat is er aan de hand in 1998? Op basis van eerder onderzoek (Habekotté & Aarts, 1999) en op basis van de resultaten van dit onderzoek, is een hypothese opgesteld om de uitzonderlijke waarden van 1998 te verklaren (zie Tabel 3.4). In het voorjaar van 1998 was de temperatuur relatief hoog, waardoor vroeg in het seizoen stikstof beschikbaar kwam, die niet voldoende door de gewassen (maïs en 1^e-jaars gras) kon worden opgenomen. Die vroege beschikbaarheid van stikstof werd bij 1^e-jaars grasland nog versterkt door de relatief vroege toediening van drijfmest ten opzichte van de inzaai (verschil in drijfmestgift en grasinzaai: 17-27 dagen in 1998). Omdat het voorjaar natter was dan gemiddeld (70 mm boven het veeljarig gemiddelde gedurende maart en april), is er vermoedelijk veel stikstof uit de bouwvoor uitgespoeld. Dit is waarschijnlijk in de vroege zomer nog verder uitgespoeld richting grondwater (in juni 100 mm boven het gemiddelde). De lage stikstofhoeveelheden en stikstofgehalten in de geoogste maïs van dat jaar en de visuele waarnemingen van slechte maïsgroei wijzen in deze richting (zie Tabellen III.2.3 en III.2.4 in Bijlage III.2). Door de extreem natte herfst (250 mm regenval meer dan gemiddeld), is deze stikstof in het grondwater terechtgekomen en heeft in combinatie met

hoge grondwaterstanden in de herfst van 1998 tot hoge nitraatconcentraties geleid. Zonder die extreem hoge regenval in de herfst zou de stikstof die al tijdens het groeiseizoen uit de bouwvoor verdween uiteindelijk ook in het grondwater terechtgekomen zijn, maar nog niet in die mate als op het moment van meting. Ook de andere teelten hebben te maken gehad met deze weersomstandigheden, maar die kennen geen fase van braak in het voorjaar of van geringe opnamecapaciteit door een zich nog ontwikkelend wortelstelsel. Bovendien is de stikstofgift meer gespreid dan bij de maïsteelt, zodat het risico van uitspoeling bij neerslagoverschot geringer is. In Vergelijking 3 moet de variabele $(Int[okt-met])^2$ niet gezien worden als een variabele die in gemiddelde jaren veel zal kunnen verklaren, maar die van de gebruikte variabelen het meest karakteristiek was om 1998 te onderscheiden van de overige jaren. Omdat de nitraatconcentraties in 1998 extreem zijn voor een aantal teelten en $(Int[okt-met])^2$ in dat jaar eveneens een extreme waarde had, worden deze in de analyse aan elkaar gekoppeld. In de andere jaren varieert $(Int[okt-met])^2$ nauwelijks, en kan dan ook geen verklaring bieden voor de variatie in nitraatconcentraties in die jaren.

Voor *verbetering* van het stikstofbeheer op proefbedrijf 'De Marke' heeft de regressieanalyse geen pasklare adviezen opgeleverd. Op basis van de resultaten met betrekking tot nitraat in het grondwater, zou de herintroductie van voederbieten overwogen moeten worden (zie Tabel 3.2). Dit stuit, echter, op bezwaren van voedertechische aard (pers. mededeling, Aarts, 1999). De gevonden verschillen tussen bouwland- en graslandpercelen (zie Tabel 3.3) betekenen niet dat maïs vervangen moet worden door gras om een lagere nitraatconcentratie in het grondwater te bereiken. In het bedrijfssysteem van proefbedrijf 'De Marke' wordt de teelt van maïs afgewisseld met tijdelijk grasland, waarbij de combinatie van beide op huis- of veldkavel niet blijkt samen te gaan met een significant hogere nitraatconcentratie in het grondwater in vergelijking met blijvend grasland (zie Tabel 3.1). De relatief hoge waarde onder maïs wordt namelijk gecompenseerd door de relatief lage waarde onder tijdelijk grasland (zie Tabel 3.4 en paragraaf 3.4.2). Toch lijkt vooral de maïsteelt in aanmerking te komen voor verbetering, waarbij de periode in het voorjaar het meest van belang is. Door de teelt van een vanggewas zijn omstandigheden gecreëerd om de nitraatuitspoeling uit de bouwvoor in het najaar zoveel mogelijk te beperken. In het voorjaar wordt de graszode, echter, ondergewerkt en is er voor en na de inzaai van maïs wellicht een periode ca. 3 maanden, waarin de stikstofbeschikbaarheid de opnamecapaciteit overtreft. Op uitspoelingsgevoelige zandgronden bestaat daardoor een groot risico op uitspoeling uit de bouwvoor bij een tijdelijk neerslagoverschot. Bij het onderwerken van het vanggewas in het voorjaar wordt circa 80–120 kg N ha⁻¹ en bij de overgang van meerjarig grasland naar bouwland 160–200 kg N ha⁻¹ toegevoegd aan de bodemvoorraad in de vorm van organisch gebonden stikstof. Onderzoek met strooiselzakjes heeft aangetoond dat bij versgroen materiaal de hoeveelheid stikstof in de strooiselzakjes al na 1 maand met ruim 1/3 verminderd kon zijn (Bloemhof & Berendse, 1995). Het gaat hierbij waarschijnlijk om minerale stikstof en makkelijk afbreekbaar of oplosbaar materiaal in de plant. Indien dit ook op 'De Marke' optreedt, komt er dus kort voor en na de inzaai van een nieuw gewas circa 35 (na vanggewas) tot 60 kg N ha⁻¹ (na meerjarig gras) vrij. Bij verlies uit de bouwvoor, bijv. als gevolg van een tijdelijk neerslagoverschot, heeft dit grote gevolgen voor het stikstofoverschot, dat op perceelsniveau gemiddeld 140 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ bedraagt. Deze getallen illustreren duidelijk dat er een risico is bij een neerslagoverschot in het voorjaar, gecombineerd met hoge voorjaarsstemperaturen en het onderwerken van de graszode. In het voorjaar onderwerken van de graszode verhoogt het risico op verlies van stikstof op twee manieren: de kans op de aanwezigheid van relatief veel minerale stikstof in de bodem wordt vergroot en door beperking van de evapotranspiratie (de verdamping van kale grond is lager dan die van bodem en gewas samen) neemt ook de kans op een neerslagoverschot toe. Wellicht zouden de bemesting en het onderwerken uitgesteld kunnen worden, zodat de graszode in het voorjaar zo lang mogelijk door kan gaan met het opnemen van de stikstof die in de bodem beschikbaar komt en het nieuwe gewas zich na inzaai sneller ontwikkelt.

Bijlage III.1

Procedure regressie-analyse

De algemene formule voor een multipel lineaire regressievergelijking luidt:

$$y_i = a + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + \dots + b_nx_{ni} + e_i$$

y_i	te verklaren variabele
$x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni}$	verklarende variabelen (1, ..., n)
b_1, b_2, \dots, b_n	coëfficiënten waarmee de effecten van de x-variabelen op de y-variabele wordt geschat
a	constante op het niveau dat alle verklarende variabelen nul zijn
e_i	onverklaarde restterm

De schatting van de y-variabele wordt met behulp van de verklarende variabelen weergegeven door $(a + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + \dots + b_nx_{ni})$ en de afwijking ten opzichte van de y-variabele door e_i . De mate waarin de variatie in de y-waarden wordt verklaard door het regressiemodel, wordt aangegeven met het percentage variatie in de y-waarden dat verklaard wordt door het model, R^2 . Hierbij wordt gecorrigeerd voor het aantal parameters dat in het model gebruikt wordt.

Om uit een groep van verklarende variabelen een selectie te maken van variabelen met een significant effect op de y-variabele is de procedure RSELECT gebruikt. Het 'beste' model wordt geselecteerd door gelijktijdig met drie aspecten rekening te houden, namelijk:

- een hoog percentage verklaard (R^2), in combinatie met
- significante effecten voor elk van de x-variabelen ($|t\text{-waarde}| > 2.0$) en
- een geringe correlatie tussen de x-variabelen ($MnTol > 0.8$).

Meer informatie over deze procedure, die onderdeel is van de GENSTAT procedurebibliotheek van het Centrum voor Biometrie Wageningen, staat beschreven in Genstat Procedure Library Manual, Release 4.1 (Goedhart & Thissen, 1998).

In de vergelijking worden dus alleen verklarende variabelen opgenomen waarvoor geldt dat de schatting van de coëfficiënt waarmee het effect van een variabele op de y-variabele wordt aangegeven significant van 0 verschilt. Dit wordt vastgesteld aan de hand van de t-waarde van een coëfficiënt (= het quotiënt van de schatting van de coëfficiënt en de standaardfout van de schatting), waarvoor de absolute waarde groter dan 2,0 moet zijn.

Bijlage III.2

Stikstofoverschot, -input, -oogst en -gehalte bij een aantal gewasrotaties op 'De Marke'

Tabel III.2.1. Het gemiddelde stikstofoverschot ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) bij een aantal gewasrotaties van proefbedrijf 'De Marke' in de periode 1993-1998.

Gewasrotatie	Jaar						
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	93/98
Blijvend grasland	120	219	213	193	190	213	193
Gras, 1 ^e jaar	248	284	256	318	294	236	271
Gras, 2 ^e jaar	210	275	213	216	283	232	239
Gras, >2 ^e jaar	163	296	184	206	249	261	221
Mais, 1 ^e jaar	-87*	-109*	34*	-65	-15	-30	-43
Mais, 2 ^e jaar	8	35	17	14	45	54	32
Mais, >2 ^e jaar	-13	145	70	29	88	72	66
Bedrijf	98	185	147	120	140	153	141

* Deze 'gemiddelden' zijn slechts gebaseerd op waarnemingen afkomstig van één perceel

Tabel III.2.2. De gemiddelde stikstofinput ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) bij een aantal gewasrotaties van proefbedrijf 'De Marke' in de periode 1993-1998.

Gewasrotatie	Jaar						
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	93/98
Blijvend grasland	465	546	499	452	499	456	483
Gras, 1 ^e jaar	556	607	486	611	621	520	568
Gras, 2 ^e jaar	534	594	473	445	566	536	525
Gras, >2 ^e jaar	476	604	507	443	550	541	517
Mais, 1 ^e jaar	110*	49*	153*	86	110	83	96
Mais, 2 ^e jaar	151	168	121	143	157	147	149
Mais, >2 ^e jaar	141	282	176	170	188	176	190
Bedrijf	350	434	366	321	349	352	362

* Deze 'gemiddelden' zijn slechts gebaseerd op waarnemingen afkomstig van één perceel

Tabel III.2.3. De gemiddelde stikstofvoogst ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) bij een aantal gewasrotaties van proefbedrijf 'De Marke' in de periode 1993-1998.

Gewasrotatie	Jaar						
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	93/98
Blijvend grasland	346	327	286	259	308	243	290
Gras, 1 ^e jaar	308	323	231	293	327	284	297
Gras, 2 ^e jaar	323	318	260	228	283	304	287
Gras, >2 ^e jaar	313	307	323	238	302	281	296
Maïs, 1 ^e jaar	197*	158*	119*	151	125	113	140
Maïs, 2 ^e jaar	143	133	105	129	112	93	117
Maïs, >2 ^e jaar	155	138	106	141	99	104	124
Bedrijf	252	249	218	201	209	199	221

* Deze 'gemiddelden' zijn slechts gebaseerd op waarnemingen afkomstig van één perceel

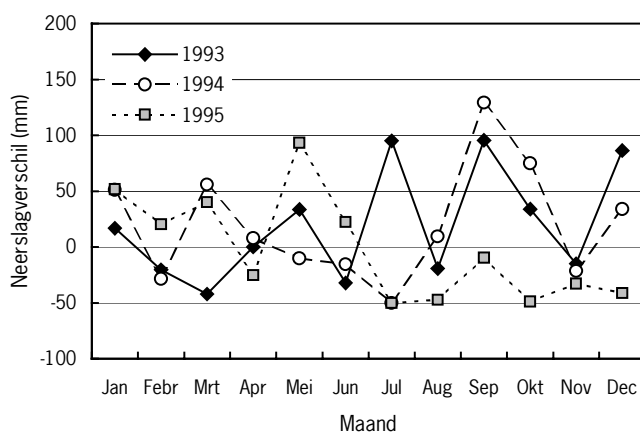
Tabel III.2.4. Het gemiddelde stikstofgehalte in het geoogste materiaal ($10^{-2} \text{ kg N kg}^{-1} \text{ drogestof}$) bij een aantal gewasrotaties van proefbedrijf 'De Marke' in de periode 1993-1998.

Gewasrotatie	Jaar						
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	93/98
Blijvend grasland	3,4	3,6	3,2	3,3	3,1	2,9	3,2
Gras, 1 ^e jaar	3,1	3,6	2,6	3,5	3,3	3,2	3,3
Gras, 2 ^e jaar	3,4	3,4	2,8	2,9	2,8	3,1	3,0
Gras, >2 ^e jaar	3,4	3,5	3,3	2,9	2,9	3,1	3,2
Maïs, 1 ^e jaar	1,3*	1,5*	1,5*	1,3	1,1	1,1	1,3
Maïs, 2 ^e jaar	1,3	1,5	1,1	1,3	1,0	1,1	1,2
Maïs, >2 ^e jaar	1,3	1,4	1,2	1,3	1,0	1,1	1,2
Bedrijf	2,4	2,7	2,4	2,3	2,0	2,2	2,3

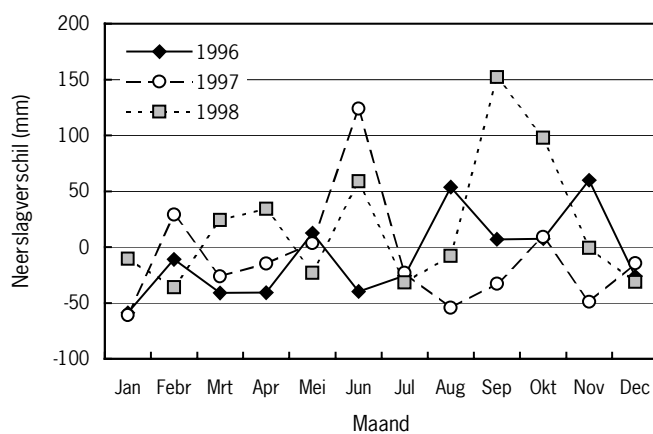
* Deze 'gemiddelden' zijn slechts gebaseerd op waarnemingen afkomstig van één perceel

Bijlage III.3

Verschillen in neerslaghoeveelheden op 'De Marke' gedurende 1993-1998



Figuur III.1a *Verskil in cumulatieve hoeveelheid neerslag per maand, gemeten op proefbedrijf 'De Marke' ten opzichte van gemiddelde neerslaghoeveelheden gedurende de jaren 1993–1995. Gemiddelde neerslaggegevens afkomstig van KNMI-weerstation te Doetinchem.*



Figuur III.1b *Verskil in cumulatieve hoeveelheid neerslag per maand, gemeten op proefbedrijf 'De Marke' ten opzichte van gemiddelde neerslaghoeveelheden gedurende de jaren 1996–1998. Gemiddelde neerslaggegevens afkomstig van KNMI-weerstation te Doetinchem.*

4. Economie milieumaatregelen ‘De Marke’ anno 1999; een normatieve modelmatige vergelijkende studie

M.H.A. de Haan (Praktijkonderzoek Veehouderij)

4.1 Achtergrond

Proefbedrijf ‘De Marke’ probeert zelf opgelegde stringente milieunormen te realiseren (Biewinga *et al.*, 1992). Hiertoe is een groot aantal maatregelen in de bedrijfsvoering genomen; deze vormen de basis van het bedrijfssysteem van ‘De Marke’. Een groot deel van deze maatregelen zal ondernemers in een ‘normale’ praktijksituatie (nog) niet nemen. De aanpassingen die op ‘De Marke’ zijn doorgevoerd leiden niet alleen tot verminderde milieubelasting, maar hebben ook economische gevolgen. LEI-DLO heeft het economisch resultaat van een aantal jaren van ‘De Marke’ vergeleken met het bedrijfsspecifieke gemiddelde (BSG). Het resultaat van deze vergelijking kan echter niet direct worden gerelateerd aan de kosten die een ondernemer moet maken om de gestelde milieudoelen te halen. Want een aantal andere zaken speelt hierin ook een belangrijke rol. Te denken valt bijvoorbeeld aan managementfactoren of de initiële investeringen die in het bedrijf gepleegd zijn. De kosten die bij de laatste horen zijn namelijk niet zomaar terug te dringen.

Het doel van deze studie is om *modelmatig* de gevolgen van afzonderlijke milieumaatregelen in beeld te brengen. Het gaat hierbij om milieutechnische en bedrijfseconomische gevolgen, door maatregelen na elkaar toe te passen.

Relatie tot andere studies

Deze studie sluit aan bij het rapport uit 1998: Milieumaatregelen op ‘De Marke’ in economisch perspectief (Mandersloot *et al.*, 1998). Toen zijn verschillen in beeld gebracht tussen ‘De Marke’ met en zonder zelf opgelegde stringente milieunormen. Dit was ook een modelmatige benadering. De uitgangspunten in deze studie komen in grote mate overeen met die uit het genoemde rapport. In deze studie gaat het om de effecten van de afzonderlijke milieumaatregelen. Hierbij ‘stapelen’ we de milieumaatregelen tot uiteindelijk een situatie van ‘De Marke’ is bereikt met alle milieumaatregelen. De volgorde van de stapeling is gebaseerd op de kosteneffectiviteit die door de Wageningen Universiteit bepaald is middels een lineaire programmeringstudie (Wolleswinkel, 1999). In die studie zijn de bedrijfseconomische en milieutechnische gevolgen van de afzonderlijke milieumaatregelen op ‘De Marke’ bepaald. Hierbij is steeds één milieumaatregel toegepast voor ‘De Marke’ zonder zelf opgelegde stringente milieunormen. De situatie met milieumaatregel wordt ook steeds geoptimaliseerd, zodat het resultaat het gecombineerde effect beschrijft van de milieumaatregel en de optimalisatie. ‘De Marke’ zonder zelf opgelegde stringente milieunormen (het basisbedrijf) is overigens ook via optimalisatie bepaald en is ook de basis van deze studie.

Waarom modelmatig?

‘De Marke’, als bedrijf met een dergelijk systeem, is uniek. Verder begeleiden deskundigen ‘De Marke’ intensief en houden de bedrijfsvoering nauwlettend in de gaten. De behaalde (technische) resultaten zijn daarom niet alleen het gevolg van toegepaste maatregelen om stringente milieunormen te halen,

maar zijn voor een deel ook toe te schrijven aan het managementniveau en de specifieke situatie op 'De Marke'. In modelberekeningen kan het managementniveau voor de verschillende situaties zo veel mogelijk gelijk gehouden worden. Hierdoor wordt het managementeffect zo veel mogelijk uitgeschakeld. In de berekeningen is steeds uitgegaan van een 'goede landbouwpraktijk'.

Ook kunnen we in modelberekeningen verschillen in investeringen die *niet* samenhangen met het realiseren van de milieudoelen achterwege laten. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan de kosten voor erfverharding of het kavelpad. Want realiseren van de stringente milieudoelen geeft geen aanleiding om anders in erfverharding of kavelpad te investeren. Anderzijds kan het ook zo zijn dat we met modelberekeningen voorbij gaan aan zaken die wel degelijk het gevolg zijn van de gerealiseerde milieudoelen. Dit kan aan de orde zijn als bepaalde technische relaties in de bedrijfsvoering nog niet goed duidelijk zijn.

De berekeningen in deze studie zijn uitgevoerd met simulatiemodellen die door het PR ontwikkeld zijn. Het betreft de modellen BedrijfsBegrotingsProgramma voor de Rundveehouderij (BBPR) en het Melkveemodel.

Bedrijfsvergelijking

Belangrijk bij modelberekeningen zijn de uitgangspunten en de situaties die vergeleken worden. In deze studie vergelijken we steeds twee bedrijfssituaties. Een situatie met en zonder een bepaalde milieumaatregel. Beide hebben betrekking op een nieuwbouwsituatie op erg droge zandgrond. De droogtegevoeligheid leidt dus niet tot verschillen in het bedrijfsresultaat. De berekeningen gelden verder voor een vrij korte periode (hooguit enige jaren), omdat het effect van alle aanpassingen op 'De Marke' voor een langere periode nog niet duidelijk is. De verantwoordelijkheid voor de uitgangspunten van de berekeningen ligt bij het projectteam van 'De Marke'.

Leeswijzer

Nu duidelijk is gemaakt dat we berekeningen uitvoeren om effecten van verschillende maatregelen in beeld te krijgen, waarbij we uitgaan van 'De Marke' zonder zelf opgelegde stringente milieunormen (in het vervolg basisbedrijf genoemd), beschrijven we in het volgende hoofdstuk een aantal algemene kengetallen voor de basissituatie en de verschillende milieumaatregelen. Ook de rantsoenen en de voerproductie komen kort aan de orde. Vervolgens geven we in paragraaf 4.3 een technisch en economisch beeld van de basissituatie. In paragraaf 4.4 laten we de mineralenbalans voor de situaties zien en geven we het resultaat in relatie tot de MINAS-wetgeving. In paragraaf 4.5 staan de conclusies en enkele discussiepunten.

4.2 Basisbedrijf en milieumaatregelen

In deze sectie beschrijven we kort de belangrijkste kenmerken en de economische situatie van het bedrijf zonder milieudoelen. Daarna komen de milieumaatregelen aan bod die op 'De Marke' genomen zijn om het stikstofoverschot terug te dringen.

4.2.1 Algemeen

'De Marke' zonder stringente milieudoelen (Tabel 4.1) beschikt over 55 hectare erg droge zandgrond met circa 658.500 kg melkquotum en 4,33% vet. Dit is gelijk aan de situatie van 'De Marke'. De gemiddelde melkprijs in de basissituatie is f 74,- per 100 kg. Het vee is ondergebracht in ligboxenstallen met mestkelders die juist voldoende opslagcapaciteit hebben.

Wanneer nodig wordt het land op de huiskavel (Hilhorst & Oenema, 2000) intensief berekend. De huiskavel beslaat 70% van het areaal. De veldkavel is 16,5 ha groot en bestaat volledig uit maïsteelt. Maximaal kan het basisbedrijf voor 18,4 ha maïspremie krijgen. Dat is precies de oppervlakte maïs die geteeld wordt.

Met de gegeven melkproductie per koe van 8300 kg zijn 78,35 koeien nodig. Het vervangingspercentage is 38,03% en het aantal aanwezige pinken 30,4 stuks. Het basisbedrijf houdt 31 kalveren aan. Behalve nuchtere kalveren wordt geen jongvee verkocht. Koeien natuurlijk wel.

Op het basisbedrijf is werk voor twee Volwaardige Arbeids Kracht (VAK). De kosten hiervoor bedragen in totaal f 171.200,-

Tabel 4.1. *Algemene kengetallen voor het basisbedrijf ('De Marke' zonder milieudoelen op droge zandgrond).*

Oppervlakte	(ha)	55
- waarvan grasland	(ha)	36,6
- waarvan maïsland	(ha)	18,4
Oppervlakte huiskavel	(ha)	38,5
Melkquotum	(*1000 kg)	658,5
Quotumintensiteit	(kg melk per ha)	11.973
Vetreferentie	(%)	4,33
Melkproductie	(kg per koe)	8.300
Vetgehalte melk	(%)	4,40
Eiwitgehalte melk	(%)	3,50
Aantal melkkoeien		78,35
Vervangingspercentage	(%)	38,03
Aantal pinken		30,4
Aantal kalveren		31,0
Stikstofbemesting grasland	(kg N per ha)	350
Stikstofbemesting maïsland	(kg N per ha)	150
Huisvesting vee		Ligboxenstallen met mestkelders

De melkkoeien op het basisbedrijf weiden van mei tot november gemiddeld 12 uur per dag. De eerste twee maanden van de weideperiode gebeurt dit zo'n 18 uur per dag (onbeperkt) en de overige vier maanden weiden de koeien beperkt met 9 uur per dag. De droge koeien staan het hele jaar op stal, de pinken weiden van mei tot november en de kalveren gaan ruim twee maanden de wei in.

Het herinzaaipercentage van grasland is 16,7%. Herinzaaien van grasland gebeurt in het najaar. Dit leidt tot 15% opbrengstderving van de eerste snede in het volgende jaar.

4.2.2 Gewassen

Op het geoptimaliseerde basisbedrijf is 36,6 ha grasland aanwezig en 18,4 ha snijmaïs. Ter vergelijking: het areaal van 'De Marke' bestaat uit 30 ha grasland en 25 ha maïs (te verdelen in snijmaïs en MKS).

Bij het basisbedrijf op droge zandgrond is de bruto normatieve opbrengst van het grasland (de grasgroei) 11,1 ton drogestof (ds) per ha. Een deel hiervan is bestemd voor beweiding en de rest voor

voederwinning. De stikstofbemesting is 350 kg per ha. De fosfaattoestand van de grond is ruim voldoende verondersteld en de bemesting volgt het fosfaatbemestingsadvies. De beweidingsverliezen zijn op 17% gesteld. De veld- en conserveringsverliezen bij voederwinning zijn beide 6%. Na conservering is de totale opbrengst van graskuil bijna 150 ton ds (zie ook Tabel 4.2).

De loonwerker wordt ingeschakeld bij voederwinnings- en bemestingswerkzaamheden. De loonwerker maait het gras en kuilt het in. Drijfmest wordt emissiearm toegediend, pp grasland met een zodebemester en op maïsland via injectie. Zodebemesten is duurder dan injectie. Vanwege de afstand brengt bemesting op de veldkavel extra kosten met zich mee. Graslandverzorging en herinzaai worden ook door de loonwerker uitgevoerd.

Het maïsland levert op het basisbedrijf ruim 11,75 ton ds bruto opbrengst per ha (normatief). In totaal komt dit op bijna 215 ton ds bruto maïsoopbrengst op het bedrijf. Een deel hiervan is over en wordt verkocht (bijna 45 ton ds). De verkoopprijs is f 0,17 per kVEM. De vervoederingsverliezen van gras- en maïskuil zijn met 0,1% laag. De stikstofbemesting op maïsland ligt op 150 kg per ha en de fosfaattoestand is ook hier op voldoende verondersteld.

De loonwerker zorgt zowel voor de teelt als de oogst van de snijmaïs.

In Tabel 4.2 staan de kuilopbrengsten voor het basisbedrijf weergegeven. In Bijlage 4.4.4 staat de kuilopbrengst van de basissituatie weergegeven samen met de kuilopbrengsten in de situaties met milieumaatregelen.

Tabel 4.2. *Kuilopbrengsten (ton ds in kuil na conservering).*

	Basisbedrijf
maïskuil zomer	51,4
MKS ¹⁾ zomer	0
maïskuil winter	103,3
graskuil 1 ^e snede	55,2
graskuil 2 ^e en overige sneden	92,6
mengkuil (herfstgras+maïsstro)	0
MKS winter	0

¹⁾ MKS is maïskohenschroot

De verkoop van maïs is wel iets hoger dan bij de 'nieuwe' basissituatie van de Wageningen Universiteit. Dit heeft een paar redenen: de maïsoopbrengst is iets hoger gesteld dan bij de Wageningen Universiteit; de koeien krijgen in de winter bijna een halve kilogram per dag minder in deze studie (wel iets meer krachtvoer). De droge koeien krijgen meer snijmaïs bij de Wageningen Universiteit en graskuil van de overige sneden. Het jongvee bij de Wageningen Universiteit krijgt ook meer snijmaïs. In deze studie krijgen de pinken ook nog graszaadhooi.

