



Mineralen goed geregeld

Verslag
Themadag Melkveehouderij 2006



September 2007

Rapport 40
Plant Research International nr. 153





Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 – 238 238
Fax 0320 – 238 022
E-mail : info@koeienenkansen.nl
Internet <http://www.koeienenkansen.nl>

Redactie

Koeien & Kansen

Aansprakelijkheid

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

Bestellen

ISSN 0169-3689
Eerste druk 2007/oplage 80
Prijs € 25,-

De rapporten zijn op de website te bekijken en te downloaden

'Koeien & Kansen'

is een samenwerkingsproject van 16 melkveehouders, Proefbedrijf De Marke, ASG Veehouderij, PRI, LEI, NMI, CLM en DLV.

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



Mineralen goed geregeld

Verslag
Themadag Melkveehouderij 2006

Ed. Koos Verloop, Jouke Oenema (PRI) en
Léon Šebek (ASG)

Inhoudsopgave

pagina

Samenvatting	1
Literatuur.....	30
Literatuur.....	44
Literatuur.....	65
Literatuur.....	82
Bijlage I	84
Literatuur.....	102
Literatuur.....	114
Literatuur.....	131
Literatuur.....	137

Samenvatting

De themadag en het bedrijfsonderzoek in 'Koeien & Kansen'

Op 19 december 2006 vond op Proefbedrijf 'De Marke' de themadag 'Mineralen goed geregeld' plaats. Het doel van de themadag was om door bespreking van onderzoeksresultaten een beeld te krijgen van de gevolgen van aangescherpt mestbeleid voor beheer van de mineralen stikstof en fosfor (N en P) op melkveebedrijven op zandgrond.

Het Nederlands mestbeleid is erop gericht de N- en P-doelen die zijn gesteld in Europese richtlijnen (EU Kaderrichtlijn Water, EU nitraatrichtlijn en NEC richtlijn) in Nederland te realiseren. Deze N- en P-doelen vormen het kader voor de themadag. De concentratie van nitraat in het bovenste grondwater mag niet hoger zijn dan 50 mg l⁻¹. De concentratie van fosfor in het bovenste grondwater mag niet hoger zijn dan 0,15 mg l⁻¹. Deze normen voor uitspoeling zijn in het project Koeien & Kansen vertaald in maximale N- en P-overschotten op de bedrijfsbalansen. Voor N is daarbij ook rekening gehouden met de maximaal acceptabele vervluchtiging als ammoniak en lachgas. Voor P moet het overschot op de bedrijfsbalans lager zijn dan 0,45 kg ha⁻¹; het overschot van N moet lager zijn dan 128 kg ha⁻¹.

Vooraf bedrijven op lichte zandgronden moeten hun mineralenbeheer verbeteren om N- en P-doelen te realiseren, terwijl de omstandigheden lastig zijn. De vraag is hoe bedrijven deze verbeteringen kunnen realiseren, welke knelpunten daarbij optreden en hoe deze knelpunten worden opgelost.

Tijdens de themadag werden gegevens, verkregen in het bedrijfssysteemonderzoek van project 'Koeien & Kansen', geanalyseerd en besproken. Voor de analyse zijn goed geconditioneerde omstandigheden nodig die goed aansluiten bij de hiervoor genoemde lange termijn doelen. Proefbedrijf 'De Marke' voorziet hierin. Daarom is de analyse uitgevoerd aan de hand van de resultaten van systeemontwikkeling op 'De Marke'. De informatie uit de 10 praktijkbedrijven op zandgrond van Koeien & Kansen werd vooral als vergelijkingsmateriaal meegenomen, soms aangevuld met informatie uit het Bedrijven Informatie Netwerk (BIN).

Systeemontwikkeling 'De Marke'

Project 'De Marke' ontwikkelt een bedrijfssysteem dat voldoet aan stringente milieudoelen. In het onderzoek op 'De Marke' zijn duidelijk afgebakende stappen in de systeemontwikkeling te onderscheiden:

1. Ontwerpen van een bedrijfssysteem dat voldoet aan de milieudoelen ('Prognose 1992'; Biewinga et al., 1992);
2. Realiseren van het ontwerp in de praktijk;
3. Monitoren van N- en P-stromen (1993-1999);
4. Evalueren van resultaten en aanduiden van problemen ('Evaluatie 2000'; Van Keulen, 2000);
5. Aanpassen van het ontwerp ('Prognose 2000'; Van Keulen, 2000);
6. Realiseren van aanpassingen (2000-2005);
7. Evalueren van de resultaten van 2000-2005 (dit rapport).

Deze cyclus wordt gehanteerd om problemen en oplossingen aan het licht te brengen bij het ontwikkelen van een efficiënte bedrijfsvoering.

Efficiënt mineralenbeheer; principes en toepassing

Om N- en P-overschotten te beperken worden twee algemene basisprincipes gevolgd die onderling sterk met elkaar samenhangen:

- Streven naar een zo volledig mogelijke overdracht van N en P in mest via bodem en gewas terug naar vee en uiteindelijk in af te voeren product;
- Laag houden van de intensiteit van de N- en P-stromen door het bedrijf, bij behoud van het productieniveau.

Een lage intensiteit van de N- en P-stromen is nodig om de overdracht van het ene bedrijfsdeel naar het volgende zo hoog mogelijk te houden. Doordat verliezen worden beperkt, hoeven minder mineralen aangevoerd te worden om melk te produceren. Activiteiten zoals beweiding zijn gevoelig voor verliezen. Gericht aanpakken van deze activiteiten, vermindert verliezen en draagt

bij aan een volledige overdracht. De toepassing van deze principes kenmerkt de bedrijfsvoering op 'De Marke' (Tabel 1). De bedrijfsvoering is beschreven in hoofdstuk 2.

Tabel 1 Elementen in het bedrijfsontwerp 'De Marke' die bijdragen aan efficiënt mineralenbeheer

Vee	Mest	Bodem	Gewas
<ul style="list-style-type: none"> • Scherp voeren naar behoefte • Niet meer jongvee dan nodig voor vervanging melkvee • Een hoge productie per koe • Zoveel mogelijk voer van eigen bedrijf 	<ul style="list-style-type: none"> • Een kort bemestingsseizoen • Optimale verdeling over gewassen en percelen • Beperkt beweiden 	<ul style="list-style-type: none"> • Bemesting afstemmen op gewasbehoefte • Omweiden van vee • Vruchtwisseling gras en maïs en gerst/GPS • Een hoog aandeel maïs 	<ul style="list-style-type: none"> • Lage beweidings- en veldverliezen • Zo volledig mogelijk oogsten van gewassen en toepassen op eigen bedrijf • Vanggewassen

De concrete uitwerking van de bouwstenen van efficiënt mineralenbeheer is sterk verschillend op 'De Marke' en op de K&K-bedrijven op droog zand (hoofdstuk 2 en 3). Dat komt niet alleen doordat de doelstellingen waarop de bedrijven zich richten en het productieniveau verschillend zijn, maar ook doordat de optimale aanpak van mineralenbeheer afhankelijk is van de omstandigheden op het bedrijf. Op 'De Marke' is de droogtegevoeligheid van de bodem veel groter dan op de overige K&K-bedrijven. Daardoor is er minder vocht beschikbaar voor de gewasproductie. Dat maakt het logisch om een relatief ruim aandeel maïs in het bouwplan te hebben, omdat maïs met dezelfde hoeveelheid vocht veel meer droge stof kan produceren dan gras. Ook de hoge uitspoelingsgevoeligheid van de bodem heeft gevolgen. Op 'De Marke' is minder ruimte voor een activiteit die gevoelig is voor nitraatuitspoeling (zoals beweiding) dan op bedrijven waarvan de bodem minder uitspoelingsgevoelig is. Tenslotte is de optimale bedrijfsvoering verschillend door verschillen in voorkeuren van de ondernemer. Dat blijkt onder meer uit de sterk uiteenlopende aanpak van beweiding op K&K-bedrijven.

Resultaten van verbeterd mineralenbeheer op 'De Marke'

In 'Evaluatie 2000' werd geconstateerd dat de resultaten van 'De Marke' in 1993-1999 niet volledig overeenkwamen met 'Prognose 1992' (het bedrijfsontwerp). Het ontwerp was nauwkeurig afgestemd op de doelstellingen, zodat ook niet werd voldaan aan de doelstellingen. Aanpassing van de bedrijfsvoering was nodig om:

1. de N- en P-overschotten verder te verlagen
2. de nitraatuitspoeling verder te verlagen.

In 2000-2005 werd beter aan de doelstellingen voldaan (Tabel 2). Het N-overschot op de bedrijfsbalans voldoet aan de doelstelling en het overschot op de bodembalans komt praktisch overeen met de doelstelling. De nitraatuitspoeling is echter niet afgenomen en is nog steeds te hoog. De P uitspoeling voldeed aan de doelstelling, maar het P overschot op de bedrijfsbalans is nog iets hoger dan de doelstelling. Dit komt grotendeels door accumulatie van 0,6 kg P ha⁻¹ in voorraden op het bedrijf (mest of gewas). Opvallend is dat de N-overschotten sterk zijn afgenomen, maar dat dit niet heeft geleid tot afname van de nitraatuitspoeling.

Tabel 2 Doelstellingen en resultaten van 'De Marke' met betrekking tot N en P

	Doelstelling	1993-1999	2000-2005
Stikstof			
Uitspoeling nitraat ¹⁾ (mg l ⁻¹)	50	54	54
Overschot bedrijf ²⁾ (kg ha ⁻¹)	128	154	119
Overschot bodem ²⁾ (kg ha ⁻¹)	79	129	82
Fosfor			
Uitspoeling ¹⁾ (mg l ⁻¹)	0,15	0,03	0,03
Overschot bedrijf ²⁾ (kg ha ⁻¹)	0,45	2,4	1,2
Overschot bodem ²⁾ (kg ha ⁻¹)	0,45	2,4	0,6 ³⁾

¹⁾ In het bovenste grondwater

²⁾ Inclusief depositie (N en P) en binding door vlinderbloemigen (N)

³⁾ Het P overschot op de bodembalans is gelijk aan het P overschot op de bedrijfbalans minus de opslag van P in voorraden (mest en voer). Op grond van metingen van aan- en afvoer in de bodem werd in hoofdstuk 3 een overschot van -3,5 vastgesteld. Het verschil met de hier vermelde 0,6 kg P ha⁻¹ is het gevolg van meetonnauwkeurigheden

Effectiviteit van aanpassingen in de bedrijfsvoering

Tabel 1 gaf al een samenvatting van het basispakket van maatregelen dat op 'De Marke' in 1993-1999 werd toegepast. In Tabel 3, eerste kolom, is aangegeven welke aanvullende maatregelen in 2000 zijn toegevoegd om de bedrijfsvoering te verbeteren.

In 2000-2005 werd het beheer van de veestapel aangescherpt om de N- en P-excretie te verlagen. Verder werd de behandeling en de verdeling van mest aangepast evenals het teeltplan (Tabel 3). De beperking van de beweiding en de afbouw van het kunstmestgebruik zijn verder doorgevoerd dan waar 'Prognose 2000' vanuit ging. De N-excretie door het vee nam wel af, maar niet in de mate die ten doel gesteld was.

De aanzienlijke afname van het N-overschot op de bodembalans (Tabel 3) kwam tot stand door een lagere N-aanvoer naar de bodem en door een hogere N-opbrengst van gewassen. De hoge N-opbrengst was een gevolg van management en van de iets gunstiger weersomstandigheden in 2000-2005 dan in 1993-1999. Bij de analyse van de effectiviteit van maatregelen werd hiervoor gecorrigeerd.

Door de lagere beweiding nam in grasland de beschikbaarheid van N in dierlijke mest, uitgedrukt in Nwerkzaam, toe. De nitraatuitspoeling op tijdelijk grasland en blijvend grasland veranderde echter nauwelijks. Getracht werd het deel van N in drijfmest dat opneembaar is voor gewassen te verhogen door mestvergisting toe te passen. Er werden geen aanwijzingen gevonden van een betere N-benutting uit drijfmest door mestvergisting.

Door de voortvarende afbouw van kunstmest N gebruik was de aanvoer van beschikbare N (Nwerkzaam) in 2000-2005 duidelijk lager dan in 1993-1999. Dit was in het bijzonder het geval in 2004 en 2005 toen helemaal geen kunstmest meer werd gebruikt. De afname van de N-bemesting werd niet gecompenseerd door meer N-binding met klaver en resulteerde in een lichte afname van de N-opbrengst (Tabel 3). Het N-gehalte van gras nam af van ongeveer 31 naar 29 g kg ds⁻¹, terwijl het gehalte in 2000-2005 in de eerste snede soms 26 g kg ds⁻¹ was.

Door graan als laatste bouwlandgewas te telen, kon het gras in dat jaar eerder ingezaaid worden. Hierdoor was er meer biomassa in de winter tussen de bouwlandfase en de graslandfase aanwezig. Het N-overschot (gemiddeld over het laatste jaar van de bouwlandfase en het eerste jaar van de graslandfase) nam af met ongeveer 20 kg ha⁻¹. De nitraatuitspoeling in het laatste bouwlandjaar nam aanzienlijk af. Deze aanpassing lijkt dus gunstig voor beperking van het overschot en verlies van N.

Tabel 3 Doel, uitvoering en effect van aanpassingen in de N- en P-beheer op 'De Marke'

Maatregel	Doel	Uitvoering (2000-2005)	Effect
Alle	<ul style="list-style-type: none"> • Afname N-overschot bodembalans van 129 -> 79 kg ha⁻¹ • Lagere nitraatuitspoeling • Lager P overschot 		<ul style="list-style-type: none"> • N overschot bodembalans -> 82 kg ha⁻¹ • Geen verandering nitraatuitspoeling • P overschot bodembalans -> 0,6 kg ha⁻¹
Vee			
<ul style="list-style-type: none"> • Scherper voeren • Lager jongveebestand 	<ul style="list-style-type: none"> • N excretie 244 -> 213 kg ha⁻¹ • P excretie 30,0 -> 29,2 kg ha⁻¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Excretie 244 -> 222 kg N ha⁻¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Afname N en P uit dierlijke mest naar de bodem
Bemesting			
<ul style="list-style-type: none"> • Minder beweiden • Vergisten mest • Minder gebruik Nkm²⁾ in gras 	<ul style="list-style-type: none"> • Aanvoer Nwm¹⁾ 51 -> 32 kg N ha⁻¹ • Minder nitraatuitspoeling • Hogere N-benutting dierlijke mest • Hogere N-benutting drijfmest • Aanvoer Nkm 71 -> 51 kg N ha⁻¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Aanvoer Nwm 51->22 kg ha⁻¹; • Vanaf 2003 • Aanvoer Nkm 71->28 kg ha⁻¹, vanaf 2004 ->0 kg ha⁻¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen waarneembare afname nitraatuitspoeling • Toename Nwerkzaam dierlijke mest in gras van 45 naar 52% • Geen waarneembare verhoging Nwerkzaam in drijfmest • Afname N-opbrengst van gras 20 kg ha⁻¹ • Afname N-gehalte in gras • Geen waarneembare verandering droge stof opbrengst
Teeltplan			
<ul style="list-style-type: none"> • Graan i.p.v. maïs als laatste bouwlandgewas 	<ul style="list-style-type: none"> • Minder nitraatuitspoeling in overgang bouwland -> gras • Lager N-overschot door betere start eerstejaars gras 	<ul style="list-style-type: none"> • Tot 2002 met triticale, daarna met gerst als laatste bouwlandgewas 	<ul style="list-style-type: none"> • Afname nitraatuitspoeling in laatste bouwlandjaar van 65 -> 45 mg l⁻¹ • N Overschot bodem (in laatste jaar bouwland en eerstejaars gras) van 147 -> 124 kg ha⁻¹

¹⁾ N in weidemest

²⁾ Kunstmest N

Effecten op bodem en gewas

Fosfor

Op 'De Marke' werd P evenwichtsbemesting in de praktijk gebracht, zonder waarneembare gevolgen voor de gewasproductie. De gewasproductie werd kennelijk niet beperkt door beschikbaarheid van P. Het is echter de vraag of de beschikbaarheid van P ook na langdurig volhouden van P evenwichtsbemesting hoog genoeg blijft voor een onbelemmerde gewasproductie. Als maat voor de beschikbaarheid van P wordt de fosfaattoestand van de bodem¹ gebruikt. De ontwikkeling van de fosfaattoestand in de tijd geeft inzicht in hoe de beschikbaarheid van P is veranderd door evenwichtsbemesting sinds 1993. In 1993, toen het 'De Marke' beheer werd gestart waren er zowel percelen met een hoge als met een lage fosfaattoestand. De fosfaattoestand op de percelen met een hoge uitgangswaarde nam af, die van percelen met een lage uitgangswaarde bleef praktisch gelijk. Op bepaalde niveaus vindt dus stabilisatie plaats. Uit de ontwikkeling in 1993-2005 kunnen we opmaken dat P-AL na lang doorgaan met evenwichtsbemesting zal afnemen tot 30-40 en Pw tot 20. Er zijn nu al percelen waarop deze 'eind waarden' voorkomen. De gewasproductie (N, P en droge stof opbrengst) was op deze percelen niet of nauwelijks lager dan op percelen met hogere P-AL en Pw-waarden. Dat geeft aan dat P evenwichtsbemesting bij de omstandigheden op 'De Marke' langdurig kan worden voortgezet zonder dat de gewasopbrengst eronder leidt. Het blijkt dat met name maïs in latere jaren beter dan in het begin tegen een lage Pw-toestand bestand is. Vermoedelijk komt dat door een toegenomen bijdrage van P uit mineralisatie van organische stof (wisselbouweffect).

Verliezen van P uit de bouwvoor bleven beperkt tot verplaatsing van P uit de laag 0-20 naar de laag 20-60 cm min maaiveld. De verliezen zijn waarschijnlijk voor ongeveer de helft veroorzaakt door uitspoeling naar diepere grondlagen en voor de helft door onderploegen. In de laag 20-40 cm min maaiveld is het uitgespoelde P vermoedelijk gebonden. De P concentraties in het grondwater wijzen hier ook op; deze zijn in de gehele onderzoeksperiode laag gebleven. Op de lange termijn is te verwachten dat nog ongeveer 450 kg P ha⁻¹ verloren gaat uit de bouwvoor. Het is onduidelijk of ook deze hoeveelheid aan de bodem gebonden kan worden, of dat op termijn toch verhoogde P uitspoeling naar het grondwater te verwachten is. De P verliezen naar de ondergrond treden praktisch alleen op in de percelen met een hoge fosfaat-toestand. Daarom is een bemestingsstrategie gericht op nivellering van de fosfaattoestand op percelen gunstig voor een hoge P efficiëntie van de bodem en lage P verliezen.

Stikstof

In 'Evaluatie 2000' werd op grond van metingen van het N-gehalte nog gesteld dat er een accumulatie plaatsvindt van 40 kg N ha⁻¹jr⁻¹. Deze accumulatie vond plaats bij een N-overschot op de bodembalans van 128 kg ha⁻¹. Omdat dit een verhoogd risico op te hoge nitraatuitspoeling op de lange termijn met zich meebrengt, werd gestreefd naar een nul accumulatie door het N-overschot te verlagen. Nu verlaging van het N-overschot is gerealiseerd (N overschot 82 kg N ha⁻¹) is het de vraag in hoeverre de nul accumulatie wordt benaderd of zelfs uitmijning van N plaatsvindt. Op deze vraag is ingegaan door: *i*) de ontwikkeling van N-gehalten in de bodem, *ii*) de N-mineralisatie in de bodem in de tijd te volgen en *iii*) de N-balans van de bodem te analyseren. De N-gehalten in de bodem vertonen geen waarneembare toe- of afname in de tijd. De N-mineralisatie in de bodem nam sinds 1993 niet waarneembaar af (afname van de mineralisatie met de tijd zou wijzen op een afnemende N-voorraad). De N-accumulatie in de bodem is berekend uit de aanvoer en verliezen van N. Het N-overschot is 82 kg ha⁻¹, de uitspoeling is 37 kg ha⁻¹ en de denitrificatie werd geschat op 20 kg ha⁻¹. De verliezen zijn samen 57 kg ha⁻¹. De jaarlijkse accumulatie is dus 25 kg N ha⁻¹. Voor zover vastgesteld kan worden is de accumulatie dus afgenomen ten opzichte van de eerder genoemde accumulatie van 40 kg N ha⁻¹ maar vindt geen N uitmijning plaats.

Gevolgen van gewasrotatie

De droge stof opbrengst van maïs is ten opzichte van de periode daarvoor met ruim 2000 kg ha⁻¹ toegenomen tot gemiddeld 13008 kg ha⁻¹ in 2000-2005. Waarschijnlijk heeft de wat hogere neerslag in het groeiseizoen in 1993-1999 vergeleken met 2000-2005 daaraan bijgedragen. Na correctie voor weereffecten is nog steeds een duidelijke toename in de tijd waarneembaar van de maïsopbrengst bij een gelijkblijvende bemesting. De toename van de opbrengst lijkt een lange termijn effect van vruchtwisseling te zijn. Door de vruchtwisseling worden verschillen in de bodem tussen plekken en percelen verkleind. De aanvoer van organische stof (hoger in gras dan in maïs) is meer gelijk verdeeld over percelen dan wanneer geen gewasrotatie zou worden toegepast.

¹ Uitgedrukt in het P getal (het P gehalte in de bodem), P-AL (de hoeveelheid langzaam vrijkomende P in de bodem) en Pw (de hoeveelheid snel vrijkomende P in de bodem).

Effecten op de mineralenefficiëntie van de veestapel

De N-efficiëntie in de veestapel was op 'De Marke' in 1993-1999 gelijk aan 23% en is in 2000-2005 toegenomen tot 24%. Dat is gelijk aan het niveau dat door de praktijkbedrijven in 'Koeien & Kansen' werd gerealiseerd. Dit geeft aan dat een verdere verbetering van dit aspect op 'De Marke' wellicht haalbaar is. Volgens 'Prognose 2000' moet een N-efficiëntie van 25% haalbaar zijn. De P efficiëntie is op 'De Marke' ongeveer 30-31%. De P efficiëntie op de praktijkbedrijven in 'Koeien & Kansen' (28%) moet verhoogd kunnen worden, mede omdat P in normale rantsoenen niet snel beperkend is voor melkvee, hetgeen tot uiting komt in een P dekking van meer dan 100%. De P dekking op 'De Marke' was in 1993-1999 108%. Daarna was de P dekking zelfs nog hoger (125-128%) doordat in 2000 de normen voor de P behoefte van vee zijn verlaagd, naar aanleiding van nieuwe inzichten.

Er zijn twee eenvoudige en effectieve maatregelen om de N-efficiëntie te verhogen. Op de eerste plaats is dat het beperken van het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien. En op de tweede plaats het verbeteren van de voederbenutting door het melkvee. Omdat het aantal stuks jongvee op De Marke reeds geminimaliseerd is, zijn als reactie op het niet realiseren van de doelstellingen ten aanzien van de N-efficiëntie de (on)mogelijkheden van aangescherpt voerbeleid onderzocht.