4.2.3 Rantsoen

Tabellen 4.3 en 4.4 laten de rantsoenen zien van de verschillende diergroepen voor het basisbedrijf. Onderscheid is gemaakt tussen het zomer- en winterrantsoen. Duidelijk is te zien dat de melkkoeien zowel in de zomer als in de winter een behoorlijk aandeel snijmaïs krijgen. Hoewel sprake is van een ruwvoeroverschot, voert het bedrijf voor de droge koeien en de pinken graszaadstro aan. Hiervan wordt bijna 16 ton product netto gekocht voor f 200,- per ton. Met bijna f 0,41 per kVEM is dit

relatief duur. In Bijlage IV.3 is het rantsoen voor de dieren in de basissituatie weergegeven, samen met het rantsoen in de situaties met milieumaatregelen.

Tabel 4.3. Voeding zomer per dier (netto).

		Melkg. koeien	Droge koeien	Pinken	Kalveren
Grasopname per dag	(kg ds)	11,6		7,3	3,9
Ruwvoer per dag	(kg ds)	4			
Wv: Eigen	- Beheersvoer				
	- Graskuil 1e snede				
	- Graskuil ov. sneden				
	- Snijmaïs	4			
Aankoop	- Graskuil				
	- Snijmaïs				
	- Hooi				
	- Graszaadstro				
Krachtvoer per dag	(kg)	4,4			0,5
Wv: - standaardbrok		3,3			0,5
	- matig eiwitrijke brok	1,1			

Tabel 4.4. Voeding winter per dier (netto).

		Melkg. koeien	Droge koeien	Pinken	Kalveren
Ruwvoer per dag	(kg ds)	14	8,6	7,4	3,0
Wv: Eigen	- Beheersvoer				
	- Graskuil 1e snede	3,8			1,2
	- Graskuil ov. sneden	4,9	3,0	3,9	
	- Snijmaïs	5,3	2,8	2,6	1,8
Aankoop	- Graskuil				
	- Snijmaïs				
	- Hooi				
	- Graszaadstro		2,8	0,9	
Krachtvoer per dag	(kg)	7,0	0,5	0,4	0,7
Wv: - standaardbrok		6,2	0,5	0,4	0,6
	- bestendig sojaschroot	0,8			0,1

In de basissituatie krijgen de melkkoeien 5% meer energie en 5% meer DVE gevoerd dan de berekende behoefte. Hetzelfde geldt voor de droge koeien. In de berekeningen is dat verdisconteerd door een grotere ruwvoeropname te veronderstellen.

De melkkoeien nemen een behoorlijke hoeveelheid gras op in de zomer. Gemiddeld krijgen de koeien dagelijks 4 kg ds snijmaïs en nog ruim 4 kg krachtvoer. De droge koeien blijven het hele jaar door op stal en krijgen dus het hele jaar een zogenaamd winterrantsoen. Daarom staan van deze diergeroep geen rantsoengegevens in Tabel 4.3. De pinken krijgen in de weideperiode geen krachtvoer, terwijl de kalveren dagelijks een halve kilo krijgen.

Het streven is om bij een ruwvoeroverschot geen graskuil over te houden, maar maïs. Ook moet het rantsoen voor de droge koeien en de pinken voor een belangrijk deel uit graszaadhooi bestaan.

Het winterrantsoen voor de kalveren bestaat voor bijna 1/3 deel uit maïs, de rest is goede graskuil van de eerste snede. Verder krijgen ze nog 0,7 kg krachtvoer. De pinken krijgen bijna 1 kg ds graszaadhooi. De rest van het ruwvoer bestaat uit graskuil van de overige sneden en maïs. De krachtvoeraanvulling is nog geen 0,5 kg per dag. De droge koeien vreten bijna 3 kg ds graszaadhooi, met evenzoveel maïs en graskuil van de overige sneden. De melkkoeien krijgen bijna 4 kg ds graskuil van de eerste snede. De rest van het ruwvoer is maïs en graskuil van de overige sneden. De krachtvoeraanvulling bestaat vooral uit standaardbrok.

4.2.4 Economie en MINAS basisbedrijf

Economie

Tabel 4.5 geeft, behalve een aantal algemene kengetallen, de bedrijfseconomische boekhouding van het basisbedrijf. De opbrengsten bestaan uit melkgeld (f 74,- per 100 kg), omzet en aanwas, verkoop van maïs (45 ton à f 0,17 per kVEM) en maïspremie (f 10.948,-).

Het grootste deel van de toegerekende kosten bestaat uit voerkosten. Verder nemen meststoffen en directe kosten levende have een aanzienlijk deel voor hun rekening. De laatstgenoemde post omvat onder andere veeverbetering, gezondheidszorg, strooisel, scheren, klauwbekappen, rente vee.

Het grootste deel van de kosten bestaat uit de niet-toegerekende kosten. Dit zijn kosten voor arbeid, grond en gebouwen, machines en werktuigen, loonwerk en algemene kosten.

De aanwezige 2 VAK bepalen de arbeidskosten op ruim f 170.000,-. Veel loonwerkzaamheden zorgen voor aanzienlijke loonwerkkosten.

Het machinepark is afgestemd op de eigen werkzaamheden. Ook zijn kosten voor een 'normale' melkinstallatie begroot.

De gebouwen zijn precies op de aantallen dieren van de verschillende groepen afgestemd. De omvang van de voeropslagen is afgestemd op de hoeveelheid die gevoerd moet worden. Belangrijk hierbij is een voersnelheid van 1,5 meter per week voor elke opslag. Verder is uitgegaan van maïs in een sleufsilo en gras in een rijkui.

In de werktuigenberging is ruimte gereserveerd voor opslag van het graszaadhooi. De jaarlijkse rentekosten van de grond bedragen f 1.230,- per ha.

MINAS

Met nog geen 12.000 kg melk per ha is het bedrijf niet erg intensief. De veebezetting bedraagt nog geen 1,8 (fosfaat)GVE⁵ per ha. De verplichting tot een MINAS-boekhouding is tot 2.000 nog niet aanwezig. Tabel 4.6 laat de stikstofbalans van het basisbedrijf zien.

⁵ GVE is grootvee-eenheid.

Tabel 4.5. Economische situatie basisbedrijf, in guldens op bedrijfsniveau en per 100 kg melk.

	Bedrijf	Per 100 kg melk
Aantal melkkoeien	78,35	
Melkquotum, incl. (ver)lease (ton)	650,28	
Oppervlakte grasland (ha)	36,6	
Oppervlakte snijmaïs (ha)	18,4	
Stuks jongvee	63,1	
Melkproductie (kg/melkkoe)	8.300	
Stikstofjaargift grasland (kg ha ⁻¹)	350	
A. Opbrengsten	549.216	84,46
B. Toegerekende kosten	135.882	20,90
Waarvan:		
- Veevoer	61.136	9,40
- Gewasbeschermingsmiddelen	6.112	0,94
- Meststoffen	14.602	2,25
- Zaad, plant- en pootgoed (incl. rente)	11.152	1,71
- Directe kosten levende have	42.880	6,59
C. Saldo (A-B)	413.334	63,56
D. Niet-toegerekende kosten	538.425	82,80
Waarvan:		
- Arbeidskosten	171.200	26,33
- Loonwerk	56.191	8,64
- Machines, werktuigen, inventaris, ed.	108.409	16,67
- Grond en gebouwen	174.091	26,77
- Algemene kosten	28.534	4,39
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)	-125.091	-19,24
G. Arbeidsopbrengst (E+F)	46.109	7,09

Tabel 4.6. Stikstofbalans van het basisbedrijf.

	Aanvoer (kg ha ⁻¹)		Afvoer (kg ha ⁻¹)
Ruwvoer	4	Vee	10
Krachtvoer	76	Melk	65
Kunstmest	197	Ruwvoer	10
Overig (strooisel, ed.)	1		
Depositie	49		
Totaal	327	Totaal	85
		Totaal stikstofoverschot: 242 kg ha⁻¹	
		Diercorrectie	20
		MINAS-N-overschot: 172 kg ha⁻¹	

De aanvoer van stikstof met krachtvoer is ruim 75 kg per ha. Met kunstmest voert het bedrijf bijna 200 kg per ha aan. De afvoer in vee, melk en ruwvoer bedraagt samen 85 kg per ha. Inclusief depositie en strooisel is het stikstofoverschot bijna 250 kg per ha. In de MINAS-wetgeving telt depositie en strooisel niet mee, wel geldt een diercorrectie als extra afvoerpost op de MINAS-balans. Het MINAS-stikstofoverschot is 172 kg per ha. De totale ammoniakemissie is op 44 kg NH₃ ingeschat. De nitraatconcentratie van het grondwater bedraagt voor dit bedrijf 86 mg NO₃ per liter.

4.2.5 Milieumaatregelen

Via een aantal milieumaatregelen die achter elkaar op het basisbedrijf worden toegepast, benaderen we uiteindelijk de bedrijfsvoering op 'De Marke'. Bij deze aanpassingen gaat het grofweg om drie blokken: bedrijfsstructuur, bemesting en voedervoorziening en (on)roerende goederen. In tabel 4.7 is in grote lijnen aangegeven welke aanpassingen doorgevoerd zijn op 'De Marke', met daarbij het beoogde milieueffect.

Behalve gevolgen voor het milieu hebben de aanpassingen ook gevolgen voor de bedrijfsvoering en het resultaat. En hier hangt weer een prijskaartje aan. De ene maatregel heeft wellicht positieve economische gevolgen, terwijl een andere lichte of juist erg negatieve gevolgen heeft. Een lagere stikstofbemesting leidt bijvoorbeeld tot minder grasgroei, zodat meer voeraankoop nodig is. Aanhouden van minder jongvee leidt wel tot minder opbrengsten via omzet en aanwas, maar drukt de totale voerkosten en de vaste kosten behoorlijk. Wellicht zoveel, dat deze maatregel per saldo een positief economisch effect heeft.

Om het effect van de afzonderlijke milieumaatregelen in beeld te krijgen, zijn de maatregelen na elkaar toegepast op het basisbedrijf, totdat een situatie is bereikt met alle beschreven maatregelen. Deze uiteindelijke situatie is dan de huidige situatie op 'De Marke', met de milieumaatregelen die genomen zijn om het stikstofoverschot te verlagen. Elke rekengang heeft betrekking op een situatie met nieuwbouw.

Tabel 4.7. *Aanpassingen in de bedrijfsvoering om van het basisbedrijf tot 'De Marke' te komen.*

Aanpassing	Beoogd milieueffect
Veestapel en bouwplan	
Minder jongvee	Minder mineralenaanvoer met voer
MKS ¹⁾ telen en voeren	Minder krachtvoeraanvoer, mineralenbeheer regio
Mais (en MKS ¹⁾) in vruchtwisseling telen	Lagere bemesting, hogere opbrengst
Bemesting en voeding	
Bemesten op P ₂ O ₅ –onttrekking	Minder fosfaatbemesting, lager overschot
Verlagen N-bemesting en eerder stoppen	Minder kunstmest-N nodig, minder uitspoeling
Efficiënte beweiding	Betere benutting weidegras
Wintergewas onder maïs/MKS ¹⁾	Minder uitspoeling, minder kunstmest
Beter op de norm voeren van de koeien	Betere stikstofbenutting
Meer maïs voeren in zomer	Betere benutting stikstof door vee
Kortere weideperiode	Minder uitspoeling, betere grasbenutting
Onroerende goederen	
Emissiearme stal	Minder ammoniakemissie

¹⁾ MKS is maïskolvenschroot dat als krachtvoervervanger wordt gebruikt

De volgorde waarin de maatregelen worden toegepast, heeft een zekere invloed op het berekende effect van een bepaalde maatregel. Gekozen is om eerst de maatregel toe te passen die bij *verlaging van 1 kg stikstofoverschot economisch het gunstigst* uitpakt. We beginnen dus met de maatregel met de hoogste *'kosteneffectiviteit'*. De volgorde van de 'stapeling' gebeurt op basis van kosteneffectiviteit die door de Wageningen Universiteit bepaald is middels lineaire programmering (Wolleswinkel, 1999). In die studie zijn de bedrijfseconomische en milieutechnische gevolgen van de afzonderlijke milieumaatregelen op 'De Marke' bepaald, *mèt* optimalisering van de nieuwe situatie. In Tabel 4.8 zijn de maatregelen weergegeven, gesorteerd naar kosteneffectiviteit. In principe gaan we de maatregelen na elkaar toepassen, in de weergegeven volgorde. De maatregel 'meer gesloten maken van het bedrijf' houdt in dat ruwvoer verkoop voorkomen wordt door de maïs die 'over' is als MKS te oogsten. Besloten is om deze maatregel als laatste toe te passen.

Tabel 4.8. Verandering van het netto-bedrijfsresultaat bij verlaging van het stikstofoverschot met 1 kg ha⁻¹.

Milieumaatregel	Verandering bedrijfsresultaat (f kg N ha ⁻¹)
Lager vervangingspercentage	+13,2
Vruchtwisseling	+11,8
Efficiënter beweiding	+ 1,0
Beter op de norm voeren	- 1,2
Telen vanggewas onder maïs	- 1,3
Verlagen stikstofbemesting	- 2,8
Emissiearme stal	- 9,5
Meer gesloten maken van het bedrijf	-18,1
Meer snijmaïs in het weiderantsoen	-54,3
Kortere weideperiode	-415,6

Bron: Wolleswinkel, 1999

Verder past 'De Marke' ook fosfaatevenwichtsbemesting toe. Deze maatregel is niet vermeld in Tabel 4.8. Dat komt omdat die maatregel niet primair bedoeld is om het stikstofoverschot te verlagen. Voor de volledigheid gaan we deze maatregel wel toepassen, en wel na de maatregel 'verlaging stikstofbemesting'.

Het areaal maïs op 'De Marke' is groter dan op het basisbedrijf. De totale oppervlakte maïs is immers 25 ha. Op 'De Marke' wordt maïs onder andere geteeld om het stikstofoverschot te verlagen. Toch is uitbreiding van het areaal maïs niet als aparte maatregel in de tabel weergegeven. Wel is 'meer snijmaïs in het weiderantsoen' als milieumaatregel weergegeven. Bij deze maatregel krijgen de koeien meer snijmaïs bijgevoerd in de zomer. Om uiteindelijk de situatie van 'De Marke' te benaderen passen we een extra maatregel toe: 'uitbreiding areaal snijmaïs'.

Onduidelijk is of de uitgangspunten bij de maatregel 'emissiearme stal' in de studie van Wolleswinkel juist zijn ingeschat. Waarschijnlijk zullen de kosten van deze maatregel hoger uitvallen dan weergegeven in Tabel 4.8. De rangorde van de maatregelen kan daardoor wijzigen. Besloten is om deze maatregel net voor de laatste maatregel te plaatsen ('meer gesloten maken van het bedrijf').

De uiteindelijke volgorde van de maatregelen zoals die na elkaar worden toegepast is dan als volgt:

1. Minder jongvee aanhouden, met een lager vervangingspercentage van de melkkoeien
2. Maïs telen, in vruchtwisseling met gras
3. Efficiënter weiden door siësta-beweiding en naweiden met jongvee
4. De koeien beter op de DVE-norm voeren door productiegroepen te maken

5. Vanggewas telen onder de maïs en pinken weiden op vanggewas
6. Verlaging van stikstofbemesting op gras- en maïsland
7. Verlaging fosfaatbemesting
8. Meer snijmaïs voeren aan de koeien in de weideperiode
9. Areaal maïs uitbreiden tot 25 ha
10. Verkorten van de weideperiode van de koeien
11. Emissiearme stal
12. Voorkómen van voerverkoop, dus gesloten maken van het bedrijf

4.3 Overzicht effecten

Om een totaalbeeld te krijgen, wordt in deze paragraaf een overzicht gegeven van de effecten van alle maatregelen op het stikstofoverschot en op het economisch resultaat. In de volgende paragrafen worden de maatregelen afzonderlijk en uitgebreider behandeld. De veebezetting loopt van 1,79 GVE in de basissituatie tot 1,71 GVE in de uiteindelijke situatie. Dit is vrij laag. Tot 2000 is een MINAS-boekhouding niet verplicht.

4.3.1 Stikstof

Stikstofoverschot

‘De Marke’ heeft de maatregelen uit paragraaf 4.2.5 primair genomen om het stikstofoverschot te verlagen. In Tabel 4.9 zijn de stikstofbalansen weergegeven voor de 13 situaties met steeds een extra maatregel per situatie. Naast het werkelijke stikstofoverschot is ook het MINAS-stikstofoverschot weergegeven. Duidelijk is dat nagenoeg alle maatregelen leiden tot verlaging van het stikstofoverschot. Door de maatregel ‘verlagen van de fosfaatbemesting’ wordt het stikstofoverschot niet verlaagd, maar deze maatregel dient ter verlaging van het fosfaatoverschot. De laatste maatregel, die voerafvoer voorkomt, heeft ook nauwelijks effect op het stikstofoverschot. Het doel van deze maatregel is de nationale mineralenaanvoer te beperken. Op grote schaal toepassen van eigen krachtvoerteelt leidt tot beperking van krachtvoerimport, minder transport en besparing van brandstof.

Verlaging van de stikstofbemesting op gras- en maïsland heeft het sterkste effect op het stikstofoverschot. De daling is bijna 50 kg per ha! Efficiëntere beweiding, met een flinke beperking van het aantal weideuren per dag, telen van een vanggewas onder maïs en uitbreiden van het areaal maïs leiden eveneens tot een flinke verlaging van het stikstofoverschot. De verlaging is bijna 15 kg per ha. Daarna komt de emissiearme stal. Deze maatregel heeft een verlaging van bijna 9 kg per ha tot gevolg. Het effect van de overige maatregelen is steeds kleiner dan 5 kg per ha.

Ammoniakemissie

Tabel 4.10 toont de schattingen van de ammoniakemissie en het nitraatgehalte van het grondwater. Let op, de ammoniakemissie is uitgedrukt in kg N per ha en niet in kg NH₃ per ha. Om de ammoniakemissie te verlagen heeft een emissiearme stal, bij de gegeven maatregelen, het grootste effect. De daling is circa 12 kg stikstof per ha. Meer maïs telen en verlagen van de stikstofbemesting leiden ook tot een daling van de ammoniakemissie (< 5 kg N per ha). De overige maatregelen hebben nauwelijks effect.

Tabel 4.9. Stikstofbalansen voor de verschillende situaties waarin de maatregelen (na elkaar gestapeld) zijn toegepast.

Stikstofbalans (kg N ha ⁻¹)	Basis- bedrijf	Minder jongvee	Vrucht- wisseling	Efficiënte beweiding	Beter op norm voeren	Vang- gewas	Verlagen N-gift	Verlagen P ₂ O ₅ -gift	Meer maïs in zomer	Meer maïs telen	Kortere weide- periode	Emissie- arme stal	Geen voer- afvoer
Aanvoer													
Ruwvoer	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0
Krachtvoer	76	76	76	78	76	76	77	77	83	85	83	83	76
Kunstmest	197	196	193	182	183	170	107	107	104	91	90	81	81
Overig (strooisel, ed.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Depositie	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
<i>Totaal</i>	327	325	322	313	312	299	237	237	240	229	223	214	207
Afvoer													
Vee	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Melk	65	65	65	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
Ruwvoer	10	14	14	17	18	18	5	5	10	10	6	6	0
<i>Totaal</i>	85	88	88	92	93	93	80	80	85	85	81	81	75
Totaal stikstofoverschot (kg ha ⁻¹)	242	237	234	221	219	206	157	157	155	144	142	133	132
Diercorrectie (kg ha ⁻¹)	20	17	17	17	17	17	17	17	16	23	23	23	23
MINAS-N-overschot (kg ha ⁻¹)	172	170	167	154	152	139	90	90	89	71	69	60	59

Tabel 4.10. Ammoniakemissie (kg N ha^{-1} ; niet NH_3), nitraatconcentratie van het grondwater ($\text{mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$) en MINAS-fosfaatoverschot (kg P/ha) voor de verschillende situaties naarin de maatregelen zijn toegepast.

	Basis- bedrijf	Minder jongvee	Vrucht- wisseling	Efficiënte beweiding	Beter op norm voeren	Vang- gewas	Verlagen N-gift	Verlagen P_2O_5 -gift	Meer mais in zomer	Meer mais telen	Kortere weide- periode	Emissie- arme stal	Geen voer- afvoer
Totaal ammoniakemissie	36	36	35	36	36	36	35	35	35	32	33	23	23
Waarvan:													
- vloeroppervlak	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	8	8
- kelder	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	2	2
- mestroediening	9	9	9	11	10	10	9	10	10	7	7	9	9
- beweiding	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
Nitraatconcentratie grondwater	101	99	98	96	96	80	58	58	57	55	53	53	53
MINAS-fosfaatoverschot	18	21	18	16	16	16	16	5	5	2	0	0	0

Nitraat

De nitraatconcentratie van het grondwater daalt wel gestaag door de maatregelen toe te passen. Het meeste effect heeft verlaging van de stikstofbemesting. De nitraatconcentratie in het grondwater daalt hierdoor met bijna 30 mg per liter. Een vanggewas telen na de maïs heeft ook een behoorlijk effect. De nitraatconcentratie daalt met bijna 18 mg per liter. De overige maatregelen hebben allemaal een veel kleinere daling tot gevolg (< 5 mg/l). De berekening van het nitraatgehalte in het grondwater is overigens volgens de rekenregels van Boumans (pers. mededeling, Boumans, RIVM, 1999).

Fosfaat

Hoewel het in deze studie vooral om verlaging van het stikstofoverschot gaat via de genoemde maatregelen, is het fosfaatoverschot en de verandering daarvan eveneens in Tabel 4.10 weergegeven. Belangrijk hierbij is dat het landbouwkundige bemestingsadvies wordt gehanteerd, tot aan de maatregel 'verlagen fosfaatbemesting'. Vanaf deze maatregel ligt de fosfaatbemesting beneden het advies. Verlaging van de fosfaatbemesting op gras- en maïsland heeft verreweg het grootste effect op het fosfaatoverschot. De daling is bijna 12 kg per ha! Meer maïs telen en vruchtwisseling verlagen het MINAS-fosfaatoverschot met circa 3 kg per ha. Efficiënter beweiding, met een flinke beperking van het aantal weideuren per dag en verkorten van de weideperiode leiden ook tot een lichte daling van het fosfaatoverschot. Minder jongvee aanhouden leidt in deze studie juist tot een lichte verhoging van het fosfaatoverschot. Dit komt door de extra behoefte aan fosfaatkunstmest om aan het landbouwkundige bemestingsadvies te voldoen. De overige maatregelen hebben geen gevolgen voor het fosfaatoverschot.

4.3.2 Economie

In Tabel 4.11 is de opbouw van het bedrijfseconomisch resultaat weergegeven voor de verschillende situaties. De kengetallen in de bedrijfseconomische boekhouding zijn bepaald volgens de methode die LEI-DLO hanteert. De bedragen in Tabel 4.11 zijn uitgedrukt in guldens per bedrijf en niet in guldens per kg melk. In Bijlage IV.1 zijn de bedragen per 100 kg melk weergegeven. Bijlage IV.2 geeft gedetailleerde economische informatie voor alle situaties. In Bijlage IV.3 staan de rantsoenen die bij de verschillende situaties horen.

Opbrengsten

Opvallend is dat niet alleen de kosten wijzigen bij de verschillende alternatieven, maar dat de opbrengsten ook kunnen veranderen. Dit gebeurt door verschillende hoeveelheden vee- en voerverkoop, maar ook de melklevering kan veranderen door wijziging van het vetgehalte van de melk bij enkele maatregelen. Bij de maatregel 'efficiëntere beweiding' is er sprake van siëstabeweiding en naweiden met pinken. De melkproductie gaat daardoor omhoog en het vetgehalte daalt. Hierdoor mag het bedrijf meer melk leveren. Hoewel het eiwitgehalte ook daalt, nemen de opbrengsten via melkgeld toch toe.

Toegerekende kosten

De toegerekende kosten worden vooral bepaald door de voerkosten. De voerkosten variëren van ongeveer f 65.000,- tot f 53.000,-. De laagste voerkosten maakt het bedrijf dat zelf ook krachtvoer verbouwt. De hoogste voerkosten komen voor op het bedrijf dat veel maïs verbouwt en voert. Bij maïstrijke rantsoenen is het immers noodzakelijk om een aanzienlijke hoeveelheid (dure) eiwitrijke brok te voeren.

Tabel 4.11. *Bedrijfseconomisch resultaat (f per bedrijf) en globale opbouw ervan voor de verschillende situaties waarin de maatregelen (na elkaar gestapeld) zijn toegepast.*

	Basis- bedrijf	Minder jongvee	Vrucht- wisseling	Efficiënte beweiding	Beter op norm voeren	Vanggewas	Verlagen N-gift	Verlagen P ₂ O ₅ -gift	Meer maïs in zomer	Meer maïs telen	Kortere weide- periode	Emissie- arme stal	Geen voor- afvoer
Aantal melkkoeien	78.3	78.3	78.35	77.75	77.75	77.75	77.75	77.75	76.85	76.85	77.08	77.0	77.08
Melkquotum, incl. (ver)lease (ton)	650.2	650.2	650.28	667.84	667.84	667.84	667.84	667.84	667.84	667.84	664.39	664.3	664.39
Oppervlakte grasland (ha)	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6	36.6	30	30	30	30
Oppervlakte snijmaïs (ha)	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	25	25	25	20.4
Oppervlakte ov. voedergrassen (ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.6
Stuks jongvee	61	53	53	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
Melkproductie (kg per melkkoe)	8300	8300	8300	8590	8590	8590	8590	8590	8690	8690	8620	8620	8620
Stikstofaangift grasland (kg ha ⁻¹)	350	350	350	350	350	350	250	250	250	250	250	250	250
A. Opbrengsten	549.2	548.0	548.391	553.186	553.142	553.890	543.310	543.310	547.709	547.579	543.949	543.9	538.87
B. Toegerekende kosten	135.8	138.0	138.211	137.948	137.385	137.594	134.054	133.748	137.194	141.325	137.306	136.8	129.94
Waarvan:													
- Veevoer	61.1	60.5	60.135	61.547	60.885	60.238	60.473	60.463	64.721	64.767	60.339	60.3	53.64
- Gewasbeschermingsmiddelen	6.1	6.1	6.008	6.008	6.008	6.008	6.008	6.008	6.008	6.901	6.901	6.9	6.90
- Meststoffen	14.6	14.8	14.614	13.286	13.385	12.449	8.674	8.378	8.090	7.474	7.274	6.8	6.60
- Zaad-, plant- en pootgoed (incl. rente)	11.1	11.1	12.011	12.011	12.011	13.851	13.851	13.851	13.851	17.659	17.659	17.6	17.65
- Directe kosten levende have	42.8	45.4	45.443	45.096	45.096	45.048	45.048	45.048	44.524	44.524	45.133	45.1	45.13
C. Saldo (A-B)	413.3	409.9	410.180	415.238	415.757	416.296	409.256	409.562	410.515	406.254	406.643	407.0	408.92
D. Niet-toegerekende kosten	538.4	532.7	532.646	535.951	537.422	539.940	542.333	542.309	546.569	547.017	557.604	568.8	576.19
Waarvan:													
- Arbeidskosten (F)	171.2	170.2	168.600	171.200	172.695	173.345	172.533	172.533	175.783	172.533	179.033	179.0	180.65
- Loonwerk	56.1	54.4	55.923	56.518	56.494	57.537	59.133	59.110	60.011	65.643	68.039	68.0	72.93
- Machines, werktuigen, inventaris, ed.	108.4	108.4	108.560	108.668	108.667	109.441	109.339	109.339	109.642	107.976	108.404	108.4	108.61
- Grond en gebouwen	174.0	171.1	171.066	171.178	171.179	171.230	172.941	172.941	172.912	172.644	173.864	185.1	185.72
- Algemene kosten	28.5	28.4	28.497	28.387	28.387	28.387	28.387	28.387	28.221	28.221	28.265	28.2	28.26
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)	-125.0	-122.8	-122.466	-120.713	-121.665	-123.644	-133.077	-132.747	-136.054	-140.763	-150.961	-161.7	-167.26
G. Arbeidsopbrengst (E + F)	46.1	47.3	46.134	50.487	51.030	49.701	39.456	39.785	39.729	31.770	28.071	17.2	13.39

Andere grote kostenposten zijn de directe kosten levende have. In de basissituatie bedragen deze kosten bijna f 43.000,-, en bij de overige situaties is deze kostenpost ruim f 45.000,-. Het verschil zit in de gezondheidskosten, die bij een laag vervangingspercentage van de veestapel flink toenemen.

De kosten voor meststoffen zijn flink teruggebracht, vooral na verlaging van de stikstofbemesting. De kosten hiervoor dalen circa f 6.000,-. De kosten voor zaaizaad, plant- en pootgoed nemen toe door vruchtwisseling, telen van een vanggewas, maar vooral door uitbreiding van het areaal maïs.

Niet toegerekende kosten

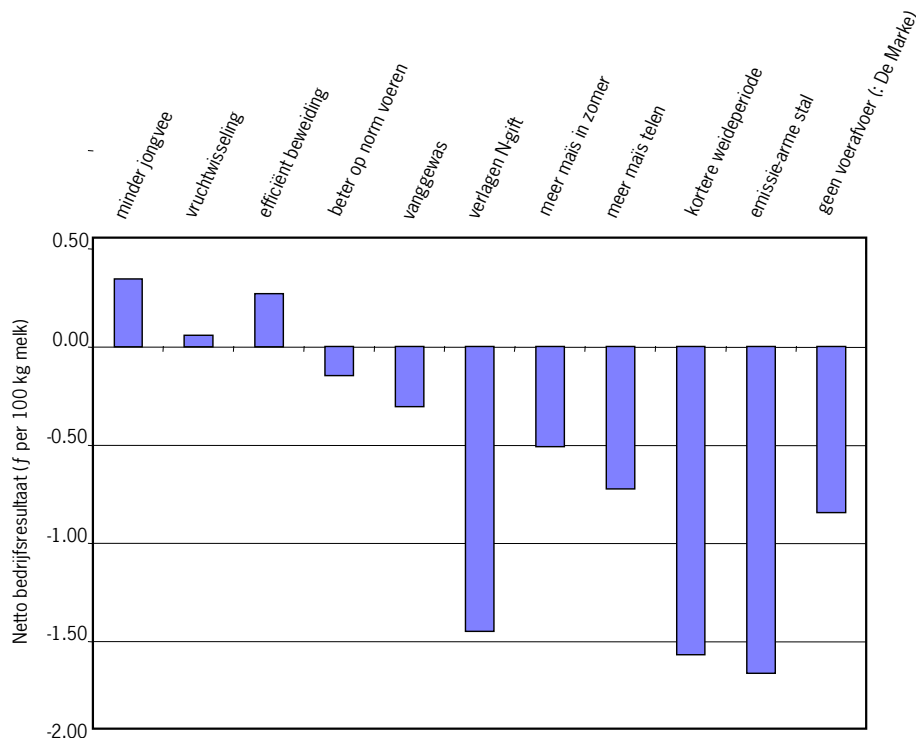
De arbeidskosten vormen een belangrijk deel van de niet-toegerekende kosten. Op basis van schattingen van het projectteam van 'De Marke' en berekeningen van de Wageningen Universiteit is het verschil in arbeidsbehoefte bij de verschillende maatregelen begroot. De arbeidskosten zijn een onderdeel van het netto-bedrijfsresultaat, maar niet van de arbeidsopbrengst. De arbeidskosten zijn veelal een berekende kostenpost en niet altijd uitgaven. De loonwerkkosten vertonen een behoorlijke variatie. Met circa f 54.500,- bij een situatie met weinig jongvee zijn deze kosten bijna f 20.000,- lager dan na toepassing van alle maatregelen.

De variatie in kosten voor machines, werktuigen, inventaris, e.d. is erg klein. De oorzaak van de variatie die optreedt is verschil in kosten voor afdek materiaal van kuilvoer en extra kosten voor afrastering voor weiden van jongvee op vanggewas. Bij elke maatregel is uitgegaan van een compleet nieuwe situatie. Stallen en mest- en voeropslagen zijn exact zo groot gebouwd als nodig is. Bij een kleine veestapel zijn de kosten voor de stallen laag, terwijl bij emissiearme voorzieningen de kosten flink stijgen. De kosten voor grond en gebouwen variëren van f 171.000,- tot ruim f 185.000,-. De algemene kosten tenslotte variëren nauwelijks.

Inkomen

Het netto-bedrijfsresultaat stijgt licht door minder jongvee aan te houden, maïs in vruchtwisseling te telen en efficiënter te weiden. De overige stikstofverlagende maatregelen leiden tot een daling van het netto-bedrijfsresultaat. Verandering van de arbeidsbehoefte leidt tot iets andere effecten op de arbeidsopbrengst. Overigens is het netto-bedrijfsresultaat in de situatie met alle milieumaatregelen ruim f 42.000,- lager dan in de basissituatie. Dit is f 6,5 per 100 kg melk. De arbeidsopbrengst is bijna f 33.000,- lager dan in de basissituatie. Per 100 kg melk is dat f 5,03.

Figuur 4.1 laat zien hoe het netto-bedrijfsresultaat na toepassen van een maatregel steeds verandert, als de maatregelen na elkaar (gestapeld) doorgevoerd worden. Het netto-bedrijfsresultaat stijgt door minder jongvee te houden, vruchtwisseling toe te passen en efficiënter te beweiden. Het inkomen daalt fors door een emissiearme stal te bouwen, de weideperiode te verkorten en door de stikstofgift te verlagen met verkorting van de beweidingperiode. Eigen krachtvoer telen en voeren is daarna de duurste maatregel, terwijl meer maïs voeren en telen minder kosten. Telen van een vanggewas onder maïs en beter op de norm voer kosten het minst. Tabel 4.12 laat overigens ook de verandering in de arbeidsopbrengst zien. Dit is zonder de kosten van extra arbeid. De kosteneffectiviteit van de maatregelen (na stapeling) is hierin ook te zien. Verlaging van de stikstofgift blijkt dan behoorlijke effectief.



Figuur 4.1. Verandering van het netto-overschot (f per 100 kg melk) per maatregel bij achtereenvolgens toepassen van de weergegeven milieumaatregelen (stapelen).

Tabel 4.12. Verandering netto-bedrijfsresultaat (NBR), verandering van de arbeidsopbrengst (AO) en de kosteneffectiviteit (economisch effect na daling van 1 kg ha⁻¹ N-overschot in f per 100 kg melk) na achtereenvolgens toepassen van de maatregelen (stapelen).

	Minder jongvee	Vruchtwisseling	Efficiënte beweiding	Beter op norm voeren	Vanggewas	Verlagen N-gift	Meer maïs in zomer	Meer maïs telen	Kortere weideperiode	Emissie-arme stal	Geen voerstrook (:De Marke)
NBR (f/bedrijf)	1.266	384	1.753	-952	-1.979	-9.433	-3.306	-4.709	-10.199	-10.816	-5.489
NBR (f/100 kg melk)	0,19	0,06	0,27	-0,15	-0,30	-1,45	-0,51	-0,72	-1,57	-1,66	-0,84
AO (f/100 kg melk)	0,19	-0,19	0,67	0,08	-0,20	-1,58	-0,01	-1,22	-0,57	-1,66	-0,59
Kosteneffectiviteit	0,07	0,02	0,02	-0,07	-0,02	-0,03	-0,25	-0,07	-0,78	-0,18	-0,84

4.4 Economie milieumaatregelen

In deze paragraaf behandelen we per maatregel de economische gevolgen voor het bedrijf. Zoals reeds vermeld, gaat het in alle gevallen om een nieuwe start van het bedrijf en normatieve (gewas)opbrengsten en tarieven voor 1998. De onderliggende kengetallen van de bedrijfseconomische boekhouding zijn gerangschikt en samengevoegd volgens de methode die LEI-DLO ook hanteert. Dit wijkt op onderdelen wel af van het GRAS-systeem (Geüniformeerd Rekensysteem van de Agrarische Sector), maar de kengetallen zijn zo wel goed te interpreteren. Een voorbeeld: in het GRAS-systeem worden alle afschrijvingen samengevoegd tot één post afschrijvingen; om de kosten van de bouwwerken goed te kunnen onderscheiden, is het gemakkelijker om afschrijving, onderhoud en rente aan de bouwwerken toe te schrijven; in de boekhouding van LEI-DLO gebeurt dat wel.

Een aandachtspunt is dat de bedragen uitgedrukt per 100 kg melk duiden op het melkquotum met het oorspronkelijke vetgehalte (referentie). Het gaat hierbij niet om de actuele melklevering. Deze kan namelijk in de situaties verschillen, zodat de bedragen moeilijk vergelijkbaar zijn.

4.4.1 Minder jongvee aanhouden

Het basisbedrijf vervangt jaarlijks ruim 38% van de aanwezige koeien. Het bedrijf houdt dan juist zoveel vaarskalveren aan dat verkoop van jongvee niet nodig is. Verlagen van het vervangingspercentage leidt dus tot minder jongvee op het bedrijf. Dit is in Tabel 4.13 weergegeven. Bij deze maatregel is het vervangingspercentage verlaagd tot 32,52%. Het aantal kalveren en pinken wordt hierdoor flink verlaagd. Het beoogde effect van deze maatregel is vermindering van de aanvoer van mineralen via aankoop van voer.

Tabel 4.13. *Samenstelling veestapel vóór en ná verlagen vervangingspercentage.*

	Basisbedrijf	Minder jongvee
Gemiddeld aantal melkkoeien	78,35	78,35
Aantal afkalvingen per jaar	94,02	91,78
Vervangingspercentage (% van melkkoeien)	38,03	32,52
Aantal kalveren	31,0	26,5
Aantal pinken	30,4	26,0

Tabel 4.14 laat globaal de bedrijfseconomische situaties zien van het basisbedrijf en na toepassen van de maatregel ‘minder jongvee’. Hierin zijn de totaalbedragen weergegeven en de posten die verschillen veroorzaken. Bovenin de tabel is een aantal algemene kengetallen weergegeven.

Saldo

Duidelijk is dat het aantal melkkoeien gelijk is in beide situaties, maar dat het aantal stuks jongvee kleiner is. Hierdoor ontstaat meer ruimte om gras te maaien, zodat het maaipcentage stijgt naar 184%.

De totale opbrengsten dalen ruim f 1.000,-. Want, ofschoon de verkoop van ruwvoer stijgt, de daling van de opbrengsten via omzet en aanwas is groter.

De kosten voor veevoer dalen ruim f 600,-, maar door minder dierlijke mest stijgen de kosten voor meststoffen licht. De directe kosten voor levende have stijgen ruim f 2.500,-. Uitgangspunt bij deze berekening was de relatie tussen dierenartskosten en vervangingspercentage als in de praktijk. Analyse van de Delar-cijfers van de GIBO-groep heeft opgeleverd dat de dierenartskosten voor de situatie op ‘De Marke’ (minder jongvee) f 52,- per koe hoger zijn dan voor het basisbedrijf. Dit verklaart de hogere directe kosten voor levende have. In totaal stijgen de toegerekende kosten met ruim f 2.000,-.

Het saldo daalt met ruim f 3.000,- door minder jongvee te houden dan op ‘De Marke’.

Tabel 4.14. *Bedrijfseconomische resultaten van het 'basisbedrijf' en de situatie 'minder jongvee' in f per bedrijf en in f per 100 kg melk.*

	Basisbedrijf	Minder jongvee	Basisbedrijf	Minder jongvee
Aantal melkkoeien	78,35	78,35		
Melkquotum, incl. (ver)lease (ton)	650,28	650,28		
Oppervlakte grasland (ha)	36,6	36,6		
Oppervlakte snijmaïs (ha)	18,4	18,4		
Stuks jongvee	61,42	52,53		
Stikstofjaargift grasland (kg ha ⁻¹)	350	350		
Maaipercantage (%)	177	184		
			per 100 kg melk	
A. Opbrengsten	549.210	548.007	84,46	84,27
Waarvan:				
- Omzet en aanwas	49.150	44.952	7,56	6,91
- Verkoop voedergewassen	7.880	10.881	1,21	1,67
B. Toegerekende kosten	135.880	138.062	20,90	21,23
Waarvan:				
- Veevoer	61.130	60.517	9,40	9,31
- Meststoffen	14.600	14.838	2,25	2,28
- Directe kosten levende have	42.880	45.443	6,59	6,99
C. Saldo (A-B)	413.330	409.945	63,56	63,04
D. Niet-toegerekende kosten	538.420	532.795	82,80	81,93
Waarvan:				
- Loonwerk	56.190	54.485	8,64	8,38
waarvan: - graslandverzorging	5.470	5.472	0,84	0,84
- voederwinning grasland	11.640	12.152	1,79	1,87
- snijmaïs	25.940	24.537	3,99	3,77
- mest uitrijden	13.130	12.324	2,02	1,90
- Machines, werktuigen, inventaris, ed	108.400	108.487	16,67	16,68
- Grond en gebouwen	174.090	171.101	26,77	26,31
- waarvan kosten stallen:	70.390	67.604	10,82	10,40
- waarvan kosten voeropslagen:	8.590	8.474	1,32	1,30
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)	-125.090	-122.850	-19,24	-18,89
F. Berekende arbeid	171.200	170.225	26,33	26,18
G. Arbeidsopbrengst (E+F)	46.100	47.375	7,09	7,29

Niet toegerekende kosten

De loonwerkkosten dalen bijna f 2.000,- door minder jongvee aan te houden. Het 'nieuwe' bedrijf heeft immers minder voer nodig en de hoeveelheid dierlijke mest op het bedrijf daalt. Dit leidt tot minder kosten voor voederwinning en voor mesttoediening.

Omdat minder voer nodig is, hoeft minder voer afgedekt te worden (zie ook Bijlage IV.4). De kosten voor plastic en afdek materiaal dalen hierdoor, zodat de kosten voor machines, werktuigen en inventaris licht dalen. De kosten voor grond en gebouwen dalen met circa f 3.000,-, omdat minder stalruimte nodig is. Hetzelfde geldt voor de voeropslagen, maar de daling van kosten is daar net f 100,-. De

overige vaste kosten dalen minimaal door minder kleinere aantallen vee. Deze post is niet weergegeven in Tabel 4.14.

Inkomen

Het netto-bedrijfsresultaat stijgt ruim f 2.200,-. Het verschil in arbeidskosten leidt tot een lagere stijging van de arbeidsopbrengst (ruim f 1.250,-). Per 100 kg melk is de stijging van het netto-bedrijfsresultaat en de arbeidsopbrengst, respectievelijk, f 0,34 en f 0,19.

4.4.2 Mais telen in vruchtwisseling met gras

Het basisbedrijf hanteert continueelt voor maïs. Jaarlijks zaait dit bedrijf wel ruim 16% van het grasland opnieuw in. Dit is ruim 6 ha. Behalve deze oppervlakte, wordt ook het maïsland éénmaal in de negen jaar doodgespoten. In totaal spuit het bedrijf met continueelt van maïs na de oogst jaarlijks ruim 2 ha maïsland dood, en wordt 6 ha van een nieuwe grasmat voorzien. Dit is in Tabel 4.15 weergegeven. Bij vruchtwisseling wordt jaarlijks circa 8,8 ha van een nieuwe grasmat voorzien. Maar door vruchtwisseling met maïs is doodspuiten van de grasmat minder vaak aan de orde: ruim 1,5 ha maïsland en bijna 4 ha blijvend grasland. Het middel voor doodspuiten kost f 70,- per ha. De loonwerker voert alle werkzaamheden voor herinzaaien uit (ploegen, frezen, zaaien, spuiten) voor een tarief van f 773,- per ha.

Het perceel dat wisselt van maïsland naar grasland, krijgt bij vruchtwisseling pas in het voorjaar een nieuwe grasmat. De opbrengstderving van het gras in de eerste snede is op die percelen groter dan op de percelen die in de herfst opnieuw worden ingezaaid. Bij najaarsinzaai is de opbrengstderving 15% van de eerste snede in het volgende jaar, terwijl voorjaarsinzaai tot 55% opbrengstderving van de eerste snede leidt. Verder leidt vruchtwisseling tot verhoging van de maïsopbrengst. Aangenomen is dat de extra opbrengst 4% bedraagt.

Het beoogde effect van deze maatregel is een lagere bemesting van snijmaïs door gebruik te maken van mineralisatie uit de opgebouwde organische stof onder grasland.

Tabel 4.15. Herinzaai en doodspuiten vóór en ná toepassen vruchtwisseling van gras en maïs.

	Continueelt maïs	Vruchtwisseling
Oppervlakte jaarlijkse herinzaai gras	6,04	8,8
Oppervlakte jaarlijks doodspuiten (gras en maïs)	8,08	5,3
Loonwerkertarief herinzaai (f ha ⁻¹)	773	773
Kosten middel doodspuiten (f ha ⁻¹)	70	70

In Tabel 4.16 zijn globaal de bedrijfseconomische situaties weergegeven van het bedrijf met continueelt van maïs (basisbedrijf en situatie met minder jongvee) en de situatie na toepassen van de maatregel 'vruchtwisseling'. Hierin zijn de totaalbedragen weergegeven en de posten die verschillen veroorzaken. Bovenin de tabel is een aantal algemene kengetallen weergegeven.

Saldo

De vruchtwisseling heeft geen effect op de melkproductie, maar de kunstmestgift daalt. Het maaipercentage daalt door de hoge opbrengstderving van de eerste snede na herinzaai.

De totale opbrengsten stijgen circa $f 400,-$, want de grasproductie mag dan wel dalen, de maïsproductie stijgt sneller, wat leidt tot verkoop van meer ruwvoer.

De kosten voor veevoer dalen circa $f 400,-$. Dit komt door de grotere opname van energierijke maïs in de winter, waardoor de krachtvoerkosten licht dalen. De kosten voor gewasbeschermingsmiddelen dalen, omdat grasland niet doodgespoten hoeft te worden bij vruchtwisseling. De kunstmestkosten dalen een paar honderd gulden, want door nalevering van stikstof uit de graslandfase is minder kunstmeststikstof nodig voor maïsland. De kosten voor zaaizaad stijgen ruim $f 900,-$ doordat jaarlijks een groter areaal een nieuwe grasmat krijgt.

In totaal stijgen de toegerekende kosten circa $f 150,-$. Het saldo stijgt ruim $f 200,-$ door meer voerverkoop bij vruchtwisseling.

Niet toegerekende kosten

De arbeidskosten zijn lager ingeschat bij vruchtwisseling door daling van het maaipercentage. Dit scheelt ruim $f 1.500,-$. De loonwerkkosten nemen toe door meer graslandverzorging. Het lagere maaipercentage leidt tot lagere voederwinningskosten. De kosten voor snijmaïs wijzigen nauwelijks, omdat de opbrengst per ha wel stijgt, maar de oppervlakte niet. De kosten voor uitrijden van mest stijgen licht, omdat op de veldkavel ook grasland aanwezig is in de situatie met vruchtwisseling. Toediening van mest gebeurt met de zodebemester en is duurder dan injectie (zoals dat op maïsland gebeurt). De totale loonwerkkosten stijgen bijna $f 1.500,-$.

De overige vaste kosten stijgen minimaal door extra kosten voor ruwvoeropslag.

Inkomen

Het netto-bedrijfsresultaat stijgt bijna $f 400,-$. Dit is $f 0,06$ per 100 kg melk. Door het verschil in arbeidskosten daalt de arbeidsopbrengst met ruim $f 1.241,-$. Dit is $f 0,20$ per 100 kg melk.

4.4.3 Efficiënter weiden

De volgende milieumaatregel die we bespreken is efficiënter weiden door toepassen van siësta-beweiding en naweiden met pinken. Op het basisbedrijf weiden de koeien beperkt met 12 weide-uren per dag en het jongvee weidt onbeperkt op afzonderlijke percelen. Bij deze maatregel gaan de koeien maar 9 uren per dag naar buiten en graast het jongvee de percelen kaal die het melkvee 2 dagen heeft beweid. Het beweidingrendement neemt met 5% toe door deze maatregel.

Door de siësta-beweiding komt ruim 25% meer mest in de opslag terecht, waardoor de mestopslag vergroot moet worden.

Siësta-beweiding leidt tot een hogere voeropname en daardoor ook tot een hogere melkproductie per koe. Deze stijgt met 290 kg per jaar. De gehalten aan vet en eiwit dalen. Bij dit lagere vetgehalte mag meer melk geleverd worden. Tabel 4.17 laat zien hoe de melkproductie, de gehalten en de melkprijs veranderen door efficiëntere beweiding.

Tabel 4.16. *Bedrijfseconomische resultaten van het bedrijf met continueelt van maïs en de situatie 'vruchtwisseling' in f per bedrijf en in f per 100 kg melk.*

	Continueelt maïs	Vruchtwisseling	Continueelt maïs	Vruchtwisseling
Aantal melkkoeien	78,35	78,35		
Melkquotum, incl. (ver)lease (ton)	650,28	650,28		
Oppervlakte grasland (ha)	36,6	36,6		
Oppervlakte snijmaïs (ha)	18,4	18,4		
Stikstofjaargift grasland (kg ha ⁻¹)	350	350		
Maaipcentage (%)	184	179		
			per 100 kg melk	
A. Opbrengsten	548.00	548.391	84,27	84,33
Waarvan:				
- Verkoop voedergewassen	10.88	11.265	1,67	1,73
B. Toegerekende kosten	138.06	138.211	21,23	21,25
Waarvan:				
- Veevoer	60.51	60.135	9,31	9,25
- Gewasbeschermingsmiddelen	6.11	6.008	0,94	0,92
- Meststoffen	14.83	14.614	2,28	2,25
- Zaad, plant en pootgoed (incl. rente)	11.15	12.011	1,71	1,85
C. Saldo (A-B)	409.94	410.180	63,04	63,08
D. Niet-toegerekende kosten	532.79	532.646	81,93	81,91
Waarvan:				
- Arbeidskosten	170.22	168.600	26,18	25,93
- Loonwerk	54.48	55.923	8,38	8,60
Waarvan: - graslandverzorging	5.47	7.116	0,84	1,09
- voederwinning grasland	12.15	11.795	1,87	1,81
- snijmaïs	24.53	24.560	3,77	3,78
- mest uitrijden	12.32	12.452	1,90	1,91
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)	-122.85	-122.466	-18,89	-18,83
F. Berekende arbeid	170.22	168.600	26,18	25,93
G. Arbeidsopbrengst (E+F)	47.37	46.134	7,29	7,09

Tabel 4.17. *Verandering van melkproductie, gehalten en melkprijs door efficiëntere beweiding.*

	Beperkt weiden koeien, jongvee onbeperkt	Efficiëntere beweiding: siësta- beweiding en naweiden met jongvee
Gecorrigeerd melkquotum (kg)	650.283	667.842
Melkproductie per koe (kg)	8.300	8.590
Vetgehalte (%)	4,40	4,25
Eiwitgehalte (%)	3,50	3,47
Melkprijs (f kg ⁻¹)	74,00	72,44

Tabel 4.18 laat globaal de bedrijfseconomische situaties zien van de situatie met beperkte beweiding van de koeien (basisbedrijf, 'minder jongvee' en 'vruchtwisseling') en het bedrijf na toepassen van siësta-beweiding en naweiden met jongvee. In de tabel zijn de totaalbedragen weergegeven en de posten die verschillen veroorzaken. Bovenin de tabel is een aantal algemene kengetallen weergegeven.

Saldo

De efficiëntere beweiding heeft een positief effect op de melkproductie. Om het grotere quotum precies vol te melken, daalt het aantal koeien licht. Het maaipcentage stijgt door minder beweiding-verliezen, zodat meer graskuil gewonnen wordt.

De melkopbrengsten stijgen ruim f 2.500,- door de extra melklevering bij het lagere vetgehalte. De post omzet en aanwas daalt licht door minder veeverkopen. De voerverkopen nemen ook toe met ruim f 2.500,-. De totale opbrengsten stijgen circa f 4.750,-.

De hogere voeropname leidt tot verhoging van de krachtvoerkosten met bijna f 1.500,-.

De kunstmestkosten dalen bijna f 1.400,-, vanwege de extra dierlijke mest die in de zomer opgevangen wordt.

De directe kosten voor vee dalen een paar honderd gulden doordat minder vee op het bedrijf aanwezig is.

In totaal dalen de toegerekende kosten circa f 250,-. Het saldo stijgt ruim f 5.000,- door meer melk te leveren en meer voerverkoop bij een efficiëntere beweiding.

Niet toegerekende kosten

De arbeidskosten nemen met ruim f 2.500,- toe, doordat de koeien vaker uit het land gehaald moeten worden en door stijging van het maaipcentage. De loonwerkkosten nemen circa f 600,- toe door hogere mestuitrijkosten. Want in de zomer komt ruim 25% mest extra in de opslag door siësta-beweiding. De kosten voor inkuilen van gras nemen weliswaar toe, maar de kosten voor snijmaïs dalen met eenzelfde bedrag.

Door de hogere melkproductie is minder vee nodig om het quotum vol te melken. Hierdoor dalen de kosten voor de stallen. Maar door siësta-beweiding is een grotere mestopslag nodig, zodat de kosten voor grond en gebouwen licht stijgen.

Inkomen

Het netto-bedrijfsresultaat stijgt ruim f 1.750,-. De stijging bij de arbeidsopbrengst is zelfs nog groter omdat gecorrigeerd is voor extra arbeidskosten. De arbeidsopbrengst stijgt zelfs ruim f 4.000,-. Tabel 4.18 laat zien dat het netto-bedrijfsresultaat f 0,27 per 100 kg melk stijgt en de arbeidsopbrengst f 0,67. (N.B.: dit geldt per 100 kg melkquotum en niet per 100 kg geleverde melk). Dit maakt een juiste vergelijking van de getallen per 100 kg melk mogelijk.