Voor een goede mineralenbenutting is het van belang dat het ruwvoer goed verteerd wordt. In 1993-1999 was de verteerbaarheid van ruwvoer onvoldoende (dit bleek uit veel onverteerde gewasresten in de mest en uit het feit dat het vee meer energie en eiwit opnam dan volgens de modellen nodig was). De rantsoenaanpassingen waren in 2000-2005 gebaseerd op de gangbare veevoedkundige strategieën, maar hebben niet geleid tot verbetering van de vertering. De voorlopige conclusie luidt dat ruwvoer geproduceerd bij een krappe mineralenvoorziening, zodanig van de gemiddelde praktijk afwijkt, dat de normale inzichten in veevoeding niet goed meer werken. Berekeningen met een nutriëntenstromen-model dat werd afgestemd op de specifieke situatie op 'De Marke' wezen uit dat:

- de onderzochte rantsoenen allemaal meer dan voldoende nutriënten voor het actuele niveau van melkproductie bevatten;
- de energievoorziening van de dieren (VEM) eerder beperkend was voor de melkproductie dan de nutriëntenvoorziening;
- de verhouding tussen energie- en eiwitvoorziening voor de gemiddelde melkkoe te ruim was voor een efficiënte mineralenbenutting.

Een hogere energievoorziening kan dus leiden tot een hogere nutriëntenbenutting. De hogere energievoorziening kan gerealiseerd worden door de verteerbaarheid van het ruwvoer te verhogen. De verteerbaarheid kan worden verhoogd door de eigenschappen van de graskuil te veranderen (bijvoorbeeld door gras vroeger te maaien) of door de pensfunctie te verbeteren (bijvoorbeeld door aanpassing van de krachtvoersamenstelling).

Effecten op nitraatuitspoeling

Vanaf 2000 werd het N-overschot met succes verlaagd met als doel de nitraatuitspoeling te doen afnemen tot ten hoogste 50 mg l⁻¹. In 2000-2005 bleef de nitraatuitspoeling echter praktisch gelijk aan de periode daarvoor (54 mg l⁻¹). De nitraatuitspoeling reageerde dus niet op het N-overschot.

In een analyse van 'nitraat-lekken op De Marke' is onderzocht waar in het bodem/gewassysteem veel nitraatuitspoeling optreedt.

- De gewasrotatie leidt per saldo niet tot extra nitraatuitspoeling omdat de hogere nitraatconcentratie in maïs wordt gecompenseerd doordat de nitraatuitspoeling in de graslandfase juist laag is, veel lager dan in blijvend grasland.
- De toepassing van triticale als laatste jaars bouwlandgewas in de gewasrotatie (2000-2002) ter vervanging van maïs als laatste jaars bouwlandgewas (1993-1999) heeft een verhogend effect op de nitraatuitspoeling. Waarschijnlijk functioneert triticale niet goed als vanggewas. Om die reden is triticale (een wintergraan) na 2002 vervangen door Italiaans raaigras als vanggewas gevolgd door zomergerst.
- Door begrazing is de nitraatconcentratie 30 mg l⁻¹ hoger op grasland. Onbegrasd gras heeft een lagere concentratie dan maïs; begrasd gras heeft een hogere concentratie dan maïs.

De resultaten van de analyse van 'nitraat-lekken' zijn gebruikt om te bezien of activiteiten die een verhogend effect op de nitraatuitspoeling kunnen hebben, na 2000 vaker voorkomen dan in de periode voor 2000. Dat is niet het geval; opvallend is vooral dat beweiding is afgenomen zonder dat de nitraatuitspoeling daar op reageerde, terwijl beweiding wel als 'lek onderdeel' werd aangewezen. Mogelijke verklaringen voor de zwakke reactie van nitraat op het N-overschot zijn:

- Het N-overschot is het sterkst afgenomen in licht en voor een deel onbeweid grasland. Dit zijn de onderdelen van het bodem/gewas systeem die het minst gevoelig zijn voor nitraatuitspoeling. Het N-overschot nam minder sterk af in maïs. Een sterkere afname in maïs, dat (gevoeliger is voor uitspoeling) kan meer effect hebben;
- Afname van het N-overschot heeft meer effect op de nitraatuitspoeling in het traject van hoge overschotten dan in het traject van lage overschotten. In het traject van lage overschotten kan namelijk een relatief groter deel van de N door denitrificatie worden omgezet in N_2 en N_2O ; verder beperken van de N-overschotten betaalt zich in dit traject dus slechts deels uit in een lagere nitraatuitspoeling.

Onderzoeksaanbevelingen

Uit de evaluatie over 2000-2005 komen een aantal knelpunten naar voren. Oplossen van deze knelpunten is nodig om de mineralenefficiëntie verder te bevorderen en de mineralenverliezen te beperken. Daarom worden de volgende aanbevolen gedaan:

- Er dient in bedrijfsverband onderzocht te worden of scheiding van mest in fracties met verschillende N- en P-gehalten een efficiëntere sturing van de N- en P-bemesting mogelijk maakt. In een efficiënt systeem met minimaal kunstmestgebruik is sturing van N en P op maat namelijk lastig door de vaste verhouding van N en P in dierlijke mest.
- Onderzocht dient te worden in hoeverre de kwaliteit van gras gaat veranderen door krappe N-voorziening en in hoeverre dit ten koste gaat van de N- en P-efficiëntie van de veestapel.
- De verteerbaarheid van ruwvoer zou geoptimaliseerd kunnen worden door het voer te bewerken. De mogelijkheden van voerbewerking zouden verkend kunnen worden.
- De eiwitbehoefte van de veestapel kan nauwkeuriger bepaald worden door bij de bepaling rekening te houden met het effectieve aanbod van energie in het voer. Het is wenselijk om dit inzicht in de praktijk uit te werken zodat eiwit en energie in een optimale verhouding worden aangeboden. Hierdoor kan de mineralenbenutting in de veestapel worden verhoogd.
- De N-opbrengst kan wellicht worden verhoogd door vanggewas als voedermiddel te oogsten. Het is dan wel nodig om het vanggewas goed oogstbaar te maken.
- Er zou helderheid verschaft kunnen en moeten worden in de bijdrage van beweiding aan nitraatuitspoeling omdat de uitgevoerde analyses op dit punt geen eenduidig beeld opleveren. Dit is uitvoerbaar door vakken af te bakken op beweidde percelen en die apart te bemonsteren.
- De nitraatuitspoeling dient verder te worden beperkt door aanpassingen in de meest kwetsbare fases van de gewasrotatie. De overgang van gras naar maïs is kritisch. Het N aanbod in eerstejaarsmaïs uit de ondergeploegde graszode is groter dan de behoefte. Het N aanbod kan verlaagd worden door gras in het voorjaar net voordat het ondergeploegd wordt nog te oogsten. Dat kan door de graszode pas kort voor het zaaien van maïs onder te ploegen. Dit heeft als tweede voordeel dat de periode van braak (tussen onderploegen en zaaien van de maïs) korter is. Dit beperkt de kans op nitraatuitspoeling verder. De effecten van deze aanpassingen op de N balans en op N verliezen zouden dan ook onderzocht moeten worden.
- In een bedrijfsvoering zonder gebruik van kunstmest N is klaver van belang om stikstof te binden. De klaverbezetting blijkt sterk te schommelen en de N-binding blijft lager dan gewenst. Gewenst is een N binding in tijdelijk en blijvend grasland van respectievelijk 100 en 70 kg ha⁻¹ jr⁻¹, gerealiseerd is respectievelijk 24 en 83. Dit geeft aanleiding te onderzoeken wat de oorzaken zijn van de te lage klaverbezetting en te verkennen hoe deze op het gewenste peil kan worden gebracht.

1 Inleiding

1.1 Dit rapport

Op 19 december 2006 vond op Proefbedrijf 'De Marke' de themadag 'Mineralen goed geregeld' plaats. De themadag werd georganiseerd door het project 'Koeien & Kansen'. In dit project wordt op 'De Marke' en 16 'Koeien & Kansen praktijkbedrijven' onderzoek gedaan naar beheer van stikstof en fosfor (N en P). De themadag was bedoeld om door bespreking van onderzoeksresultaten een beeld te krijgen van de gevolgen van aangescherpt mestbeleid voor melkveebedrijven op zandgrond. Dit rapport is voortgekomen uit de themadag.

In dit rapport is het inhoudelijk werk samengebracht dat ten grondslag ligt aan de op de themadag gepresenteerde inleidingen. Bovendien is een samenvatting opgenomen van de discussie die op de themadag plaatsvond. Naar aanleiding van de discussie zijn twee aanvullende analyses uitgevoerd. Ook deze zijn opgenomen in deze bundel. De samenhang tussen de verschillende hoofdstukken wordt verderop in deze inleiding aangegeven in een leeswijzer.

1.2 De themadag

Het mineralenonderzoek in 'Koeien & Kansen' heeft tot doel om de mogelijkheden van verbeterd mineralenbeheer te verkennen en een zo goed mogelijk beeld te krijgen van de gevolgen (inclusief knelpunten en oplossingen) van aangescherpt mestbeleid voor melkveebedrijven. Het feit dat het onderzoek plaatsvindt in hele bedrijfssystemen, garandeert een zo snel mogelijke vertaling naar beleid en praktijk. Echter, het onderzoeken van grenzen, het hoogst haalbare bij 'strak mineralenbeheer' in bedrijfssystemen is soms risicovol. Daarom is het belangrijk om onderzoeksresultaten en interpretaties, voordat ze hun weg vinden naar praktijk en beleid, eerst voor te leggen, te bespreken en te toetsen aan een breed gezelschap van deskundigen uit de wetenschap, praktijk en beleid. Daarvoor was de themadag bedoeld. Dit werd gerealiseerd door:

1. Bespreken van interpretaties van het onderzoek.
2. Vaststellen van verkregen inzichten en
3. Voorstellen doen voor verbetering van het onderzoek.

Tijdens de bijeenkomst werden de belangrijkste resultaten van de 'De Marke' en de Koeien&Kansen-bedrijven en daarop gebaseerde inzichten gepresenteerd en besproken met 40 deskundigen. Het programma bestond uit mondelinge presentaties, verzorgd door het Koeien&Kansen-onderzoeksteam en onderzoekers van RIVM, gevolgd door discussie. Het accent lag op de melkveebedrijven op zandgrond. Deze keuze werd gemaakt omdat juist op deze groep bedrijven, veel verbeteringen gerealiseerd moeten worden om N en P doelen te realiseren, terwijl de omstandigheden lastig zijn.

1.3 Kenmerken van het onderzoek

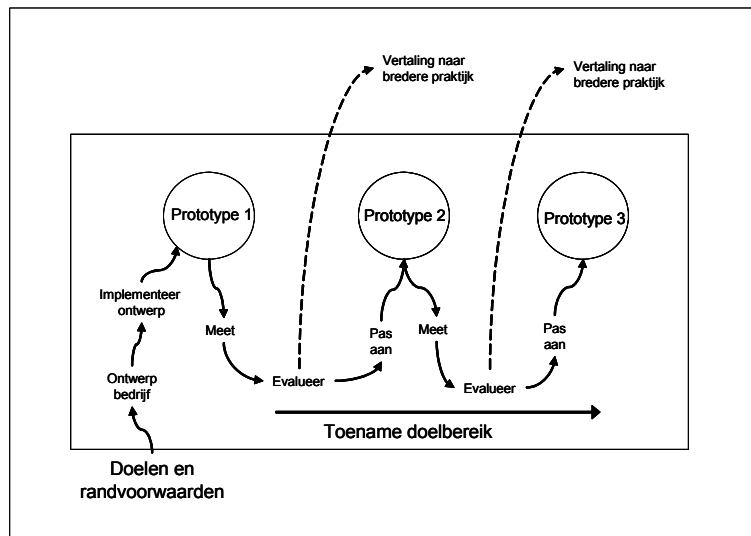
1.3.1 *Systeemontwikkeling als richtsnoer*

'Koeien & Kansen' optimaliseert binnen milieukundige randvoorwaarden. Nieuwe en bestaande regelgeving wordt voor elk bedrijf vertaald in duidelijke randvoorwaarden. Binnen de randvoorwaarden worden bedrijfsdoelen nagestreefd door passende maatregelen te nemen. De maatregelen worden gekozen op grond van verwachtingen van werkbaarheid en effectiviteit. Het zoeken naar deze maatregelen is leerzaam en genereert kennis. Maar onzeker is dan nog hoe het bedrijf reageert. Het meten en evalueren van de bedrijfsontwikkeling is nodig om de verwachtingen te toetsen.

Binnen vastgestelde doelen en randvoorwaarden worden de volgende acties achtereenvolgens uitgevoerd:

- ontwerpen van een passend bedrijfsstelsel (prototype),
- implementeren van het prototype,
- verrichten van metingen,
- evalueren van de resultaten en
- zonodig aanpassen van het prototype.

Samen vormen deze acties een onderzoekscyclus die aangeduid wordt als systeemontwikkeling of *prototyping*. Door de onderzoekscyclus herhaaldelijk te doorlopen ontstaat inzicht in de ontwikkelingsmogelijkheden in een gewenste richting die ook bruikbaar zijn voor de praktijk. Figuur 1 illustreert deze cyclus.



Figuur 1 De cyclus van systeemontwikkeling en de vertaling van resultaten naar de praktijk

1.3.2 Proefbedrijf 'De Marke' en 10 praktijkbedrijven op zand

Het zoeken van kosteneffectieve wegen om mineralenmanagement te verbeteren op zandgrond vindt plaats op proefbedrijf 'De Marke' en 10 praktijkbedrijven op zand. Het onderzoek op 'De Marke' en op de praktijkbedrijven vult elkaar aan. Inzichten worden dan ook ontleend uit beide omgevingen. Bij de uitwerking van de analyses, is het accent komen te liggen op de resultaten van systeemontwikkeling op 'De Marke' terwijl de informatie uit de 10 praktijkbedrijven van Koeien & Kansen vooral als vergelijkingsmateriaal is meegenomen, soms aangevuld met informatie uit het Bedrijven Informatie Netwerk (BIN). Daar is voor gekozen omdat het traject van systeemontwikkeling waar 'De Marke' zich bevindt, goed aansluit bij vragen die voortkomen uit toekomstige regelgeving, zoals:

- Wat zijn de lange termijn gevolgen van P evenwichtsbemesting?
- Welke bedrijfsmatige problemen doen zich voor bij toepassing van P evenwichtsbemesting?
- Waar liggen de grenzen van het beperken van de N excretie van de veestapel?
- Hoe kan onder zeer uitspoelingsgevoelige omstandigheden door ingrijpen in de bedrijfsvoering voldaan worden aan de norm voor nitraatuitspoeling?

Verder is het voor de evaluatie aantrekkelijk om de samenhang tussen maatregelen in de bedrijfsdelen veestapel, mest, bodem, gewas, voer in beeld te brengen. Dat gaat het best, als de onderdelen ook daadwerkelijk tot hetzelfde bedrijf behoren.

1.4 Relatie van de themadag met eerder uitgevoerd onderzoek

In 1993 werd een bedrijfsontwerp dat voldeed aan landbouwkundige en milieukundige doelen, geïmplementeerd door het proefbedrijf 'De Marke' in de praktijk op te bouwen. In 1993-1999 werd continu ervaring opgedaan en werden kleine verbeteringen aan het productiesysteem aangebracht. In 2000, na 6 jaar ervaring met het systeem, werd het functioneren van De Marke uitgebreid geanalyseerd en bediscussieerd op de themadag 'Stikstofbeheer en grondwaterkwaliteit op proefbedrijf 'De Marke'', (Evaluatie 2000). Omdat het bedrijf in 1993-1999 op een aantal belangrijke punten niet aan de doelstellingen voldeed, werd het systeem na 'Evaluatie 2000' aangepast. In de analyses die zijn uitgevoerd voor de themadag, wordt het functioneren van het aangepaste systeem, vergeleken met het systeem van 1993-1999.

1.5 Efficiënt mineralenbeheer; principes en toepassing

Als veel N en P wordt afgevoerd en daarvan weinig in producten wordt afgevoerd, blijft een groot deel achter op het bedrijf (het overschot). Een hoog overschot leidt direct of indirect tot hoge verliezen. Om hoge verliezen van N en P naar het milieu te vermijden, moeten overschotten dus worden beperkt. Beperken van overschotten houdt in: streven naar een zo laag mogelijke aanvoer van N en P per eenheid geproduceerde melk en vlees. Om dit te bereiken worden twee algemene basisprincipes gevolgd die onderling sterk met elkaar samenhangen:

- Streven naar een zo volledig mogelijke overdracht van door vee uitgescheiden N en P in de cyclus mest, bodem, gewas, vee en producten.
- Laag houden van de intensiteit van de N en P stromen door het bedrijf.

Mineralen (N en P) doorlopen in het bedrijf een cyclus, waarbij overdracht plaatsvindt van te onderscheiden bedrijfcomponenten: veestapel, mest, bodem, gewas, voer. Door de intensiteit van de N en P stromen laag te houden, wordt voorkomen dat oververzadiging optreedt in één van de bedrijfsonderdelen. Bijvoorbeeld: Vee heeft N (eiwit) nodig om melk te produceren en voor groei en onderhoud van het lichaam. Er is een bepaald aanbod nodig om te voorzien in de behoefte van de dieren. Een aanbod, hoger dan de behoefte is in principe overtollig. Naarmate vee meer overtollig N (eiwit) krijgt, wordt een grotere hoeveelheid van de aangeboden N uitgescheiden in mest en urine. Dit wordt voorkomen door scherp naar behoefte te voeren op N. Hierdoor wordt de intensiteit van de N en P stromen in de overige bedrijfsonderdelen, mest, bodem en gewas niet te hoog en wordt ook daar oververzadiging voorkomen. De N en P cyclus door het bedrijf blijft meer gesloten en er hoeven minder mineralen aangevoerd te worden om melk te produceren. Activiteiten zoals beweiding zijn gevoelig voor verliezen. Gericht aanpakken van deze activiteiten, vermindert verliezen en draagt bij aan een volledige overdracht. Toepassing van deze principes op 'De Marke' leidt tot een aantal basiselementen in het bedrijfsontwerp. Het is niet zo dat toepassing van deze elementen op andere bedrijven altijd gunstig is. Ook niet als dezelfde bedrijfsdoelen als op 'De Marke' zou worden nagestreefd. De uitwerking van efficiënt mineralenbeheer is daarvoor te zeer afhankelijk van bedrijfsomstandigheden.

Tabel 1.1 Elementen in het bedrijfsontwerp 'De Marke' die bijdragen aan efficiënt mineralengebruik

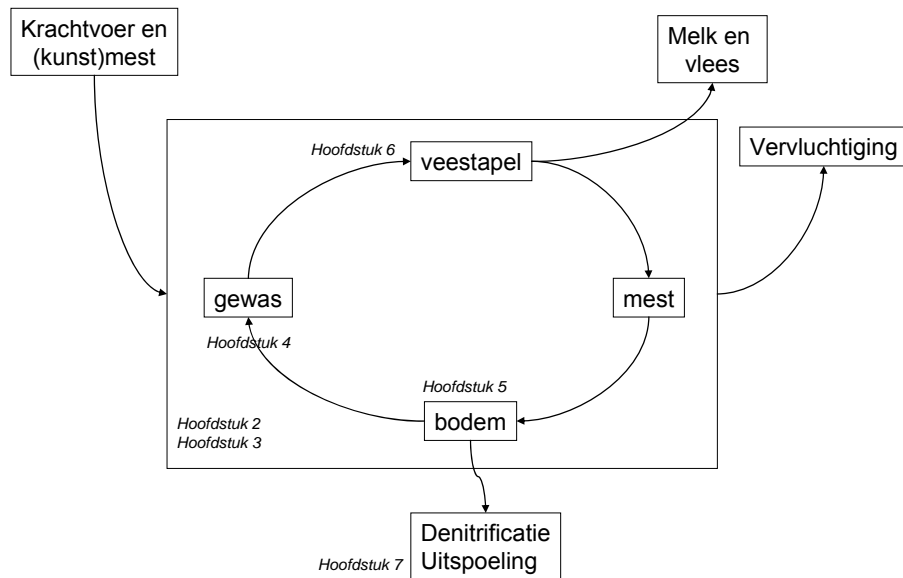
Vee	Mest	Bodem	Gewas
<ul style="list-style-type: none"> • Scherp voeren naar behoefte • Niet meer jongvee dan nodig voor vervanging melkvee • Een hoge productie per koe • Zoveel mogelijk voer van eigen bedrijf 	<ul style="list-style-type: none"> • Een kort bemestingsseizoen • Optimale verdeling over gewassen en percelen • Beperkt beweiden 	<ul style="list-style-type: none"> • Bemesting afstemmen op gewasbehoefte • Omweiden van vee • Vruchtwisseling gras en maïs en gerst/GPS • Een hoog aandeel maïs 	<ul style="list-style-type: none"> • Lage beweidings- en veldverliezen • Zo volledig mogelijk oogsten van gewassen en toepassen op eigen bedrijf • Vanggewassen toepassen

1.6 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 tot en met 7 geven de resultaten weer van onderzoek in verschillende bedrijfsonderdelen. Er is naar gestreefd dat de hoofdstukken afzonderlijk te begrijpen zijn. Daarom worden de belangrijkste aspecten van systeemontwikkeling in elk hoofdstuk beschreven, wat voor de lezer die alle hoofdstukken doorneemt betekent dat er sprake is van enige herhaling.

De samenhang tussen de hoofdstukken wordt aangegeven door het mineralenstroomschema in Figuur 2. Hoofdstukken 2 en 3 hebben betrekking op het gehele bedrijf. In hoofdstuk 2 wordt vooral ingegaan op de bedrijfsvoering, terwijl hoofdstuk 3 in het bijzonder ingaat op de N en P stromen. Hoofdstuk 4 gaat in op het functioneren van de gewasopbrengst. Hoofdstuk 5 gaat in op de ontwikkeling van de bodemkwaliteit en bodemvruchtbaarheid. Hoofdstuk 6 gaat in op de verdeling van mineralen die worden opgenomen door de veestapel over producten (melk en vlees) en mest. Hoofdstuk 7 tenslotte, gaat in op nitraatuitspoeling.

Hoofdstuk 8 bevat een samenvatting van de discussie die op de themadag gevoerd is naar aanleiding van de inleidingen. Hoofdstuk 9 en 10 zijn aanvullende analyses, die zijn uitgevoerd naar aanleiding van de discussie tijdens de themadag. Hoofdstuk 11 geeft conclusies en aanbevelingen weer.