Tabel 4.18. *Bedrijfseconomische resultaten van de situatie met beperkt weiden van de koeien en de situatie met een efficiëntere beweiding in f per bedrijf en in f per 100 kg melk.*

		Beperkt weiden koeien, jongvee onbeperkt	Efficiëntere beweiding: siësta- beweiding en naweiden met jongvee	Beperkt weiden koeien, jongvee onbeperkt	Efficiëntere beweiding: siësta- beweiding en naweiden met jongvee
Aantal melkkoeien		78,35	77,75		
Melkquotum, incl. (ver)lease	(ton)	650,28	667,84		
Oppervlakte grasland	(ha)	36,6	36,6		
Oppervlakte snijmaïs	(ha)	18,4	18,4		
Melkproductie	(kg mk ⁻¹)	8.300	8.590		
Graslandgebruikssysteem		Beperkt weiden	Siësta- beweiding		
Maaipercentage	(%)	179	193		
				Per 100 kg melk	
A. Opbrengsten		548.391	553.186	84,33	85,07
Waarvan:					
- Melkopbrengsten		481.226	483.807	74,00	74,40
- Omzet en aanwas		44.952	44.610	6,91	6,86
- Verkoop voedergewassen		11.265	13.821	1,73	2,13
B. Toegerekende kosten		138.211	137.948	21,25	21,21
Waarvan:					
- Veevoer		60.135	61.547	9,25	9,46
- Meststoffen		14.614	13.286	2,25	2,04
- Directe kosten levende have		45.443	45.096	6,99	6,93
C. Saldo (A-B)		410.180	415.238	63,08	63,86
D. Niet-toegerekende kosten		532.646	535.951	81,91	82,42
Waarvan:					
- Arbeidskosten		168.600	171.200	25,93	26,33
- Loonwerk		55.923	56.518	8,60	8,69
Waarvan: - graslandverzorging		7.116	7.116	1,09	1,09
- voederwinning grasland		11.795	12.725	1,81	1,96
- snijmaïs		24.560	23.406	3,78	3,60
- mest uitrijden		12.452	13.271	1,91	2,04
- Grond en gebouwen		171.066	171.178	26,31	26,32
- waarvan kosten stallen		67.604	67.721	10,40	10,41
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)		-122.466	-120.713	-18,83	-18,56
F. Berekende arbeid		168.600	171.200	25,93	26,33
G. Arbeidsopbrengst (E+F)		46.134	50.487	7,09	7,76

4.4.4 Koeien beter op de DVE-norm voeren

'De Marke' geeft aan dat op het bedrijf de koeien bewust beter op de DVE-norm gevoerd worden. Hierdoor verbetert de benutting van het eiwit uit het rantsoen. Door de koeien in de stalperiode in productiegroepen te houden is de DVE-norm beter te realiseren. De groep met hoogproductieve koeien heeft meer energie en eiwit nodig dan de laagproductieve groep. Het basisbedrijf (en alle voorgaande situaties) voorziet de veestapel ruim van DVE, 105% van de berekende norm. Bij deze maatregel verlagen we het eiwitaanbod door in twee productiegroepen te voeren. Het DVE-aanbod wordt 102% van de berekende norm.

In Tabel 4.19 zijn globaal de bedrijfseconomische resultaten te zien van de situatie met ruime DVE-voorziening van de koeien (basisbedrijf, 'minder jongvee', 'vruchtwisseling' en 'efficiëntere beweiding') en het bedrijf na toepassen van productiegroepen en betere normvoeding. In de tabel zijn de totaalbedragen weergegeven en de posten die verschillen veroorzaken. Bovenin de tabel is een aantal algemene kengetallen weergegeven.

Saldo

Zoals te zien is in Tabel 4.19, zijn geen effecten toegekend aan de melkproductie per koe. De melkopbrengsten blijven gelijk, evenals de opbrengsten via omzet en aanwas. De opbrengsten voor voerverkoop dalen enkele tientjes. Dit komt door de hogere maïsopname. Per 100 kg melk is dit trouwens verwaarloosbaar.

Om beter op de DVE-norm te voeren krijgen de koeien in de winter meer maïs en minder graskuil. Zie hiervoor ook Bijlage IV.3. De graskuil die de koeien minder krijgen in vergelijking met een ruime DVE-voorziening gaat naar de pinken en de kalveren. Zo vindt er uitwisseling plaats tussen maïs- en graskuil tussen jongvee en melkkoeien. De voerkosten dalen circa f 600,- door minder DVE te verstrekken en dan met name de kosten voor eiwitrijk krachtvoer.

De kunstmestkosten stijgen circa f 100,- door lagere gehalten aan stikstof en fosfaat in de mest. Het saldo stijgt circa f 500,- door minder voerkosten bij betere normvoeding.

Niet toegerekende kosten

De arbeidskosten nemen met bijna f 1.500,- toe omdat het werken met verschillende productiegroepen extra tijd kost. Betere normvoeding heeft een minimale invloed op de loonwerkkosten. Ook de kosten voor grond en gebouwen veranderen nauwelijks.

Inkomen

Het netto-bedrijfsresultaat daalt ruim f 950,-. De arbeidsopbrengst stijgt echter f 500,-, omdat deze maatregel vooral extra arbeid kost. Bij het kengetal arbeidsopbrengst tellen de kosten van die arbeid niet mee. Per 100 kg melk daalt het netto-bedrijfsresultaat f 0,15, maar de arbeidsopbrengst stijgt circa f 0,08 per 100 kg melk.

Tabel 4.19. *Bedrijfseconomische resultaten van de situatie met ruime DVE-voorziening van de koeien en de situatie met betere normvoeding in f per bedrijf en in f per 100 kg melk.*

	Ruime DVE-voorziening	Beter op norm voeren	Ruime DVE-voorziening	Beter op norm voeren
Aantal melkkoeien	77,75	77,75		
Melkquotum, incl. (ver)lease (ton)	667,84	667,84		
Oppervlakte grasland (ha)	36,6	36,6		
Oppervlakte snijmaïs (ha)	18,4	18,4		
Melkproductie (kg per melkkoe)	8.590	8.590		
Graslandgebruikssysteem	Siësta-beweiding	Siësta-beweiding		
			Per 100 kg melk	
A. Opbrengsten	553.186	553.142	85,07	85,06
Waarvan:				
- Verkoop voedergewassen	13.821	13.777	2,13	2,12
B. Toegerekende kosten	137.948	137.385	21,21	21,13
Waarvan:				
- Veevoer	61.547	60.885	9,46	9,36
- Meststoffen	13.286	13.385	2,04	2,06
C. Saldo (A-B)	415.238	415.757	63,86	63,94
D. Niet-toegerekende kosten	535.951	537.422	82,42	82,64
Waarvan:				
- Arbeidskosten	171.200	172.695	26,33	26,56
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)	-120.713	-121.665	-18,56	-18,71
F. Berekende arbeid	171.200	172.695	26,33	26,56
G. Arbeidsopbrengst (E+F)	50.487	51.030	7,76	7,85

4.4.5 Vanggewas telen onder de maïs met beweiding van pinken

Om de uitspoeling van stikstof te beperken wordt op 'De Marke' een vanggewas geteeld onder maïs. Zes weken na de maïsinzaai wordt Italiaans raaigras tussen de maïsrijen gezaaid. Dit gras neemt de residuele stikstof in het profiel en de stikstof die door mineralisatie na de oogst van de maïs nog vrij komt op. In het najaar staat zoveel gras op de 'maïspcelen', dat de pinken hier nog anderhalve maand op kunnen weiden.

In het opvolgende voorjaar wordt het Italiaans raaigras ondergeploegd. De organische stof wordt dan afgebroken en levert tijdens het groeiseizoen circa 40 kg stikstof per ha voor het gewas.

Tabel 4.20 laat globaal de bedrijfseconomische verschillen zien tussen de situatie zonder een vanggewas onder maïs (basisbedrijf, 'minder jongvee', 'vruchtwisseling' en 'beter op de norm voeren') en het bedrijf met een vanggewas onder maïs, dat in het najaar 1,5 maand beweid wordt. In de tabel zijn de totaalbedragen weergegeven en de posten die verschillen veroorzaken. Bovenin de tabel is een aantal algemene kengetallen weergegeven.

Tabel 4.20. *Bedrijfseconomische resultaten van de situatie zonder vanggewas onder maïs en de situatie mét vanggewas in f per bedrijf en in f per 100 kg melk.*

		Geen vanggewas onder maïs	Vanggewas	Geen vanggewas onder maïs	Vanggewas
Aantal melkkoeien		77,75	77,75		
Melkquotum, incl. (ver)lease	(ton)	667,84	667,84		
Oppervlakte grasland	(ha)	36,6	36,6		
Oppervlakte snijmaïs	(ha)	18,4	18,4		
Stikstofjaargift grasland	(kg ha ⁻¹)	350	350		
maaipercentage	(%)	193	196		
				Per 100 kg melk	
A. Opbrengsten		553.142	553.890	85,06	85,18
Waarvan:					
- Verkoop voedergewassen		13.777	14.520	2,12	2,23
B. Toegerekende kosten		137.385	137.590	21,13	21,16
Waarvan:					
- Veevoer		60.885	60.230	9,36	9,26
- Meststoffen		13.385	12.440	2,06	1,91
- Zaad, plant- en pootgoed (incl. rente)		12.011	13.850	1,85	2,13
C. Saldo (A-B)		415.757	416.290	63,94	64,02
D. Niet-toegerekende kosten		537.422	539.940	82,64	83,03
Waarvan:					
- Arbeidskosten		172.695	173.340	26,56	26,66
- Loonwerk		56.494	57.530	8,69	8,85
waarvan: - graslandverzorging		7.116	7.110	1,09	1,09
- voederwinning grasland		12.692	12.800	1,95	1,97
- snijmaïs		23.426	24.460	3,60	3,76
- mest uitrijden		13.260	13.150	2,04	2,02
- Machines, werktuigen, inventaris, ed.		108.667	109.440	16,71	16,83
- Grond en gebouwen		171.179	171.230	26,32	26,33
- waarvan kosten stallen		67.721	67.560	10,41	10,39
- waarvan kosten voeropslagen		8.433	8.630	1,30	1,33
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)		-121.665	-123.640	-18,71	-19,01
F. Berekende arbeid		172.695	173.340	26,56	26,66
G. Arbeidsopbrengst (E+F)		51.030	49.700	7,85	7,64

Saldo

Teelt van een vanggewas heeft geen effect op de melkproductie. Ook is de stikstofbemesting van gras- en maïsland gelijk gehouden. Omdat de pinken in het najaar op het vanggewas weiden is er in het najaar (meer) ruimte voor voederwinning. Zeker van de veldkavel wordt dan nog gras gewonnen. Dit product kan niet het gewenste drogestofgehalte bereiken en wordt daarom apart opgeslagen.

De melkopbrengsten, omzet en aanwas en maïspremie veranderen niet. De voerverkopen nemen toe met ruim f 1.500,-. Dit komt doordat de pinken in het najaar op het vanggewas lopen, zodat er meer

ruimte voor voederwinning is en de stalperiode van de pinken korter wordt. Deze kortere stalperiode leidt tot ruim *f* 600,- minder voerkosten. Ook de kosten voor strooisel dalen hierdoor licht (circa *f* 75,-). De kosten voor meststoffen dalen bijna *f* 1.000,-, omdat minder kunstmest nodig is voor de bemesting van het maïsland. Het vanggewas levert immers 40 kg werkzame stikstof per ha. De kosten voor zaaizaad daarentegen stijgen ruim *f* 1.800,-, omdat per ha maïs voor *f* 100,- Italiaans raaigras gekocht moet worden.

In totaal stijgen de toegerekende kosten ruim *f* 200,-. Het saldo stijgt circa *f* 500,-, vooral door de ruwvoer verkoop.

Niet toegerekende kosten

De arbeidskosten stijgen doordat meer land gemaaid moet worden. Verder moet de afrastering van het maïsland, dat beweid wordt door pinken, onderhouden worden. De extra arbeidskosten zijn ruim *f* 600,-. De loonwerkkosten nemen met ruim *f* 1.000,- toe. Dit komt door meer voederwinning van grasland en door onderzaaien van Italiaans raaigras onder maïs. Wel dalen de kosten voor mesttoediening, omdat minder mest van het jongvee in de opslag terecht komt.

De kosten voor de inventaris nemen met ruim *f* 700,- toe, omdat een deel van het maïsland dat met jongvee beweid wordt, afgerasterd moet worden.

De kosten voor de gebouwen dalen, omdat minder mestopslag nodig is. De kosten voor voeropslag stijgen echter, zodat de kosten voor grond en gebouwen minimaal wijzigen.

Inkomen

Het netto-bedrijfsresultaat daalt bijna *f* 2.000,-. De daling van de arbeidsopbrengst is slechts *f* 1.300,-. Het netto-bedrijfsresultaat daalt *f* 0,30 per 100 kg melk en de arbeidsopbrengst *f* 0,20 per 100 kg melk.

4.4.6 Verlaging stikstofbemesting op gras- en maïsland en kortere uitrijperiode van mest

Stikstofbemesting heeft grote invloed op de nitraatuitspoeling. Het stikstofbemestingsregime op 'De Marke' is erop gericht de uitspoeling van nitraat beperkt te houden. De stikstofbemesting is op 'De Marke' daarom fors lager dan op het basisbedrijf. Bij deze maatregel is de bemesting op grasland verlaagd van 350 kg N ha⁻¹ naar 250 kg. Op maïsland is de totale stikstofbemesting verlaagd naar 100 kg N ha⁻¹ (inclusief de stikstof via vruchtwisseling en het vanggewas). De opbrengsten van gras en maïs dalen hierdoor natuurlijk wel enigszins. De grasproductie wordt 10% minder en de maïsoopbrengst 8%. De invloed van de verlaagde bemesting op de voederwaarde is minimaal. De geproduceerde hoeveelheden gras en maïs en hun voederwaarde zijn in Tabel 4.21 weergegeven.

Samen met de verlaging van de stikstofbemesting is ook de uitrijperiode van organische mest verkort. Organische mest wordt in deze situatie voor de laatste keer toegediend op 31 juli, terwijl het basisbedrijf op 31 augustus de opslag leegmaakt. Dit betekent dat in de nieuwe situatie de mest een maand langer opgeslagen moet worden.

Tabel 4.21. Stikstofbemesting en gewasopbrengsten bij bemesting volgens advies en verlaagde bemesting.

	Stikstofbemesting volgens het landbouwkundige advies	Verlaagde stikstofbemesting en vanaf augustus geen mest meer toedienen
Stikstofbemesting grasland (kg ha ⁻¹)	350	250
Bruto grasproductie (kg ds ha ⁻¹)	11.111	10.000
VEM-gehalte gras (g kg ⁻¹ ds)	1.001	990
DVE-gehalte gras	100	97
OEB-gehalte gras	52	55
Stikstofbemesting maïsland (kg ha ⁻¹)	150	100
Bruto maïsproductie (kg ha ⁻¹)	12.225	11.250
VEM-gehalte maïs	960	960

In Tabel 4.22 zijn globaal de bedrijfseconomische verschillen aangegeven tussen de situatie met stikstofbemesting volgens het landbouwkundige advies (basisbedrijf, 'minder jongvee', 'vruchtwisseling', 'beter op de norm voeren' en 'vanggewas') en het bedrijf met verlaagde stikstofbemesting en vanaf augustus geen drijfmest meer toedienen. In de tabel zijn steeds de totaalbedragen weergegeven en de posten die verschillen veroorzaken. Bovenin de tabel is een aantal algemene kengetallen weergegeven.

Saldo

Aangenomen is dat de verlaagde stikstofbemesting geen effect heeft op de melkproductie. De verminderde stikstofbemesting heeft wel een lagere gewasproductie tot gevolg. Hierdoor daalt het maaipcentage.

De melkopbrengsten, omzet en aanwas en maïspremie veranderen niet. De voerverkopen dalen flink: ruim f 10.000,-. Dit komt doordat de lagere gewasproductie minder maïsverkoop toelaat.

De voerkosten stijgen licht omdat meer krachtvoer nodig is wegens de lagere voederwaarde van het op het bedrijf verbouwde voer. De kosten voor meststoffen dalen ook bij deze maatregel flink: bijna f 4.000,-.

In totaal dalen de toegerekende kosten ruim f 3.500,-. Het saldo daalt circa f 7.000,-, vooral door minder verkoop van ruwvoer.

Niet toegerekende kosten

De arbeidskosten dalen met ruim f 800,-, doordat minder gemaaid wordt. De loonwerkkosten nemen met ruim f 1.500,- toe. Want de voederwinningskosten van gras mogen dan wel gedaald zijn, de kosten voor de maïsogst compenseren dit ruimschoots. De kosten voor mest uitrijden dalen overigens ook licht, omdat meer mest naar het maïsland gaat en dat is goedkoper dan toediening op grasland.

De kosten voor de inventaris dalen licht (f 100,-), omdat minder ruwvoer afgedekt hoeft te worden. De kosten voor grond en gebouwen stijgen met circa f 1.500,-, omdat de mestopslag vergroot moet worden. Dit komt doordat op 'De Marke' de uitrijperiode van dierlijke mest een maand korter is. De kosten voor de voeropslagen stijgen ook, omdat meer ruwvoer in de vorm van maïs nodig is. En het bedrijf slaat maïs op in een sleufsilos en gras in een goedkopere rijkuil.

Inkomen

Het netto-bedrijfsresultaat daalt bijna f 9.500,-. De daling van de arbeidsopbrengst is zelfs f 10.300,-. Per 100 kg melk daalt het netto-bedrijfsresultaat ruim f 1,40 en de arbeidsopbrengst bijna f 1,60.

Tabel 4.22. *Bedrijfseconomische resultaten van de situatie met N-bemesting volgens het landbouwkundig advies en de situatie met verlaagde N-bemesting in f per bedrijf en in f per 100 kg melk.*

	N-bemesting volgens het landbouwkundige advies	Verlaagde N- bemesting en vanaf augustus geen mest meer uitrijden	N-bemesting volgens het landbouwkundige advies	Verlaagde N- bemesting en vanaf augustus geen mest meer uitrijden
Aantal melkkoeien	77,75	77,75		
Melkquotum, incl. (ver)lease (ton)	667,84	667,84		
Oppervlakte grasland (ha)	36,6	36,6		
Oppervlakte snijmaïs (ha)	18,4	18,4		
Stikstofjaargift grasland (kg ha ⁻¹)	350	250		
Maaipercantage (%)	196	153		
			Per 100 kg melk	
A. Opbrengsten	553.890	543.310	85,18	83,55
Waarvan:				
- Verkoop voedergewassen	14.525	3.945	2,23	0,61
B. Toegerekende kosten	137.594	134.054	21,16	20,61
Waarvan:				
- Veevoer	60.238	60.473	9,26	9,30
- Meststoffen	12.449	8.674	1,91	1,33
C. Saldo (A-B)	416.296	409.256	64,02	62,94
D. Niet-toegerekende kosten	539.940	542.333	83,03	83,40
- Arbeidskosten				
Waarvan:	173.345	172.533	26,66	26,53
- Loonwerk	57.537	59.133	8,85	9,09
Waarvan: - graslandverzorging	7.116	7.116	1,09	1,09
- voederwinning grasland	12.803	9.938	1,97	1,53
- snijmaïs	24.468	29.090	3,76	4,47
- mest uitrijden	13.150	12.989	2,02	2,00
- Machines, werktuigen, inventaris, ed.	109.441	109.339	16,83	16,81
- Grond en gebouwen	171.230	172.941	26,33	26,59
- waarvan kosten stallen	67.566	69.036	10,39	10,62
- waarvan kosten voeropslagen	8.637	8.831	1,33	1,36
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)	-123.644	-133.077	-19,01	-20,46
F. Berekende arbeid	173.345	172.533	26,66	26,53
G. Arbeidsopbrengst (E+F)	49.701	39.456	7,64	6,07

4.4.7 Verlaging van fosfaatbemesting

Om het gewenste fosfaatoverschot te realiseren, is op 'De Marke' de fosfaatbemesting flink verlaagd. Hierbij is afgeweken van het landbouwkundige bemestingsadvies voor fosfaat. Bij de start van 'De Marke' was de fosfaattoestand van de grond behoorlijk hoog (Habekotté *et al.*, 1998). Deze toestand is geleidelijk gedaald, maar is nog steeds vrij hoog. Een lagere fosfaatbemesting dan het advies heeft tot nu toe geen negatieve gevolgen voor de gewasopbrengst gehad. Op korte termijn wordt dit ook niet verwacht. Onderzoek moet uitwijzen hoe dit op lange en middellange termijn uitpakt. Zoals hier gesteld, heeft verlaging van de fosfaatbemesting vooral een positief effect op het inkomen, want het bedrijf koopt minder fosfaatkunstmest aan. Verder verandert de verdeling van organische mest tussen gras- en maïsland iets, zodat de kosten voor mesttoediening f 20,- dalen. Al met al stijgen zowel het netto-bedrijfsresultaat als de arbeidsopbrengst met ruim f 300,-. Per 100 kg melk is dit f 0,04. Bij deze maatregel verandert zo weinig, dat een uitgebreide tabel niet gegeven is. De exacte bedragen zijn wel in Bijlage IV.2 weergegeven.

4.4.8 Meer snijmaïs voeren in de weideperiode

Op 'De Marke' wordt tijdens de weideperiode per dag 6 kg ds snijmaïs per dag aan de melkkoeien gevoerd. Dit is 2 kg per dag meer dan op het basisbedrijf. Extra bijvoeding van maïs tijdens de weideperiode leidt tot een eiwit/energieverhouding die beter overeenkomt met de behoefte van de melkkoeien. De voeding verloopt hierdoor efficiënter, zodat de stikstofverliezen dalen.

Onderzoek heeft uitgewezen dat de melkproductie per koe stijgt door meer maïs in de weideperiode bij te voeren. De stijging is 100 kg ten opzichte van de voorgaande situatie. Het vetgehalte wijzigt niet en het eiwitgehalte stijgt licht. Tabel 4.23 laat zien hoe de melkproductie, de gehalten en de melkprijs veranderen door in de zomerperiode meer maïs bij te voeren.

Tabel 4.23. *Veranderingen in melkproductie, gehalten en melkprijs door meer maïs bij te voeren in de zomer.*

	Beperkt snijmaïs bijvoeren (4 kg ds per dag)	Meer snijmaïs bijvoeren in de zomer (6 kg ds per dag)
Gecorrigeerd melkquotum (kg)	667.842	667.842
Melkproductie per koe (kg)	8.590	8.690
Vetgehalte (%)	4,25	4,25
Eiwitgehalte (%)	3,47	3,48
Melkprijs (f kg ⁻¹)	72,44	72,56

In Tabel 4.24 zijn globaal de bedrijfseconomische verschillen aangegeven tussen de situatie met beperkt maïs bijvoeren in de zomer (4 kg ds) (basisbedrijf, 'minder jongvee', 'vruchtwisseling', 'beter op de norm voeren', 'vanggewas', 'minder N bemesten' en 'lagere fosfaatgift') en het bedrijf met vrij veel maïs bijvoeren in de zomer (6 kg ds). In de tabel zijn steeds de totaalbedragen weergegeven en de posten die de verschillen veroorzaken. Bovenin de tabel is een aantal algemene kengetallen weergegeven.

Saldo

In Tabel 4.24 is te zien dat de aangenomen melkproductie 100 kg hoger is geworden door meer maïs in de zomer bij te voeren. Het aantal dieren verandert daardoor licht. Meer maïs bijvoeren in de zomer

leidt tot minder grasopname, zodat er meer ruimte is voor voederwinning. Hierdoor stijgt het maaipercentage fors.

De melkopbrengsten stijgen door het hogere eiwitgehalte. De post omzet en aanwas daalt licht doordat minder vee aanwezig is. Verder nemen de voerverkopen zo'n *f* 4.000,- toe.

De voerkosten stijgen ruim *f* 4.000,-, vooral omdat in de zomer meer eiwitrijk krachtvoer nodig is. De kosten voor meststoffen dalen licht (circa *f* 300,-), terwijl de overige directe veekosten circa *f* 500,- dalen. Dit komt doordat minder vee aanwezig is.

In totaal stijgen de toegerekende kosten bijna *f* 3.500,-. Het saldo stijgt bijna *f* 600,-, wat vooral toe te schrijven is aan de productieverhoging.

Niet toegerekende kosten

De arbeidskosten stijgen wel *f* 3.000,-, omdat meer land gemaaid moet worden. De loonwerkkosten nemen ruim *f* 900,- toe. De voederwinningskosten van gras stijgen bijna *f* 3.000,-, terwijl de kosten van snijmaïs ruim *f* 1.500,- dalen. De kosten voor mest uitrijden stijgen overigens ook licht, omdat de mestproductie licht stijgt door hoogproductiever vee.

De kosten voor de inventaris stijgen bijna *f* 300,-, omdat meer ruwvoer afgedekt moet worden. De kosten voor de stallen dalen ruim *f* 600,-, omdat voor minder vee gebouwd hoeft te worden. De kosten voor de voeropslagen stijgen wel, omdat meer ruwvoer opgeslagen en gevoerd moet worden. Vooral de opslag van maïs in de zomerperiode wordt groter.

Inkomen

Het netto-bedrijfsresultaat daalt ruim *f* 3.300,-. De arbeidsopbrengst daalt echter nauwelijks (*f* 60,-). Per 100 kg melk daalt het netto-bedrijfsresultaat ruim *f* 0,50 en de arbeidsopbrengst circa *f* 0,01.

4.4.9 Areaal snijmaïs uitbreiden tot 25 ha

Het areaal maïs op 'De Marke' is groter dan op het basisbedrijf. De totale oppervlakte maïs op 'De Marke' is 25 ha. Dit is 6,6 ha meer dan op het basisbedrijf. Op 'De Marke' wordt maïs onder andere geteeld om het stikstofoverschot te verlagen. Maïs vraagt immers minder stikstofbemesting dan grasland.

Tegelijk met de uitbreiding van het areaal maïs, krijgt het vee in de stalperiode ook meer maïs. Hierdoor is in de winter ook meer sojaschroot voor de koeien nodig. Het aandeel graskuil in het rantsoen van de koeien neemt af.

Tabel 4.25 laat globaal de bedrijfseconomische verschillen zien tussen de situatie met 18,4 ha maïsteelt (basisbedrijf, 'minder jongvee', 'vruchtwisseling', 'beter op de norm voeren', 'vanggewas', 'minder N bemesten', 'lagere fosfaatgift' en 'meer maïs voeren in de zomer') en het bedrijf met 25 ha maïsteelt. In de tabel zijn steeds de totaalbedragen weergegeven en de posten die de verschillen veroorzaken. Bovenin de tabel is een aantal algemene kengetallen weergegeven.

Tabel 4.24. *Bedrijfseconomische resultaten van de situatie met beperkt maïs bijvoeren in de zomer (4 kg ds) en de situatie met 6 kg ds maïs in de zomer in f per bedrijf en in f per 100 kg melk.*

	Beperkt maïs in zomer (4 kg ds)	Meer maïs in zomer (6 kg ds)	Beperkt maïs in zomer (4 kg ds)	Meer maïs in zomer (6 kg ds)
Aantal melkkoeien	77,75	76,85		
Melkquotum, incl. (ver)lease (ton)	667,84	667,84		
Oppervlakte grasland (ha)	36,6	36,6		
Oppervlakte snijmaïs (ha)	18,4	18,4		
Melkproductie (kg per melkkoe)	8.590	8.690		
Stikstofjaargift grasland (kg ha ⁻¹)	250	250		
maaipercentage (%)	153	196		
			Per 100 kg melk	
A. Opbrengsten	543.310	547.709	83,55	84,23
Waarvan:				
- Melkopbrengsten	483.807	484.575	74,40	74,52
- Omzet en aanwas	44.610	44.089	6,86	6,78
- Verkoop voedergewassen	3.945	8.097	0,61	1,25
B. Toegerekende kosten	133.748	137.194	20,57	21,10
Waarvan:				
- Veevoer	60.463	64.721	9,30	9,95
- Meststoffen	8.378	8.090	1,29	1,24
- Directe kosten levende have	45.048	44.524	6,93	6,85
C. Saldo (A-B)	409.562	410.515	62,98	63,13
D. Niet-toegerekende kosten	542.309	546.569	83,40	84,05
Waarvan:				
- Arbeidskosten	172.533	175.783	26,53	27,03
- Loonwerk	59.110	60.011	9,09	9,23
waarvan: - graslandverzorging	7.116	7.116	1,09	1,09
- voederwinning grasland	9.938	12.806	1,53	1,97
- snijmaïs	29.090	27.052	4,47	4,16
- mest uitrijden	12.966	13.037	1,99	2,00
- Machines, werktuigen, inventaris, ed.	109.339	109.642	16,81	16,86
- Grond en gebouwen	172.941	172.912	26,59	26,59
- waarvan kosten stallen	69.036	68.420	10,62	10,52
- waarvan kosten voeropslagen	8.831	9.418	1,36	1,45
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)	-132.747	-136.054	-20,41	-20,92
F. Berekende arbeid	172.533	175.783	26,53	27,03
G. Arbeidsopbrengst (E+F)	39.785	39.729	6,12	6,11

Saldo

In Tabel 4.25 is het bedrijfsresultaat te zien bij een grotere oppervlakte maïs. Het grotere areaal maïs leidt tot minder mogelijkheden voor winning van graskuil. Het maaipercentage is een stuk lager dan in de situatie met minder maïs. Let op dat het maaipercentage gedaald is, zelfs bij een kleinere oppervlakte gras.

De melkopbrengsten en de post omzet en aanwas veranderen niet. De voerverkopen dalen licht, zo'n *f* 130,-. Verder is in de tabel de post 'overige opbrengsten' weergegeven. Dit zijn opbrengsten via de maïspremie. Deze opbrengsten stijgen niet door meer maïsteelt. Want met 18,4 ha profiteert het bedrijf al van het maximale bedrag aan maïspremie.

De voerkosten stijgen minimaal, circa *f* 40,-. Want de hoeveelheid sojaschroot neemt dan wel toe, maar de totale hoeveelheid krachtvoer daalt. Dit komt door meer maïs te voeren, dat een hogere voederwaarde heeft dan graskuil. In totaal veranderen de voerkosten nauwelijks. De kosten voor gewasbeschermingsmiddelen stijgen bijna *f* 900,-, omdat jaarlijks meer maïs gespoten moet worden. De kosten voor meststoffen dalen ruim *f* 600,-, omdat bij maïsteelt minder bemesting nodig is dan bij gras. Verder leidt meer maïsteelt tot meer kosten voor zaad-, plant- en pootgoed (ruim *f* 3.000,-). Ook de rente van de gewassen stijgt.

In totaal stijgen de toegerekende kosten ruim *f* 4.000,-. Het saldo daalt bijna *f* 4.300,-, voornamelijk door meer kosten voor zaaizaad.

Niet toegerekende kosten

De arbeidskosten dalen ruim *f* 3.000,-, omdat minder land gemaaid wordt. De loonwerker voert immers alle werkzaamheden voor de maïsteelt uit, zodat het bedrijf hier geen extra werk mee heeft. De loonwerkkosten stijgen ruim *f* 5.500,-. Dit komt vooral door de extra kosten voor maïsteelt en -oogst. De loonwerkkosten voor snijmaïs stijgen ruim *f* 11.000,-. De kosten voor voederwinning, graslandverzorging en mest uitrijden dalen door het kleinere areaal grasland.

De kosten voor machines, werktuigen en inventaris dalen ruim *f* 1.600,-, want minder grasland leidt tot lagere brandstofkosten. Verder dalen ook de kosten voor afdek materiaal (circa *f* 1.000,-), omdat de voeropslagen hoger gemaakt worden dan voorheen. Hierdoor dalen ook de kosten voor de voeropslagen.

Inkomen

Het netto-bedrijfsresultaat daalt ruim *f* 4.500,-, maar de arbeidsopbrengst daalt bijna *f* 8.000,-. Per 100 kg melk daalt het netto-bedrijfsresultaat ruim *f* 0,70 en de arbeidsopbrengst circa *f* 1,20.

4.4.10 Verkorten van de weideperiode van de koeien

Om de uitspoeling van nitraat te beperken gaan de koeien op 'De Marke' een maand eerder naar binnen dan op het basisbedrijf. De winterperiode begint al op 1 oktober, terwijl het basisbedrijf de koeien tot 1 november weidt. Het gras dat in oktober nog op het land staat wordt voor een groot deel geoogst. Door de kortere weideperiode komt een aanzienlijke hoeveelheid herfstgras in de kuil. In Tabel 4.26 is de opbrengst en de voederwaarde in vergelijking tot graskuil en graszaadhooi weergegeven. Het drogestofgehalte van het herfstgras is vrij laag, omdat de omstandigheden voor inkuilen in het najaar vaak matig zijn. De herfstkuil wordt aan de droge koeien en de pinken gevoerd. Graszaadstro hoeft dan niet meer aangekocht te worden.

Tabel 4.25. *Bedrijfseconomische resultaten van de situatie met 18,4 ha maïs en de situatie met 25 ha maïs in de zomer in f per bedrijf en in f per 100 kg melk.*

	18,4 ha maïs	25 ha maïs	18,4 ha maïs	25 ha maïs
Aantal melkkoeien	76,85	76,85		
Melkquotum, incl. (ver)lease (ton)	667,84	667,84		
Oppervlakte grasland (ha)	36,6	30		
Oppervlakte snijmaïs (ha)	18,4	25		
Melkproductie (kg per melkkoe)	8.690	8.690		
Maaipercantage (%)	196	151		
			Per 100 kg melk	
A. Opbrengsten	547.709	547.579	84,23	84,21
Waarvan:				
- Verkoop voedergewassen	8.097	7.967	1,25	1,23
- Overige opbrengsten	10.948	10.948	1,68	1,68
B. Toegerekende kosten	137.194	141.325	21,10	21,73
Waarvan:				
- Veevoer	64.721	64.767	9,95	9,96
- Gewasbeschermingsmiddelen	6.008	6.901	0,92	1,06
- Meststoffen	8.090	7.474	1,24	1,15
- Zaad, plant- en pootgoed (incl. rente)	13.851	17.659	2,13	2,72
C. Saldo (A-B)	410.515	406.254	63,13	62,47
D. Niet-toegerekende kosten	546.569	547.017	84,05	84,12
Waarvan:				
- Arbeidskosten	175.783	172.533	27,03	26,53
- Loonwerk	60.011	65.643	9,23	10,09
waarvan: - graslandverzorging	7.116	6.548	1,09	1,01
- voederwinning grasland	12.806	8.054	1,97	1,24
- snijmaïs	27.052	38.246	4,16	5,88
- mest uitrijden	13.037	12.795	2,00	1,97
- Machines, werktuigen, inventaris, ed.	109.642	107.976	16,86	16,60
- Grond en gebouwen	172.912	172.644	26,59	26,55
- waarvan kosten voeropslagen	9.418	9.158	1,45	1,41
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)	-136.054	-140.763	-20,92	-21,65
F. Berekende arbeid	175.783	172.533	27,03	26,53
G. Arbeidsopbrengst (E+F)	39.729	31.770	6,11	4,89

De melkproductie per koe daalt licht door deze maatregel na meer bijvoeding van snijmaïs in de zomer en efficiëntere beweiding toe te passen. Beide maatregelen hebben tot een hogere melkproductie geleid. In totaal was de stijging 390 kg per koe. De genoemde stijging werd vooral in de weideperiode gerealiseerd. Bij verkorting van de weideperiode daalt de melkproductie weer met 70 kg. Het vetgehalte stijgt van 4,25% naar 4,28% en het eiwitgehalte blijft 3,48%. Het aantal koeien stijgt dus licht van 76,85 naar 77,08. De melkprijs stijgt van f 72,56 naar f 72,80 per 100 kg.

Tabel 4.26. Productie en voedervaarde van herfstgras in vergelijking tot kuilgras en graszaadhooi.

	Graskuil 2 ^e en overige sneden	Graszaadhooi	Herfstgras
Geogste hoeveelheid (kg ds)	65.404	- (voorheen 12.550 ¹)	18.000
Conserveringsverlies (%)	4,6	-	8
VEM (g kg ⁻¹ ds)	850	589	790
DVE (g kg ⁻¹ ds)	72	33	55

¹ De situatie waarbij droge koeien en pinken dit nog wel kregen

Ook komt meer mest in de stal terecht door de kortere weideperiode. De mestopslag moet dan ook vergroot worden.

In Tabel 4.27 zijn globaal de bedrijfseconomische verschillen zien tussen de situatie met een weideperiode tot november (basisbedrijf, 'minder jongvee', 'vruchtwisseling', 'beter op de norm voeren', 'vanggewas', 'minder N bemesten', 'lagere fosfaatgift', 'meer maïs voeren in de zomer' en 'meer maïs telen') en het bedrijf dat de koeien vanaf 1 oktober opstalt. In de tabel zijn steeds de totaalbedragen weergegeven en de posten die de verschillen veroorzaken. Bovenin de tabel is een aantal algemene kengetallen weergegeven.

Saldo

De kortere weideperiode leidt tot een lichte productiedaling. Het vetgehalte stijgt 0,03%. Het gecorrigeerde melkquotum wordt hierdoor kleiner en de melklevering daalt hierdoor. Toch stijgt het aantal melkkoeien licht door de productiedaling. Door de winning van herfstgras stijgt het maaipcentage.

Door het kleinere melkquotum dalen de melkopbrengsten circa f 800,-. De opbrengsten via omzet en aanwas stijgen ruim f 100,-, want de lagere melkproductie leidt tot meer verkoop van dieren. De voerverkopen dalen bijna f 3.000,-. Dit komt doordat nu geen graszaadhooi meer aangekocht wordt, zodat minder ruimte is voor verkoop van voer. In totaal dalen de opbrengsten ruim f 3.500,-.

De voerkosten dalen ruim f 4.000,-. Dit komt vooral doordat geen graszaadhooi meer aangekocht wordt, maar ook is minder krachtvoer nodig. De kosten voor meststoffen dalen f 200,-, omdat meer mest in de opslag komt en benut wordt door de kortere weideperiode van de koeien. De directe kosten voor levende have stijgen ruim f 600,-, omdat meer dieren aanwezig zijn in de situatie met een kortere weideperiode.

In totaal dalen de toegerekende kosten ruim f 4.000,-. Het saldo stijgt bijna f 400,-, vooral door minder voeraankoop.

Niet toegerekende kosten

De arbeidskosten stijgen met f 6.500,-. Vooral de werkzaamheden rond het kuilen van gras en het voeren van de koeien in de verlengde stalperiode nemen toe. De loonwerkkosten stijgen ruim f 2.300,-. Dit komt door de extra voederwinningswerkzaamheden, maar vooral door de extra kosten voor de maïsoogst. Door aankoop van graszaadstro achterwege te laten is meer eigen ruwvoer nodig. Dit is onder andere te zien in de oogstkosten van maïs. De kosten voor mest uitrijden stijgen licht door de extra hoeveelheid mest die uitgereden moet worden.

Tabel 4.27. *Bedrijfseconomische resultaten van de situatie met een weideperiode van 6 maanden en een weideperiode van 5 maanden in f per bedrijf en in f per 100 kg melk.*

	Weideperiode 6 maand	Weideperiode 5 maand	Weideperiode 6 maand	Weideperiode 5 maand
Aantal melkkoeien	76,85	77,08		
Melkquotum, incl. (ver)lease (ton)	667,84	664,39		
Oppervlakte grasland (ha)	30	30		
Oppervlakte snijmaïs (ha)	25	25		
Melkproductie (kg per melkkoe)	8.690	8.620		
maaipercentage (%)	151	172		
			Per 100 kg melk	
A. Opbrengsten	547.579	543.949	84,21	83,65
Waarvan:				
- Melkopbrengsten	484.575	483.705	74,52	74,38
- Omzet en aanwas	44.089	44.224	6,78	6,80
- Verkoop voedergewassen	7.967	5.072	1,23	0,78
B. Toegerekende kosten	141.325	137.306	21,73	21,11
Waarvan:				
- Veevoer	64.767	60.339	9,96	9,28
- Meststoffen	7.474	7.274	1,15	1,12
- Directe kosten levende have	44.524	45.133	6,85	6,94
C. Saldo (A - B)	406.254	406.643	62,47	62,53
D. Niet-toegerekende kosten	547.017	557.604	84,12	85,75
Waarvan:				
- Arbeidskosten	172.533	179.033	26,53	27,53
- Loonwerk	65.643	68.039	10,09	10,46
waarvan: - graslandverzorging	6.548	6.548	1,01	1,01
- voederwinning grasland	8.054	8.993	1,24	1,38
- snijmaïs	38.246	39.666	5,88	6,10
- mest uitrijden	12.795	12.832	1,97	1,97
- Machines, werktuigen, inventaris, ed.	107.976	108.404	16,60	16,67
- Grond en gebouwen	172.644	173.864	26,55	26,74
- waarvan kosten stallen	68.420	69.034	10,52	10,62
- waarvan kosten voeropslagen	9.158	9.949	1,41	1,53
- waarvan overige kosten	95.066	94.881	14,62	14,59
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)	-140.763	-150.961	-21,65	-23,21
F. Berekende arbeid	172.533	179.033	26,53	27,53
G. Arbeidsopbrengst (E+F)	31.770	28.071	4,89	4,32

De kosten voor de inventaris stijgen omdat meer afdekmateriaal nodig is. Het bedrijf slaat immers meer eigen ruwvoer op dan in de vorige situatie. De kosten voor de stallen stijgen ruim f 600,-, omdat meer vee aanwezig is en omdat de mestopslag 35 m³ groter is dan voorheen. De kosten voor de voeropslagen stijgen bijna f 800,-, omdat het bedrijf meer eigen ruwvoer opslaat. Wel dalen de overige kosten ruim f 500,-, omdat de werktuigenberging een stuk kleiner gebouwd kan worden, want het bedrijf koopt geen graszaadstro meer aan en dat werd in de werktuigenberging opgeslagen.

Inkomen

Het netto-bedrijfsresultaat daalt bijna f 10.200,-. Wegens veel extra arbeid bij de kortere weideperiode daalt de arbeidsopbrengst maar f 3.700,-. Per 100 kg melk daalt het netto-bedrijfsresultaat f 1,57 en de arbeidsopbrengst ruim f 0,55

4.4.11 Emissiearme stal

Om de stikstofverliezen naar het milieu nog verder te beperken is op 'De Marke' een emissiearme stal gebouwd. Hiermee beperkt het bedrijf de vervluchtiging van ammoniak en niet zozeer de uitspoeling naar het grondwater. De emissiereductie vanuit de kelder is 80% en de emissiereductie vanaf de vloer 30%. In de stal is een sleufvloer aangelegd met zware mestschuiven. Door frequent te schuiven komt de mest vrij snel in de kelder terecht en blijft de vloer schoon.

Emissiearme voorzieningen hebben geen effect op de opbrengsten: deze blijven gelijk aan de situatie met een roostervloer (basisbedrijf, 'minder jongvee', 'vruchtwisseling', 'beter op de norm voeren', 'vanggewas', 'minder N bemesten', 'lagere fosfaatgift', 'meer maïs voeren in de zomer', 'meer maïs telen' en 'kortere weideperiode').

Beperking van de ammoniakemissie leidt tot een hoger stikstofgehalte in de mest. Hierdoor is de emissie tijdens het toedienen wel hoger dan in de situatie met een roostervloer, maar het gewas neemt ook meer stikstof uit dierlijke mest op. De kunstmestkosten dalen hierdoor ruim f 400,-. Dit is ook het bedrag waarmee de toegerekende kosten dalen.

De emissiearme stal kost wel meer dan een stal met een roostervloer. Tabel 4.28 laat de extra kosten van de emissiearme stal zien. Samen met de kosten voor meststoffen zijn dit de enige kostenposten die wijzigen.

Tabel 4.28. *Extra kosten van de stal door emissiearme voorzieningen.*

	Vervangings- waarde (f)	Afschrijving (%)	Onderhoud en verzekering (%)	Rente (%)	Totaal (f)
Sleufvloer: 300 m ²	40 / m ²	5	2	6	1.200
Mestschuiven	45.000	9	10	6	9.900
Eigenaarslasten					160
Totaal					11.260

Het netto overschot en de arbeidsopbrengst dalen in totaal met ruim f 10.800,-. De daling per 100 kg melk is f 1,63.

Bij deze maatregel veranderen zo weinig afzonderlijke kostenposten, dat een uitgebreide tabel niet gegeven is. De exacte bedragen zijn wel in Bijlage IV.2 weergegeven.

4.4.12 Geen voerverkoop: gesloten systeem

'De Marke' verkoopt geen ruwvoer. Wel is er een overschot aan maïs op het bedrijf. De maïs die over is, oogst 'De Marke' als MKS. Dit product vervoedert het bedrijf in de zomer en in de winterperiode aan de melkkoeien. Het vervangt voor een groot deel krachtvoer. Uit onderzoek (Zom & Meijer, 1998)

is gebleken dat MKS geen andere effecten heeft op de melkproductie dan droge bietenpulp. In deze studie zijn daarom geen effecten toegekend aan MKS in het rantsoen van de melkkoeien.

Behalve de kolf van de maïsplant oogst 'De Marke' ook het maïsstro. Dit komt samen met het herfst-gras in dezelfde opslag terecht en vormt dan een 'mengkuil'. Het voer uit deze mengkuil gebruikt 'De Marke' voor droge koeien en pinken. MKS wordt overigens opgeslagen in een sleufsilo. In Tabel 4.29 is de voederwaarde van MKS en maïsstro in vergelijking tot A-brok en graszaadhooi weergegeven.

Deze maatregel, die voerafvoer voorkomt, heeft nauwelijks effect op het stikstofoverschot. De gedachte achter deze maatregel is om de nationale mineralenaanvoer te beperken. Op grote schaal toepassen van eigen krachtvoerteelt leidt tot beperking van krachtvoerimport, transport en besparing van brandstof.

Tabel 4.29. Voederwaarde van MKS en maïsstro in vergelijking tot A-brok en graszaadhooi.

	MKS	A-brok	Maïsstro	Graszaadhooi
VEM (g kg ⁻¹ ds)	1.150	940	650	589
DVE (g kg ⁻¹ ds)	60	90	20	33

In Tabel 4.30 zijn globaal de bedrijfseconomische verschillen zien tussen de situatie met afvoer van maïs (basisbedrijf, 'minder jongvee', 'vruchtwisseling', 'beter op de norm voeren', 'vanggewas', 'minder N bemesten', 'lagere fosfaatgift', 'meer maïs voeren in de zomer', 'meer maïs telen', 'kortere weideperiode' en 'emissiearme stal') en de situatie waarin MKS geteeld wordt en geen voer wordt afgevoerd. In de tabel zijn steeds de totaalbedragen weergegeven en de posten die de verschillen veroorzaken. Bovenin de tabel is een aantal algemene kengetallen weergegeven.

Saldo

Voeding van MKS heeft geen invloed op de melkproductie. Verder is in Tabel 4.30 te zien dat in de nieuwe situatie 4,6 ha MKS wordt geteeld. Van de 25 ha maïs, oogst het bedrijf nog 20,4 ha als snijmaïs. Het maaipcentage stijgt licht. De koeien hebben in de zomerperiode meer krachtvoer en MKS nodig, dan alleen krachtvoer in de situatie zonder MKS. Hierdoor vreten de koeien in de zomer iets minder gras en is er meer ruimte voor voederwinning, zodat het maaipcentage licht stijgt.

De melkopbrengsten, omzet en aanwas en de opbrengsten via maïspremie veranderen niet. Het bedrijf met MKS verkoopt geen ruwvoer meer, zodat de opbrengsten via voerverkoop ruim f 5.000,- dalen. De voerkosten dalen bijna f 7.000,-, omdat MKS veel krachtvoer vervangt. De kosten voor meststoffen dalen licht, omdat de gehalten aan stikstof, fosfaat en kali in de mest wijzigen.

In totaal dalen de toegerekende kosten bijna f 7.000,-. Het saldo stijgt bijna f 2.000,-, vooral door minder voeraankoop.

Tabel 4.30. *Bedrijfseconomische resultaten van de situatie met verkoop van maïs en de situatie met MKS-teelt, zonder afvoer van ruwvoer in f per bedrijf en in f per 100 kg melk.*

	Verkoop maïs	MKS ¹⁾ -teelt: geen voerafvoer	Verkoop maïs	MKS ¹⁾ -teelt: geen voerafvoer
Aantal melkkoeien	77,08	77,08		
Melkquotum, incl. (ver)lease (ton)	664,39	664,39		
Oppervlakte grasland (ha)	30	30		
Oppervlakte snijmaïs (ha)	25	20,4		
Oppervlakte MKS (ha)	0	4,6		
Melkproductie (kg per melkkoe)	8.620	8.620		
maaipercentage (%)	172	176		
			Per 100 kg melk	
A. Opbrengsten	543.949	538.877	83,65	82,87
Waarvan:				
- Verkoop voedergewassen	5.072	0	0,78	0,00
B. Toegerekende kosten	136.880	129.948	21,05	19,98
Waarvan:				
- Veevoer	60.339	53.647	9,28	8,25
- Meststoffen	6.848	6.608	1,05	1,02
C. Saldo (A-B)	407.069	408.929	62,60	62,89
D. Niet-toegerekende kosten	568.846	576.196	87,48	88,61
Waarvan:				
- Arbeidskosten	179.033	180.658	27,53	27,78
- Loonwerk	68.039	72.930	10,46	11,22
waarvan: - graslandverzorging	6.548	6.548	1,01	1,01
- voederwinning grasland	8.993	9.209	1,38	1,42
- snijmaïs	39.666	34.398	6,10	5,29
- MKS en maïsstro	0	9.829	0,00	1,51
- mest uitrijden	12.832	12.946	1,97	1,99
- Machines, werktuigen, inventaris, ed.	108.404	108.619	16,67	16,70
- Grond en gebouwen	185.106	185.724	28,47	28,56
- waarvan kosten voeropslagen	9.949	10.549	1,53	1,62
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)	-161.777	-167.267	-24,88	-25,72
F. Berekende arbeid	179.033	180.658	27,53	27,78
G. Arbeidsopbrengst (E+F)	17.255	13.391	2,65	2,06

¹⁾ MKS is maïskolvenschroot

Niet toegerekende kosten

De arbeidskosten stijgen met circa f 1.600,-. In de situatie met MKS is immers meer arbeid nodig bij het vervoeren en oogsten van MKS en de 'mengkuil' van herfstgras en maïsstro. De loonwerkkosten stijgen bijna f 5.000,-. Dit komt vooral door de extra werkzaamheden rond de oogst van MKS en maïsstro. De voederwinningkosten stijgen ook licht (f 200,-), evenals de kosten voor mest uitrijden. Dit laatste door meer mest op grasland toe te dienen. Wel dalen de kosten voor de oogst van snijmaïs ruim f 5.000,-.

De kosten voor de inventaris stijgen, omdat meer afdek materiaal nodig is. Het bedrijf slaat nu immers ook de zelfgeeteelde MKS op. De kosten voor de stallen wijzigen niet. De kosten voor de voeropslagen stijgen met f 600,-, omdat het bedrijf, behalve een opslag voor alle ruwvoer, ook een opslag voor MKS nodig heeft.

Inkomen

Het netto-bedrijfsresultaat daalt bijna f 5.500,-. De arbeidsopbrengst daalt ruim f 3.800,-. Per 100 kg melk daalt het netto-bedrijfsresultaat ruim f 0,80 en de arbeidsopbrengst bijna f 0,60.

4.5 Discussie en conclusies

4.5.1 Discussie

De resultaten van het basisbedrijf en de afzonderlijke maatregelen hangen sterk af van de gekozen uitgangspunten en relaties die zijn verondersteld. Bij beoordeling van de resultaten moet hier altijd rekening mee gehouden worden. De genormaliseerde uitgangspunten en relaties zijn aangeleverd door het projectteam van 'De Marke'.

De berekeningen zijn uitgevoerd met simulatieprogramma's die gelden voor een stabiele situatie in een gemiddeld jaar. Hierdoor kunnen de berekende resultaten afwijken van de gerealiseerde resultaten in één specifiek jaar.

De verschillen in netto-bedrijfsresultaat tussen het basisbedrijf en alle opvolgende situaties zijn *alleen* te zien als kosten voor de milieumaatregelen die 'De Marke' toepast bij vergelijking met bedrijven op dezelfde grondsoort en met dezelfde omvang en dezelfde uitgangspunten die specifiek zijn voor het basisbedrijf.

Bij de begrotingen in deze studie is rekening gehouden met gegevens van 'De Marke' en heeft het projectteam de uitgangspunten vastgesteld. Op het gebied van lagere fosfaatbemesting, zeker in combinatie met een lage stikstofgift, is afgerond onderzoek nog schaars. De opbrengstderving, die hier eventueel het gevolg van is, is nog niet exact in beeld te brengen. In deze studie is geen opbrengstderving door verminderde fosfaatbemesting in rekening gebracht. Daarom zijn de resultaten ook alleen geldig voor een relatief korte termijn.

Het berekende stikstofoverschot voor het basisbedrijf is ruim 240 kg per ha (MINAS: 172). Na elke maatregel is een daling van dit overschot gerealiseerd tot uiteindelijk 132 kg per ha (MINAS: 59). Het fosfaatoverschot op het basisbedrijf bedraagt circa 20 kg per ha (fosfaattoestand 'ruim voldoende') en op 'De Marke' circa 2 kg per ha. Duidelijk is dat de nutriëntenoverschotten op 'De Marke' lager zijn dan op het basisbedrijf. Opvallend is echter dat de overschotten aan stikstof en fosfaat op het basisbedrijf ook erg laag zijn, veel lager dan over het algemeen gemiddeld in de praktijk wordt gerealiseerd. Hier is een aantal redenen voor:

- Het betreft *geen* gemiddeld bedrijf in de praktijk, maar een bedrijf dat *qua opzet en structuur* gelijk is aan 'De Marke'.
- Het basisbedrijf is een extensief bedrijf. Een flinke hoeveelheid ruwvoer is over en wordt verkocht. Door de relatief hoge melkproductie van 8.300 kg per koe, is de veebezetting ook laag.
- De fosfaattoestand van de bodem is 'ruim voldoende' verondersteld. Hierdoor is volgens het geldende bemestingsadvies minder fosfaatkunstmest nodig dan bij een klassering 'voldoende' of 'vrij laag'.

- De bemesting met stikstof en fosfaat is erg nauwkeurig gebeurd. In de berekeningen zijn de drijfmestgift en de aanvulling met kunstmest precies afgestemd op de behoefte van het gewas. Dit is niet altijd het geval in de ‘gemiddelde’ praktijk.
- Hoge eigen voerproductie.