Figuur 2 De positie van de hoofdstukken 2 tot en met 6 in het stroomschema van N en P door een melkveebedrijf

2 Kenmerken van K&K-bedrijven op zandgrond

Bedrijfsvoering op De Marke en de voorlopersbedrijven met BIN als referentie

Gerjan Hilhorst

2.1 Inleiding

Sinds 1993 wordt op de lichte zandgronden in het Gelderse Hengelo het project 'De Marke' onderzocht en getoetst. Het systeem behelst het volledige proefbedrijf De Marke dat in zijn geheel object is van onderzoek. De doelstelling van het project is: 'Het ontwikkelen en demonstreren van een zo rendabel mogelijk bedrijfssysteem voor grondgebonden melkveehouderij dat voldoet aan stringente milieunormen' (Biewinga et al., 1992). Omdat enerzijds het realiseren van milieunormen op lichte zandgronden moeilijk is en anderzijds juist op deze gronden de milieuverliezen groot zijn, is voor de locatie van het proefbedrijf een lichte zandgrond gekozen. Als het daar lukt om de milieuverliezen te beperken zal het op andere gronden zeker lukken. Daar staat tegenover dat op de locatie van De Marke meer en verdergaande maatregelen genomen moeten worden om de milieunormen te realiseren. Daarom is het project bij uitstek geschikt om risicovol onderzoek te doen.

De praktijk wil risico's die gepaard gaan met onderzoek, veelal niet lopen maar wil wel gebruik maken van resultaten van onderzoek en deze toepasbaar maken op het eigen bedrijf. Om het implementeren van milieumaatregelen vanuit De Marke naar de praktijk te bevorderen is in 1999 het project 'Koeien & Kansen' (K&K) gestart. Het doel van dit project is: 'Het ontwikkelen en demonstreren van voorbeelden van maatschappelijk gewenste bedrijfssystemen voor een breed spectrum van bedrijven in Nederland' (Koskamp et al., 2001). Het demonstreren gebeurt op 17 praktijkbedrijven die elk representatief zijn voor een deel van de Nederlandse melkveehouderij. In dit rapport zullen we ons uitsluitend richten op de deelnemende bedrijven op zandgrond. Op deze gronden is de nitraatproblematiek het grootst en is de meeste discussie over de hoogte van verliesnormen en uitvoering van het mestbeleid. Dit is ook de reden dat 10 deelnemende bedrijven op deze gronden gelegen zijn. In de vergelijkingen met De Marke worden uitsluitend de gegevens en resultaten van deze 10 bedrijven opgenomen.

De K&K-bedrijven zijn voorlopers in het implementeren van milieumaatregelen. Ze passen normen en regelgeving toe die voor de brede praktijk pas na enige jaren wettelijk verplicht worden. Het management op de K&K-bedrijven zal daardoor anders zijn dan op de overige praktijkbedrijven. Om hiermee een vergelijking te kunnen maken, zijn gegevens gebruikt van bedrijven op zandgrond. Uit deze groep bedrijven is weer een kleinere groep geselecteerd met droog zand als belangrijkste grondsoort en een melkproductie van 10-14 ton/ha. Deze laatste groep laat zich het beste vergelijken met De Marke. De gegevens van de bedrijven komen uit het Bedrijven-Informatie-Net (BIN) en zijn opgenomen in het rapport 'Bemesting en opbrengst van productiegrasland' (Aarts et al., 2005). De gegevens zijn door het LEI verzameld. Voor deze rapportage zijn gegevens gebruikt van de jaren 2001 en 2002. In de jaren 2001 en 2002 had de MINAS regelgeving nog veel invloed op het management. Van implementatie van het 'nieuwe' mestbeleid, zoals op de K&K-bedrijven, was op de praktijkbedrijven nog geen sprake.

In dit hoofdstuk worden eerst de doelstellingen van de bedrijven weergegeven (paragraaf 2.2). In paragraaf 2.3 wordt kort ingegaan op verschillen tussen het onderzoek op 'De Marke' en op de 'K&K-bedrijven'. De kenmerken van de bedrijven staan in paragraaf 2.4 waarin achtereenvolgens de kengetallen, voeding, teeltsysteem, bemesting, gewasopbrengsten en beweiding aan de orde komen.

2.2 Doelstellingen

Voor het project 'De Marke' zijn hoofddoelen, nevendoele en randvoorwaarden beschreven (zie Tabel 2.1). De hoofddoelen zijn: i) het beperken van de nitraatuitspoeling tot maximaal 50 mg/l in het bovenste grondwater, ii) het beperken van de ammoniakvervluchtiging uit dierlijke mest tot maximaal 30 kg N/ha en iii) het beperken van de P-uitspoeling tot maximaal 0,15 mg/l in het bovenste grondwater.

Tabel 2.1 Normen, nevensdoelen en randvoorwaarden van De Marke met betrekking tot mineralenverliezen (Biewinga et al., 1992)

Hoofddoelen	Maximale waarde De Marke
Stikstof (N)	
• vervluchtiging ammoniak	30 kg N/ha, uit dierlijke mest
• uitspoeling nitraat	50 mg nitraat/l, in het bovenste grondwater
• vervluchtiging stikstofoxiden	3 kg/ha
• overschot op bedrijfsbalans	128 kg/ha, inclusief depositie en binding door vlinderbloemigen
Fosfor (P)	
• uitspoeling	0,15 mg P/l, in het bovenste grondwater
• overschot op bedrijfsbalans	0,45 kg P/ha, inclusief depositie
Nevensdoelen	
<ul style="list-style-type: none"> • Binnen de milieudoelstellingen een rendabele bedrijfsvoering realiseren • Maximaal onttrekking van water aan de neerslag is 470 mm per jaar (streefwaarde) • Enige mate van beweiding • Inpassing van natuur op het bedrijf 	
Randvoorwaarden	
<ul style="list-style-type: none"> • Mest wordt op het eigen bedrijf geplaatst • Jongvee dat nodig is voor de vervanging van het melkvee wordt op eigen bedrijf opgefokt • De bodemkwaliteit blijft of wordt zodanig dat het ook op lange termijn mogelijk is de doelen te realiseren • De bedrijfsopzet moet onderzoek mogelijk maken (analyseerbaar en extrapolbeerbaar) 	

Om de hoofddoelen te kunnen realiseren zijn maatregelen genomen om de benutting van de mineralen te verhogen. Hierdoor worden de verliezen uit de bedrijfskringloop lager en kan met minder input van mineralen de afvoer van mineralen op hetzelfde niveau blijven. Op deze wijze ontstaat zowel milieukundig als economisch een duurzaam systeem.

Ook op de K&K-bedrijven staat het verhogen van de benutting centraal in de bedrijfsvoering. Belangrijkste doelstelling daar was tot 2004 het versneld realiseren van de MINAS eindnormen en vanaf 2005 het toepassen van de gebruiksnormen voor dierlijke mest van 2009. Het jaar 2004 was een 'brugjaar'. In fase I van het project (1999-2004) waren er normen opgesteld voor de thema's: gewasbescherming, energie en broeikasgassen, zware metalen, water en natuur.

De normen voor De Marke gaan verder dan die voor de K&K-bedrijven. De nitraatnorm is gelijk, maar de ammoniaknorm is scherper. Het grote verschil met Koeien & Kansen is de fosfaatdoelstelling. Voorkomen van ophoping van fosfaat in de bodem betekent dat fosfaat aan- en afvoer met elkaar in evenwicht moeten zijn. Dit is een doelstelling die vergaande consequenties heeft voor het bedrijfssysteem. Op De Marke zijn naast maatregelen voor het behalen van de stikstofdoelen ook maatregelen genomen voor het behalen van de fosfaatdoelen. Op de K&K-bedrijven zijn deze fosfaatmaatregelen (nog) niet genomen.

2.3 Onderzoek

Op De Marke is het gehele bedrijf object van het onderzoek. Daarom ligt over het gehele bedrijf een onderzoeks- en monitoringsprogramma. Alle in- en uitgaande mineralenstromen worden zo nauwkeurig mogelijk gemeten en bemonsterd evenals alle interne mineralenstromen. Daarnaast wordt emissie naar het milieu gemeten en vergeleken met de milieukwaliteitsnormen. Het monitoringsprogramma is nodig om betrouwbare conclusies te kunnen trekken over de ontwikkelingen.

Op de K&K-bedrijven is het monitoringsprogramma minder intensief dan op De Marke. Om de hoeveelheid metingen te beperken, wordt meer gebruik gemaakt van schattingen en aannames. Wel is de werkwijze op alle bedrijven gelijk, zodat ze onderling goed te vergelijken zijn.

2.4 Bedrijfssysteem

Bij de opzet van De Marke is een bedrijfssysteem gekozen dat in staat zou moeten zijn om op de lichte zandgrond de milieudoelen te kunnen realiseren. Dat deze keuze gemaakt werd, had als voordeel dat het onderzoek meteen gestart kon worden op het meest perspectiefvolle bedrijfssysteem.

Voor de K&K-bedrijven ligt dit geheel anders. Zij moeten vanuit hun bedrijfssituatie in 1999 werken aan het realiseren van hun doelen. Juist hun systeem in 1999 was bepalend voor deelname aan het onderzoeksproject. Deze bedrijven geven inzicht in de bedrijfsontwikkeling in het traject van aanpassen van de bedrijfsvoering aan het gewijzigde beleid. Deze inzichten zijn belangrijk voor de communicatie met sector en beleid.

2.4.1 Kengetallen

Bij de opzet van De Marke is gekozen voor een melkproductie van 12.000 kg/ha. Dat was het gemiddelde in de zandgebieden midden jaren negentig (Biewinga et al., 1992). Gedurende de gehele onderzoeksperiode is deze hoeveelheid gelijk gebleven (Tabel 2.2). De melkproductie per koe is in de periode 2000-2006 licht gestegen ten opzichte van de periode 1993-1999. Sinds 2003 is het fokbeleid meer gericht op verlenging van de levensduur van de koe en minder op verhoging van de melkproductie. Hierdoor is in 2005 de productie per koe gedaald. Het vetgehalte van de melk is na 2003 gestegen. Dit is vooral het effect van een groter aandeel graskuil in het rantsoen (Remmelink et al., 2006).

Tabel 2.2 Kengetallen De Marke

	Gem. '93-'99	'00/'01	'01/'02	'02/'03	'03/'04	'04/'05	'05/'06	Gem. '00-'06
Melkkoeien	78,8	77,0	77,5	76,5	76,6	75,2	75,5	76,4
Jongvee > 1 jaar	28,1	24,6	22,5	24,9	26,7	33,5	33,2	27,6
Jongvee < 1 jaar	30,8	28,4	25,4	28,5	31,8	32,3	26,4	28,8
Jongvee/10 melkkoeien	7,5	6,8	6,2	6,9	7,6	8,8	7,9	7,4
Melkkoeien/ha	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Kg melk per ha	12.091	12.768	12.395	11.923	11.894	12.191	11.880	12.175
Kg melk per koe	8.476	9.099	9.140	8.752	8.511	8.969	8.697	8.861
Vetgehalte (%)	4,28	4,11	4,32	4,33	4,47	4,57	4,49	4,38
Eiwitgehalte (%)	3,46	3,42	3,37	3,35	3,37	3,45	3,54	3,42
Gras (ha)	31,3	30,8	30,2	31,9	34,0	32,5	33,1	32,1
Snijmaïs (ha)	15,2	11,5	7,6	9,9	9,4	8,1	11,3	9,6
MKS ¹ (ha)	6,7	6,6	9,3	4,7	5,1	5,8	4,4	6,0
Voederbieten (ha)	2,1	0	0	0	0	0	0	0
GPS/gras ² (ha)	0	5,9	7,8	8,4	6,3	8,9	6,5	7,3
Bedrijfsoppervlakte (ha)	55,2	54,8	54,9	54,9	54,8	55,3	55,3	55,0
Percentage grasland (%)	57	56	55	58	62	59	60	58

¹ Maïskolvenschroot

² Voor 2003 triticale met onderzaai gras; vanaf 2003 gerst-erwten silage met onderzaai gras

Een belangrijke maatregel op De Marke is het aanhouden van een minimaal benodigd aantal stuks jongvee ter vervanging van het melkvee. Dit verhoogt de efficiëntie waarmee mineralen in voer worden omgezet in melk. Na een daling van het aantal stuks jongvee in 2000 en 2001 is daarna het aantal gestegen. Om problemen met de diergezondheid voor te zijn bij vaarzen direct na het afkalven, is ervoor gekozen het jongvee op een oudere leeftijd te insemineren. Daardoor zijn ze ook ouder wanneer ze afkalven en wordt het totaal aantal stuks jongvee iets hoger. De toename van de jongveestapel in 2003-2005 is gecorrigeerd door eind 2005 veel jongvee ineens af te stoten. In verband met het risico van insleep van dierziekten zijn op De Marke sinds 1993 geen dieren aangevoerd.

De totale bedrijfsoppervlakte is 55 ha. Omdat vruchtwisseling wordt toegepast en niet alle percelen even groot zijn, is niet van elk gewas het jaarlijkse areaal gelijk. In de periode 2000-2006 is het areaal maïs (snijsmaïs + MKS) gekrompen naar 16 ha. In de periode 1993-1999 was dit nog 22 ha. In de voeding was er minder behoefte aan maïszetmeel en in de teelt was de overgang van maïs naar gras moeilijk. In plaats van maïs en voederbieten is er vanaf 2000 tot 2003 als laatste jaar van de bouwlandfase triticale geteeld. Omdat onder de triticale de nitraatuitspoeling te hoog was, is in 2003 overgestapt naar een zomergraan (gerst) dat in tegenstelling tot triticale in het voorjaar wordt gezaaid. Het graan (gerst) wordt in een mengteelt met erwten geteeld om een hogere eiwitopbrengst te realiseren. In paragraaf 2.4.3 wordt verder ingegaan op de vruchtwisseling en het teeltsysteem op De Marke.

Op De Marke is het aandeel grasland kleiner dan op de K&K-bedrijven en op praktijkbedrijven. Gras heeft een hoge bemestings- en vochtbehoefte. Juist deze twee zijn op De Marke beperkt beschikbaar. Maïs levert een hogere droge stofopbrengst dan gras met een lagere bemesting en minder beregening. Een groot aandeel maïs in het rantsoen beperkt de uitscheiding van stikstof door de dieren.

De K&K-bedrijven zijn sinds de looptijd van het project flink gegroeid in bedrijfsoppervlakte (Tabel 2.3). In 1998 was dit 36 ha en in 2005 50 ha. Het areaal bouwland is nauwelijks gewijzigd en dat betekent dat het areaal grasland groter is geworden. De toename van het aandeel grasland is al vanaf 1998 te zien terwijl er toen nog geen sprake was van een derogatie die vereist dat minstens 70% van het areaal in grasland moet liggen. De meeste bedrijven waren op zoek naar meer plaatsingsruimte voor mest en dat is gevonden in de vorm van beheers- en natuurgrasland. Dit verklaart de toename van het aandeel grasland.

Tabel 2.3 Kengetallen Koeien & Kansen (zandbedrijven)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	'98-'05
Melkkoeien		69	78	83	80	85	87	88	81
Jongvee		55	55	53	54	60	60	61	57
Jongvee/10 melkkoeien		7,9	7,1	6,4	6,8	7,0	6,9	6,9	7,0
Bedrijfsoppervlakte (ha)	36,2	39,1	41,8	43,1	44,8	46,9	50,9	50,2	44,1
Grasland (ha)	24,2	26,1	27,2	29,8	32,2	33,3	37,8	38,1	31,1
Bouwland (ha)	12,0	13,0	14,6	13,3	12,6	13,6	13,1	12,2	13,0
Percentage gras (%)	67	67	65	69	72	71	74	76	71
Quotum (kg melk/ha)	15.253	14.795	14.590	15.166	14.741	14.876	14.116	14.410	14.743

De melkproductie per ha is in de onderzoeksperiode iets gedaald. Echter, door de toename van de bedrijfs-grootte is de totale melkproductie van het bedrijf toegenomen. Dit is gerealiseerd door aankoop van melk-quotum en/of leasen van melk. Om deze hoeveelheid melk te kunnen produceren, is het aantal melkkoeien gestegen van 69 in 1999 tot 88 in 2005 (stijging van 28%). Het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien is gedaald. De verschillen per bedrijf zijn groot. Er zijn drie zandbedrijven die de opfok van een gedeelte van het jongvee of al het jongvee in (een deel van) de onderzoeksperiode heeft uitbesteed. Enkele bedrijven die fors zijn gegroeid hebben juist meer jongvee aangehouden om zelf volledig in de groei van de veestapel te kunnen voorzien. Het vergelijken van het gemiddelde aantal stuks jongvee/10 melkkoeien op de 10 K&K-bedrijven met De Marke is niet zinvol tenzij alleen wordt vergeleken met de bedrijven die de volledige melk-veestapel vervangen met zelf opgefokt jongvee.

Uit Tabel 2.4 blijkt dat de BIN bedrijven op zandgrond qua omvang van de veestapel en totale bedrijfs-oppervlakte kleiner zijn de K&K-bedrijven en De Marke. De melkproductie per ha is vrijwel gelijk aan die op De Marke en lager dan die op de K&K-bedrijven.

Tabel 2.4 Kengetallen (BIN-bedrijven (Aarts et al., 2005))

	Gemiddelde zandbedrijven		Droog zand 10-14 ton melk/ha	
	2001	2002	2001	2002
Melkkoeien	71	68	65	58
Jongvee	53	53	51	44
Jongvee/10 melkkoeien	7,5	7,8	7,8	7,6
Kg melk per ha	13.164	12.982	11.879	12.054
Kg melk per koe	7.232	7.326	7.210	7.153
Gras (ha)	31	32	24	24
Snijmaïs (ha)	10	9	10	10
Marktbaar gewassen (ha)	7	3	4	6
Bedrijfsoppervlakte (ha)	48	44	38	40

2.4.2 Voeding

Om op De Marke de efficiëntie van het bedrijfssysteem te verhogen, bestaat het rantsoen zoveel mogelijk uit ruwvoer dat op het eigen bedrijf wordt geteeld. De aanvoer van mineralen naar het bedrijf kan dan klein blijven. Bij een melkproductie van 12.000 kg melk/ha en een hoge efficiëntie in teelt en voeding is er zelfs op een droogte gevoelige grond ruimte om krachtvoer te telen. Op De Marke wordt dit in de vorm van maïskolvensilage (MKS) gedaan waardoor vooral de fosfaataanvoer laag kan blijven (zie paragraaf 2.4.3). De basis voor het rantsoen is het eigen geteelde ruw- en krachtvoer. Om elk dier zo goed mogelijk op de norm te voeren, wordt dit rantsoen aangevuld met aangekocht krachtvoer.

De veestapel krijgt een gemengd rantsoen dat uit zowel ruwvoer als krachtvoer bestaat. Daarnaast worden twee soorten krachtvoer in de krachtvoerbox verstrekt en wordt de krachtvoervanger (MKS) gecombineerd met krachtvoer in de multifeeder verstrekt. Bij dit systeem kunnen de melkkoeien een ingestelde hoeveelheid voer opnemen dat geprogrammeerd wordt verstrekt. Zie voor een uitgebreide beschrijving van de voeding de bijdrage van Sebek en Bannink (2006).

Tabel 2.5 geeft het rantsoen in de stalperiode weer. Gras- en maïskuil zijn de belangrijkste ruwvoercomponenten. Vanaf 2000 is een gedeelte van de maïskuil vervangen door een graansilage (GPS) van gerst en erwten. Vanaf 2003 is het aandeel graskuil in het rantsoen verhoogd en is om de hoeveelheid zetmeel in het rantsoen te beperken minder maïskuil gevoerd. De gevoerde hoeveelheid MKS verschilt van jaar tot jaar. De beschikbaarheid van MKS is elk jaar anders. De arealen en de opbrengst zijn niet constant en alleen de maïs met een goede kwaliteit en een goede kolf wordt als MKS geoogst. In de periode 2000-2005 is er gemiddeld meer MKS gevoerd dan in de periode 1992-1993. Met de multifeeder kan meer MKS worden gevoerd omdat gericht gevoerd kan worden aan hoogproductieve koeien. De oudmelkte koeien krijgen geen MKS. Wanneer veel MKS aan het voerhek wordt gevoerd en alle melkkoeien in één voergroep lopen, leidt dit tot ongewenste vervetting bij de oudmelkte koeien.

Tabel 2.5 Gemiddelde voeropname (kg ds/dier/dag) van melkgevende koeien in het stalstseizoen (Remmelink et al., 2006)

Voersoort	Gem. '92-'99	'99/'00	'00/'01	'01/'02	'02/'03	'03/'04	'04/'05	Gem. '99-'05
Graskuil	7,4	6,1	7,4	8,2	7,6	8,7	8,9	7,8
Snijmaïskuil	6,7	4,6	5,3	6,0	3,9	4,3	3,4	4,6
Hooi en stro	0,0	-	0,0	0,2	0,0	0,0	-	0,0
Mengkuil ¹	-	-	0,1	0,1	-	-	0,3	0,0
GPS	-	3,6	1,3	1,1	1,9	1,8	1,7	1,9
Totaal ruwvoer	14,1	14,3	14,1	15,5	13,4	14,8	14,3	14,3
MKS	1,3	2,7	3,2	1,9	3,2	0,9	2,1	2,3
Overige bijproducten	1,3	0,5	0,5	-	-	-	-	0,0
Mengvoer, brok	2,7	2,4	2,6	2,5	2,5	4,6	3,3	3,0
Soja en raap ²	1,0	1,7	1,2	1,5	1,4	0,5	1,0	1,2
Pulpbrok	0,1	-	-	0,4	0,7	-	-	0,2
Mineralen	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
Totaal krachtvoer	6,5	7,5	7,7	6,5	8,0	6,2	6,5	6,9
Totaal	20,7	21,7	21,9	22,0	21,4	21,0	20,8	21,2

¹ Mengkuil bestaat uit herfstgras en maïsstro

² Sojaschroot, bestendige soja en raapzaadschroot

Vanaf 2000 is het aantal beweidingsuren per dag verminderd ten opzichte van de periode 1992-1999. Uit Tabel 2.6 blijkt dat hierdoor de weidegrasopname is gedaald. Bij de tabel moet een kanttekening worden geplaatst. De grasopname van 1992-1999 is berekend op basis van 100% VEM-dekking in de weideperiode. In de periode 2000-2005 is de weidegrasopname berekend op basis van schatting van de grasopbrengst bij in- en uitscharen. Omdat in de periode 2000-2005 de gerealiseerde VEM-dekking geen 100% is maar 107%, is de grasopname in de periode 1992-1999 onderschat.