5.5.2 Conclusies en aanbevelingen

- De meeste aanpassingen die op ‘De Marke’ doorgevoerd zijn, leiden tot een daling van het inkomen. Maar een aantal maatregelen leidt tot verhoging van het inkomen. Minder jongvee aanhouden is een maatregel die goed is voor het milieu en ook economisch perspectieven biedt. Hetzelfde geldt voor efficiëntere beweiding. In bepaalde gevallen geldt dit ook voor vruchtwisseling. Ook zonder strenge milieunormen zullen boeren die streven naar inkomensverbetering deze maatregel al geleidelijk toepassen.
- Emissiearm bouwen, verkorten van de weideperiode en verlagen van de stikstofgift met verkorting van de bemestingsperiode zijn maatregelen die veel geld kosten op ‘De Marke’. Het netto-bedrijfsresultaat daalt hierdoor met f 1,45 tot f 1,65 per 100 kg melk per maatregel. Wel is verlaging van de stikstofbemesting behoorlijk effectief. Het stikstofoverschot daalt bijna 50 kg per ha. Emissiearm bouwen leidt tot een daling van nog geen 10 kg stikstofoverschot per ha. Bij een kortere weideperiode is de daling nog minder.
- Meer maïs voeren en telen kost ruim f 1,20 per 100 kg melk. Het stikstofoverschot daalt wel meer dan 10 kg per ha. Dit is niet zoveel als bij verlaging van de stikstofbemesting, maar meer dan bij emissiearm bouwen.
- Voorkomen van voerafvoer en dus eigen krachtvoer verbouwen, kost bijna f 0,85 per 100 kg melk. Het stikstofoverschot daalt nauwelijks door deze maatregel, zodat deze weinig effectief is.
- Telen van een vanggewas onder maïs en beter op de norm voeren horen tot de goedkopere maatregelen. Verder leidt teelt van een vanggewas tot een behoorlijke verlaging van het stikstofoverschot. Het overschot daalt door deze maatregel bijna 15 kg per ha.
- Vergelijking van het basisbedrijf met de uiteindelijke situatie, na toepassen van alle maatregelen, toont een netto-bedrijfsresultaat dat ruim f 7,- per 100 kg melk lager is voor de situatie met alle milieumaatregelen. Het verschil in arbeidsopbrengst is ruim f 5,- per 100 kg melk. Randvoorwaarden hierbij zijn onder andere eenzelfde melkquotum, eenzelfde bedrijfsoppervlakte, hetzelfde aantal koeien, minder jongvee, hetzelfde aandeel huiskavel en dezelfde grondsoort.
- Toepassen van een bedrijfssysteem als dat van ‘De Marke’ voor andere intensiteiten en grondsoorten is in deze studie niet onderzocht. Economische effecten voor het systeem van ‘De Marke’ bij andere intensiteiten en grondsoorten zijn daarom niet nauwkeurig in te schatten. Het verdient aanbeveling om in vervolgonderzoek hier aandacht aan te schenken.

Bijlage IV.1

Globale economische kengetallen

Kengeltallen van alle situaties in f per 100 kg melk.

	Basisbedrijf	Minder jongvee	Vrucht-wisseling	Efficiënte beweiding	Beter op norm voeren	Vanggewas N-grift	Verlagen P ₂ O ₅ -grift	Verlagen in zomer	Meer maïs telen	Kortere weide-periode	Emissie-arme stal	Geen voer-afvoer
Aantal melkkoecien	78,35	78,35	78,35	77,75	77,75	77,75	77,75	76,85	76,85	77,08	77,08	77,08
Melkquotum, incl. (ver)lease (ton)	650,28	650,28	650,28	667,84	667,84	667,84	667,84	667,84	667,84	664,39	664,39	664,39
Oppervlakte grasland (ha)	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	30	30	30	30
Oppervlakte snijmaïs (ha)	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	25	25	25	20,4
Oppervlakte ov. voedergrassen (ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,6
Stuks jongvee	61	53	53	52	52	52	52	52	52	52	52	52
Melkproductie (kg per melkkoe)	8.300	8.300	8.300	8.590	8.590	8.590	8.590	8.690	8.690	8.620	8.620	8.620
Stikstofaargift grasland (kg ha ⁻¹)	350	350	350	350	350	250	250	250	250	250	250	250
A. Opbrengsten	84,46	84,27	84,33	82,83	82,83	81,35	81,35	82,01	81,99	81,87	81,87	81,11
B. Toegerekende kosten	20,90	21,23	21,25	20,66	20,57	20,07	20,03	20,54	21,16	20,67	20,60	19,56
Waarvan:												
- Veevoer	9,40	9,31	9,25	9,22	9,12	9,06	9,05	9,69	9,70	9,08	9,08	8,07
- Gewasbeschermingsmiddelen	0,94	0,94	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,03	1,04	1,04	1,04
- Meststoffen	2,25	2,28	2,25	1,99	2,00	1,30	1,25	1,21	1,12	1,09	1,03	0,99
- Zaad, plant- en pootgoed (incl. rente)	1,71	1,71	1,85	1,80	1,80	2,07	2,07	2,07	2,64	2,66	2,66	2,66
- Directe kosten levende have	6,59	6,99	6,99	6,75	6,75	6,75	6,75	6,67	6,67	6,79	6,79	6,79
C. SALDO (A-B)	63,56	63,04	63,08	62,18	62,25	61,28	61,33	61,47	60,83	61,21	61,27	61,55
D. Niet-toegerekende kosten	82,80	82,08	82,06	80,40	80,62	81,35	81,35	81,99	82,05	84,07	85,78	87,12
Waarvan:												
- Arbeidskosten (F)	26,33	26,33	26,08	25,78	26,00	25,98	25,98	26,47	25,98	27,09	27,09	27,34
- Loonwerk	8,64	8,38	8,60	8,46	8,46	8,85	8,85	8,99	9,83	10,24	10,24	10,98
- Machines, werktuigen, inventaris, ed.	16,67	16,68	16,69	16,27	16,27	16,37	16,37	16,42	16,17	16,32	16,32	16,35
- Grond en gebouwen	26,77	26,31	26,31	25,63	25,63	25,90	25,90	25,89	25,85	26,17	27,86	27,95
- Algemene kosten	4,39	4,38	4,38	4,25	4,25	4,25	4,25	4,23	4,23	4,25	4,25	4,25
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)	-19,24	-19,04	-18,98	-18,22	-18,36	-20,07	-20,02	-20,52	-21,22	-22,87	-24,50	-25,32
G. Arbeidsopbrengst (E+F)	7,09	7,29	7,09	7,56	7,64	5,91	5,96	5,95	4,76	4,23	2,60	2,02

Bijlage IV.2

Gedetailleerde economische kengetallen

Kengeltallen van alle situaties in f per bedrijf.

	Basisbedrijf		Minder jongvee	Vrucht-wisseling	Efficiënte beweiding	Beter op norm voeren	Vanggewas	Verlagen N-gift	Verlagen P ₂ O ₅ -gift	Meer maïs in zomer	Meer maïs telen	Kortere weide-periode	Emissie-arme stal	Geen voerafvoer
	78	77												
Aantal melkkoeien	78	77	78	78	78	78	78	78	78	77	77	77	77	77
Melkquotum, incl. (ver)lease (ton)	650,28	650,28	650,28	650,28	667,84	667,84	667,84	667,84	667,84	667,84	667,84	664,39	664,39	664,39
Oppervlakte grasland (ha)	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	30	30	30	30
Oppervlakte snijmaïs (ha)	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	25	25	25	20,4
Oppervlakte ov. voedergrassen (ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,6
Melkproductie (kg per melkkoe)	8.300	8.300	8.300	8.300	8.590	8.590	8.590	8.590	8.590	8.690	8.690	8.6	8.620	8.62
Graslandgebruikssysteem ¹⁾	B	B	B	B	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Stikstofaangifte grasland (kg ha ⁻¹)	350	350	350	350	350	350	250	250	250	250	250	250	250	250
Maaipercentage (%)	176,55	184,40	178,84	192,54	192,54	192,54	152,65	152,65	196,23	151,38	171,95	171,95	171,95	176,36
A. Opbrengsten	549.216	548.007	548.391	553.186	553.142	553.142	543.310	543.310	547.705	547.579	543.9	543.9	543.949	538.87
Waarvan:														
- Melkopbrengsten	481.226	481.226	481.226	483.807	483.807	483.807	483.807	483.807	484.575	484.575	483.71	483.71	483.705	483.70
- Omzet en aanwas	49.158	44.952	44.952	44.610	44.610	44.610	44.610	44.610	44.085	44.085	44.2	44.224	44.224	44.22
- Weidegeld	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Verkoop voedergrassen	7.884	10.881	11.265	13.821	13.777	13.777	3.945	3.945	8.097	7.967	5.0	5.072	5.072	0
- Overige opbrengsten rundvech.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Overige opbrengsten	10.948	10.948	10.948	10.948	10.948	10.948	10.948	10.948	10.948	10.948	10.948	10.948	10.948	10.94
B. Toegerekende kosten	135.882	138.062	138.211	137.948	137.385	137.385	134.054	133.748	137.194	141.325	137.3	136.880	136.880	129.94
Waarvan:														
- Aankoop krachtvoer en melkpoeder	56.505	56.063	55.681	57.108	56.434	56.434	56.576	56.566	60.850	60.896	59.4	59.491	59.491	52.79
- Aankoop ruwvoer en overige	4.631	4.454	4.454	4.435	4.451	4.451	3.897	3.897	3.871	3.871	848	848	848	848
- Gewasbeschermingsmiddelen	6.112	6.112	6.008	6.008	6.008	6.008	6.008	6.008	6.008	6.901	6.9	6.901	6.901	6.90
- Meststoffen	14.602	14.838	14.614	13.286	13.385	13.385	8.674	8.378	8.090	7.474	7.2	6.848	6.848	6.60
- Zaad, plant- en pootgoed	9.772	9.772	10.631	10.631	10.631	10.631	12.471	12.471	12.471	15.784	15.7	15.784	15.784	15.78
- Rente gewassen	1.380	1.380	1.380	1.380	1.380	1.380	1.380	1.380	1.380	1.875	1.8	1.875	1.875	1.87
- Gezondheidszorg rundvee	15.444	18.978	18.978	18.833	18.833	18.833	18.833	18.833	18.614	18.614	18.6	18.670	18.670	18.67

Vernolg Kergetallen van alle situaties in f per bedrijf.

	Basisbedrijf	Minder jongvee	Vrucht-wisseling	Efficiënte beweiding	Beter op norm voeren	Vanggewas N-gift	Verlagen P ₂ O ₅ -gift	Meer mais in zomer	Meer mais telen	Kortere weide-periode	Emissie-arme stal	Geen voerafvoer
- Veeverbetering	10.286	10.035	10.035	9.958	9.958	9.958	9.958	9.843	9.843	9.8	9.872	9.87
- Rente vee	10.046	9.575	9.579	9.506	9.506	9.506	9.506	9.395	9.395	9.4	9.424	9.42
- Overige kosten levende have	7.104	6.851	6.851	6.795	6.799	6.751	6.751	6.672	6.672	7.1	7.167	7.16
C. Saldo (A-B)	413.334	409.945	410.180	415.238	415.757	409.256	409.562	410.515	406.254	406.6	407.069	408.92
D. Niet-toegerekende kosten	538.425	533.770	533.621	536.926	538.397	543.308	543.284	547.544	547.992	558.5	569.909	578.79
Waarvan:												
- Arbeidskosten	171.200	171.200	169.575	172.175	173.670	173.508	173.508	176.758	173.508	180.0	180.008	181.63
- Loonwerk	56.191	54.485	55.923	56.518	56.494	57.537	59.133	60.011	65.643	68.0	68.039	72.93
Waarvan: - graslandverzorging	5.472	5.472	7.116	7.116	7.116	7.116	7.116	7.116	6.548	6.5	6.548	6.54
- voederwinning grasland	11.643	12.152	11.795	12.725	12.692	12.803	9.938	12.806	8.054	8.9	8.993	9.20
- snijmais	25.944	24.537	24.560	23.406	23.426	24.468	29.090	27.052	38.246	39.6	39.666	34.39
- MKS en maïsstro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.82
- mest uitrijden	13.132	12.324	12.452	13.271	13.260	13.150	12.989	13.037	12.795	12.8	12.832	12.94
- Machines, werktuigen, inventaris, ed.	108.409	108.487	108.560	108.668	108.667	109.441	109.339	109.642	107.976	108.4	108.404	108.61
Waarvan: - afschrijvingen	57.087	57.087	57.087	57.087	57.087	57.087	57.087	57.087	57.087	57.0	57.087	57.08
- onderhoud	21.703	21.703	21.703	21.703	21.703	21.703	21.703	21.703	21.703	21.7	21.703	21.70
- rente	19.081	19.081	19.081	19.081	19.081	19.081	19.081	19.081	19.081	19.0	19.081	19.08
- brandstof en smeermidd.	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.660	3.000	3.0	3.000	3.00
- klein materiaal	6.878	6.956	7.029	7.137	7.136	7.910	7.808	8.111	7.105	7.5	7.533	7.74
- Grond en gebouwen	174.091	171.101	171.066	171.178	171.179	171.230	172.941	172.912	172.644	173.8	185.106	185.72
- Waarvan kosten stallen:	70.390	67.604	67.604	67.721	67.721	67.566	69.036	68.420	68.420	69.0	80.115	80.11
- afschrijvingen	35.195	33.802	33.802	33.861	33.861	33.783	34.518	34.210	34.210	34.5	39.161	39.16
- onderhoud	14.078	13.521	13.521	13.544	13.544	13.513	13.807	13.684	13.684	13.8	18.534	18.53
- rente	21.117	20.281	20.281	20.316	20.316	20.270	20.711	20.526	20.526	20.7	22.420	22.42
- Waarvan kosten voeropslagen:	8.596	8.474	8.440	8.432	8.433	8.637	8.831	9.418	9.158	9.9	9.949	10.54
- afschrijvingen	4.524	4.460	4.442	4.438	4.438	4.546	4.648	4.957	4.820	5.2	5.236	5.55

Kengetallen van alle bedrijven in f per 100 kg melk.

	Basisbedrijf		Minder jongvee	Vrucht-wisseling	Efficiënte beweiding	Beter op norm voeren	Vanggewas	Verlagen N-gift		Verlagen P ₂ O ₅ -gift	Meer mais in zomer	Meer mais telen	Kortere weide-periode	Emissie-arme stal	Geen voerafvoer
	78	78						78	78						
Aantal melkkoeien	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	77	77	77	77	77
Melkquotum, incl. (ver)lease	(ton)	650,28	650,28	650,28	667,84	667,84	667,84	667,84	667,84	667,84	667,84	667,84	664,39	664,39	664,39
Oppervlakte grasland	(ha)	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	30	30	30	30	30
Oppervlakte snijmais	(ha)	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	25	25	25	25	20,4
Oppervlakte ov. Voedergewassen	(ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,6
Melkproductie (kg per melkkoe)	8300	8300	8300	8300	8590	8590	8590	8590	8590	8590	8690	8690	8620	8620	8620
Graslandgebruikssysteem	B	B	B	B	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Stikstofjaargift grasland	(kg ha ⁻¹)	350	350	350	350	350	350	350	250	250	250	250	250	250	250
maaipercentage	(%)	177	184	179	193	193	196	153	153	196	151	172	172	172	176
A. Opbrengsten		84,46	84,27	84,33	82,83	82,83	82,94	81,35	81,35	82,01	81,99	81,87	81,87	81,87	81,11
Waarvan:															
- Melkopbrengsten		74,00	74,00	74,00	72,44	72,44	72,44	72,44	72,44	72,56	72,56	72,80	72,80	72,80	72,80
- Omzet en aanwas		7,56	6,91	6,91	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,60	6,60	6,66	6,66	6,66	6,66
- Weidegeld		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Verkoop voedergewassen		1,21	1,67	1,73	2,07	2,06	2,17	0,59	0,59	1,21	1,19	0,76	0,76	0,76	0,00
- Overige opbrengsten rundvech.		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Overige opbrengsten		1,68	1,68	1,68	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,65	1,65	1,65	1,65
B. Toegerekende kosten		20,90	21,23	21,25	20,66	20,57	20,60	20,07	20,03	20,54	21,16	20,67	20,67	20,60	19,56
Waarvan:															
- Aankoop krachtvoer en melkpoeder		8,69	8,62	8,56	8,55	8,45	8,44	8,47	8,47	9,11	9,12	8,95	8,95	8,95	7,95
- Aankoop ruwvoer en overige		0,71	0,68	0,68	0,66	0,67	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,13	0,13	0,13	0,13
- Gewasbeschermingsmiddelen		0,94	0,94	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04
- Meststoffen		2,25	2,28	2,25	1,99	2,00	1,86	1,30	1,25	1,21	1,12	1,09	1,03	1,03	0,99
- Zaad, plant- en pootgoed		1,50	1,50	1,63	1,59	1,59	1,87	1,87	1,87	1,87	2,36	2,38	2,38	2,38	2,38
- Rente gewassen		0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28

Vervolg Kengetallen van alle bedrijven in f per 100 kg melk.

	Basisbedrijf	Minder jongvee	Vrucht- wisseling	Efficiënte beweiding	Beter op norm voeren	Vanggewas	Verlagen		Meer maïs in zomer	Meer maïs telen	Kortere weide- periode	Emissie- arme stal	Geen voerafvoer
							N-grift	P ₂ O ₅ -grift					
- Gezondheidszorg rundvee	2,37	2,92	2,92	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,79	2,79	2,81	2,81	2,81
- Veeverbetering	1,58	1,54	1,54	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,47	1,47	1,49	1,49	1,49
- Rente vee	1,54	1,47	1,47	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,41	1,41	1,42	1,42	1,42
- Overige kosten levende have	1,09	1,05	1,05	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00	1,08	1,08	1,08
C. Saldo (A-B)	63,56	63,04	63,08	62,18	62,25	62,33	61,28	61,33	61,47	60,83	61,21	61,27	61,55
D. Niet-toegerekende kosten	82,80	82,08	82,06	80,40	80,62	80,99	81,47	81,47	82,11	82,18	84,20	85,90	87,24
Waarvan:													
- Arbeidskosten	26,33	26,33	26,08	25,78	26,00	26,10	25,98	25,98	26,47	25,98	27,09	27,09	27,34
- Loonwerk	8,64	8,38	8,60	8,46	8,46	8,62	8,85	8,85	8,99	9,83	10,24	10,24	10,98
Waarvan: - graslandverzorging	0,84	0,84	1,09	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	0,98	0,99	0,99	0,99
- voederwinning grasland	1,79	1,87	1,81	1,91	1,90	1,92	1,49	1,49	1,92	1,21	1,35	1,35	1,39
- snijmaïs	3,99	3,77	3,78	3,50	3,51	3,66	4,36	4,36	4,05	5,73	5,97	5,97	5,18
- MKS en maïsstro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,48
- mest uitrijden	2,02	1,90	1,91	1,99	1,99	1,97	1,94	1,94	1,95	1,92	1,93	1,93	1,95
- Machines, werktuigen, inventaris, ed.	16,67	16,68	16,69	16,27	16,27	16,39	16,37	16,37	16,42	16,17	16,32	16,32	16,35
Waarvan: - afschrijvingen	8,78	8,78	8,78	8,55	8,55	8,55	8,55	8,55	8,55	8,55	8,59	8,59	8,59
- onderhoud	3,34	3,34	3,34	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,27	3,27	3,27
- rente	2,93	2,93	2,93	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,87	2,87	2,87
- brandstof en smeermidd.	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,45	0,45	0,45	0,45
- klein materiaal	1,06	1,07	1,08	1,07	1,07	1,18	1,17	1,17	1,21	1,06	1,13	1,13	1,17
- Grond en gebouwen	26,77	26,31	26,31	25,63	25,63	25,64	25,90	25,90	25,89	25,85	26,17	27,86	27,95
- Waarvan kosten stallen:	10,82	10,40	10,40	10,14	10,14	10,12	10,34	10,34	10,24	10,24	10,39	12,06	12,06
- afschrijvingen	5,41	5,20	5,20	5,07	5,07	5,06	5,17	5,17	5,12	5,12	5,20	5,89	5,89
- onderhoud	2,16	2,08	2,08	2,03	2,03	2,02	2,07	2,07	2,05	2,05	2,08	2,79	2,79
- rente	3,25	3,12	3,12	3,04	3,04	3,04	3,10	3,10	3,07	3,07	3,12	3,37	3,37

Vernolg Kergetallen van alle bedrijven in f per 100 kg melk.

	Basisbedrijf	Minder jongvee	Vruucht-wisseling	Efficiënte beweiding	Beter op norm voeren	Vanggewas N-gift	Verlagen P ₂ O ₅ -gift	Meer mais in zomer	Meer mais telen	Kortere weideperiode	Emissie-arme stal	Geen voerafvoer
- Waarvan kosten voeropslagen:	1,32	1,30	1,30	1,26	1,26	1,29	1,32	1,41	1,37	1,50	1,50	1,59
- afschrijvingen	0,70	0,69	0,68	0,66	0,66	0,68	0,70	0,74	0,72	0,79	0,79	0,84
- onderhoud	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,22	0,22	0,24	0,24	0,25
- rente	0,42	0,41	0,41	0,40	0,40	0,41	0,42	0,45	0,43	0,47	0,47	0,50
- Waarvan overige kosten:	14,63	14,61	14,61	14,23	14,23	14,23	14,24	14,24	14,23	14,28	14,31	14,31
- afschrijvingen	1,53	1,53	1,53	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,48	1,48	1,48
- onderhoud	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42
- rente	11,78	11,78	11,78	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,47	11,51	11,51	11,51
- eigenaarslasten	0,89	0,87	0,87	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,87	0,89	0,89
- Algemene kosten	4,39	4,38	4,38	4,25	4,25	4,25	4,25	4,23	4,23	4,25	4,25	4,25
E. Netto-bedrijfsresultaat (C-D)	-19,24	-19,04	-18,98	-18,22	-18,36	-18,66	-20,02	-20,52	-21,22	-22,87	-24,50	-25,32
F. Berekende arbeid	26,33	26,33	26,08	25,78	26,00	26,10	25,98	26,47	25,98	27,09	27,09	27,34
G. Arbeidsopbrengst (E+F)	7,09	7,29	7,09	7,56	7,64	7,44	5,96	5,95	4,76	4,23	2,60	2,02

1) B is beperkt weiden; S is siera-beveiding

Bijlage IV.3

Rantsoenen

Algemene kengetallen en rantsoenen (kg ds per dier per dag voor rinnvoer en kg per dier per dag voor krachvoer).

	Basisbedrijf	Minder jongvee	Vrucht-wisseling	Efficiënte beweiding	Beter op norm voeren	Vanggewas	Verlagen N-gift	Verlagen P2O5-gift	's Zomers		Kortere weide-periode	Emissie-arme stal	Geen voerafvoer
									meer	voeren			
									telen	voeren			
Grasland (ha)	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	30	30	30	30	30
Maisland (ha)	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	25	25	25	25	20,4
MKS ¹⁾ (ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,6
# koeren	78,35	78,35	78,35	77,75	77,75	77,75	77,75	77,75	76,85	76,85	77,08	77,08	77,08
# pinken	30,4	26	26	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	25,5	25,5	25,58	25,58	25,58
Aankoop kunstmeststof (kg ha ⁻¹)	197	196	193	182	183	170	107	107	104	91	90	81	81
Stikstofgehalte drijfmest (kg per ton)	4,45	4,53	4,49	4,7	4,66	4,68	4,11	4,11	4,22	3,83	3,86	4,16	4,1
Fosfaatgehalte drijfmest (kg per ton)	1,3	1,31	1,31	1,34	1,33	1,34	1,29	1,29	1,34	1,25	1,26	1,26	1,22
Voeding koeien zomer													
Weidegras	11,6	11,6	11,6	11,7	11,7	11,7	11,6	11,6	9,1	9,0	9,0	9,0	8,7
Graskuil 2 ^e en overige sneden	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mais	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
MKS ¹⁾	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
Standaardbrok	3,3	3,3	3,3	3,2	3,5	3,5	3,8	3,8	2,7	2,9	3,2	3,2	1,3
Matig eiwitrijke brok	1,1	1,1	1,1	1,3	0,9	0,9	0,8	0,8	2,6	2,4	2,5	2,5	4,0
Voeding koeien winter													
Graskuil 1e snede	3,8	4,0	4,0	4,2	3,3	3,3	3,1	3,1	3,7	2,0	1,8	1,8	1,9
Graskuil 2e en overige sneden	4,9	5,5	5,2	5,9	5,5	5,8	3,7	3,7	5,8	3,0	2,9	2,9	3,5
Mais	5,3	4,3	4,7	3,7	5,0	4,7	7,5	7,5	4,1	9,4	10,0	10,0	9,2
MKS ¹⁾	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
Standaardbrok	6,2	6,6	6,4	6,8	6,8	6,9	6,0	6,0	7,2	5,9	5,1	5,1	3,1
Sojaschroot bestendig	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	1,0	1,0	0,7	1,2	1,3	1,3	1,5
Voeding droge koeien													
Graskuil 2e en overige sneden	3,0	3,5	3,2	3,7	3,4	3,7	2,2	2,2	3,9	1,9	1,6	1,6	0,3
Mais	2,8	2,4	2,6	2,2	2,5	2,3	3,7	3,7	2,4	4,2	4,4	4,4	2,7
Graszaadstro	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	0,0	0,0	0,0

Verolg. Algemene kenggetallen en ransoenen (kg ds. per dier per dag voor rumvoer en kg per dier per dag voor kerachvoer).

	Basisbedrijf	Minder jongvee	Vrucht-wisseling	Efficiënte beweiding	Beter op norm voeren	Vanggewas	Verlagen N-gift	Verlagen P2O5-gift	's Zomers meer mais voeren	Meer mais telen	Kortere weide-periode	Emissie-arme stal	Geen voerafvoer
Maisstro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1
Herfstgras	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	3,3
Standaardbrok	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,0	0,0	0,1
Voeding pinken zomer													
Weidegras	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Voeding pinken winter													
Graskuil 2e en overige sneden	3,9	3,9	3,9	3,9	5,0	3,7	3,8	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	3,8
Mais	2,6	2,6	2,6	2,6	1,6	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	2,6	2,6	1,9
Graszaadstro	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0
Maisstro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
Herfstgras	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1	0,9
Standaardbrok	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,1	0,1	0,5
Voeding kalveren zomer													
Weidegras	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Standaardbrok	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Matig ewitrijke brok	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Voeding kalveren winter													
Graskuil 1e snede	1,2	1,2	1,2	1,2	2,7	2,7	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Graskuil 2e en overige sneden	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mais	1,8	1,8	1,8	1,8	0,2	0,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Standaard brok	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Sojaschroot bestendig	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

1) MKS is maïskohenschroot

Bijlage IV.4

Ingekuild voer

Opgelegde hoeveelheden voer (ton ds in kuil na conservering) in de verschillende situaties.

	Basisbedrijf	Minder jongvee	Vrucht-wisseling	Efficiënte beweiding	Beter op norm voeren	Vang-gewas	Verlagen N-grift	Verlagen P ₂ O ₅ -grift	's Zomers meer maïs voeren	Meer maïs telen	Kortere weide-periode	Emissie-arme stal	Geen voerafvoer
Maïskuil zomer	51,4	51,4	51,4	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	73,4	73,4	63,9	63,9	63,9
MKS ¹⁾ zomer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Maïskuil winter	103,3	86,4	92,2	78,2	78,4	74,2	117,3	117,3	71,6	140,7	166,5	166,5	147,4
Graskuil 1e snede	55,2	56,1	56,1	59,2	59,2	59,2	52,6	52,6	59	39,2	39,2	39,2	39,7
Graskuil 2e en overige sneden	92,6	98,2	93,6	102	102	98,8	69,0	69,0	99,1	58,6	61,6	61,6	64,1
Herfstgras(+maïsstro)	0	0	0	0	0	5,9	5,9	5,9	5,8	5,8	16,4	16,4	32,0
MKS ¹⁾ winter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,2

¹⁾ MKS is maïskohenschroot

5. Doelgericht ontwikkelen op basis van waargenomen functioneren

H.F.M. Aarts & H. van Keulen (Plant Research International)

5.1 Inleiding

In de voorafgaande hoofdstukken is ingegaan op het functioneren van bedrijfssysteem 'De Marke' en is geprobeerd daarvoor verklaringen te vinden. Met name is aandacht besteed aan de N-huishouding, met speciale aandacht voor het verlies van nitraat naar het grondwater. In deze bijdrage wordt ingegaan op het verschil tussen het waargenomen functioneren van de N-huishouding en de verwachtingen bij het ontwerp van het bedrijf. Vastgesteld wordt in hoeverre bedrijfsdoelen zijn gerealiseerd. Vervolgens wordt gezocht naar mogelijke verklaringen voor de verschillen tussen verwachting en werkelijkheid, ondermeer met behulp van de eerder gepresenteerde analyses. Tot slot wordt ingegaan op de mogelijkheden om op basis van verbeterd inzicht het systeem zodanig bij te stellen dat de bedrijfsresultaten voldoende verbeteren, en worden suggesties gedaan voor vervolgonderzoek.