Tabel 2.6 Gemiddelde voeropname (kg ds/dier/dag) van melkgevende koeien in het weideseizoen (Remmelink et al., 2006)

Voersoort	Gem. '92-'99	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Gem. '00-'05
Weidegras	5,3 ³)	4,6	6,0	4,5	4,8	5,3	5,4	5,1
Graskuil	1,8	3,2	0,7	4,4	3,8	4,5	4,8	3,6
Snijmaïskuil	6,1	6,9	5,4	3,9	3,8	4,6	3,0	4,9
Hooi en stro	0,1	-	-	-	0,1	-	0,3	0,0
Mengkuil ¹	-	-	1,9	0,3	-	-	-	0,4
GPS	-	0,7	1,0	2,0	1,8	1,8	2,2	1,6
Totaal ruwvoer	13,3	15,4	15,0	15,1	14,3	16,2	15,7	15,6
MKS	2,1	2,9	2,8	3,2	2,7	0,7	2,5	2,5
Overige bijproducten	0,4	0,2	0,1	-	-	-	-	0,0
Mengvoer, brok	2,3	1,5	2,4	2,6	3,6	3,5	3,2	2,8
Soja en raap ²	0,6	1,6	2,0	1,0	0,8	0,7	1,0	1,2
Pulpbrok	0,1	-	-	0,1	0,0	-	-	0,0
Mineralen	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
Totaal krachtvoer	5,6	6,4	7,5	7,1	7,2	5,0	6,9	6,7
Totaal	18,9	21,8	22,3	22,2	21,5	21,2	22,6	22,3

¹ Mengkuil bestaat uit herfstgras en maïsstro

² Sojaschroot, bestendige soja en raapzaadschroot

³ Berekend door uit te gaan van een VEM dekking van 100%

In de periode 2000-2005 is meer kuilgras bijgevoerd dan in de periode daarvoor. De hoeveelheid maïskuil is verminderd maar daarvoor in de plaats is evenals in de stalperiode GPS gevoerd. De krachtvoergif is met 1 kg ds/dier/dag toegenomen.

De droogstaande koeien worden in twee groepen gehouden. De eerste 5 weken van de droogstand krijgen de koeien maïsstro en herfstgras, eventueel aangevuld met graskuil. De laatste 3 weken voor afkalven krijgen ze een rantsoen dat vrijwel overeen komt met het rantsoen van de melkgevende koeien. Door toevoeging van graszaadhooi wordt wat meer structuur en minder energie in het rantsoen gebracht. De vitamines en mineralen worden voor het voerhek over het voer gestrooid.

Het rantsoen van de pinken is gelijk aan het rantsoen van de droogstaande koeien aan het begin van de droogstand. Ze krijgen maïsstro, herfstgras en eventueel graskuil. Daarnaast krijgen deze dieren het restvoer van de melkkoeien. De pinken krijgen geen krachtvoer en de pinken die buiten lopen worden niet bijgevoerd.

Op De Marke wordt al het voer gewogen zodat betrouwbare opnamecijfers worden verkregen. Op de K&K-bedrijven wordt maandelijks een meetweek uitgevoerd. Tijdens deze week wordt al het verstrekte voer gewogen. Met het gemiddelde van alle meetweek gegevens wordt de jaar voeropname berekend. In Tabel 2.7 staan hiervan de resultaten.

Tabel 2.7 Gemiddelde voeropname (kg ds/dier/dag) van melkgevende koeien op de Koeien & Kansen bedrijven (zandgrond)

Voersoort	2000	2001	2002	2003	2005	Gem. '00-'05
Weidegras ¹	2,5	2,1	2,3	2,1	1,9	2,2
Graskuil	5,0	4,5	4,2	5,5	6,5	5,1
Snijmaïskuil	6,6	6,5	5,8	5,6	5,1	5,9
Overig	1,1	1,5	2,4	1,9	0,7	1,5
Krachtvoer	4,5	5,0	4,6	4,5	5,2	4,8
Totaal	19,7	19,6	19,3	19,6	19,4	19,5

In 2004 zijn er geen voeropname metingen uitgevoerd

¹ De weidegrasopname wordt berekend a.d.h.v. de VEM-dekking tijdens de stalperiode

Omdat op De Marke nog beperkter wordt geweid dan op de K&K-bedrijven (zie paragraaf 2.6) is de weidegrasopname op De Marke lager dan op de K&K-bedrijven. Dit wordt gecompenseerd met graskuil. De opname van maïskuil is op De Marke lager dan op de K&K-bedrijven omdat een gedeelte van de maïs vervangen is door GPS. Een belangrijke doelstelling van De Marke is het verminderen van de fosfor aanvoer en daarom wordt op het bedrijf een gedeelte van het gevoerde krachtvoer zelf geteeld. In Tabel 2.8 zijn GPS en MKS opgenomen in de voersoort categorie overig.

Tabel 2.8 Aandeel van de voercomponenten in het rantsoen van De Marke en Koeien & Kansen (zandbedrijven) in de jaren 2000-2005

Voersoort	De Marke	K&K
Weidegras ¹	8	11
Graskuil	31	26
Snijmaïskuil	21	30
Overig	20	8
Krachtvoer	20	25

¹ Weidegrasopname op De Marke geschat bij in- en uitscharen; bij K&K op basis van VEM-dekking tijdens de stalperiode

2.4.3 Teeltsysteem De Marke

De kenmerken van de bodem op De Marke zijn een droge zandgrond met een laag organisch stofgehalte, een laag vochtvasthoudend vermogen en een diepe grondwaterstand. Het vochtleverend vermogen is lager dan op de gemiddelde zandgrond en de uitspoelingsgevoeligheid is hoger dan de gemiddelde zandgrond in Nederland (Tabel 2.9). Deze kenmerken zorgen ervoor dat het op deze bodem moeilijk is om op milieukundig duurzame manier een 'normale' landbouwkundige productie te realiseren. Op De Marke zal het pakket van maatregelen groter moeten zijn om aan de milieunorm te kunnen voldoen dan op een gemiddelde zandgrond.

De bodem op de zandgrondbedrijven van K&K is minder uitspoelingsgevoelig dan de bodem op De Marke, maar meer uitspoelingsgevoelig dan het gemiddelde zandgrond bedrijf in Nederland. Bij de selectie van de K&K-bedrijven is juist gezocht naar bedrijven die op deze gronden liggen omdat het project voor deze bedrijven het realiseren van scherpe milieudoelstellingen wil onderzoeken.

Tabel 2.9 Vergelijking zandgrond De Marke (Dekkers, 1992) met zandgrond op K&K-bedrijven en zandgrond heel Nederland

Vochtleverend vermogen (mm)	Uitspoelingsgevoeligheid	Aandeel op De Marke' (%)	Aandeel op K&K zandbedrijven (%)	Aandeel in zandgrond Nederland (%)
> 200	zeer gering	5	0	20
150-200	vrij gering	6	4	26
100-150	matig	11	36	28
50-100	vrij groot	28	50	8
< 50	zeer groot	50	10	18

De bedrijfsoppervlakte van De Marke is opgedeeld in drie kavels: blijvend grasland, huiskavel en veldkavel. Op de huis- en veldkavel (gezamenlijk 80% van het areaal) wordt een vruchtwisseling met gras, maïs en graan toegepast. Op de huiskavel (percelen dichtbij de stal) wordt een 3:2:1 vruchtwisseling toegepast. Na drie jaar gras wordt er twee jaar maïs geteeld en daarna één jaar een graan gewas. Op de veldkavel werd tot 2000 drie jaar gras afgewisseld met vijf jaar bouwland. In 2000 is de graslandperiode op de veldkavel met één jaar verkort en de bouwlandperiode met drie jaar.

De bouwlandfase is ingekort om het organische stofgehalte van de bouwlandpercelen op peil te houden. Op percelen met een continue teelt van maïs kan dat met geringe mestaanwending en met behulp van een groenbemester niet gerealiseerd worden. Tevens heeft de vruchtwisseling een positief effect op het verminderen van de bemestingsbehoefte (zie paragraaf 2.4.4), vochtbehoefte, gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en maïsofbrengst (Aarts et al., 2003).

De overgang van maïs naar gras vindt plaats in het jaar waarin graan wordt geteeld. In 2000 is gekozen voor een wintergraan (triticale) dat direct na de oogst van de maïs wordt gezaaid. Gelijk met het graan wordt ook gras gezaaid en wordt een basis gelegd voor de graslandfase. Als het graan in juli in de vorm van silage wordt geoogst is al een zode gevormd die bemest kan worden en waarvan in hetzelfde jaar nog 1 tot 2 sneden gras geoogst kan worden. Het nadeel van triticale is dat het gedurende de winterperiode minder goed in staat is om stikstof vast te leggen dan grasonderzaai bij maïs. Dit is de reden dat in 2003 gekozen is voor een zomergraan. Gedurende de winter kan dan de grasonderzaai de stikstof vastleggen en in het voorjaar wordt dit gewas ondergeploegd waarna er graan en gras/klover wordt gezaaid. De teelt wijkt verder niet af van die van triticale. Het enige zomergraan voor lichte zandgrond met een redelijke opbrengst is zomergerst. Om de eiwitproductie van het bedrijf te verhogen, is gekozen voor een mengteelt van gerst/erwten. De erwten zijn vlinderbloemig en zijn in staat om stikstof te binden; gerst zorgt ervoor dat de erwten 'van de grond blijven' zodat ze goed oogstbaar zijn en ziektes en kwaliteitsvermindering door contact met de vochtige grond voorkomen kunnen worden. Omdat de erwten al in het halfdeegrijp stadium worden geoogst hoeft er geen chemische gewasbescherming te worden uitgevoerd.

Maïs stopt eind juli/begin augustus al met de opname van stikstof terwijl het gewas pas in september wordt geoogst. Om toch alle vrijkomende stikstof te kunnen vastleggen, wordt in juni al gras onder de maïs gezaaid. De kans op stikstofuitspoeling is lager bij toepassing van grasonderzaai ten opzichte van een vanggewas dat pas na de oogst van de maïs wordt gezaaid. Bij de oogst van de maïs heeft het ondergezaaide gras zich al zo sterk ontwikkeld dat stikstof kan worden vastgelegd vanaf het moment van de oogst van maïs. Grasonderzaai begint dus eerder met stikstofvastlegging en kan bij een overmaat aan

stikstofbeschikbaarheid of lage opname door de maïs meer stikstof vastleggen dan een nagewas zoals rogge. De vastlegging kan gedurende de gehele winterperiode doorgaan. In maart wordt het vanggewas gefreesd om de mineralisatie op gang te brengen zodat de vrijkomende stikstof benut kan worden door het volggewas. Voordeel van onderzaai is ook dat gebruik gemaakt kan worden van Italiaans raaigras dat meer organische stof met boven- en ondergrondse delen kan leveren dan rogge. De teelt van de MKS is gelijk aan de teelt van snijmaïs. Pas in september wordt bepaald welke percelen als MKS en welke als snijmaïs geoogst worden.

Bij grasinzaai wordt standaard ook klaver ingezaaid. Als vlinderbloemige kan de klaver stikstof binden die dan niet in de vorm van kunstmest hoeft te worden aangevoerd. Ondanks dat vanaf 2004 geen kunstmest stikstof wordt gebruikt, daalt het klaveraandeel jaarlijks met enkele procenten. In tijdelijk grasland komt de klaver na inzaai redelijk goed op maar gedurende het tweede en derde graslandjaar loopt het aandeel terug. In percelen waar naast witte cultuurklaver ook rode klaver is gezaaid, neemt het aandeel rode klaver sterk toe. Het gras wordt dan zelfs onderdrukt waardoor de opbrengst en kwaliteit terugloopt. In blijvend grasland is het vanwege de toename van de paardebloem moeilijk het klaveraandeel hoog te houden. Een chemische onkruidbestrijding is noodzakelijk om te voorkomen dat paardebloem de overhand krijgt boven gras, hetgeen ten koste zou gaan van de grasopbrengst en kwaliteit. Deze bestrijding van het onkruid is nadelig voor het klaverbestand. Alle bestrijdingsmiddelen reduceren het klaveraandeel of bestrijden zelfs volledig de klaver. Ook wordt geprobeerd door een goede afwisseling tussen maaien en weiden het aandeel paardebloem te beheersen.

Op De Marke wordt terughoudend omgegaan met beregening. De belangrijkste maatregel om dit te realiseren is een groot aandeel maïs in het bouwplan. Maïs heeft een geringe vochtbehoefte. De piek in de vochtbehoefte blijft beperkt tot de fase van kolfzetting en -vulling. In deze piek kan met één of twee beregeningsgiften worden voorzien. Gras heeft het gehele groeiseizoen meer vocht nodig. Dit betekent dat vaker in het jaar beregend moet worden. Alleen blijvend grasland en de huiskavel kunnen worden beregend. Beregening op grasland houdt de zode in stand zodat de beweiding nog kan worden rondgezet en het zorgt ervoor dat na de droogte periode de grasproductie weer snel op gang komt. Bij de beslissing om te starten met beregening wordt gebruik gemaakt van een aantal 'waarnemingsplekken' op het bedrijf. Op deze plekken laat het gras al in een vroeg stadium zien dat er een vocht tekort ontstaat. Deze visuele waarneming gecombineerd met de neerslagverwachting bepaalt het startmoment van de beregening. De volgorde van beregening wordt bepaald door de droogtegevoeligheid van het perceel en door praktische omstandigheden als ligging en de dynamiek van beweiden en maaien.

Omdat het meeste grasland tijdelijk is, hoeft er gedurende de fase van drie jaar geen of nauwelijks onkruidbestrijding plaats te vinden. In maïs wordt een combinatie van mechanische en chemische onkruidbestrijding uitgevoerd. Hierdoor is het gebruik van de hoeveelheid actieve stof en bodem- en waterbelastende middelen klein.

Sinds 1998 is er een toenemende schade van engerlingen in het grasland. Een engerling is de larve van een kever (bijvoorbeeld de meikever of de rozekever) die vreet aan de ondergrondse delen van de grasplant. Vooral in de periode juli tot en met september kan deze zoveel schade aanrichten dat de grasplant gaat afsterven. De schade wordt groter onder droge omstandigheden omdat dan het contact tussen het gras en het vocht in de bodem wordt verbroken. Tevens gaan met name kraaien op zoek naar de engerlingen en brengen daarmee grote schade aan de grasmat. Op De Marke is de schade het grootst op droge en humusarme delen van graslandpercelen. Het doorzaaien van de schadeplekken herstelt de zode maar toch gaat de kwaliteit achteruit bij herhaalde schade op dezelfde plekken. In tijdelijk grasland is dit niet zo problematisch als in blijvend grasland. Het tijdelijke grasland komt na drie jaar weer in bouwland te liggen maar bij blijvend grasland is herinzaai bij ernstige schade de enige mogelijkheid om een nieuwe en kwalitatief goede zode te krijgen.

2.4.4 Bemesting

Kenmerkend voor de bemesting op De Marke is een maximale benutting van de dierlijke mest. Alle dierlijke mest blijft op het bedrijf. Door beperking van de beweiding wordt meer dierlijke mest in de stal opgevangen. Het voordeel hiervan is dat de hoeveelheid en het -tijdstip van aanwending beter zijn te plannen. De benutting van drijfmest is hoger dan van weidemest. Het voordeel van een hoge benutting van de dierlijke mest is een verlaging van de aanvoer van kunstmest. De input van stikstof en fosfaat op de bedrijfsbalans wordt lager en dat is gunstig voor beperking van het mineralenoverschot.

Op De Marke wordt maïs geteeld in een vruchtwisseling met gras en graansilage (zie 2.4.3). Na een graslandperiode van drie jaar wordt het gras ondergeploegd en wordt twee jaar maïs geteeld. In het eerste

jaar na onderploegen komt er veel stikstof vrij voor de maïs die in dat jaar wordt geteeld. Om uitspoeling van stikstof zoveel mogelijk te voorkomen, krijgt deze maïs geen drijfmest. Kunstmest wordt in de maïssteelt niet toegepast. De mineralen worden volledig uit de ondergeploegde zode en uit de aangewende drijfmest opgenomen worden.

Tijdens de graslandfase van de vruchtwisseling vindt ophoping van fosfaat plaats. Er wordt met drijfmest meer fosfaat aangewend dan door het gras wordt onttrokken. Tijdens de bouwlandfase wordt juist meer fosfaat onttrokken dan er wordt aangewend. Omdat fosfaat weinig mobiel is in de bodem geeft dit geen verhoogd risico op verliezen. Voordeel van deze werkwijze is dat op grasland een groot gedeelte van de stikstofvoorziening met drijfmest gerealiseerd kan worden en dat in zowel de grasland- als bouwlandfase geen fosfaatkunstmest hoeft te worden aangevoerd.

Uit het bemestingsoverzicht in Tabel 2.10 blijkt dat de gemiddelde drijfmestgift op maïsland veel lager is dan op grasland. Ondanks dat maar 60% van het areaal op De Marke uit grasland bestaat, gaat ruim 80% van de geproduceerde drijfmest naar grasland.

Tabel 2.10 Bemesting drijfmest De Marke (per ha)

	1993-1999			2000-2006		
	m ³	kg N-tot	kg P ₂ O ₅	m ³	kg N-tot	kg P ₂ O ₅
Gras	65	234	73	74	259	77
- Blijvend grasland	50	177	54	64	224	65
- Tijdelijk grasland	73	262	82	79	277	83
Maïs	25	91	27	14	51	16
GPS/gras ¹	-	-	-	53	181	51
Gemiddeld	49	175	54	54	190	56

¹ *Triticale of gerst/erwten met grasonderzaai*

In de periode 2000-2006 is het areaal tweede en derdejaars maïsland afgenomen waardoor de gemiddelde drijfmest gift lager is geworden dan in de periode 1993-1999. In de periode tot 1997 werd aan maïs geteeld op een perceel met een Pw-getal lager dan 40 nog 15 m³/ha extra drijfmest gegeven. Omdat na 2000 de beweidingduur van zowel melkkoeien als jongvee is beperkt, is er meer mest op stal opgevangen. Dit heeft ervoor gezorgd dat mede door een lagere gift op maïsland, op grasland de drijfmestgift is toegenomen.

De krappe bemesting van de maïs gaf tot midden jaren negentig vooral op minder fosfaatrijke percelen problemen met de fosfaat beschikbaarheid. In het jeugd stadium werd de maïs paars en liet het een groeivertraging zien. Dit werd nog versterkt bij droog en koud weer. De groeivertraging leidde in de meeste jaren niet tot een opbrengstreductie; de vertraging werd later weer ingehaald. Door de groeivertraging in het voorjaar ontstonden wel problemen met de onkruidbestrijding. Het perceel bleef lang 'open' waardoor onkruid veel kans kreeg om te groeien. Sinds 2000 komt parse maïs minder vaak voor. Waarschijnlijk is dit een geleidelijk effect van voortdurende voortzetting van de vruchtwisseling. Kort na het opstarten van het bedrijfssysteem waren deze effecten van vruchtwisseling minder duidelijk zichtbaar. Daarnaast kan ook door de toepassing van drijfmestrijenbemesting in plaats van volvelds aanwending de beschikbaarheid van fosfaat zijn verbeterd.

De triticale of gerst/erwten worden in het voorjaar bemest met drijfmest. Na de oogst van dit gewas in juli wordt de graszode, die zich inmiddels onder het graan gevormd heeft, bemest met drijfmest.

Fosfaatkunstmest wordt op De Marke niet gebruikt. De volledige fosfaatbemesting bestaat uit drijfmest. Op maïsland wordt ook geen stikstofkunstmest aangewend. Om het bodemoverschot op de perceelsbalans te verlagen is in 2000 besloten om op grasland de hoeveelheid stikstofkunstmest af te bouwen (Tabel 2.11).

Tabel 2.11 Bemesting kunstmest De Marke (kg N per ha)

	'93-'99	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	'00-'06
Gras	126	107	93	60	27	3	0	0	47
- Blijvend grasland	133	120	105	52	32	0	0	0	44
- Tijdelijk grasland	123	99	87	65	25	5	0	0	48
Maïs	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GPS/gras ¹	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Gemiddeld	74	60	51	35	17	2	0	0	24

De stikstofvoorziening op het grasland komt volledig voor rekening van de drijfmest en de klaver en op maïsland van drijfmest en vrijkomende stikstof uit de oude graszode.

Door verlaging van de bemesting is de kwaliteit van het gras veranderd (zie ook hoofdstuk 4). Na een aantal groeidagen valt de groei van de plant stil en gaat het snel schieten en 'verhouten'. Dit proces wordt versterkt onder droge omstandigheden en vooral op percelen waar geen of nauwelijks klaver aanwezig is. Bij aanwezigheid van klaver blijft onder droge omstandigheden de zode langer groei en beter doorgroeien.

De gemiddelde drijfmestgift op De Marke komt vrijwel overeen met de K&K-bedrijven (Tabel 2.12). De intensiteit van deze bedrijven is hoger dan van De Marke maar door een beperktere beweiding op De Marke wordt daar meer mest in de stal opgevangen. Op de K&K-bedrijven is de hoeveelheid weidemest hoger.

Tabel 2.12 Bemesting Koeien & Kansen (zandbedrijven)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	'00-'05
Drijfmest (m ³ /ha)	52	53	54	55	48	55	53
- kg N/ha	196	211	206	203	197	214	205
- kg P ₂ O ₅ /ha	78	80	80	85	73	86	80
Kunstmest							
- kg N/ha	99	82	73	81	84	97	86
- kg P ₂ O ₅ /ha	5	2	2	5	6	3	4

De bemestingsgegevens zijn exclusief de bemesting van beheersgrasland.

Op K&K-bedrijven ligt de bemesting op een hoger niveau dan op De Marke. Gemiddeld wordt per ha ruim 70 kg stikstof (+34%) en bijna 30 kg fosfaat (+50%) meer gegeven. Ook hieruit blijkt de vergaande doelstelling voor fosfaat.

Op de BIN bedrijven liggen de bemestingsniveaus voor zowel gras- als maïsland hoger dan op De Marke en de K&K-bedrijven. Opvallend is dat op de BIN bedrijven het maïsland een hoge drijfmestgift krijgt. Gezien de veel lagere behoefte van maïs blijft veel stikstof onbenut in de bodem achter en kunnen verhoogde verliezen waarschijnlijk niet uitblijven.

Tabel 2.13 Bemesting BIN bedrijven

	Gemiddelde zandbedrijven		Droog zand 10-14 ton melk/ha	
	2001	2002	2001	2002
Grasland				
- Kunstmest N (kg/ha)	153	145	173	165
- Drijfmest N (kg/ha)	195	173	137	155
Maïsland				
- Kunstmest N (kg/ha)	55	50	72	58
- Drijfmest N (kg/ha)	234	220	277	245

2.4.5 Gewasopbrengsten

Op De Marke worden de gewasopbrengsten nauwkeurig gemeten. Alle maaiofbrengsten van het grasland en alle bouwlandopbrengsten worden gewogen en bemonsterd. De weidegrasopname wordt berekend door voor en na het inscharen van het vee de grasopbrengst te schatten. Van de maïs wordt een deel geoogst als maïskolvensilage (MKS) en maïsstro. De kolven worden in één werkgang gescheiden van de stengel en het blad en geoogst en worden apart opgeslagen. De kolven bevatten veel energie en dient als krachtvoervervanger voor de hoogproductieve melkkoeien; het maïsstro is energiearm en structuurrijk en dient als voer voor droogstaande koeien en ouder jongvee.

In Tabel 2.14 staat de netto gewasopbrengst van De Marke. Uit deze tabel blijkt dat de gemiddelde opbrengst in de periode 2000-2006 hoger was dan in de periode 1992-1999. De jaren na 2000 kenmerken zich door relatief groeizaam weer, met uitzondering van 2003 en 2006. In deze beide jaren bleef vooral de grasopbrengst achter bij het langjarig gemiddelde. Na correctie voor weersinvloeden (temperatuur, vochtbeschikbaarheid, straling) blijkt de grasopbrengst na 2000 gelijk te zijn gebleven aan de opbrengst van voor 2000. De maïsopbrengst stijgt wel (hier wordt in hoofdstuk 4 uitvoeriger op ingegaan).

Tabel 2.14 Netto gewasopbrengsten De Marke (opbrengst excl. beweidings- en oogstverliezen in ton droge stof per ha)

	Prog.	Gem. '92-'99	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Gem. '00-'06
Gras	9,3	9,1	11,2	11,2	10,3	8,6	10,1	10,0	8,6	10,0
- weidegras	4,1	3,6	1,8	1,3	1,6	1,4	1,8	2,3	1,4	1,7
- kuilgras	5,2	5,5	9,4	9,9	8,7	7,2	8,3	7,7	7,2	8,3
Snijmaïs	11,1	10,6	12,4	13,2	13,1	12,4	11,7	12,9	11,3	12,4
MKS	7,1	7,3	9,1	9,1	10,1	7,9	8,4	9,3	8,3	8,9
Maïsstro	4,2	3,2	5,2	4,4	5,7	4,9	5,2	5,3	4,5	5,0
Voederbieten	11,6	12,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Bietenblad	2,5	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-
GPS	-	-	8,1	7,7	9,5	8,5	8,1	8,3	5,9	8,1
Gras na GPS	-	-	4,9	3,8	3,4	0,7	2,8	2,8	2,0	2,9
Bedrijf	10,4	9,9	11,9	11,9	11,7	9,8	10,9	11,1	9,4	11,0

Door beperking van de beweiding voor zowel melkvee als jongvee is de weidegrasopbrengst na 2000 gedaald tot gemiddeld 1,7 ton ds/ha (zie ook hoofdstuk 2.4.6). Hierdoor wordt meer gras ingekuuld. De gerealiseerde opbrengsten van alle gewassen zijn hoger dan de prognose in 1992.

Op de K&K-bedrijven is de gewasopbrengst hoger dan op De Marke. Dit is niet verwonderlijk gezien het hoger vochtvasthoudend vermogen van de bodem en de hogere bemestingsniveaus. Door een intensievere beweiding is de weidegrasopbrengst hoger dan op De Marke maar daar staat tegenover dat de opbrengst van kuilgras lager is. De maïsopbrengst is hoger maar daar moet bij opgemerkt worden dat op De Marke de 'mindere' percelen in aanmerking komen om geoogst te worden als snijmaïs en de 'betere' percelen als MKS worden geoogst. De gemiddelde maïsopbrengst op De Marke ligt dus hoger dan de in Tabel 2.15 weergegeven opbrengst van snijmaïs.

Tabel 2.15 Netto gewasopbrengsten (ton droge stof per ha) Koeien & Kansen (zandbedrijven)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	'00-'05
Gras	11,6	11,1	11,2	10,6	11,7	11,6	11,3
- weidegras	4,0	4,0	3,8	3,7	3,2	3,3	3,7
- kuilgras	7,6	7,1	7,4	6,9	8,5	8,3	7,6
Snijmaïs	13,9	14,0	14,5	16,1	14,5	14,8	14,6

De gemiddelde gewasopbrengst op de zandbedrijven ligt op hetzelfde niveau als dat van De Marke. Omdat de bemesting op een veel hoger niveau ligt is de efficiëntie van meststof naar gewas veel lager. De niet opgenomen meststoffen zijn een belangrijke bron van verliezen. De K&K-bedrijven realiseren met een

lagere bemesting een hogere gewasopbrengst dan de praktijk op zandgrond. Hierin onderscheiden zij zich duidelijk. Hun hogere efficiëntie betekent minder mineralen verliezen.

Tabel 2.16 Netto gewasopbrengsten BIN bedrijven (ton droge stof per ha)

	Gemiddelde zandbedrijven		Droog zand 10-14 ton melk/ha	
	2001	2002	2001	2002
Gras	9,8	10,6	9,2	10,9
- weidegras	3,0	3,4	3,8	3,8
- kuilgras	6,8	7,2	5,4	7,1
Snijmaïs	12,0	12,3	13,1	12,4
Bedrijf	10,3	11,0	10,2	11,3

Tabel 2.17 geeft een overzicht van de voerkwaliteit van kuilgras, weidegras en snijmaïskuil op De Marke. Alleen het energiegehalte (VEM), darmverteerbaar eiwit (DVE) en het ruw eiwitgehalte (RE) zijn weer gegeven.

Tabel 2.17 Voederwaarde graskuilen, weidegras en snijmaïskuil op De Marke (gr/kg droge stof)

	Prog.	Gem. '93-'99	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Gem. '00-'06
Graskuil										
VEM	880	860	791	884	838	799	862	893	871	860
DVE	74	69	58	73	69	63	65	76	72	70
RE	158	178	157	171	176	140	148	153	181	162
Weidegras										
VEM	974	993	1019	1009	997	999	1012	989	1007	1005
DVE	103	101	104	104	105	104	103	101	104	104
RE	213	221	209	215	240	231	202	215	210	219
Snijmaïskuil										
VEM	910	968	1018	976	941	949	974	951	1018	975
DVE	49	48	53	49	50	51	54	48	58	52
RE	79	73	71	73	78	71	74	69	88	75

Het VEM gehalte in de graskuilen is in alle jaren vrijwel gelijk gebleven. Het jaar 2003 springt er in negatieve zin uit omdat toen de eerste snede vanwege de slechte weersomstandigheden pas eind mei kon worden geoogst. Vanwege een slecht grasjaar is er in de rest van het jaar weinig gras geoogst en heeft de eerste snede een grote invloed op de gemiddelde jaarkwaliteit. Dit verklaart ook het lage RE gehalte in 2003. De eerste snede had maar een RE gehalte van 130 gr/kg drogestof. Het RE gehalte is in de periode 2000-2006 met 11% gedaald ten opzichte van de periode 1993-1999. In 2004 en 2005 loopt deze daling op tot 15%. In 2006 is in het voorjaar, vanwege de droogte, het gras in een jong stadium geoogst wat resulteerde in een hoger RE-gehalte in voorjaarsgras dan in de jaren daarvoor. Het VEM gehalte van het weidegras is iets toegenomen terwijl DVE en RE gelijk zijn gebleven. Door vermindering van de beweidingduur wordt bij een iets lagere grasopbrengst ingeschaard en dat geeft een hogere VEM waarde.

De kwaliteit van de snijmaïskuil is gemiddeld over de periode 2000-2006 niet gewijzigd ten opzichte van de periode 1993-1999. De verschillen tussen de jaren zijn gering. In 2006 heeft de maïs veel last gehad van de droogte. Na deze droogteperiode in juni en juli heeft het gewas in de natte augustusmaand veel groene massa gevormd wat resulteerde in hoge VEM en eiwitgehalten.

2.4.6 Beweiding

De Marke streeft eernaar milieudoelen te realiseren met behoud van enige vorm van beweiding. Aan de beweiding hangt het nadeel van een verhoogde nitraatuitspoeling. De benutting en verdeling van de weidemest is slecht. Op De Marke wordt een aantal maatregelen genomen om de nadelen van beweiding te verminderen.

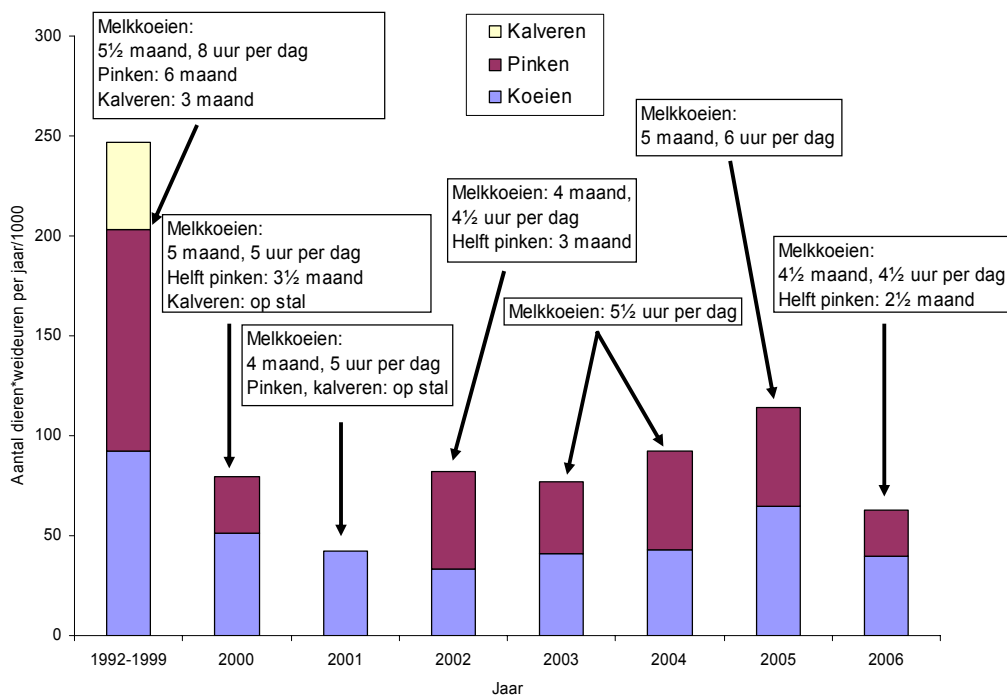
De belangrijkste maatregel is beperking van de beweiding. De melkkoeien lopen niet de hele dag buiten. In de periode 1992-1999 liepen de koeien 8 uur per dag buiten. In de periode na 2000 is dit nog teruggebracht tot 5 à 6 uur per dag. Daarnaast is het aantal weidedagen teruggebracht. De datum van volledig opstallen is verschoven van 1 oktober naar 1 september. In de jaren 2001-2004 is de eerste snede gras volledig gemaaid en pas daarna zijn de koeien naar buiten gegaan. Het aantal weidedagen is daarmee fors verminderd. Omdat de indruk bestond dat dit systeem ten koste ging van de zode kwaliteit is er in 2005 toch weer voor gekozen om de koeien in april naar buiten te doen. Het aantal uren per dag, het aantal dagen per jaar en het aantal dieren bepalen de intensiteit van beweiding op jaar basis. Uit Tabel 2.18 blijkt het aantal weideuren per jaar in de periode 2000-2006 gehalveerd is ten opzichte van de periode 1992-1999. Daar komt nog bij dat er gemiddeld enkele koeien minder aanwezig waren (Tabel 2.2).

Tabel 2.18 Kengetallen beweiding melkkoeien De Marke.

	Gem. '92-'99	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Gem. '00-'06
Begindatum	15-apr	19-apr	28-mei	30-mei	3-juni	21-mei	4-apr	20-apr	
Einddatum	1-okt	16-sep	17-sep	21-sep	16-sep	17-sep	7-sep	5-sep	
Aantal dagen/jaar	165	150	114	114	107	120	156	137	128
Aantal uren/dag	8,0	5,0	5,7	4,5	5,6	5,4	6,0	4,4	5,2
Aantal uren/jaar	1320	750	650	513	599	648	936	603	671

Ook het aantal beweidingdagen van de pinken is verminderd. De pinken worden achter de melkkoeien aangeweid en vreten het restgras dat de koeien laten staan. Op deze wijze worden de beweidingverliezen beperkt (zie ook de toelichting op de volgende bladzijde met betrekking tot het omweiden). In 2001 zijn de pinken volledig op stal gehouden. Het was hierdoor moeilijker om de melkkoeien al het gras te laten opvreten en moeilijker om de beweiding rond te zetten met geringe beweidingverliezen. Dit is ook de reden dat in 2002 de pinken toch weer naar buiten zijn gegaan. Sinds 2000 zijn niet alle pinken geweid maar ongeveer de helft van het totale aantal. De pinken weiden 24 uur per dag. De kalveren blijven sinds 2000 het gehele jaar binnen.

In Figuur 2.1 staat een schematische weergave van de beweiding. De beweidingintensiteit is beperkt om de hoeveelheid stikstof die met weidemest wordt uitgescheiden te verminderen. In de figuur is de intensiteit van de beweiding uitgedrukt in hoeveelheid stikstof met weidemest. Per diercategorie is met een standaard norm per dier per dag gerekend. Uit de figuur blijkt dat de hoeveelheid stikstof met weidemest na 2000 meer dan gehalveerd. De melkkoeien nemen het grootste deel van de vermindering voor hun rekening maar ook de beperking van de beweiding van het jongvee levert een flinke bijdrage.



Figuur 2.1 Schematische weergave van de beweiding op De Marke

Naast het beperken van de beweiding heeft ook het rantsoen dat tijdens de weideperiode aan de melkkoeien op stal wordt bijgevoerd invloed op de hoeveelheid stikstof met weidemest. Op De Marke wordt het eiwitrijke gras gecompenseerd met eiwitarme producten. Aan het voerhek wordt een mengsel met een groot aandeel maïs gevoerd en via de voercomputer wordt gedoseerd MKS aan de hoogproductieve koeien verstrekt. Op deze wijze wordt voorkomen dat er een overmaat aan eiwit wordt opgenomen en alsnog veel stikstof met mest en urine de koe verlaat. Het ureumgehalte van de melk is hiervoor sturend.

De beweidingstijd per perceel wordt kort gehouden. Met de perceelsgrootte wordt hier rekening mee gehouden. Een korte beweidingstijd per perceel vermindert de beweidingverliezen en zorgt ervoor dat de melkkoeien altijd de beschikking hebben over voldoende smakelijk gras. Het beweidingssysteem dat op De Marke wordt toegepast, stelt hoge eisen aan het management. Beweiding mag slechts een beperkt aantal uren per dag plaatsvinden. De beweidingstijd per perceel moet kort zijn en de hoeveelheid restgroen na beweiding moet laag zijn, maar wel voldoende om de pinken nog te kunnen beweiden. De wisselende grasgroei, graskwaliteit, weersgesteldheid en perceelsoppervlaktes bemoeilijken het realiseren van de beweiding binnen deze randvoorwaarden.

Op de K&K-bedrijven worden de melkkoeien in 2005 minder geweid dan in 1999. Zowel het aantal uren per dag als het aantal dagen per jaar zijn verminderd. In Tabel 2.19 staat daar een overzicht van. Bijna de helft van de bedrijven doet de melkkoeien naar buiten nadat de eerste snede volledig is gemaaid. De overige bedrijven beginnen vroeg in het voorjaar met de beweiding. In de datum van opstallen zit niet alleen veel variatie tussen de bedrijven maar ook binnen de bedrijven. Deze datum wordt door vele factoren bepaald waarbij het grasaanbod en de weersomstandigheden het belangrijkste zijn. Door het groeizame najaar van 2005 liepen de melkkoeien op enkele bedrijven tot 1 december buiten. Van de 10 zandbedrijven is er één die de melkkoeien helemaal niet beweiden. Gemiddeld hebben de K&K-bedrijven voor de melkkoeien het dubbele aantal weideuren per jaar dan De Marke.

Tabel 2.19 Kengetallen beweiding melkkoeien Koeien&Kansen (zandbedrijven)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Gem. '99-'06
Aantal dagen/jaar	173	159	124	144	126	148	145	146
Aantal uren/dag	9,3	9,1	7,5	7,2	7,3	6,9	6,1	7,6
Aantal uren/jaar	1550	1598	1033	1164	1034	1179	991	1221

In de periode 1999-2005 is ook het aantal weidedagen van de pinken verminderd. De meeste bedrijven doen de pinken pas halverwege de zomer naar buiten en een enkel bedrijf stalt ze eerder op dan de melk-koeien. Een belangrijke wijziging is het aantal pinken dat wordt beweid. In de verslagperiode is het aantal pinken dat volledige weidegang heeft gehad verminderd. Dit tezamen met een vermindering van het aantal weidedagen zorgt voor minder weidemest en een lagere milieubelasting door beweiding.

2.4.7 Mestvergisting op De Marke

Vanaf 2003 is alle geproduceerde drijfmest vergist. Hiervoor is op het bedrijf de mestsilo omgebouwd tot vergistingstank. De belangrijkste doelstellingen van het vergisten van mest is het onderzoeken of de benutting van de mineralen in vergiste mest door vergisting verhoogd kunnen worden. Bijkomende delen zijn het reduceren van de methaanemissie en het zelf voorzien in groene en duurzame energie. Het onderzoek richt zich op de technische en economische aspecten van mestvergisting, op de bemestende waarde van de vergiste mest en op de inpassing van de vergiste mest in het bedrijfssysteem.

Door het creëren van een goed milieu voor de bacteriën in de vergistingstank ontsnapt het methaan uit de mest. Dit methaan dient als brandstof voor een motor die een generator aandrijft die elektriciteit produceert. De elektriciteit dient zowel voor eigen gebruik als voor levering aan het net. De organische stof in de mest dient als voedsel voor de bacteriën. Vergiste mest heeft daardoor een lager organisch stof gehalte dan verse mest (zie Tabel 2.20). Door naast mest ook ander organisch materiaal aan de vergistingstank toe te voegen kan de methaanproductie verhoogd worden. Op De Marke wordt dit maar beperkt toegepast. Buiten een onderzoeksperiode waarin een aantal aangevoerde producten zijn onderzocht wordt er een beperkte hoeveelheid bedrijfseigen organisch materiaal toegevoegd. Het gaat hierbij om vaste mest uit de afkalf- en kalverstal en voerresten.

Tabel 2.20 Samenstelling verse en vergiste mest op De Marke (g/kg product) (Kool, 2006)

	Droge stof	Org. Stof	N-tot	C/N quotiënt	N-min	N-org	P ₂ O ₅	K ₂ O
Verse mest	93	74	4,3	7,9	1,8	2,6	1,5	5,6
Vergiste mest	54	38	3,9	4,6	2,4	1,5	1,0	5,8

Uit Tabel 2.20 blijkt dat de hoeveelheid organische stof in de mest bijna gehalveerd wordt en dat een gedeelte van de organisch gebonden stikstof wordt omgezet in minerale stikstof en tevens de hoeveelheid N-tot is gedaald. Mogelijk dat de stikstof uit vergiste mest vollediger en sneller kan worden opgenomen. De vergiste mest heeft een laag drogestof gehalte en door de vergisting worden de slijmstoffen in de mest opgelost. Hierdoor is de mest homogeen en gemakkelijk te verpompen en te verwerken. Mogelijk dat dit de benutting ten goede komt. In de bijdrage van Verloop et al. (2006) wordt verder ingegaan op bemestende waarde van de vergiste mest.

2.5 Samenvatting

De bedrijfsopzet van 'De Marke' wijkt in veel opzichten af van de gangbare praktijk, maar er zijn ook overeenkomsten (Tabel 2.21). Ook verschilt de wijze waarop efficiënt mineralenbeheer op 'De Marke' en op de 'Koeien & Kansen bedrijven op droog zand in praktijk wordt gebracht. Dat komt niet alleen doordat de doelstellingen waarop de bedrijven zich richten en het productieniveau verschillend zijn, maar ook doordat de optimale aanpak van mineralenbeheer afhankelijk is van de omstandigheden op het bedrijf.

Een belangrijke factor is de droogtegevoeligheid op 'De Marke'. Op 'De Marke' is de droogtegevoeligheid van de bodem veel groter dan op de overige 'Koeien & Kansen bedrijven'. Daardoor is er minder vocht beschikbaar voor de gewasproductie. Dat maakt het logisch om een relatief ruim aandeel maïs in het bouwplan te hebben, omdat maïs met dezelfde hoeveelheid vocht veel meer droge stof kan produceren dan gras. Ook de hoge uitspoelingsgevoeligheid van de bodem heeft gevolgen. Op 'De Marke' is veel minder ruimte voor een activiteit die gevoelig is voor nitraatuitspoeling zoals beweiding als op andere bedrijven waarvan de bodem minder uitspoelingsgevoelig is. Tenslotte is de optimale bedrijfsvoering verschillend door verschillen in voorkeuren van de ondernemer. Dat blijkt onder meer uit verschillen tussen 'Koeien & Kansen bedrijven' in de beweidingsintensiteit.

Op 'De Marke' is het aandeel gras relatief laag. Om organische stof in de bodem te behouden, wordt maïs in vruchtwisseling geteeld met drie jaar gras. Op 'Koeien & Kansen bedrijven' wordt vruchtwisseling vrij algemeen toegepast. De overgang van de graslandfase in de bouwlandfase wordt op deze bedrijven bepaald door de kwaliteit van de graszode. Als de graszode te ver achteruitgaat, wordt de zode ondergeploegd en begint de bouwlandfase. Op 'De Marke' komt naast tijdelijk gras (in vruchtwisseling) ook blijvend gras voor.

De N bemesting op 'De Marke' is lager dan op 'Koeien & Kansen bedrijven' en dan in de praktijk. De P bemesting op 'De Marke' is lager dan op 'Koeien & Kansen bedrijven'. Kenmerkend voor 'De Marke' is een maximale benutting van mineralen in dierlijke mest. Daardoor blijft de kunstmest behoefte laag en blijft de totale aanvoer van N en P met bemesting beperkt. Sinds 2004 wordt op 'De Marke' helemaal geen kunstmest meer gebruikt. De droge stof opbrengst van gewassen ontloopt elkaar op de verschillende bedrijven niet veel.

Op veel bedrijven (ook Koeien & Kansen bedrijven) wordt intensiever geweid dan op 'De Marke'; dit blijkt echter niet zo duidelijk uit het aantal weide-uren omdat het gemiddelde beïnvloed wordt door enkele bedrijven waar het vee voltijds is opgesteld. Op 'De Marke' wordt een kort beweidingseizoen toegepast, wordt 6 uur beweide per dag en wordt het vee omgeweid (waarbij het vee slechts 5-10 dagen op een perceel graast, waarna het naar een ander perceel verhuist). Op sommige bedrijven wordt standweiden toegepast (waarbij vee langdurig op hetzelfde perceel kan grazen), andere bedrijven weiden het vee volgens het omweidesysteem en ook mengvormen komen voor.