5.2 Het functioneren van 'De Marke' in relatie tot haar doelen

De milieudoelen van 'De Marke' met betrekking tot N (Tabel 5.1), die in ieder geval moeten worden gerealiseerd, zijn veel scherper dan de eisen die de overheid heeft geformuleerd in het kader van de mestwetgeving. De MINAS-maxima van de overheid zijn compromissen tussen wensen op het gebied van milieukwaliteit en verwachte landbouwkundige problemen bij het realiseren van die maxima (Dekker & Van Leeuwen, 1998). Op uitspoelingsgevoelige zandgronden, als die van 'De Marke', mag, volgens de MINAS-normen, het werkelijke N-overschot (inclusief depositie en enige binding door vlinderbloemigen) van een gemiddeld bedrijf uiteindelijk 190 kg ha⁻¹ bedragen, 62 kg meer dan het overschot dat voor systeem 'De Marke' als maximum is vastgesteld (Aarts, 2000). Bij het ontwerp van 'De Marke' was de gewenste milieukwaliteit de enige maatstaf. Naast doelen voor N en P (overschot maximaal 0,45 kg ha⁻¹), zijn doelen geformuleerd ten aanzien van het gebruik van bestrijdingsmiddelen, de ophoping van zware metalen, de emissie van broeikasgassen, het verbruik van water en energie, de ontwikkeling van natuurwaarden en het welbevinden van mens en dier. Voor deze doelen zijn streefwaarden vastgesteld, geen minima of maxima die onvoorwaardelijk gerealiseerd moeten worden. Bij het realiseren van die streefwaarden worden economische gevolgen van potentiële maatregelen meegewogen. Bij het afwegen van maatregelen met betrekking tot N-doelen moet ook rekening worden gehouden met effecten op de andere doelen, maar binnen de uitdrukkelijke voorwaarde dat het N-doel daadwerkelijk wordt gerealiseerd. In Tabel 5.1 is ook aangegeven welke milieuwinst op 'De Marke' moet worden geboekt in vergelijking met de gangbare praktijk in de periode 1983-1986. Die periode is gekozen als referentieperiode omdat sindsdien verdere intensivering van de melkproductie per ha, met daaraan gekoppeld intensiever gebruik van aangekochte meststoffen en voer, door de melkquotering vrijwel onmogelijk is geworden en de overheid vanaf die tijd serieus werk ging maken van milieuwetgeving met betrekking tot de veehouderij. De periode 1983-1986 is daarom de periode met de zwaarste milieudruk vanuit de veehouderij. Sindsdien is de ammoniakemissie van melkveebedrijven op zandgrond afgenomen met ongeveer 35%, het N-overschot met 20% (Aarts, 2000).

Tabel 5.1. Normen 'De Marke' met betrekking tot N en de reductie ten opzichte van de prestaties van gangbare bedrijven in de periode 1983-1986 (Aarts et al., 1992; Biewinga et al., 1992).

Milieudoel	Maximale waarde 'De Marke'	Reductie
Vervluchtiging ammoniak	< 30 kg N kg ha ⁻¹ , uit dierlijke mest	70%
Uitspoeling nitraat	concentratie nitraat in het bovenste grondwater < 50 mg l ⁻¹	75%
Vervluchtiging stikstofoxiden	< 3 kg ha ⁻¹ als gevolg van bodemprocessen	66%
Overschot op bedrijfsbalans	< 128 kg ha ⁻¹ , inclusief depositie en binding door vlinderbloemigen*	74%

* Er is uitgegaan van een verlies van stikstof van 47 kg ha⁻¹ (waarvan 13 kg in urineplekken) door denitrificatie en een verlies van 14 kg N ha⁻¹ als ammoniak uit kunstmest, gewas, oogstresten en voer. Aangenomen is dat het neerslagoverschot 300 mm bedraagt; bij 50 mg nitraat l⁻¹ betekent dat een uitspoeling van 34 kg N ha⁻¹. Er is aangenomen dat de voorraad organische N in de bodem constant blijft. De overschotnorm mag worden aangepast als blijkt dat de inschatting van denitrificatie te hoog of te laag is. De overschotnorm mag tijdelijk worden aangepast als het aannemelijk is dat de bodemvoorraad organische N structureel naar een hoger of lager niveau gaat (nieuw evenwicht).

Uit Tabel 5.2 blijkt dat alleen het ammoniakdoel volledig is gerealiseerd. Het overschot op de bedrijfsbalans, het nitraatgehalte in het grondwater en de vervluchtiging van stikstofoxiden als gevolg van bodemprocessen bleken gemiddeld te hoog, met grote verschillen tussen jaren. Het is aannemelijk dat variaties in actuele weerssituaties een belangrijke rol spelen bij de verschillen in nitraatgehalten tussen jaren (Conijn, 2000). Het is ook aannemelijk dat er een relatie is tussen enerzijds het gemiddeld te hoge nitraatgehalte van het grondwater en het hoge verlies aan stikstofoxiden en anderzijds de overschrijding van de norm voor het N-overschot. Omdat de ammoniakemissie lager is dan de norm, de conserveringsverliezen lager dan vooraf verondersteld en het N-overschot van het bedrijf hoger dan voorzien, is het N-overschot op bodemniveau (128 kg) aanmerkelijk hoger dan in het ontwerp van het bedrijf was voorzien (79 kg). Het extra overschot van 49 kg moet 'ergens' gebleven zijn!

Tabel 5.2. N-normen en de prestaties van 'De Marke' in de periode 1993-1998 (naar Hilborst & Oenema, 2000; Conijn, 2000; Aarts et al., 2000d).

Doel	Maximale waarde 'De Marke'	Gerealiseerd
Vervluchtiging ammoniak	30 kg N kg ha ⁻¹ , uit dierlijke mest	20
Uitspoeling nitraat	50 mg nitraat l ⁻¹ , in het bovenste grondwater	55 (31-88)
Vervluchtiging stikstofoxiden	3 kg ha ⁻¹ als gevolg bodemprocessen	5
Overschot op bedrijfsbalans	128 kg ha ⁻¹ , inclusief depositie en binding door vlinderbloemigen	156 (117-198)

In het ontwerp was aangenomen dat 79 kg N-overschot correspondeert met iets minder dan 50 mg nitraat per liter grondwater (81 kg N-overschot, waarvan 47 kg denitrificatie leidt tot 50 mg nitraat bij een neerslagoverschot van 300 mm), zodat 128 kg grofweg tot een nitraatgehalte zou moeten leiden van $(128 - 47)/300 * 50 / 11,3 = 119$ mg. Dat is aanzienlijk hoger dan gemiddeld gemeten werd (55 mg), zodat het aannemelijk is dat een groter deel dan was voorzien van het N-overschot in de onderzochte periode 'onschadelijk' is gemaakt via denitrificatie of ophoping. Bovendien zal de bovengemiddelde jaarlijkse neerslag een verdunnend effect hebben gehad (Conijn, 2000). Het verdunnende effect van

meer neerslag wordt versterkt door de geringere gewasverdamping (ruim 50 mm minder) dan oorspronkelijk aangenomen (Aarts *et al.*, 2000a). Om een beter beeld te krijgen van het verloop van de bodemprocessen, en om van daaruit plannen te kunnen maken voor de toekomst, zullen we ons moeten verdiepen in de N-balans van de bodem.

5.3 N-balans bodem

Opvallend is dat de gemiddeld gerealiseerde totale input slechts 12 kg (3%) boven de prognose ligt (Tabel 5.3). Er is wel veel meer organische mest ('stal'mest) uitgereden dan verwacht, maar die extra aanvoer werd grotendeels gecompenseerd door een lagere binding van N door klaver. De output in oogstbaar gewas is aanzienlijk lager dan de prognose (-38 kg, -14%). Het overschot is door de hogere input en lagere output 49 kg (48%) hoger dan verwacht.

Hoe is de lagere output van de bodemcomponent te verklaren? In de loop der jaren zijn voederbieten in het bouwplan vervangen door maïs. De N-opbrengst van bieten (inclusief blad) is aanmerkelijk hoger dan die van maïs, de bemesting nauwelijks hoger. Het geleidelijk vervangen van 6 ha bieten door maïs heeft daarom ongetwijfeld bijgedragen aan de lagere N-output en daardoor aan het hogere N-overschot. Een belangrijke andere oorzaak ligt bij de relatief droge zomers in het midden van de jaren negentig. De gewasopbrengsten op 'De Marke' blijken vooral te worden bepaald door de vochtbeschikbaarheid, die afhangt van de hoeveelheid neerslag in en de verdeling ervan over het groeiseizoen (Habekotté *et al.*, 1998). Uit experimenteel onderzoek op andere locaties blijkt dat in relatief natte zomers de N-opbrengst van grasland op droge zandgronden 15% hoger is dan in relatief droge zomers. Bij bemestingsniveaus als die van 'De Marke' komt dat overeen met 43 kg ha⁻¹ (Aarts *et al.*, 1999a).

Tabel 5.3. Bodembalans (kg N ha⁻¹) van 'De Marke' in de periode 1993-1998 (naar Hilhorst & Oenema, 2000).

	Prognose	Gemiddeld gerealiseerd	Spreiding
Input:			
- weidemest ¹	51	48	35-59
- 'stal'mest ¹	137	177	154-182
- kunstmest	67	70	52-96
- depositie	49	49	0
- netto voederverliezen ²	21	17	14-20
- klaver	30	6	3-12
<i>Som</i>	<i>355</i>	<i>367</i>	<i>316-454</i>
Output:			
- bruto gewas	276	238	216-275
Input – output³	79	128	86-184

¹ Na vervluchtiging van ammoniak

² Maai- en weideverliezen na vervluchtiging van ammoniak

³ Input – output = ophoping, denitrificatie en uitspoeling

In de balans is 'verandering bodemvoorraad organisch-N' niet opgenomen. Resultaten van bodemanalyses suggereren dat in de periode 1989-1997 jaarlijks gemiddeld ongeveer 40 kg N ha⁻¹ werd

vastgelegd (Aarts *et al.*, 2000b). Het N-verlies uit de bodem was daardoor in werkelijkheid geen 128 kg (overschot in Tabel 5.3) maar $128 - 40 = 88$ kg, theoretisch corresponderend met 60 mg nitraat per liter grondwater $(88 - 47)/300 \cdot 50/11,3$. Deze waarde is maar weinig hoger dan de waarde die gemiddeld gemeten werd. De accumulatie van organisch-N kan verklaard worden vanuit de C:N-verhouding van de organische stof. In 1989 was die bijna 20 en zakte naar 17,5 in 1997 (Van Keulen *et al.*, 2000), ongeveer de 'norm' voor dergelijke podzolgronden (Hassink, 1994). Bovendien waren de zomers relatief droog, waardoor niet alleen de gewasproductie maar ook de mineralisatie van organisch-N stagneerde. Redenerend vanuit deze waarnemingen kan verwacht worden dat de ophoping in organische stof spoedig zal stoppen, en mogelijk zelfs al gestopt is. Zeker is dat jaarlijkse voorraadveranderingen groot kunnen zijn als gevolg van verschillen in mineralisatiesnelheden onder invloed van het variaties in het weer. Corré (2000) rapporteert voor 'De Marke' gemiddelde jaarlijkse hoeveelheden gemineraliseerde N tussen de 220 (1994) en 469 kg (1997) per ha. Met name tijdens 'groeizame' zomers en zachte winters is de mineralisatiesnelheid hoog, door de gunstige combinatie van vochtgehalte en temperatuur. Uit onderzoek is gebleken dat onder gunstige weersomstandigheden gedurende het groeiseizoen, maximaal 50 kg N door de oogstbare delen van gras extra worden opgenomen (Aarts *et al.*, 1999a). Buiten het groeiseizoen lijken grasland (na vroeg stoppen met bemesting) en Italiaans raaigras voldoende in staat in een relatief warme winterperiode de extra gemineraliseerde stikstof op te vangen. Uit onderzoek op 'De Marke' is gebleken dat de in de herfst en winter op maïsland gemineraliseerde N in maart vrijwel volledig terug wordt gevonden in Italiaans raaigras (Aarts, 1994).

Gewassen zullen niet altijd in staat zijn alle minerale stikstof in 'mineralisatierijke' jaren volledig op te nemen. Bij in de praktijk gangbare bemestingspraktijken kan een flink deel van de extra gemineraliseerde N uitspoelen, denitrificeren of opnieuw door micro-organismen worden vastgelegd in organische stof. Daardoor kan dit soort *landbouwkundig goede* jaren wel eens *milieukundig verkeerd* uitpakken. De gehalten in het grondwater kunnen dan met enige tientallen mg nitraat per liter hoger worden (per 10 kg extra netto bodemoverschot stijgt het nitraatgehalte theoretisch met 5 mg, verdunning door extra grondwatervoeding buiten beschouwing gelaten).

Het weer heeft niet alleen invloed op de voorraad organisch-N in de bodem (door de invloed op de mineralisatiesnelheid), maar ook op de groei van gewassen (via temperatuur en neerslag), op denitrificatie (neemt toe onder natte omstandigheden), op de efficiëntie waarmee meststoffen worden opgenomen (opname door het gewas 'concurrereert' met de processen die verliezen veroorzaken, en voor opname is een goede synchronisatie en synlocatie nodig: water, stikstof en wortels moeten op het goede moment op de juiste plaats zijn) en op de verdunning van uitgespoeld nitraat (meer water leidt tot lagere concentraties in het grondwater). Het 'normaliseren' van de nitraatconcentratie van het (bovenste) grondwater enkel op basis van de neerslaghoeveelheid (verdunningsfactor) negeert de effecten van neerslag op mineralisatie, denitrificatie en gewasopname. Natte groeiseizoenen of veel neerslag in het voorjaar (na bemesting) lijken op droge gronden per saldo tot hogere nitraatgehalten te leiden, droge groeiseizoenen tot lagere gehalten. Ook beregening stimuleert de mineralisatie. Op onbemest grasland kan op gronden als die van 'De Marke' per 10 mm beregening 2–5 kg N extra worden geoogst (Aarts *et al.*, 1999b). Een goede verdeling van beregeningswater in de tijd, die verliezen van water naar de ondergrond minimaliseert, is essentieel om uitspoeling van meststoffen te voorkomen.

Al met al zijn de nitraatconcentraties die op 'De Marke' gemeten zijn redelijk verklaarbaar. De hoge gemiddelde waarde (88 mg) die in 1998 is gemeten kan als een incident beschouwd worden (extreem veel neerslag in het voorjaar waardoor veel uitspoeling bij pas ingezaaid maïs- en grasland). Op gronden als die van 'De Marke' zijn sterke schommelingen niet te vermijden omdat ze een heel lage buffercapaciteit hebben, voor zowel water als stikstof, zodat deze gronden extreem gevoelig zijn voor variaties in weersomstandigheden. In 1999 was het niveau van de basispercelen (die percelen die vanaf de start deel hebben uitgemaakt van het bedrijfssysteem 'De Marke') gedaald naar 63 mg. De conclusie die getrokken moet worden is dat niet de gemeten nitraatgehalten verontrustend zijn, maar de gemeten accumulatie van organisch-N (jaarlijks per ha gemiddeld 40 kg). Accumulatie is eindig en daarom moet het N-overschot sterk worden verlaagd om een acceptabel nitraatgehalte te kunnen handhaven.

5.4 Noodzaak en mogelijkheden tot bijsturing

Het gemiddelde stikstofoverschot op de bodembalans is 49 kg per hectare hoger dan voorzien bij het ontwerp van het bedrijfssysteem. Daarvan blijkt ongeveer 40 kg te worden vastgelegd in organische stof. De verdamping van gewassen bleek ruim 50 mm minder dan aangenomen in het ontwerp (uitgegaan werd van een verdamping gelijk aan die van een gangbaar bedrijf) waardoor 8 kg N extra verloren mag gaan (79 kg overschot bij 300 mm neerslagoverschot geeft eenzelfde nitraatconcentratie als 87 kg bij 350 mm). Er zijn geen aanwijzingen dat de denitrificatie verkeerd was ingeschat. Het overschot moet dus met $49 - 8 = 41$ kg worden verlaagd. Ook is het van belang dat er maatregelen worden genomen die de effecten van ongunstige weersomstandigheden in kritieke perioden (met name in het voorjaar, kort na bemesting en inzaai) kunnen verkleinen. De pieken in nitraatconcentraties zullen dan minder hoog worden.

Het overschot in het bodemsysteem kan omlaag door de output te verhogen of de input te verlagen. Het midden van de negentiger jaren was relatief droog, zodat verondersteld mag worden dat de gemiddelde N-opbrengst van de gewassen iets zal stijgen. Om op zeker te spelen, is geen rekening gehouden met een mogelijk hogere N-opbrengst door betere weersomstandigheden in de toekomst. Volgens de meest gangbare opvatting worden de kansen op droge perioden in het groeiseizoen groter, als gevolg van klimaatverandering. Het verhogen van de output kan door meer gras te telen ten koste van maïs, of door zwaarder te bemesten. Vervangen van één ha maïs door gras leidt ertoe dat de aanvoer van kunstmest met 150 kg N toeneemt, omdat het bemestingsniveau van grasland 150 kg hoger ligt. De totale stikstofbehoefte van het bedrijf stijgt door die ingreep met dezelfde hoeveelheid en kunstmest-N is sluitpost. De aanvoer van N met voer van buiten het bedrijf moet dan met dezelfde hoeveelheid afnemen om het bedrijfsoverschot en indirect ook het bodemoverschot gelijk te houden. Dat is niet realistisch, zodat omzetten van maïsland in grasland geen optie is om het overschot te verlagen. Bovendien is het nadelig voor de energie- (kunstmestproductie) en waterdoelstelling (gras verbruikt veel meer water dan maïs) en neemt de ammoniakemissie bij mesttoediening toe (Hilhorst & Oenema, 2000). De gedachte dat bij meer grasland duidelijk meer N denitrificeert, en daardoor het N-overschot hoger mag zijn, berust op een misverstand: urineplekken in grasland verhogen de denitrificatie weliswaar enigszins maar het aantal urineplekken neemt niet toe door uitbreiding van het areaal grasland. Extra denitrificatie zou overigens ook leiden tot meer stikstofoxiden, waarvan de hoeveelheid juist moet afnemen om de daarvoor geldende norm te realiseren. De hogere MINAS-norm voor grasland is vooral het gevolg van het feit dat grasland in Nederland gemiddeld op nattere grond ligt, waardoor de denitrificatie hoger is. De hoogte van denitrificatieverliezen is vooral gerelateerd aan bodemeigenschappen in plaats van aan gewaseigenschappen. Ook verhogen van het bemestingsniveau, om daardoor een hogere N-opname te bewerkstelligen, vergroot het overschot per saldo, omdat de opname-efficiëntie van meststoffen altijd lager is dan 100% en daalt met een oplopend bemestingsniveau. Je verdient dus duidelijk minder extra dan je extra investeert.

De oplossing moet dus worden gevonden in het beperken van de inputs. Vooral inputs die gemiddeld slecht worden benut (dus weinig output opleveren) of waarvan de output sterk afhankelijk is van de toevallige weersomstandigheden (hoog risico op verlies) moeten worden beperkt. Weidemest, de excrementen van dieren tijdens beweiding, wordt door gras slecht benut door de slechte verdeling (urine- en mestplekken). Bovendien vindt excretie ook plaats als de opnamecapaciteit van gras laag is door trage groei als gevolg van kortere dagen en lage instralingniveaus (nazomer). De hoeveelheid weidemest kan worden beperkt door het beperken van de veestapel (aantal dieren), het beperken van de beweidingduur (uren per dag en lengte seizoen) en/of het beperken van N in het rantsoen. De gemiddelde benutting van de N uit weidemest kan worden verbeterd door vroeger in het najaar op te stallen (minder weidemest in de nazomer) en beweiding en maaien zo veel mogelijk af te wisselen (spreiden van beweiding). Een maaisnede na beweiding kan de stikstof uit urineplekken beter benutten dan een weidesnede (door de langere groeiperiode) en er is geen kans op een verse urineplek op een plek die tijdens de vorige beweidingronde ontstaan is.

De N uit drijfmest wordt weliswaar veel beter benut dan die uit weidemest, maar bij het huidige management slechter dan die uit kunstmest. De werking (in feite de efficiëntie waarmee stikstof uit de mest wordt opgenomen) kan worden verbeterd door een betere verdeling, het verkorten van de periode waarin drijfmest wordt uitgereden en lagere giften. In het algemeen is het voorlopig nog aantrekkelijk de hoeveelheid N in dierlijke mest zo veel mogelijk te beperken om daardoor meer ruimte te scheppen voor effectievere kunstmeststoffen. Minder N in de drijfmest kan worden bereikt door een kleinere veestapel of N-armere voeding. Minder drijfmest door meer beweiding werkt averechts: de benutting van stikstof uit weidemest is altijd slechter dan die uit drijfmest. De benutting van stikstof uit drijfmest en kunstmest kan mogelijk ook worden verbeterd door een aangepaste rassenkeuze voor zowel gras als maïs.

Er is een aantal momenten in het jaar dat het aannemelijk is dat er aanzienlijke hoeveelheden N door mineralisatie vrijkomen, zonder dat die door een gewas kunnen worden opgenomen. Veel neerslag kan dan fataal zijn. Het bedrijfssysteem rijdt dan als het ware door oranje licht: het neemt voor een korte periode grote risico's ten aanzien van de grondwaterkwaliteit. Herinzaaien van blijvend grasland (versterkte mineralisatie) moet tot een minimum worden beperkt, maar blijkt op lichte zandgrond niet helemaal te voorkomen (in systeem 'De Marke' blijkt herinzaaien ongeveer één keer per vijf jaar noodzakelijk). Als het beslist noodzakelijk is, moet herinzaai in het late voorjaar of in de nazomer plaats vinden. De grasmat kan zich dan nog voor de winter voldoende ontwikkelen om de extra gemineraliseerde stikstof op te nemen voor een neerslagoverschot voor uitspoeling zorgt. Bemesting van het jonge grasgewas moet worden uitgesteld tot de grasmat goed ontwikkeld is en tekenen van stikstofgebrek vertoont.

Een ander gevaarlijk moment is de wisseling van bouwland naar grasland. Bij inzaai van gras direct na de oogst van de maïs is het jonge gras door het late tijdstip onvoldoende in staat de N die door mineralisatie in herfst en winter vrij komt op te nemen (lichtgebrek beperkt groei). De voor de hand liggende oplossing is: altijd Italiaans raaigras als vanggewas na maïs en inzaai van het grasland uitstellen tot het voorjaar. In de herfst van 1999 is bij wijze van experiment het laatste jaar maïs in de rotatie vervangen door triticale. Inzaai van grasland kan dan in de herfst of voorjaar plaatsvinden (onder de dekvrucht triticale) of na de oogst in de nazomer.

Andere risicovolle momenten zijn de eerste weken na inzaai van gras of maïs, omdat regenachtig weer dan tot uitspoeling van meststoffen en gemineraliseerde N kan leiden (zoals in 1998). De 'braakperioden' moeten om die reden zo kort mogelijk worden gehouden, door in het voorjaar relatief laat te zaaien zodat de begingroei versneld wordt.

5.5 Aanpassingen bedrijfsvoering 'De Marke'

Welke maatregelen kunnen concreet worden genomen om het N-overschot van de bodem van 'De Marke' met 41 kg ha⁻¹ te verlagen, om zodoende de gewenste milieukwaliteit te garanderen? In Tabel 5.4 wordt een aantal voor de hand liggende maatregelen genoemd met daarbij indicatieve intensiteiten. Deze tabel is bedoeld als aanzet voor een discussie over de meest gewenste bijstelling van het systeem en illustreert de denkbare. Andere maatregelen of intensiteiten zijn mogelijk. Met name de interacties tussen maatregelen moeten in beschouwing worden genomen om te komen tot een gedegen totaalpakket met voldoende realiteitswaarde. De effecten van maatregelen zijn gekwantificeerd op basis van kennis van het functioneren van het bedrijfssysteem, opgedaan sinds 1992, en ondermeer in dit rapport beschreven.

Er worden nu 12 (25%) meer jonge dieren aangehouden dan in het ontwerp voorzien, terwijl er geen overtuigende argumenten zijn voor de noodzaak daarvan. Door het beperken van het aantal jonge dieren kan de aanvoer van N met voer omlaag. Het grootbrengen van een kalf (tot 2 jaar) vergt op 'De Marke' 120 kg N, waarvan minder dan 10% wordt vastgelegd in het dier. Een beperking van de

jongveestapel met 15%, vermindert het aantal stuks jongvee met 0,15 ha⁻¹ en de jaarlijkse consumptie van N met 9 kg ha⁻¹ tot 304 kg. Scherper voeren, zodat de N-consumptie 5% (gemiddeld over de hele veestapel, na beperking jongvee) lager wordt, moet mogelijk zijn en beperkt de voederbehoefte tot 288 kg N ha⁻¹ (N conversie voer > melk/vlees stijgt van 23,3% naar 24,6%) De combinatie van minder jongvee en scherper voeren levert een winst op van 25 kg N ha⁻¹. Na aftrek van ammoniakverlies (gemiddeld 8,3%) resteert een winst op bodemniveau van 23 kg. Het overschot van N is dan nog 18 kg te hoog. Er zal dus ook gekeken moeten worden naar mogelijkheden om de aanvoer van kunstmest-N te verlagen van 69 kg N ha⁻¹ tot 51 kg.

Tabel 5.4. *Mogelijke maatregelen om het N-overschot van 'De Marke' te verlagen tot het noodzakelijke niveau (Aarts, 2000).*

Maatregel	Beoogd effect
Realiseerbaar op korte termijn:	
- beperken aantal stuks jongvee (-15%)	Minder voer nodig
- verlagen gehalten in rantsoen (- 5%)	Minder aanvoer met aangekocht voer
- verder beperken beweiding (- 25%)	Vergroten hergebruik mest
- later starten met bemesten (2 weken)	Betere werking mest
- beperken bemesting (-25 kg N ha ⁻¹)	Minder mesttoevoer bodem
Indien niet afdoende:	
- beperken melkproductie per ha (-50 kg melk per kg te verlagen N-overschot)	Minder voer nodig
Strijdig met doelen project:	
- afvoer mest	Afvoer N
- afstoten opfok jongvee	Minder voer nodig

Beperking van de N-aanvoer met aangekocht voer (als gevolg van de maatregelen 'minder jongvee aanhouden' en 'het gehalte aan N in het rantsoen beperken') vermindert de hoeveelheid N in dierlijke mest op bodemniveau met 23 kg (van 225 kg N ha⁻¹ tot 202 kg). Als we de kunstmestaanvoer willen beperken zonder risico te lopen op lagere gewasopbrengsten, met als consequentie meer aanvoer van N met voer en verlies van de 'winst' aan dierlijke mest, zal de geringere hoeveelheid dierlijke mest een hogere bemestende waarde moeten hebben. Mest die tijdens beweiding wordt uitgescheiden, 22% van de totale uitscheiding, heeft nauwelijks bemestende waarde. Omdat op het bedrijf 25 kg N ha⁻¹ minder in mest wordt geproduceerd zal de uitscheiding tijdens beweiding met 5,5 kg N ha⁻¹ afnemen, netto (na aftrek ammoniakvervluchtiging) met 5,0 kg tot 43 kg. Door de beweidingduur met 25% te beperken zal de uitscheiding tijdens beweiding verder afnemen met 11 kg N ha⁻¹ tot 32 kg. In de 'stalmest' komt hierdoor netto 11 kg N meer beschikbaar, maar omdat de N-consumptie werd beperkt (door minder jongvee en striktere voeding) is de totale voor bemesting beschikbare hoeveelheid met 170 kg N ha⁻¹ nog steeds 7 kg (4%) lager dan voor de aanpassingen van jongveestapel, voeding en beweiding.