Tabel 2.21 Kenmerken van gangbare melkveebedrijven op droog zand, Koeien & Kansen bedrijven en 'De Marke' in 1993-1999 en 2000-2005

	Gangbaar 2000-2001	K&K 2000-2005	De Marke 1993-1999	De Marke 2000-2005
Productie				
Kg melk ha ⁻¹	11.967	14.743	12.091	12.768
Veestapel				
Melkkoe ha ⁻¹	1,6	1,8	1,4	1,4
Jongvee per 10 melkkoe	7,7	7,0	7,5	7,4
Teeltplan				
Areaal gras (%)	61	71	57	58
Bemesting*)				
Gras N (kg ha ⁻¹)	315	354	360	306
Gras P (kg ha ⁻¹)	-	40	23	24
Maïs N (kg ha ⁻¹)	326	208	91	51
Maïs P (kg ha ⁻¹)	65	31	27	16
Gewasopbrengst				
Droge stof (ton ha ⁻¹)	10,8	12,3	9,9	11,0
Beweiding				
Uren/jaar	-	1221	1320	671

*) Drijf- en kunstmest in kg N totaal

Literatuur

- Aarts, H.F.M., G.J. Hilhorst, F. Nevens & J.J. Schröder, 2003.
Betekenis wisselbouw voor melkveebedrijf op lichte zandgrond. De Marke rapport nr. 36.
- Aarts, H.F.M., C.H.G. Daatselaar & G. Holshof, 2005.
Bemesting en opbrengst van productiegrasland in Nederland. PRI rapport nr. 102.
- 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 nr. 1.
- Dekkers, J.M.J., 1992.
De bodemgesteldheid van het proefbedrijf Melkveehouderij en Milieu te Hengelo (Gld.). De Marke rapport nr. 2.
- Haan, M.A., H.F.M. Aarts, I. Vermeij & B. Meerkerk, 2006.
Werken met het nieuwe mestbeleid op Koeien & Kansen bedrijven. Koeien & Kansen rapport nr. 34.
- Keulen, H., 2000.
Duurzame melkveehouderij en stikstofmanagement. De Marke rapport nr. 29.
- Kool, A., 2006.
Co-vergisting De Marke. CLM rapport 636 – 2006.
- Koskamp, G.J., J. Oenema & P.J. Galama, 2001.
Extrapolatie van de resultaten van De Marke via prototypering in Koeien & Kansen. In: Het nitraatbeleid: de wetenschap, de sector en het beleid. De Marke rapport nr. 30.
- Remmelink, G., G. Smolders & G.J. Hilhorst, 2006.
Diermanagement De Marke stalperiode 2003/04 tot en met weideseizoen 2005. Intern rapport De Marke nr. 53.

3 De ontwikkeling van het mineralenspoor op zandgrond vanaf 2000

Jouke Oenema, Koos Verloop & Gerjan Hilhorst

3.1 Inleiding

In 2000, na 6 jaar ervaring met het systeem, werd het functioneren van 'De Marke' uitgebreid geanalyseerd en bediscussieerd op de themadag 'Stikstofbeheer en grondwaterkwaliteit op proefbedrijf 'De Marke'. 'De Marke' voldeed in 1993-1999 niet aan de doelstelling voor het fosforoverschot ($2,00 \text{ kg ha}^{-1}$ gerealiseerd versus $0,45$ als norm) en aan die voor de emissie van stikstofoxiden (5 kg N ha^{-1} gerealiseerd versus 3 als norm). 'De Marke' voldeed ook niet aan de doelstelling voor nitraat (Aarts & Van Keulen, 2000). De nitraatuitspoeling was kort na de implementatie gedaald van een hoge waarde, die het gevolg was van het landbouwkundig gebruik van de grond in de periode voordat 'De Marke' van start ging, maar leek vervolgens te stabiliseren bij een waarde van ongeveer 54 mg l^{-1} , 4 mg l^{-1} hoger dan de norm. Bovendien was het stikstofoverschot op de bedrijfsbalans en de bodembalans hoger dan de norm. Volgens de inzichten waarop het systeemontwerp was gebaseerd, mag het bodemoverschot ten hoogste 79 kg N ha^{-1} bedragen om de nitraatnorm van 50 mg l^{-1} te realiseren. Het bodemoverschot was 129 kg N ha^{-1} . De (gasvormige) ammoniakverliezen bleven wel binnen de norm.

Op grond van deze analyse werd het ontwerp van het bedrijfssysteem aangepast om te kunnen voldoen aan doelstellingen met betrekking tot de nitraatuitspoeling en het fosfaatoverschot. Vanaf 2000 zijn de aanpassingen ingevoerd in de bedrijfsvoering. De aangepaste bedrijfsvoering correspondeert met een aangepaste prognose van de mineralenstromen van en naar het bedrijf en in het bedrijf. Deze aangepaste prognose duiden we hier aan als 'Prognose 2000'. Om de vraag te kunnen beantwoorden in hoeverre de aanpassingen die in 2000 zijn ingevoerd, hebben bijgedragen aan het realiseren van de doelstellingen is inzicht nodig in de mineralenstromen op het bedrijf. Aanpassingen in de bedrijfsvoering zijn te herleiden tot veranderingen in de mineralenstromen en veranderingen in de mineralenstromen kunnen worden gerelateerd aan veranderingen in het bereik van doelen.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op mineralenstromen die werden waargenomen op 'De Marke' in de periode 2000-2005 en in de afzonderlijke jaren na 2000. Deze worden vergeleken met:

- 'Prognose 2000';
- de resultaten van 'De Marke' uit de periode 1993-1999,
- de resultaten van K&K-bedrijven op zandgrond in de periode 2000-2005 en (waar mogelijk);
- gegevens van BIN bedrijven op zandgrond in de periode 2000-2001.

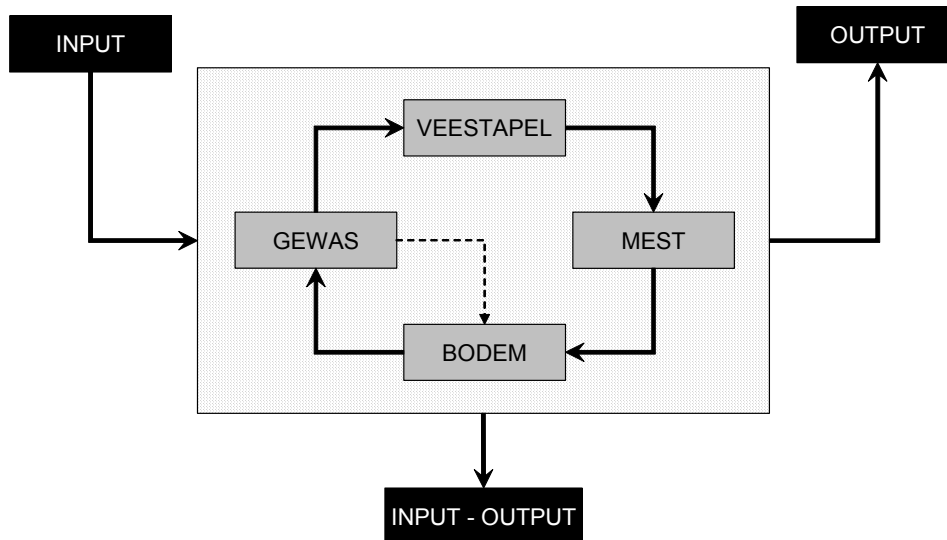
Ingegaan wordt op zowel ontwikkelingen in de aan- en afvoer van N en P van en naar het bedrijf als op de overdracht tussen bedrijfscomponenten *in* het bedrijf.

3.2 Mineralenstromen in de melkveehouderij

3.2.1 Mineralenkringloop

De mineralenkringloop laat zien hoe aanvoer en afvoer van mineralen op een melkveebedrijf met elkaar in verband staan (Figuur 3.1). Een volledige stikstofkringloop op een melkveehouderijbedrijf is weergegeven in Bijlage I. Gewoonlijk worden niet alle aangevoerde mineralen voor 100% benut, dat wil zeggen omgezet in mineralen die worden afgevoerd met producten. Het verschil tussen aanvoer en afvoer is het niet in product omgezette deel van de aanvoer: het overschot (= aanvoer – afvoer).

Om de mineralenstromen in melkveebedrijven te begrijpen, wordt de overdracht bestudeerd in vier bedrijfs-onderdelen, namelijk VEESTAPEL, MEST, BODEM en GEWAS (Bijlage I; Figuur I.1 en Tabel 3.2). Deze bedrijfs-onderdelen zijn de schakels in de mineralenkringloop van een melkveebedrijf. De mineralenbalans van een schakel maakt zichtbaar hoe (on)volledig mineralen van het ene bedrijfs-onderdeel in het andere wordt overgedragen. Als deze omzetting wordt vergeleken met haalbare niveaus kan duidelijk gemaakt worden waar de zwakste plekken in het gehele bedrijfssysteem liggen (Aarts et al., 1992).



Figuur 3.1 Eenvoudige weergave van aanvoer- en afvoerrelaties op een melkveehouderijbedrijf. INPUT = de hoeveelheid aangevoerde mineralen. OUTPUT = de hoeveelheid met producten afgevoerde mineralen. De pijlen wijzen de richting aan van aanvoer en afvoer. De onderbroken lijn van GEWAS naar BODEM geeft de verliezen aan die optreden tijdens beweiden, maaien en oogsten

3.2.2 Balansen & efficiëntie

Een mineralenbalans weegt de aanvoer af ten opzichte van de afvoer. Het verschil levert een overschot op. Op een melkveebedrijf is het mogelijk een mineralenbalans op te stellen voor het gehele bedrijf (bedrijfsbalans) en per bedrijfsonderdeel, de schakels in de mineralenkringloop. De efficiëntie van het bedrijf is het percentage van de aanvoer aan mineralen naar het bedrijf (in voer en meststoffen) dat het bedrijf weer verlaat (in melk en vlees). Het zegt dus iets over de benutting van de aangevoerde mineralen door een bedrijf. We definiëren de efficiëntie als:

$$\text{Efficiëntie bedrijf} = \text{afvoer/aanvoer}$$

De balansposten die voorkomen op de bedrijfsbalans zijn weergegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 De jaarlijkse bedrijfsbalans in de melkveehouderij

	Bedrijfsbalans
Aanvoer ¹	Krachtvoer Ruwvoer Kunstmest Dierlijke mest Klaver Atmosferische depositie
Afvoer ²	Melk Vee
Aanvoer – afvoer	'Verliezen' van het bedrijf: Ammoniakvervluchtiging Denitrificatie (alleen voor N) Ophoping Uitspoeling
Afvoer / aanvoer	Efficiëntie van het bedrijf

¹ Aanvoer betreft de 'netto aanvoer'. De balanst termen zijn gecorrigeerd voor afvoer en voor voorraadwijzigingen

² Afvoer betreft de 'netto afvoer'. De balanst termen zijn gecorrigeerd voor aanvoer en voorraadwijzigingen

De efficiëntie van de veestapel geeft aan welk deel van de naar de veestapel aangevoerde mineralen wordt omgezet in mineralen in melk en vlees.

$$\text{Efficiëntie veestapel} = \frac{\text{mineralen in geproduceerd melk en vlees}}{\text{mineralen aangevoerd in voer}}$$

Vanaf het moment van uitscheiding van mineralen door vee, kunnen de mineralen pas na doorlopen van de cyclus, mest, bodem en gewas weer omgezet worden in melk en vlees. De efficiëntie per bedrijfs onderdeel (op basis van de balans per bedrijfs onderdeel; zie Tabel 3.2) geeft aan welk deel van de aangevoerde mineralen wordt overgedragen naar het volgende onderdeel in de cyclus:

$$\text{Efficiëntie mest} = \frac{\text{omzetting van de excretie (faeces + urine) in benutbare meststof}}{\text{omzetting van meststoffen (drijfmest, weidemest en kunstmest), N-fixatie (klaver), depositie en veldverliezen (beweidings- en oogstverliezen) in brutogewas}}$$

$$\text{Efficiëntie bodem} = \frac{\text{omzetting van meststoffen (drijfmest, weidemest en kunstmest), N-fixatie (klaver), depositie en veldverliezen (beweidings- en oogstverliezen) in brutogewas}}{\text{omzetting van brutogewas in benutbaar voer}}$$

$$\text{Efficiëntie gewas} = \frac{\text{omzetting van brutogewas in benutbaar voer}}{\text{omzetting van brutogewas in benutbaar voer}}$$

De exacte berekening per efficiëntie is in Bijlage I opgenomen.

Tabel 3.2 Overzicht balansposten per bedrijfs onderdeel

	Veestapel	Mest	Bodem	Gewas
Aanvoer	Krachtvoer Ruwvoer Weidegras Vee	Excretie weide Excretie stal Aanvoer mest	Weidemest Dierlijke mest Kunstmest Atmosferische depositie Veldverliezen ¹ Klaver	Bruto weidegras Bruto kuilvoer Aanvoer ruwvoer
Afvoer	Melk Vee Mutatie vee	Weidemest Dierlijke mest Afvoermest Mutatie mest	Bruto weidegras ² Bruto kuilvoer ²	Opname weidegras Opname ruwvoer Afvoer ruwvoer Mutatie ruwvoer
Aanvoer – Afvoer	Excretie in weide en stal	Ammoniak uit mest	Ophoping Denitrificatie Uitspoeling	Beweidings-, Oogst-, conserverings- en vervoederings- verliezen

¹ Veldverliezen (beweidings- en oogstverliezen) die terugvloeien naar de bodem

² Bruto afvoer met gewas is opname van mineralen uit de bodem in oogstbaar gewas (ook wel staand gewas); netto afvoer met gewas is afvoer van mineralen van het land met geoogst gewas. Dit is gelijk aan bruto afvoer min veldverliezen

3.2.3 Bedrijfsysteem 'De Marke'

Randvoorwaarden voor N en P

De in het project 'De Marke' geformuleerde hoofdoelen, nevensdoelen en randvoorwaarden (Biewinga et al., 1992; Aarts et al., 1992) zijn uitgebreid beschreven in hoofdstuk 2 van dit rapport. Hier wordt nogmaals naar voren gehaald wat van belang is voor bespreking van de ontwikkeling van het mineralenspoor. De uitspoeling van nitraat naar het bovenste grondwater mag niet groter zijn dan 50 mg l⁻¹. In Biewinga et al., (1992) is geschat dat dit gerealiseerd kan worden door het N overschot op de bodembalans te beperken tot maximaal 81 kg N ha⁻¹ jr⁻¹. Later is altijd uitgegaan van een maximaal acceptabel N overschot van 79 kg N ha⁻¹ jr⁻¹; deze waarde wordt overall in dit rapport als randvoorwaarde gehanteerd. De ammoniakvervluchtiging mag niet groter zijn dan 44 kg N per hectare per jaar. Het maximaal toelaatbaar verlies door N₂O-vervluchtiging is 3 kg N ha⁻¹. De som van deze verliesposten is het maximaal toelaatbaar overschot op de bedrijfsbalans: 128 kg N ha⁻¹ jr⁻¹. Voor P is uitgegaan van een overschot van maximaal 0,45 kg per hectare per jaar.

Het ontwerp, 'Prognose 1992' en de resultaten in 1993-1999

Binnen deze randvoorwaarden voor N en P is een bedrijfssysteem ontworpen waarvan de verwachte mineralenstromen werden uitgedrukt in een prognose 'De Marke' (Prognose 1992, Tabel 3.3). Het in 'Prognose 1992' geschatte N overschot op de bedrijfsbalans (122 kg ha^{-1}) valt binnen de hiervoor genoemde randvoorwaarde van 128 kg ha^{-1} . Voor P werd een evenwicht tussen aan- en afvoer verwacht, wat ook binnen de randvoorwaarde valt (Biewinga et al., 1992).

In de eerste jaren volgend op de implementatie van het ontwerp in de praktijk (1993-1999) bleek dat (Tabel 3.3, 'Resultaten 1993-1999'):

- de N opbrengst van ruwvoer aanzienlijk lager was dan verwacht;
- de opname van voer (en dus ook N) door vee veel hoger was dan verwacht.
- de N aanvoer met veevoer hoger was dan verwacht (95 in plaats van 41 kg ha^{-1}) en
- het N overschot op de bedrijfsbalans hoger was dan verwacht (154 in plaats van 122 kg ha^{-1}).

Tabel 3.3 N en P bedrijfsbalansen op 'De Marke' ($\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$). 'Prognose 1992' (Biewinga et al., 1992; Hilhorst et al., 2001), de resultaten uit de periode 1993-1999 en 'Prognose 2000' (naar Aarts & Van Keulen, 2000)

	Prognose 1992		Resultaten 1993-1999		Prognose 2000	
	N	P	N ¹	P	N	P
Aanvoer						
Krachtvoer	41	6	95	13,9	54	12,5
Ruwvoer	0	0	2	-0,1	0	0,0
Kunstmest	67	6	71	0,7	51	0,0
Organische mest	0	0	1	0,4	0	0,0
Klaver	30		6 (11)		6	0,0
Vee	0	0	0	0,0	0	0,0
Depositie	49	1	49 (45)	0,9	49	0,9
Diversen	5	0	5	0,0	5	0,0
Som	195	13	229 (230)	15,8	165	13,4
Afvoer						
Melk	62	11	66	10,8	66	10,8
Vee	8	2	9	2,6	9	2,7
Som	70	13	75	13,4	75	13,5
Overschot	122	0	154 (155)	2,4	90	-0,1

¹ De posten N-binding met klaver en atmosferische depositie zijn recent bijgesteld. De waarden tussen haakjes geven de verbeterde waarden weer. 'Prognose 2000' ging nog uit van respectievelijk 6 en $49 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (verdere toelichting hierover is te vinden in Bijlage II)

In Tabel 3.4 zijn de mineralenstromen weergegeven voor de bedrijfsonderdelen VEESTAPEL en BODEM. Weergegeven zijn de verwachting volgens prognose van 1993, de resultaten van 1993 tot en met 1999 en de verwachting volgens prognose 2000. We zien dat in de periode 1993-1999 de excretie van de veestapel hoger was dan de prognose en dat het bodemoverschot hoger was dan de prognose.

Tabel 3.4 N en P balansen op 'De Marke' ($\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$) voor de veestapel en bodem. 'Prognose 1992': waarden volgens het ontwerp uit 1993 (Biewinga et al., 1992); De resultaten in de periode 1993-1999 en 'Prognose 2000': waarden volgens het aangepaste ontwerp in 2000 (naar Aarts & Van Keulen, 2000)

	Prognose 1992		Resultaten 1993-1999		Prognose 2000	
	N	P	N ¹	P	N	P
VEESTAPEL						
Aanvoer						
Krachtvoer	41	5,9	85	14,0	54	12,5
Ruwvoer	237	34,2	234	29,7	234	29,7
Som	278	40,1	319	43,7	288	42,2
Afvoer						
Melk	62	10,6	66	10,7	66	10,8
Vlees	8	2,2	9	2,7	9	2,7
Excretie weide	55	7,0	51	5,7	36	4,9
Excretie stal	151	20,2	193	24,3	177	23,8
Som	276	40,0	319	43,5	288	42,2
% melk en vlees van aanvoer	25	32	23	31	25	32
BODEM						
Aanvoer						
Weidemest	51	7,0	48	5,7	32	5,0
Drijfmest	137	20,2	177	24,8	170	24,0
Kunstmest	67	6,0	71	0,7	51	0,0
Depositie	49	0,9	49 (45)	1,0	49	1,0
Veldverliezen	21	3,1	17	2,3	11	2,0
Klaver	30	0,0	6 (11)		6	0,0
Som	355	37,2	368 (369)	34,5	319	32,0
Afvoer						
Oogstbaar gewas	276	37,3	240	32,1	240	32,0
Overschot						
% afvoer van aanvoer	79	-0,1	128 (129)	2,4	79	0,0
	78	100	65	94	75	100

¹ De posten N-binding met klaver en atmosferische depositie zijn recent bijgesteld. De waarden tussen haakjes geven de verbeterde waarden weer. 'Prognose 2000' ging nog uit van respectievelijk 6 en 49 $\text{kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ (verdere toelichting hierover is te vinden in Bijlage II)

Aanpassing van het bedrijfssysteem en de vertaling daarvan in 'Prognose 2000'

Omdat de nitraatuitspoeling in 1993-1999 hoger was dan toegestaan werd de bedrijfsvoering aangepast. Ook het N overschot op de bodembalans was hoger dan toegestaan (129 in plaats van 79 kg ha^{-1} ; Tabel 3.4). Daarom lag de conclusie voor de hand dat het aanknopingspunt voor het reduceren van de nitraatuitspoeling lag in het verlagen van het N overschot op de bodembalans tot 79 kg ha^{-1} .

Hoe kon dit bereikt worden? Geconcludeerd werd dat er niet van uitgegaan kon worden dat de N en P opbrengst in oogstbaar gewas systematisch verhoogd kon worden (Aarts & Van Keulen, 2000). In 'Prognose 2000' werd dus uitgegaan van de N en P opbrengsten uit 1993-1999 (Tabel 3.4). Met dat gegeven moet de N aanvoer naar de bodem verlaagd worden om een lager N overschot te realiseren.

Dit werd nagestreefd door i) een lagere N excretie door vee te realiseren door minder jongvee aan te houden en door scherper te voeren en ii) een lager kunstmestgebruik. Het lagere kunstmestgebruik moest mogelijk gemaakt worden door het deel van de N in dierlijke mest die door het gewas benut kan worden (werkzame N) te verhogen. Dat leidt tot een hogere hoeveelheid opneembare N per kubieke meter aangewende dierlijke mest en dus een lagere behoefte van kunstmest. Een hogere benutting van N uit dierlijke mest werd nagestreefd door minder te beweiden.

In 'Prognose 2000' werden ook de posten atmosferische N depositie en de N binding met klaver uit de periode 1993-1999 overgenomen en dus als min of meer vaststaand verondersteld. Na evaluatie van de rekenprocedure zijn deze posten onlangs bijgesteld (zie de cursief gedrukte waarden tussen haakjes in de Tabellen 3.3 en 3.4). In Bijlage II wordt de rekenprocedure nader toegelicht. De gevolgen van de bijstelling voor de totale N aanvoer en voor het N overschot voor het gehele bedrijf zijn verwaarloosbaar doordat de aanpassingen elkaar opheffen.

De belangrijkste aanpassingen ten opzichte van het systeem zoals dat in 1993-1999 in praktijk was gebracht, waren dus:

- een verlaging van het jongveebestand;
- een verlaging van het krachtvoer gebruik;
- verlaging van de beweidingsintensiteit;
- minder gebruik van kunstmest N, mogelijk gemaakt doordat de lagere beweidingsintensiteit zou leiden tot een toename van de hoeveelheid werkzame N uit dierlijke mest).

Deze aanpassingen werden gedaan, sturend op een gelijkblijvend bemestingsniveau. In 2003 en later is het bemestingsniveau in gras wel verlaagd (zie hoofdstuk 4 dit rapport voor een uitvoeriger beschrijving).

P lifte mee met de aanpassingen gericht op N. De gevolgen van de aanpassingen voor de N en P balansen van de veestapel en de bodem zijn weergegeven in Tabel 3.4. Tabel 3.4 geeft een overzicht van de N en P balansen van de veestapel en de bodem volgens het ontwerp uit 1993 (Prognose 1992), de resultaten van het geïmplementeerde bedrijf in de periode 1993-1999, en het aangepaste ontwerp, 'Prognose 2000'. We zien de hiervoor genoemde aanpassingen in de bedrijfsvoering terug in de volgende verschillen tussen 'Prognose 2000' en de resultaten van het geïmplementeerde bedrijf (resultaten 1993-1999):

- een lagere N en P aanvoer met krachtvoer;
- een lagere N en P excretie door de veestapel;
- een lagere aanvoer van N en P met weidemest;
- een lagere aanvoer kunstmest N.

We zien de aanname van een gelijkblijvende N binding met klaver en atmosferische depositie (uitgaande van de in 2000 bekende waarden met betrekking tot de periode 1993-1999) en een gelijkblijvende N en P opbrengst met ruwvoer eveneens in de tabel terug.