Om de daling van het overschot op de bodembalans te realiseren zullen de gewassen dezelfde N-opbrengst moeten realiseren bij een 25 kg N lagere bemesting. De benutting van N uit drijfmest kan mogelijk worden verbeterd door in het voorjaar wat later te bemesten (op grasland in de tweede helft van maart in plaats van begin maart). De betere werking van N uit dierlijke mest en de toegenomen netto mineralisatie in de bodem, als gevolg van de toegenomen voorraad organisch-N, maken het wellicht mogelijk het opbrengstniveau van de gewassen te handhaven bij drijf- en kunstmestgiften die

respectievelijk 7 en 18 kg N ha⁻¹ lager zijn dan gemiddeld in de periode 1993-1998. Met name het bemestingsniveau van blijvend grasland kan omlaag, op grond van de in de loop der jaren versterkte mineralisatie (Corré, 2000). De hamvraag blijft in hoeverre de stikstoflevering uit mineralisatie als een betrouwbare, efficiënte ‘meststof’ in de toekomst te hanteren zal zijn.

Andere effectieve maatregelen, die echter in verband met de doelstellingen van ‘De Marke’ buiten beschouwing moeten blijven, zijn de afvoer van mest en het volledig afstoten van de opfok van jongvee. Afvoer van mest zou betekenen dat stikstof in kunstmest moet worden aangekocht, maar in geringere hoeveelheden, omdat de efficiëntie van opname van N uit kunstmest hoger is dan van die uit dierlijke mest. Als we af zouden stappen van de verplichting *geen* mest af te voeren, maar enkel door mestafvoer het overschot met de noodzakelijke 41 kg willen verlagen, kan er maximaal 143 kg N ha⁻¹ uit dierlijke mest (inclusief weidemest) worden geplaatst (dat was 225 kg N, ongeveer 82 kg afvoeren als drijfmest, maar de kunstmestaankoop zal daardoor met ongeveer 41 kg stijgen, als we het bemestingsniveau handhaven; de winst is dan 41 kg). Ruim 40% van de drijfmest wordt dan afgevoerd en de toediening van stikstof in dierlijke mest daalt dan tot ruim onder het door de EC voorgestelde niveau van maximaal 170 kg ha⁻¹.

Uit deze berekeningen mag blijken dat het realiseren van de noodzakelijk geachte beperking van het N-overschot niet eenvoudig is. Als het niet mogelijk blijkt een pakket maatregelen samen te stellen dat voldoende effectief is, moet geconcludeerd worden dat de nagestreefde melkproductie per ha te hoog is. Een lagere melkproductie verlaagt de aanvoer van N met aangekocht voer meer dan de afvoer in melk en dieren. Uitgaande van het huidige functioneren van het systeem, zou de productie moeten afnemen met ongeveer 50 kg melk per kg nog te verlagen N-overschot (Aarts *et al.*, 2000c). Als geen maatregelen worden genomen, of als de voorgestelde maatregelen niet het gewenste effect hebben, zal de melkproductie met 2.050 kg (41*50) moeten dalen van 11.890 naar 9.840 kg ha⁻¹ om de noodzakelijke afname van het N-overschot alsnog te realiseren.

5.6 Onderzoek

Onderzoek zou zich allereerst en met spoed moeten richten op het uitwerken van pakketten van in de praktijk snel haalbaar geachte maatregelen die naar verwachting leiden tot een afname van het overschot op bodemniveau van 41 kg N ha⁻¹. Bij het ontwerpen van deze pakketten zal de bedrijfscyclus vee > mest > gewas > voer systematisch moeten worden doorlopen. Elk pakket maatregelen moet transparant, kwantitatief en beargumenteerd beschreven worden, om een verantwoorde keuze mogelijk te maken en er moet een monitoring-programma komen dat de veranderingen in het overschot snel inzichtelijk kan maken, om adequaat te kunnen reageren wanneer het overschot niet volgens de veronderstellingen afneemt. Er moet een protocol worden opgesteld waarin wordt aangegeven hoe te handelen als de afname niet tijdig of onvoldoende gerealiseerd wordt.

De benutting van gemineraliseerde N speelt een cruciale rol in het systeem. Daar moet met het beheer meer op worden ingespeeld, zodat de effectiviteit als ‘meststof’ kan toenemen, waardoor de behoefte aan kunstmest-N afneemt. Met name de betekenis van gemineraliseerde stikstof bij het berekenen van de kunstmeststofbehoefte en in de startfase van gewassen zal opnieuw in kaart moeten worden gebracht.

De werking van stikstof uit dierlijke mest kan mogelijk verbeterd worden door mestbehandeling. Omdat deze stikstof de belangrijkste post is in de totale stikstofvoorziening, kan een kleine verbetering van de werking van deze stikstof al tot een sterke afname van de benodigde hoeveelheid kunstmest leiden.

Duidelijk is dat de kennis van het gedrag van N in bedrijfssysteem 'De Marke' sterk is verbeterd maar dat het beeld verdere verfijning behoeft. Met name meer definitieve uitspraken over de mogelijkheden om de nitraatdoelstelling blijvend te realiseren vergen een langere looptijd van het onderzoek (evenwicht bodem) en meer investeringen in analyses van bedrijfsgegevens en aanvullend experimenteel onderzoek.

6. Samenvatting algemene discussie

Themadag 2000: 'Stikstofbeheer en grondwaterkwaliteit op proefbedrijf 'De Marke''

H. van Keulen¹, H.F.M. Aarts¹, J.G. Conijn¹, W.J. Corré¹, M.A.H. de Haan², G.J. Hilbors³ & J. Oenema¹

¹ Plant Research International; ² Praktijkonderzoek Veehouderij; ³ 'De Marke'

De discussie is gevoerd rond een aantal thema's, die niet altijd even goed afgebakend bleken, en bovendien, zoals dat in bedrijfssystemenonderzoek 'hoort', 'hangt alles met alles samen'. Toch hebben we geprobeerd de onderwerpen die tijdens de discussie aan de orde zijn gekomen op een wat gestructureerde manier samen te vatten.

6.1 Accumulatie van stikstof in de organische stof

Analyses van organische stof en N-totaal van de bodem (Tabel 6.1; Aarts *et al.*, 2000b) suggereren dat in de periode 1989-1997 het organische-stofgehalte in de laag 0-30 cm praktisch gelijk gebleven is (4.75 g/100 g droge grond), terwijl N-totaal over diezelfde periode jaarlijks is toegenomen met ongeveer 1 mg per 100 g droge grond (Tabel 6.1).

Tabel 6.1. *Dynamiek van de bodemvruchtbaarheid op 'De Marke' (0-30 cm; organische stof in g per 100 g droge grond; N-totaal in mg per 100 g droge grond; gemiddelde ± standaardafwijking; voor berekening C/N zie tekst).*

	1989	1994	1995	1996	1997
Organische stof	4,8±0,8	4,9±0,8	4,8±0,8	4,6±0,7	4,7±0,7
N-totaal	142±19	144±21	138±19	149±19	157±21
C/N	18,6	18,7	19,1	17,0	16,5

Wanneer een volumedichtheid ('bulk density') van $1,3 \text{ kg dm}^{-3}$ wordt aangenomen, komt dat overeen met een jaarlijkse toename van $1 * 10^{-3} * 0,3 * 1,3 * 10^4 = 40 \text{ kg N ha}^{-1}$. Bij een C-gehalte van 55% in de organische stof, betekent die verandering in N-totaal dat de C/N-verhouding in het organisch materiaal is veranderd van $\cong 19$ naar $\cong 16,5$. Er moet natuurlijk op gewezen worden dat de spreiding in de waarnemingen behoorlijk groot is, en daarmee de onzekerheid in de conclusies. Janssen (Departement Omgevingswetenschappen, pers. meded., 1999) suggereert dat 17,5 ongeveer de 'evenwichts-C/N verhouding' zou zijn in deze bodem (zie ook: Hassink, 1994). Deze waarnemingen liggen ten grondslag aan de door Aarts en Van Keulen gepresenteerde berekeningen, en aan de conclusie dat accumulatie van N in de organische stof een eindig proces is, dat waarschijnlijk op (relatief) korte termijn zal aflopen. De consequentie daarvan is dat die 40 kg ha^{-1} dan zou bijdragen aan de nitraatuitspoeling, zodat de nitraatnorm ver zou worden overschreden.

Misschien is het opvallend dat het C-gehalte zo 'constant' blijft, omdat verwacht mag worden dat zich een evenwichts-C-gehalte zal instellen dat afhangt van de jaarlijks toegevoerde hoeveelheid organisch (C-houdend) materiaal en de bij het 'gemiddelde weer' en de 'gemiddelde samenstelling' van het toegevoerde materiaal horende afbraaksnelheid van organisch materiaal (Janssen, 1984). De waarnemingen zouden er dan op wijzen dat onder het huidige beheer van 'De Marke' de hoeveelheid 'toegediende' organische stof (daaronder vallen ook afstervende wortels en stoppels en vallende bladeren van grasland, en wortels van maïs, naast in organische mest toegediende C) ongeveer gelijk zou zijn aan die onder het beheer van de 'pre-De Marke' boeren, wanneer we eveneens aannemen dat het weer over de periode 1989-1997 niet significant verschillend was van het 'gemiddelde' weer.

Voor evaluatie van het huidige beheer van 'De Marke' en de consequenties daarvan voor de waargenomen nitraatgehalten in het bovenste grondwater kan gebruik gemaakt worden van de gegeven kengetallen. Uit wetenschappelijk oogpunt moet worden geconcludeerd dat 'begrip' van de (intensiteit van de) processen die een rol spelen bij de omzettingen van organische stof in de bodem nog onvolledig is (zie ook de bijdrage van Corré).

Het lijkt interessant om de in modellen geformaliseerde bestaande kennis met betrekking tot de dynamiek van stikstof en koolstof in de bodem (zie bv. Hack-ten Broeke & De Groot, 1998; Hack-ten Broeke *et al.*, 1999) toe te passen op het beheer van 'De Marke'. Onze basiskennis van de processen die daarbij een rol spelen is veelal nog ontoereikend om nauwkeurige uitspraken te doen en hoewel het, zeker daarom, 'gevaarlijk' is om situaties te beoordelen waarvoor (de) modellen niet zijn gekalibreerd/gevalideerd, bieden modellen wel de mogelijkheid 'optimaal' gebruik te maken van wat we *wel* weten. Daarmee zou een indruk kunnen worden verkregen van de te verwachten effecten, die zou kunnen dienen als een kader om de waarnemingen in te plaatsen.

6.2 Graslandbeheer

Vruchtwisseling

Er wordt gesuggereerd dat de rotaties (i.e. het regelmatig wisselen van gewas op een bepaald perceel, zoals de afwisseling van grasland en maïs op 'De Marke') inherent instabiliteit introduceren in het systeem. Dat uit zich onder meer in de afwisseling van opbouw (in de grasperiode) en afbouw (in de akkerbouwperiode) van het organische-stofgehalte in de bodem, met in de afbouwfase grote risico's voor verliezen van N. Er wordt daarom gepleit voor, zoniet allemaal 'permanent' grasland, dan toch een langere graslandperiode.

Deze instabiliteit heeft in de waarnemingsperiode van 1993-1998 echter niet geleid tot significant hogere nitraatgehalten onder de percelen van de huiskavel en de veldkavel vergeleken met permanent grasland (zie bijdrage Conijn).

Vanuit de projectgroep 'De Marke' wordt gesteld dat:

- De opbrengsten van maïs vrij snel achteruitlopen onder continueelt, al is niet volkomen duidelijk waardoor dat komt (zie Scholte, 1987). Veldwaarnemingen laten duidelijk zien dat op de veldkavel 5e-jaarsmaïs er zichtbaar slecht bijstaat.
- Bij continueelt van maïs het organische-stofgehalte (snel) achteruitloopt, waardoor gevaar ontstaat voor bv. verstuiving van de bovengrond.
- Uit langlopend onderzoek door dr. Nevens van de Universiteit van Gent blijkt, zonder dat de gegevens in detail zijn geanalyseerd, dat onder wisselbouw gemiddeld 40 kg N per ha minder nodig is dan bij continueelt van gras of maïs om haalbare opbrengsten te realiseren.
- Grasland toch regelmatig (5-6 jaar) moet worden 'vernieuwd' en dat na zo'n lange periode van opbouw van organische stof de risico's van verliezen van stikstof na scheuren wel erg groot zijn (Whitmore *et al.*, 1992). Er wordt tegenin gebracht dat, met goed beheer en met moderne rassen,

grasland op z'n minst tien jaar 'meekan' en dat niet noodzakelijkerwijs hoeft te worden gescheurd, maar dat doorzaai ook een operationele mogelijkheid is.

Beweidingsregime

Er wordt op gewezen dat bij het beweiden van het ondergezaaide Italiaans raaigras met pinken in het najaar twee aspecten goed in de gaten moeten worden gehouden:

- het getuigt van 'lichtzinnig gedrag' om, waar de koeien op 1 oktober worden opgesteld om uitscheiding van (met name) urine in het najaar in de weide te beperken, waarvan de stikstof een gemakkelijke prooi voor uitspoeling zou zijn, de pinken in die periode wel te laten weiden;
- er moet worden voorkomen dat 'dubbel telling' van het voordeel optreedt; wanneer het grootste deel van het materiaal met een gunstige C/N-verhouding door het vee wordt geconsumeerd, kan niet ook nog eens rekening worden gehouden met nalevering uit deze bron van zo'n 40-60 kg N ha⁻¹ aan het volgende (maïs)gewas.

6.3 Veevoeding

Er wordt opgemerkt dat de beschikbare gegevens over de veevoeding eigenlijk wel erg summier zijn (hoeveel hebben de dieren nu werkelijk gegeten, en wanneer, en van welke kwaliteit). Er wordt gesuggereerd dat de stikstofgehalten in het weidegras wel erg hoog zijn (niet direct duidelijk waar dat vandaan komt), en dat het misschien wel zo is dat de werkelijke zwaarte van de snede zowel bij beweiden als bij maaien (aanzienlijk) beneden de streefwaarde ligt, bv. als gevolg van vochttekort, waardoor de nagestreefde stikstofconcentraties niet worden 'gehaald' (onvoldoende 'uitverdunding'). Vanuit het projectteam 'De Marke' wordt opgemerkt dat:

- als thema voor de volgende themadag veevoeding op het programma staat;
- bij het bemesten van grasland rekening wordt gehouden met de zwaarte van de voorafgaande snede en met de te verwachten vochtvoorziening. Bovendien blijken de gemiddelde stikstofgehalten in vers gras (38 g per kg drogestof) en grassilage (29 g) ruim 10% beneden de waarden van praktijkbedrijven te liggen (Habekotté *et al.*, 1998), zodat er geen tekenen zijn van 'overbemesting'. Zie ook de waarden in Tabel III.2.4 in Bijlage III.2 van de bijdrage van Conijn, die uitkomt op 32 g per kg drogestof als gemiddelde voor weiden en maaien.

6.4 Denitrificatie

Er wordt gevraagd in hoeverre de waarden die gegeven worden voor denitrificatie te 'vertrouwen' zijn. In een eerder stadium is op een aantal plekken denitrificatie gemeten, waarbij waarden gevonden zijn van 14 kg ha⁻¹ voor een relatief droge plek en 31 kg voor een relatief natte plek (Corré, 1996). Er is de laatste jaren geleidelijk twijfel ontstaan aan de betrouwbaarheid van de gebruikte meetmethode, waarbij de indruk bestaat dat die leidt tot onderschatting van de verliezen door denitrificatie. Analyse van de stikstofstromen over de periode 1993-1996 leidde tot een schatting van een gemiddeld jaarlijks verlies van 37 kg ha⁻¹ (Aarts *et al.*, 2000), hetgeen in het licht van het voorgaande niet 'onredelijk' lijkt. Er is echter geen 'garantie' dat het niet nog hoger zou kunnen zijn.

6.5 Algemeen

Er wordt op gewezen dat de 'ongunstige' positie van maïs in de analyse van Conijn (een jaar *na* maïs is altijd slecht, wat er nu ook staat), misschien net zoveel te maken heeft met het volggewas als met de maïs als zodanig. Het argument is dat *na* maïs altijd een grondbewerking in het volgende voorjaar plaatsvindt, zowel wanneer de maïs wordt gevolgd door maïs als wanneer de maïs wordt gevolgd door

kunstweide. Die grondbewerking zou afbraak van organische stof kunnen stimuleren, en daarmee ook de mineralisatie.

In de loop van de discussie wordt opgemerkt dat bij de presentaties van met name Corré en Conijn te weinig gerefereerd werd aan wat we *wel* weten en teveel onzekerheid werd benadrukt. Er werd twijfel uitgesproken met betrekking tot de geschiktheid van multiple regressie om inzicht te verkrijgen in causale verbanden tussen omgevings- en beheersfactoren en nitraatuitspoeling, omdat enerzijds de gebruikte verklarende variabelen niet onafhankelijk zouden zijn, en anderzijds de interacties zo belangrijk zijn dat die niet in dit soort analyses ‘gevangen’ kunnen worden. Er moet wel worden opgemerkt dat het gebruik van de RSELECT-procedure in de multiple regressie-procedure (zie Bijlage III.1 in de bijdrage van Conijn) afhankelijkheid van de verklarende variabelen voorkomt.

Aan het eind van de discussie werd geconstateerd dat de ‘uitstraling’ van deze themadag niet zodanig was dat daarmee vol zelfvertrouwen naar beleidsmakers geadviseerd kan worden.

Hierbij wordt het volgende aangetekend:

- Deze themadagen zijn in de eerste plaats bedoeld als een platform voor een wetenschappelijke discussie met betrekking tot methoden, resultaten en interpretatie; daarbij is het onvermijdelijk dat ‘twijfel’ een sterke nadruk krijgt. In ander gremia en bij andere gelegenheden worden de resultaten op een ander manier geïnterpreteerd en gepresenteerd (Aarts *et al.*, 1999; Van Keulen *et al.*, 2000).
- Er is wel degelijk referentie gemaakt naar ander onderzoek, waarbij de nadruk gelegd is op het feit dat voor processtudies en ook voor statistische analyses, het op ‘De Marke’ gevoerde beheer dat gericht is op ‘nivellering’ en vermijding van ‘pieken’ en ‘dalen’ niet ideaal is. Het blijft echter noodzakelijk ook te kijken in hoeverre ‘simpele’ methoden voor extrapolatie geschikt zijn.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., 2000.
Resource management in a 'De Marke' dairy farming system. Ph. D. Thesis, Wageningen University, 222 pp.
- Aarts, H.F.M., 1996.
De mineralisatie, bepaald volgens de veldincubatiemethode. In: M.J.D. Hack-ten Broeke en H.F.M. Aarts (eds.) *Integrale monitoring van stikstofstromen in bodem en gewas. Resultaten van proefbedrijf De Marke*. De Marke Rapport no. 14, De Marke, Hengelo. pp. 37-53.
- Aarts, H.F.M., 1994.
Italiaans raaigras als vanggewas na maïs. In: *Tussenbalans 1992-1994*. De Marke Rapport no. 10, De Marke, Hengelo. pp. 45-51.
- Aarts, H.F.M., B. Habekotté & H. van Keulen, 2000a.
Groundwater recharge through optimised intensive dairy farms. *Journal of Environmental Quality* 29: 738-743.
- Aarts, H.F.M., B. Habekotté & H. van Keulen, 2000b.
Efficiency of nitrogen (N) management in dairy farming system 'De Marke'. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56: 231-240.
- Aarts, H.F.M., B. Habekotté & H. van Keulen, 2000c.
Limits on intensity of milk production in sandy areas. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 47: 263-277.
- Aarts, H.F.M., C. Grashoff & H. van Keulen, 1999a.
Managing dairy farming systems for groundwater conservation in the sandy regions of the Netherlands. Report no. 101, AB-DLO, Wageningen, The Netherlands.
- Aarts, H.F.M., E.E. Biewinga & H. van Keulen, 1992.
Dairy farming systems based on efficient nutrient management. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 40: 285-299.
- Aarts, H.F.M., B. Habekotté, G.J. Hilhorst, G.J. Koskamp, F.C. van der Schans & C.K. de Vries, 2000d.
Het efficiënt gebruik van grondstoffen voor milieuproblemen van melkveebedrijven op zandgrond; resultaten van proefbedrijf 'De Marke'. *Milieu* 3: 130-143.
- Aarts, H.F.M., B. Habekotté, G.J. Hilhorst, G.J. Koskamp, F.C. van der Schans & C.K. de Vries, 1999b.
Efficient resource management in dairy farming on sandy soil. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 47: 153-167
- Biewinga, E.E., H.F.M. Aarts & R.A. Donker, 1992.
Melkveehouderij bij stringente milieunormen. Bedrijfs- en onderzoeksplan van het proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu. De Marke De Marke Rapport no. 1. De Marke, Hengelo, 284 pp.
- Bloemhof, H.S. & F. Berendse, 1995.
Simulation of the decomposition and nitrogen mineralization of aboveground plant material in two unfertilized grassland ecosystems. *Plant and Soil* 177: 157-173.
- Boumans, L.J.M., G. van Drecht, B. Fraters, T. de Haan & D.W. de Hoop, 1997.
Effect van neerslag op nitraat in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in de zandgebieden; gevolgen voor de inrichting van het Monitoringnetwerk effecten mestbeleid op Landbouwbedrijven (MOL). Rapport nr. 714831002, RIVM, Bilthoven.
- Conijn, S., 2000.
Nitraat in het grondwater in relatie tot weer en beheer (dit rapport).
- Corré, W.J., 1996.
Stikstofverlies door denitrificatie in blijvend grasland op De Marke. In: M.J.D. Hack-ten Broeke &

- H.F.M. Aarts (eds.) Integrale monitoring van stikstofstromen in bodem en gewas. Resultaten van proefbedrijf De Marke. De Marke Rapport no. 14. De Marke, Hengelo. pp. 65-75.
- Corré, W.J., 2000.
De stikstofhuishouding van de bodem (dit rapport).
- Dekker, J.N.M. & T.E.M. van Leeuwen, 1998.
Voorstellen tot het formuleren van normen in de mestwetgeving: de strategie voor het ontwikkelen van verliesnormen. Milieu 3: 134 - 143.
- Dekkers, J.M.J., 1992.
De bodemgesteldheid van het proefbedrijf Melkveehouderij en Milieu te Hengelo (Gld.). Rapport nr. 66, DLO-Winand Staring Centrum, Wageningen.
- Fraters, B., H.A. Vissenberg, L.J.M. Boumans, T. de Haan & D.W. de Hoop, 1997.
Resultaten Meetprogramma Kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven in het zandgebied (MKBGL-zand) 1992 – 1995. Rapport nr. 714801014, RIVM, Bilthoven.
- Genstat 5 Committee, 1998.
Genstat 5 Release 4.1 Reference Manual. Clarendon Press, Oxford.
- Goedhart, P.W. & J.T.N.M. Thissen (eds.), 1998.
CBW Genstat Procedure Library Manual Release 4.1. DLO-Centrum voor Biometrie Wageningen, Wageningen.
- Habekotté, B. & H.F.M. Aarts, 1999.
Nitraatgehalten van het grondwater van proefbedrijf De Marke (1990 – 1998). Interne notitie, DLO-Centrum voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheids-onderzoek, Wageningen.
- Habekotté, B., H.F.M. Aarts, W.J. Corré, G.J. Hilhorst, H. van Keulen, J.J. Schröder, O.F. Schoumans & F.C. van der Schans (eds.), 1998.
Duurzame melkveehouderij en fosfaatmanagement. De Marke Rapport no. 22, De Marke, Hengelo.
- Hack-ten Broeke, M.J.D. & W.J.M. de Groot, 1998.
Evaluation of nitrate leaching risk at site and farm level. Nutrient Cycling in Agroecosystems 50: 271-276.
- Hack-ten Broeke, M.J.D. & A.H.J. van de Putten, 1997.
Nitrate leaching affected by management options with respect to urine-affected areas and groundwater levels for grazed grassland. Agriculture, Ecosystems and Environment 66: 197-210.
- Hack-ten Broeke, M.J.D. & W.J.M. de Groot, 1996.
Stikstofuitspoeling op De Marke, 1991 – 1995. In: M.J.D. Hack-ten Broeke en H.F.M. Aarts (eds.) Integrale monitoring van stikstofstromen in bodem en gewas. Resultaten van proefbedrijf De Marke. De Marke Rapport no. 14, De Marke, Hengelo. pp.77-85.
- Hack-ten Broeke, M.J.D., Schut, A.G.T. & J. Bouma, 1999.
Effects on nitrate leaching and yield potential of implementing newly developed sustainable land use systems for dairy farming on sandy soils in the Netherlands. Geoderma 91: 217-235.
- Hassink, J., 1994.
Effects of soil texture and grassland management on soil organic C and N and rates of C and N mineralization. Soil Biology and Biochemistry 26, 1221- 1231.
- Hilhorst, G.J. & J. Oenema, 2000.
Stikstofbeheer op 'De Marke'; bedrijfssysteem, doelen en resultaten. (dit rapport).
- Janssen, B.H., 1984.
A simple method for calculating decomposition and accumulation of 'young' soil organic matter. Plant and Soil 76: 297-304.
- Jarvis, S.C., E.A. Stockdale, M.A. Sheperd & D.S. Powlson, 1996.
Nitrogen mineralization in temperate agricultural soils: processes and measurement. Advances in Agronomy 57: 187-235.
- Mandersloot, F., J. van Assen, P.B.M. Berentsen, C.H.G. Daatselaar, G.W.J. Giessen, M.H.A. de Haan & D.W. de Hoop, 1998.
Milieudoelen De Marke in economisch perspectief. De Marke Rapport no. 21. De Marke, Hengelo.

- Raison, R.J., M.J. Connell & P.K. Khanna, 1987.
Methodology for studying fluxes of soil mineral-N in situ. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 521-530.
- Schans, F. van de, G.J. Hilhorst, N. Middelkoop, E. Biewinga, T. van de Putten & J. Ketelaars, 1999.
Ammoniakemissie op De Marke: overzicht en perspectieven. De Marke Rapport no. 24, De Marke, Hengelo.
- Scholte, K., 1987.
Relationship between cropping frequency, root rot and yield of silage maize on sandy soils. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 35: 473-486.
- Van Keulen, H., H.F.M. Aarts, B. Habekotté, H.G. van der Meer & J.H.J. Spiertz, 2000.
Soil-plant-animal relations in nutrient cycling: The case of dairy farming system 'De Marke'. *European Journal of Agronomy* 13: 245-261.
- Whitmore, A.P., N.J. Bradbury & P.A. Johnson, 1992.
The potential contribution of ploughed grassland to nitrate leaching. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 39: 221-233.
- Wolleswinkel, A.P., 1999.
Bedrijfseconomische en milieutechnische gevolgen van afzonderlijke milieumaatregelen op De Marke, een modelstudie voor proefbedrijf De Marke. Afstudeerscriptie ABE-LUW.
- Zom, R.L.H. & R.G.M. Meijer, 1998.
Effects of ground maize ear silage use as a replacement for beet pulp or fresh cut herbage on milk performance and N utilisation in dairy cows. Research Station for Cattle, Sheep and Horse Husbandry, Lelystad, the Netherlands.