Vergelijken we 'Prognose 2000' met het ontwerp 1993 (Prognose 1992), dan zien we dat:

- de totale voeropname in 1993 lager werd ingeschat;
- de excretie van de veestapel in 1993 lager werd ingeschat;
- in 1993 werd uitgegaan van duidelijk meer beweiden (zie verhouding N weidemest en N drijfmest);
- in 1993 werd uitgegaan van duidelijk hogere opbrengsten van N en P in ruwvoer.

3.3 Resultaten

De mineralenstromen van en naar het bedrijf (bedrijfsbalans) worden eerst besproken. Vervolgens wordt ingegaan op de mineralenstromen binnen het bedrijf. Dat wil zeggen van het bedrijfsonderdeel VEESTAPEL wordt besproken de aanvoer van mineralen naar de veestapel en de overdracht naar i) afvoer met producten (melk en vlees) en ii) excretie. Van het bedrijfsonderdeel BODEM wordt besproken de aanvoer naar de bodem met mest en de overdracht naar met oogstbaar gewas afgevoerde mineralen. De resultaten in de hoofdtekst hebben betrekking over de periodes 1993-1999 en 2000-2005 (gemiddeld), en worden vergeleken met de 'Prognose 2000'. In de bijlage zijn de resultaten van de afzonderlijke jaren 2000 tot en met 2005 gepresenteerd.

3.3.1 De mineralenbalans van het bedrijf

Tabel 3.1 geeft de bedrijfsbalans weer van N en P gemiddeld over de periodes 1993-1999 en 2000-2005 (met 'Prognose 2000' als referentie). In Bijlage III (Tabellen III.1 en III.2) zijn ook de resultaten van de afzonderlijke jaren 2000 tot en met 2005 gepresenteerd.

Het volgende valt op aan de mineralenstromen van en naar het bedrijf in de periode 2000-2005. De N-aanvoer naar het bedrijf nam af, maar bleef boven de waarde die is aangegeven in 'Prognose 2000'. Dit komt grotendeels doordat de jaarlijkse N-aanvoer met krachtvoer en ruwvoer, met 93 kg ha⁻¹ maar weinig lager was dan in de periode 1993-1999. De aanvoer van kunstmest N was 18 kg ha⁻¹ lager dan de prognose. De atmosferische depositie was lager dan de prognose doordat in de prognose uitgegaan was van

een vaste waarde van $49 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$, terwijl later op grond van tijdreeksen een afname werd vastgesteld (zie Bijlage II voor een uitvoeriger toelichting). Dit werd gecompenseerd doordat de N-fixatie door vlinderbloemigen (klaver + erwten) hoger was dan verwacht. De N-fixatie in 2000-2005 is bepaald met de aangepaste rekenprocedure (zie ook Bijlage II) die resulteert in hogere waarden. Echter, de hogere N-fixatie is niet alleen het gevolg van deze aanpassing (zie ook de toelichting bij Tabel 3.3 en 3.4), want die zou geresulteerd hebben in een N fixatie van 12 kg ha^{-1} . Er blijft dus een verschil tussen de opgetreden N fixatie en de verwachting van 31 kg ha^{-1} . Bij een afvoer van N met producten die gelijk was aan de prognose (75 kg N ha^{-1}) is het N-overschot op de bedrijfsbalans aanzienlijk afgenomen tot 120 kg ha^{-1} . Het overschot is echter hoger dan de 90 kg ha^{-1} waar 'Prognose 2000' van uitging.

De gemiddelde aanvoer van P naar het bedrijf in de periode 2000-2005 met veevoer ($13,3 \text{ kg ha}^{-1}$) is hoger dan de prognose. 'Prognose 2000' gaat ervan uit dat de P-aanvoer met aangekocht voer beperkt kan en moet worden om een P-overschot te voorkomen. Deze afname heeft gedeeltelijk plaatsgevonden. Echter, de P-afvoer is ook afgenomen. Hierbij moet aangetekend worden, dat het onzeker is of deze afname *echt* heeft plaatsgevonden. Voor 2000 werd namelijk gerekend met een vast P gehalte in melk en daarna zijn de P gehalten gemeten. Voor 2000 kan het P gehalte in melk en dus de P productie door de veestapel overschat zijn. Het overschot op bedrijfsbalans van P was mede daardoor hoger dan het doel (geen overschot van P). De overschrijding kan voor een deel worden toegeschreven aan opslag van P door het ontstaan van een grotere van de mestvoorraad. De grotere mestvoorraad was nodig omdat overgegaan is op mestvergistings. Om dat proces goed te laten verlopen is een zekere minimale voorraad nodig.

Tabel 3.1 N- en P-balans van 'De Marke' ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$), gemiddeld over de periodes 1993-1999 en 2000-2005, en de prognose gemaakt in 2000. De waarden tussen haakjes bij het resultaat 1993-1999 zijn de aangepaste waarden na evaluatie van de rekenprocedure (zie Bijlage II)

	Stikstof			Fosfor		
	Resultaat '93-'99	Prognose 2000	Resultaat '00-'05	Resultaat '93-'99	Prognose 2000	Resultaat '00-'05
A. Aanvoer						
Krachtvoer	85	54	92	12,1	12,5	12,9
Ruwvoer/krachtv. verv.	11	0	1	1,8	0,0	0,4
Kunstmest	71	51	28	0,7	0,0	0,0
Dierlijke mest	0	0	0	0,0	0,0	0,0
Klaver	6 (11)	6	43			
Vee	0	0	0	0,0	0,0	0,0
Co-producten (vergister) ¹	0	0	1	0,0	0,0	0,1
Atmosferische depositie	49 (45)	49	35	0,9	1,0	0,9
Diversen	5	5	5	0,0	0,0	0,2
<i>Som</i>	229 (230)	165	205	15,5	13,5	14,6
B. Afvoer						
Melk	66	66	65	10,8	10,8	9,9
Vee	9	9	9	2,7	2,7	2,6
Ruwvoer	1	0	1	0,1	0,0	0,2
Dierlijke mest	2	0	0	0,2	0,0	0,0
<i>Som</i>	78	75	75	13,9	13,5	12,7
C. Voorraadmutatie						
Vee	0	0	0	-0,1	0,0	0,0
Ruwvoer	-3	0	2	-0,1	0,0	-0,1
Krachtvoer	1	0	0	0,1	0,0	-0,1
Dierlijke mest	-3	0	8	-0,6	0,0	0,8
<i>Som</i>	-5	0	10	-0,7	0,0	0,6
Overschot (A-B-C)	154 (154)	90	120	2,4	0,0	1,2

¹ Vanaf 2003 (zie ook hoofdstuk 2 in dit rapport)

Op jaarbasis gelden mutaties in de voorraden mest en ruwvoer ook als aan- en afvoerposten. We zien aan deze voorraden dat in de groeiende jaren 2000, 2001 en 2002 N en P is afgevoerd door toename van de ruwvoervoorraad (Bijlage III, Tabellen III.1 en III.2). In het droge jaar 2003 werd een fors deel van deze voorraad verbruikt zodat er in dat jaar sprake was van een aanvoer van N en P op de balans.

Tabel 3.2 geeft een samenvatting van de bedrijfsbalans door het sommeren van de aanvoer en afvoer van N en P volgens het schema in Tabel 3.1 (gecorrigeerd voor voorraden). Ook de resultaten van K&K-bedrijven op zandgrond in de periode 2000-2005 en die van BIN-bedrijven op zandgrond (2000-2001) zijn in de tabel gepresenteerd, alsmede de 'normen' die gelden voor de bedrijven. De normen verschillen niet alleen getalsmatig voor de verschillende bedrijven, maar hebben ook een verschillende betekenis. Voor 'De Marke' is de norm een strakke randvoorwaarde die bepalend is voor de bedrijfsvoering. De praktijk-bedrijven van 'Koeien & Kansen' moesten tot 2004 voorlopen in het voldoen aan MINAS-normen. Een MINAS norm kan corresponderen met verschillende N-overschotten. De norm is het berekende N-overschot waarbij na correcties voor aanvoer van depositie, N-fixatie en diercorrectie voldaan wordt aan de MINAS-normen voor 2004. Op de BIN bedrijven waren de MINAS normen van 2000 en 2001 van toepassing. Voor hen zal het belang van voldoen aan de gestelde normen destijds verschillend zijn geweest dan voor K&K-bedrijven. Zowel de aanvoer, afvoer en overschot van N en P zijn op 'De Marke' lager dan die in 'Koeien & Kansen' en BIN. De gemiddelde N- en P-efficiëntie van het bedrijf zijn toegenomen van respectievelijk 33% tot 38% en van 85% tot 92%. Het N-overschot per ton melk op 'De Marke' is afgenomen van gemiddeld 13 kg tot 10 kg. De bedrijfsefficiëntie van N en P op 'De Marke' zijn hoger dan die in 'Koeien & Kansen' en BIN. Zowel de N-efficiëntie als het N-overschot per ton melk in 'Koeien & Kansen' is gelijk aan die van 'De Marke' in de periode 1993-1999. De P-efficiëntie in 'Koeien & Kansen' en BIN is lager dan op 'De Marke'.

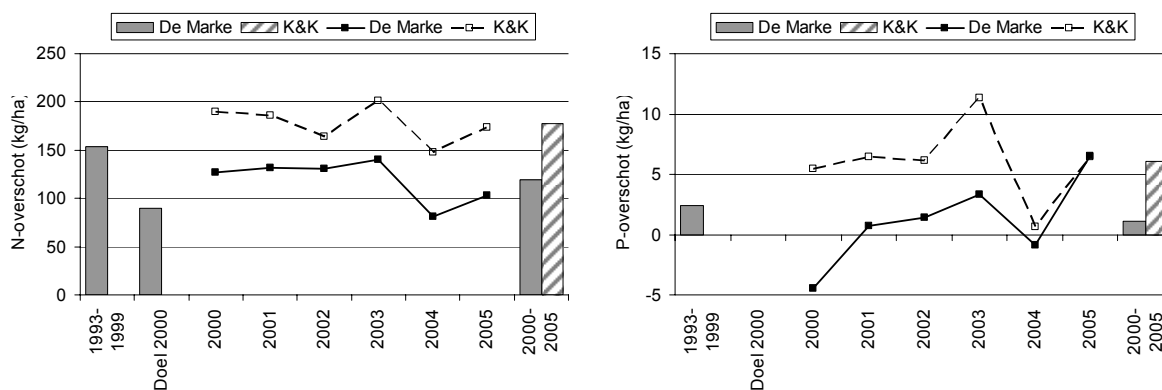
Tabel 3.2 Aanvoer, afvoer, overschot en efficiëntie van N en P op 'De Marke', K&K-bedrijven op zandgrond en BIN bedrijven op zandgrond

	'De Marke' 1993-1999	'De Marke' 2000-2005	K&K 2000-2005	BIN 2001-2002
Intensiteit (ton melk ha ⁻¹)	12,0	12,2	14,7	13,5
<i>Doel N-overschot (kg ha⁻¹)</i>	128	90	221 ¹	254 ²
N-overschot (kg ha ⁻¹)	154	119	178	199
N-aanvoer (kg ha ⁻¹)	229	192	267	284
N-afvoer (kg ha ⁻¹)	74	74	89	86
N-efficiëntie (%)	33	38	33	30
N-overschot per ton melk	13	10	12	15
<i>Doel P-overschot (kg ha⁻¹)</i>	0	0	11 ¹	20 ²
P-overschot (kg ha ⁻¹)	2	1	10	15
P-aanvoer (kg ha ⁻¹)	16	13	27	31
P-afvoer (kg ha ⁻¹)	13	12	17	17
P-efficiëntie (%)	85	92	62	53
P-overschot per ton melk	0,2	0,1	0,7	1,1

¹ Vanaf de start in 1999 was het doel in 'Koeien & Kansen' voldoen aan de MINAS-eindnormen 2004. Het doel is gecorrigeerd voor depositie, N-fixatie en diercorrectie

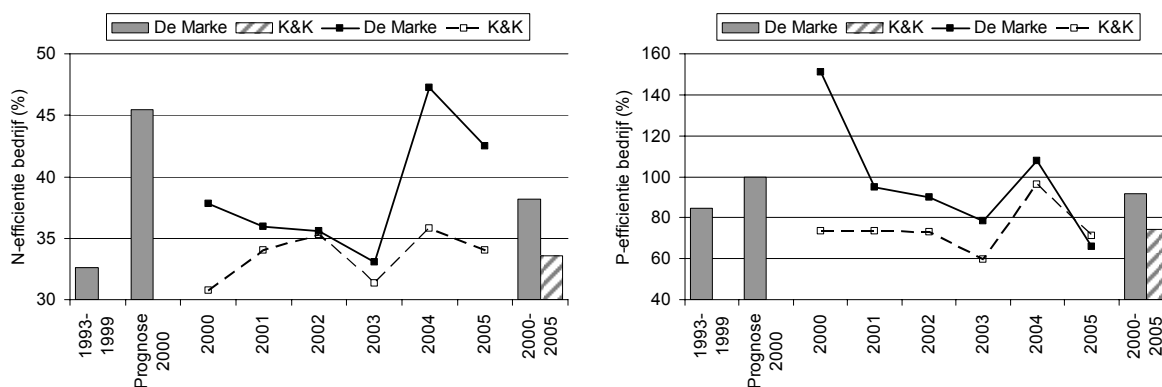
² Doel is gebaseerd op de MINAS-normen in 2001 en 2002. Doel is gecorrigeerd voor aanvoer van depositie en diercorrectie

In Figuur 3.1 is het N-overschot op de bedrijfsbalans op 'De Marke' zowel gemiddeld over verschillende periodes als het verloop tussen de jaren 2000 en 2005 weergegeven, en vergeleken met de 'Prognose 2000' en het N-overschot van de K&K-bedrijven op zandgrond. De weergegeven gemiddelde N-overschotten (kolommen) zijn gelijk aan die uit Tabel 3.1. We zien dat het jaarlijkse verloop van het N-overschot nogal varieert en dat het patroon in variatie tussen de jaren op 'De Marke' en 'Koeien & Kansen' hetzelfde beeld vertoont. Dit geldt in mindere mate voor het P-overschot in de jaren 2000 en 2005. Tot en met 2003 is het P-overschot op de 'De Marke' lager dan in 'Koeien & Kansen'. In de jaren 2004 en 2005 is het P-overschot op 'De Marke' en in 'Koeien & Kansen' vergelijkbaar.



Figuur 3.1 Resultaten en prognose van N-overschot (links) en P-overschot (rechts) op de bedrijfsbalans op 'De Marke' in verschillende periodes vergeleken met K&K-bedrijven op zandgrond

In Figuur 3.2 de N-efficiëntie van het bedrijf weergegeven. De gemiddelden van 1993-1999, 2000-2005 en 'Prognose 2000' zijn door kolommen weergegeven als referentie. Hier zien we hetzelfde beeld als bij het N-overschot: variatie tussen de jaren waarbij 'De Marke' en 'Koeien & Kansen' dezelfde dynamiek vertonen.



Figuur 3.2 Resultaten en prognose van de N-efficiëntie (links) en P-efficiëntie (rechts) op de bedrijfsbalans op 'De Marke' in verschillende periodes vergeleken met K&K-bedrijven op zandgrond

3.3.2 De mineralenbalans van de veestapel

In Tabel 3.3 is de mineralenbalans (N en P) van bedrijfscomponent VEESTAPEL op 'De Marke' weergegeven, gemiddeld over de periodes 1993-1999 en 2000-2005 en 'Prognose 2000'. De totale N-opname door de veestapel is in de periode 2000-2005 met 7 kg ha⁻¹ lager dan die in 1993-1999, maar bleef hoger dan verwacht werd in 'Prognose 2000'. In de prognose was voorzien dat de krachtvoeropname zou afnemen. Dat is echter niet gebeurd. De afvoer van melk en vlees is gelijk gebleven en gelijk aan de prognose. De totale mestproductie (excretie weide en stal) is licht afgenomen (van 244 naar 239 kg N ha⁻¹) maar is hoger dan het niveau dat in 'Prognose 2000' werd aangegeven (222 kg N ha⁻¹). De excretie in de weide is sterk afgenomen ten gunste van excretie in de stal. Door de minimale (totale) verschillen tussen de twee periodes is de N-efficiëntie van de veestapel met 1 procent verhoogd (van 23 naar 24%), 1 procent lager dan de prognose.

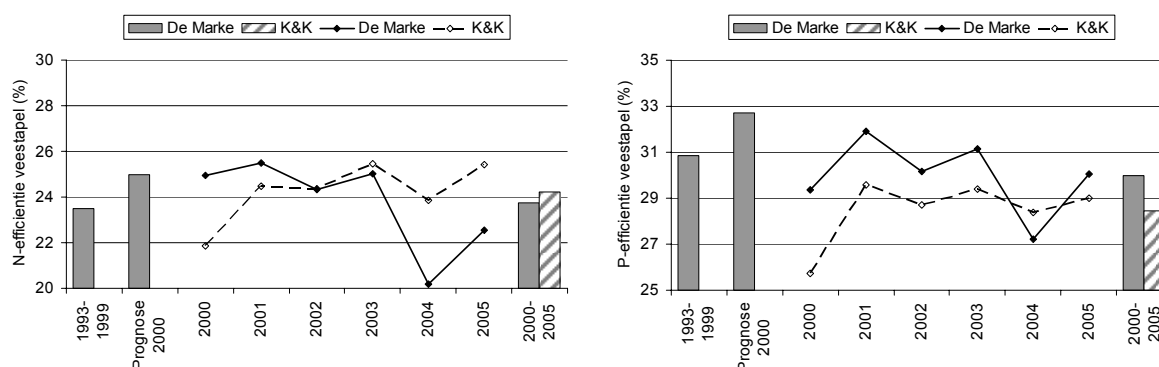
De P-opname is in de periode 2000-2005 afgenomen vergeleken met 1993-1999 en is lager dan de verwachting in 'Prognose 2000'. Vooral de P-opname uit ruwvoer is lager dan in de prognose. De P-afvoer is op papier lager dan de prognose (11%), echter het is zeer de vraag of er echt een afname heeft plaatsgevonden. Voor 2000 werd namelijk gerekend met een vast P gehalte in melk en daarna zijn de P gehalten gemeten. Voor 2000 kan het P gehalte in melk en dus de P productie door de veestapel overschat zijn. De P excretie is gelijk aan de prognose (29 kg P ha⁻¹), met als gevolg dat de P-efficiëntie lager is dan volgens 'Prognose 2000', waarbij wederom de hiervoor vermelde kanttekening geldt.

Tabel 3.3 N- en P-balans van bedrijfscomponent VEESTAPEL van 'De Marke' ($\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$), gemiddeld over de periodes 1993-1999 en 2000-2005, en de prognose gemaakt in 2000

	Stikstof			Fosfor		
	Resultaat '93-'99	Prognose 2000	Resultaat '00-'05	Resultaat '93-'99	Prognose 2000	Resultaat '00-'05
Aanvoer						
Krachtvoer	85	54	95	14,0	12,5	13,3
Ruwvoer	234	234	217	29,7	29,7	28,3
Som	319	288	312	43,7	42,2	41,7
Afvoer						
Melk	66	66	65	10,7	10,8	9,9
Vlees	9	9	9	2,7	2,7	2,6
Excretie weide	51	36	24	5,7	4,9	2,9
Excretie stal	193	177	215	24,3	23,8	26,3
Som	319	288	312	43,5	42,2	41,7
% Melk en vlees van aanvoer	23	25	24	31	33	30

Kijkend naar de mineralenstromen in specifieke jaren dan valt het volgende op (Tabel III.3, Bijlage III). De N-opname door de veestapel varieert sterk van jaar tot jaar met een bandbreedte van 280 tot 363 $\text{kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ (verschil 83 $\text{kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$). De hoge waarde (gerealiseerd in 2004 en 2005) zijn duidelijke uitschieters; de onderkant van de bandbreedte (gerealiseerd in 2003) was minder uitzonderlijk. De P-opname in de veestapel uit ruwvoer was eveneens hoog in 2004. De verhoging van de P-inname in 2004 ten opzichte van het langjarig gemiddelde (2000-2005) was met +7% echter gering vergeleken met de verhoging van de N-inname: +23%.

In Figuur 3.3 is voor alle jaren na 2000 de efficiëntie van de veestapel (N en P) weergegeven voor 'De Marke' en voor de K&K-bedrijven op zandgrond. De gemiddelden van 1993-1999, 2000-2005 en 'Prognose 2000' zijn door kolommen weergegeven als referentie. Tussen de jaren varieert de N-efficiëntie van de veestapel op 'De Marke' tussen de 20% en 25%. Verschillen tussen de jaren zijn dus groot. Gemiddeld is de N-efficiëntie van de veestapel op 'De Marke' lager dan op de K&K-bedrijven op zandgrond. Tot en met 2002 was de N-efficiëntie op 'De Marke' hoger, daarna in 'Koeien & Kansen'. Ook bij de P-efficiëntie is de variatie tussen de jaren groot. Gemiddeld is de P-efficiëntie op 'De Marke' hoger dan op de K&K-bedrijven. 2004 springt er uit met een lagere P-efficiëntie op 'De Marke' dan in 'Koeien & Kansen'.

**Figuur 3.3** Resultaten en prognose van de N-efficiëntie (links) en P-efficiëntie (rechts) van bedrijfscomponent VEESTAPEL in verschillende periodes, vergeleken met K&K-bedrijven op zandgrond

3.3.3 De mineralenbalans van de bodem

In Tabel 3.4 is de mineralenbalans (N en P) van bedrijfscomponent BODEM op 'De Marke' weergegeven, gemiddeld over de periodes 1993-1999 en 2000-2005. Ter vergelijking is de 'Prognose 2000' weergegeven.

Het N-overschot op de bodembalans is sterk afgenomen (gemiddeld 82 kg N ha⁻¹). Dit is het gevolg van een lagere N-aanvoer en een hogere N-afvoer. De aanvoer naar de bodem in de periode 2000-2005 was veel lager dan in de periode 1993-1999, maar hoger dan 'Prognose 2000'. De N-afvoer met ruwvoer (oogstbaar gewas) van de bodem (255 kg N ha⁻¹) was echter ook duidelijk hoger dan de prognose.

De N-aanvoer naar de bodem van buiten het bedrijf is hoger dan de verwachting (met een N-aanvoer met kunstmest die lager was dan de verwachting, maar een veel hogere N-aanvoer door N-binding).

Tabel 3.4 N- en P-balans van bedrijfscomponent BODEM van 'De Marke' (kg ha⁻¹jr⁻¹), gemiddeld over de periodes 1993-1999 en 2000-2005, en de prognose gemaakt in 2000. De waarden tussen haakjes bij het resultaat 1993-1999 zijn de aangepaste waarden na evaluatie van de rekenprocedure (zie Bijlage II)

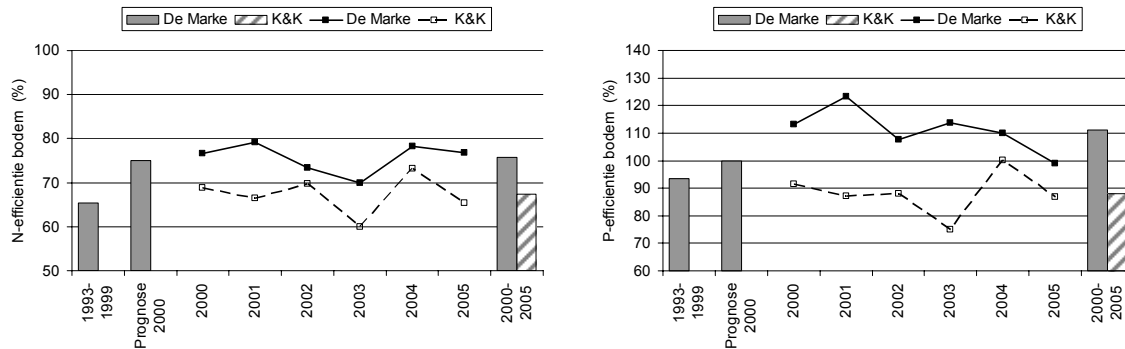
	Stikstof			Fosfor		
	Resultaat '93-'99	Prognose 2000	Resultaat '00-'05	Resultaat '93-'99	Prognose 2000	Resultaat '00-'05
Aanvoer						
Weidemest	48	32	22	5,7	5,0	2,9
Drijfmest	177	170	191	24,8	24,0	26,0
Kunstmest	71	51	28	0,7	0,0	0,0
Depositie	49 (45)	49	35	1,0	1,0	1,0
Veldverliezen ¹	17	11	19	2,3	2,0	2,7
Klaver	6 (11)	6	43			
Som	368 (369)	319	337	34,5	32,0	32,6
Afvoer						
Oogstbaar gewas	240	240	255	32,1	32,0	36,2
Aanvoer – afvoer	128 (129)	79	82	2,4	0,0	-3,5
% afvoer van aanvoer	65	75	76	94	100	111

¹ Veldverliezen (beweidings- en oogstverliezen) die terugvloeien naar de bodem

De aanvoer van P naar de bodem wordt op 'De Marke' bepaald door de productie van P met dierlijke mest, de mest-P voorraad en de retourstroom van P. Al deze stromen weken nauwelijks af van 'Prognose 2000'. De P-excretie in dierlijke mest is na 2000 afgenomen met 6% terwijl de N-productie iets meer (met 8%) afnam. Evenals bij N was de P-afvoer met gewas wel hoger dan verwacht, zodat de P-balans op de bodem negatief was. Gemiddeld is de bodem op 'De Marke' over periode 2000-2005 met gemiddeld 3,5 kg P ha⁻¹ uitgemijnd.

Uit de resultaten van de afzonderlijke jaren (Bijlage III, Tabel III.4) blijkt dat in 2003 de aanvoer van N uit dierlijke mest naar de bodem uitzonderlijk laag was. Dit komt doordat een deel van de in dat jaar toch al lage mestproductie aan de mestvoorraad in de vergister achterbleef (zie Bijlage III, Tabel III.1). De N-opbrengst was in het droge jaar 2003 laag. Vervolgens is te zien dat de N-aanvoer met kunstmest N stapsgewijs is afgebouwd. De N-fixatie is alleen in de overgang van 2000 naar 2001 duidelijk toegenomen. Daarna is de N-fixatie stabiel gebleven met een lichte afname in de laatste twee jaren. Ook voor de P-balans in 2003 geldt dat de aanvoer en afvoer lager waren dan in andere jaren. Behalve in 2005, was het P-overschot in andere jaren negatief.

In Figuur 3.4 is het verloop van de efficiëntie van BODEM (N en P) in 2000-2005 weergegeven voor 'De Marke' en van de K&K-bedrijven op zandgrond. 'Prognose 2000', de gemiddelden van 1993-1999 en van 2000-2005 zijn als referentie opgenomen (kolommen). Tussen de jaren varieert de N-efficiëntie van BODEM op 'De Marke' van 72% tot 82%. Verschillen tussen de jaren zijn dus groot. Op de zandbedrijven in 'Koeien & Kansen' varieert de N-efficiëntie van BODEM tussen 60% en 73%. De P-efficiëntie is op 'De Marke' veel hoger dan op de K&K praktijkbedrijven; verschillen tussen jaren zijn groot. Op 'De Marke' varieert de P-efficiëntie van 99% tot 123% en in 'Koeien & Kansen' van 75% tot 100%.



Figuur 3.4 Resultaten en prognose van de N-efficiëntie (links) en P-efficiëntie (rechts) van bedrijfscomponent BODEM in verschillende periodes, vergeleken met K&K-bedrijven op zandgrond

3.4 Discussie

Ontwikkelingen op bedrijfsniveau

De N- en P-overschotten op de bedrijfsbalans waren in de periode 2000-2005 lager dan in 1993-1999 en de N- en P-efficiëntie van het bedrijf is toegenomen tot respectievelijk 38% en 92% in de periode 2000-2005. Deze gunstige ontwikkeling laat onverlet dat de doelstellingen met betrekking tot de overschotten op de bedrijfsbalans, respectievelijk 90 kg N ha⁻¹ en 0 kg P ha⁻¹ niet zijn gerealiseerd. Voor een nadere analyse is het nodig om af te dalen naar de resultaten van de onderdelen VEESTAPEL en BODEM.

Ontwikkelingen in de veestapel

Wat kunnen we concluderen over de N-opname? De N-opname door de veestapel is met 312 kg ha⁻¹ in 2000-2005 nauwelijks veranderd ten opzichte van die in de periode 1993-1999 (319 kg ha⁻¹) en was hoger dan de verwachting ((288 kg ha⁻¹). De ontwikkeling van de N-opname vertaalde zich in lichtere afname van de N-excretie dan vooraf ten doel was gesteld. Opvallend is dat de N-aanvoer in de jaren 2000 tot en met 2003 lager was dan volgens 'Prognose 2000'. In 2004 en 2005 wijkt de aanvoer sterk van deze lijn af. De N-efficiëntie van de veestapel was tot en met 2003 ook hoger dan volgens de prognose en in 2004 en 2005 veel lager. Voor deze resultaten zijn twee verklaringen: i) het jongveebestand is in 2004 en 2005 hoger geweest dan voorgenomen en ii) er is enkele jaren meer eiwit aan de veestapel gevoerd dan voorgenomen (Remmelink et al., 2006a en 2006b). Deze constatering geeft aanleiding tot een analyse van de visie die ten grondslag ligt aan het voerbeleid. Op welke aannames is 'Prognose 2000' gebaseerd? En op welke gronden wordt hier in de praktijk van afgeweken? Deze vragen zijn van belang voor het verkennen van de grenzen van de efficiëntie van de veestapel.

Wat waren de gevolgen voor de dierlijke productie? Het patroon van de N-opname door de veestapel vertaalde zich nauwelijks in de ontwikkeling van de geproduceerde N met melk en vlees. Over de gehele periode 2000-2005 was de N-productie praktisch gelijk aan 1993-1999 en aan 'Prognose 2000'. Interessanter is de ontwikkeling per jaar. In de jaren met een lage N-aanvoer (2000 tot en met 2003) was de N-productie met gemiddeld 73 kg ha⁻¹ bijna gelijk aan 'Prognose 2000' en de resultaten uit 1993-1999. In de jaren met een hoge N-aanvoer (2004 en 2005) was de N-aanvoer met 75 kg ha⁻¹ nauwelijks hoger. De N-efficiëntie in de veestapel is dus in deze jaren duidelijk lager geweest. Dit is goed verklaarbaar door de toename van het jongveebestand. Jongvee heeft een lage N-efficiëntie en draagt ook niet bij aan de melkproductie. Het feit dat de N-productie in melk in 2004 en 2005 nauwelijks hoger was (Bijlage III, Tabel 11.3) kan erop duiden dat de N-aanvoer in 2000 tot en met 2003 kennelijk niet limiterend waren voor de productie, terwijl dit, getuige de hogere N-aanvoer wel verondersteld werd (zie hoofdstuk 6).

Wat waren de gevolgen voor de excretie? Gevolg van de ontwikkeling in de veestapel was dat de excretie over de gehele periode 2000-2005 meer de resultaten van 1993-1999 benaderde (hoewel er wel een afname was) dan 'Prognose 2000'. In tegenstelling tot de N-productie, volgde de N-excretie wel vrij duidelijk de dynamiek van het N-aanbod. In 2004 werd 51 kg ha⁻¹ (21%) meer N in dierlijke mest geproduceerd dan gemiddeld in 2000-2005.

Voor P was de situatie in de veestapel anders dan voor N. De P-opname door de veestapel was in 2000-2005 lager dan in 1993-1999, en lager dan de prognose. Dit komt vooral door een lagere P-opname via ruwvoer. Het is niet duidelijk of de P-afvoer is afgenomen omdat de P afvoer voor 2000 werd geschat op grond van veronderstelde P gehalten in melk terwijl de P afvoer na 2000 is gemeten. Vooralsnog lijkt het gerechtvaardigd om te concluderen dat de aanvoer van P goed gestuurd is, ook al is in 2004 en 2005 meer eiwit aangekocht (getuige de N-aanvoer).

Ontwikkelingen in bodem en gewas

Het N-overschot is in 2000-2005 teruggebracht tot de doelstelling (79 kg N ha^{-1}). Dit resultaat is te verklaren met de afzonderlijke aan- en afvoerposten van N.

De gemiddelde totale N- aanvoer naar de bodem is in de periode 2000-2005 aanzienlijk afgenomen vergeleken met 1993-1999 en benaderde de prognose. Dit lijkt verwonderlijk gezien de hiervoor geschetste ontwikkeling van de N-excretie, maar is goed te verklaren:

- het N-kunstmest gebruik is volledig afgebouwd, zodat deze post over de gehele periode lager uitvalt;
- de N-aanvoer van dierlijke mest (weidemest + drijfmest) was maar 11 kg ha^{-1} hoger dan de prognose, doordat een deel van de door de veestapel uitgescheiden N is toegevoegd is opgenomen in een grotere mestvoorraad. Hierdoor kwam de toename van de N-excretie niet volledig terug in een toename van de N-aanvoer naar de bodem.

De N-afvoer met oogstbaar gewas was veel hoger dan verwacht. Deze toename is opmerkelijk omdat in systematisch hogere N-opbrengst in evaluatie 2000 (Aarts & Van Keulen, 2000) als onwaarschijnlijk werd beschouwd. De hoge N-opbrengst heeft vermoedelijk als oorzaken:

- De seizoenen na 2000 staan (afgezien van 2003) te boek als relatief gunstig voor gewasgroei. Dit zal zeker een rol gespeeld hebben. Al eerder werd vastgesteld dat de beschikbaarheid van water een sterke invloed heeft op de gewasopbrengst (Habekotté & Hilhorst, 1997).
- De strategieën om de hoeveelheid N die beschikbaar is voor gewassen gelijk te houden (een groter deel van de beschikbare dierlijke mest als drijfmest aanvoeren en het toepassen van mestvergistings) hebben vermoedelijk effect gehad (in hoofdstuk 4 wordt dieper op dit aspect ingegaan).
- De systematisch uitgevoerde rotatie kan de teeltlaag op 'De Marke' zodanig veranderd hebben, dat systematisch hogere opbrengsten gerealiseerd kunnen worden.

Voor P geldt zelfs dat in de periode 2000-2005 de bodem is uitgemijnd met een netto afvoer van 3.5 kg P ha^{-1} . Dit kan eveneens worden toegeschreven aan hoge P opbrengsten en een afname van de P aanvoer naar de bodem, die 'Prognose 2000' beter benaderde dan de N-aanvoer.

Verschillen tussen de bedrijven

Vergeleken met 'De Marke' zijn de bedrijvengroepen 'Koeien & Kansen' en BIN intensiever. Dit verklaart voor een deel de hogere aanvoer van mineralen naar het bedrijf. De hogere aanvoer wordt ook verklaard door een lagere benutting. Dit leidt tot een hoger mineralengebruik per liter geproduceerde melk (zie ook de N- en P-overschotten per ton melk in Tabel 3.2). Het gemiddelde N-overschot op 'De Marke' in de periode 2000-2005 is respectievelijk 37% en 43% lager dan op de K&K-bedrijven op zandgrond in dezelfde periode en van de BIN-bedrijven op zandgrond in de periode 2001-2002. Voor het P-overschot zijn de verschillen respectievelijk 90 en 93%. Vergeleken met 'De Marke' is de aanvoer van mineralen naar het bedrijf in de bedrijvengroepen 'K&K-bedrijven' op zandgrond en BIN hoger. De verschillen in N- en P-afvoer zijn minder groot, waardoor de mineralenoverschotten flink hoger zijn. Zowel per oppervlakte-eenheid als productie-eenheid.

Op veestapelniveau zijn de verschillen tussen 'De Marke' en 'Koeien & Kansen' minder groot. Kennelijk wijkt de voerstrategie op 'De Marke' niet veel af van voorloperbedrijven in de praktijk. Deze bedrijven nemen geen onacceptabele risico's (zowel technisch als economisch) bij het voeren van de veestapel. De gewasopbrengsten in 'Koeien & Kansen' zijn hoger dan die op 'De Marke'. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt doordat 'De Marke' een extremere droogte gevoeligheid kent en doordat het maisaandeel (met relatief lage N- en P-opbrengsten) hoger is. Tenslotte kan het lagere bemestingsniveau een rol spelen. De gemiddelde efficiëntie van de bodem is in 'Koeien & Kansen' uiteindelijk lager dan op 'De Marke'. De verschillen tussen de K&K-bedrijven zijn groot. De bedrijven met vergelijkbare lage aanvoer naar de bodem als 'De Marke' realiseren een vergelijkbare N-efficiënties in het onderdeel bodem.

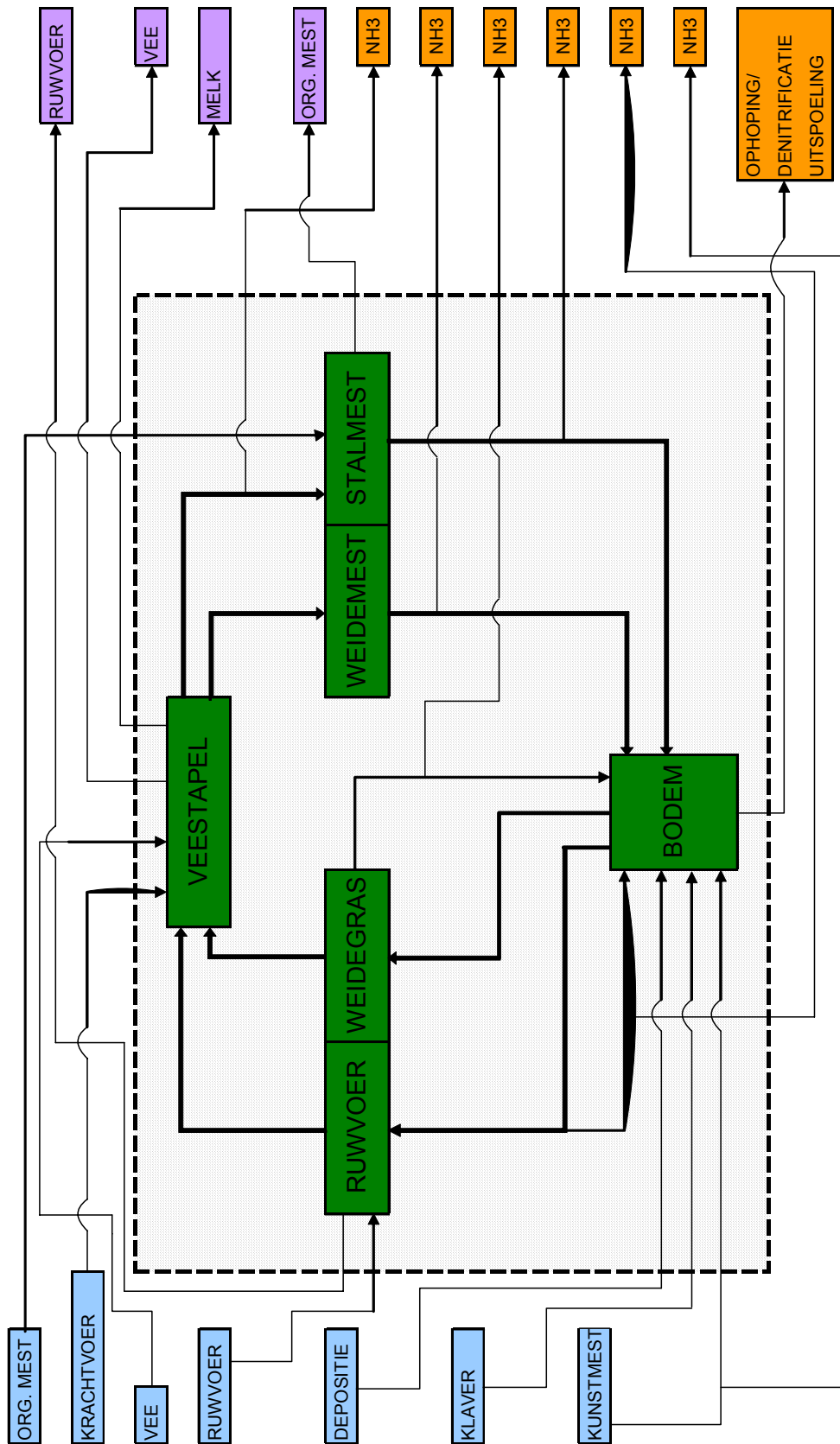
3.5 Conclusies

- Een bodemoverschot van 79 kg N ha⁻¹ dat volgens verwachting gerealiseerd moet worden om zelfs op de meest uitspoelingsgevoelige zandgrond de nitraatnorm te realiseren, is haalbaar bij het mineralenmanagement volgens 'De Marke', tenminste gedurende een vijftal jaar en zonder productieverlies.
- Een bodemoverschot van 0 kg P ha⁻¹ is haalbaar gedurende een lange periode zonder waarneembaar productieverlies.
- Voor het systematisch realiseren van een laag bodemoverschot (79 kg N ha⁻¹) zonder mestafvoer zal op de langere termijn een strakker mineralenmanagement nodig zijn in de veestapel.
- Het mineralenmanagement in de veestapel op 'De Marke' in 2000-2005 vergt nadere analyse, omdat niet duidelijk is in hoeverre een verantwoord aangepast voerbeleid mogelijk is overeenkomst de niveaus van 'Prognose 2000'. De resultaten van 2000 tot en met 2003, suggereren dat dit wel het geval is.
- De verschillen tussen de mineralenstromen in de veestapel zijn op 'De Marke' en 'K&K-bedrijven' op zandgrond zijn relatief klein. Onderzocht moet worden of 'De Marke' een rol kan spelen bij het verken-
nen van risico's door extra stappen te nemen op dit vlak.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., E.E. Biewinga & H. van Keulen, 1992.
Dairy farming systems based on efficiënt nutrient management. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 40: 285-299.
- Aarts, H.F.M. & H. van Keulen, 2000.
Doelgericht ontwikkelen op basis van waargenomen functioneren, in: *Duurzame melkveehouderij en stikstofmanagement*, Van Keulen, (Ed.), PRI rapport 21, De Marke rapport 29, pp. 119-127.
- Biewinga, E.E., H.F.M. Aarts en R.A. Donker, 1992.
Melkveehouderij bij stringente milieunormen. Bedrijfs- en onderzoeksplan van het proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu De Marke. De Marke rapport nr. 1.
- Habekotté, B. & G.J. Hilhorst, 1998.
Maïsofbrengst en- fosfaatgehalte in relatie tot de fosfaattoestand van de bodem van 'De Marke'. Een analyse van ontwikkelingen in de periode 1992-1996. In: *Duurzame melkveehouderij en fosfaatmanagement*. B. Habekotté, H.F.M. Aarts, W.J. Corré, G.J. Hilhorst, H. van Keulen, J.J. Schröder, O.F. Schoumans en F.C. van der Schans. Rapport 92, Wageningen.
- Hilhorst, G.J., J. Oenema & H. van Keulen, 2001.
Nitrogen management on experimental dairy farm 'De Marke'; farming system, objectives and results. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 40: 285-299.

Bijlage 1 Kringloop en efficiëntie



Figuur I.1 Stikstofkringloop op een melkveehouderijbedrijf

Berekening van de efficiëntie

- Efficiëntie bedrijf = $(\text{melk} + \text{verkoop vee} - \text{aankoop vee} + \text{mutatie veestapel}) /$
 $(\text{kunstmest} + \text{krachtvoer} + \text{depositie} + \text{klaver} + \text{aanvoer dierlijke}$
 $\text{mest} - \text{afvoer dierlijke mest} - \text{mutatie dierlijke mest} + \text{aankoop}$
 $\text{ruwvoer} - \text{verkoop ruwvoer} - \text{mutatie ruwvoer})$
- Efficiëntie voer = $(\text{melk} + \text{verkoop vee} - \text{aankoop vee} + \text{mutatie veestapel}) /$
 $(\text{opname weidegras} + \text{krachtvoer} + \text{opname ruwvoer})$
- Efficiëntie mest = $(\text{weidemest bodem} + \text{dierlijke mest bodem}) /$
 $(\text{excretie weide} + \text{excretie stal} + \text{aanvoer dierlijke mest} -$
 $\text{afvoer dierlijke mest} - \text{mutatie dierlijke mest})$
- Efficiëntie bodem = $(\text{kuilvoerproductie (gras+voedergewas)} + \text{weidegrasproductie}) /$
 $(\text{weidemest bodem} + \text{dierlijke mest bodem} + \text{kunstmest} + \text{klaver} =$
 $\text{depositie} + \text{veldverliezen})$
- Efficiëntie gewas = $(\text{ruwvoeropname} + \text{weidegrasopname}) /$
 $(\text{kuilvoerproductie (gras} + \text{voedergewas)} + \text{weidegrasproductie} +$
 $\text{aankoop ruwvoer} - \text{verkoop ruwvoer} - \text{mutatie ruwvoer})$

Bijlage 2 Evaluatie rekenprocedure klaver en depositie

Atmosferische depositie van N

Sinds het begin van 'De Marke' (1993) is een waarde voor de atmosferische depositie van N gebruikt van $49 \text{ kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$. Door beleid gericht op het beperken van de ammoniakemissie is de N-depositie nationaal en regionaal echter afgenomen. Uit een rapport van het Milieu en Natuurplanbureau (De Ruiter et al.)² valt op te maken dat de N-depositie min of meer lineair is afgenomen sinds 1990. Uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM blijkt dat de N-depositie in het gebied rond 'De Marke' geschat werd op $31 \text{ kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$. Met behulp van de waarden van de depositie in 1993 en die in 2004 en de waargenomen landelijke tendens is de N-depositie per jaar door interpolatie bepaald.

N binding met klaver

De N-binding met klaver wordt als volgt geschat.

- Het klaveraandeel (aandeel droge stof in procenten) wordt geschat per perceel per snede (maaien en beweiden);
- De opbrengst van elke snede wordt bepaald;
- Uit de opbrengst (kg droge stof per hectare) en het klaveraandeel wordt de droge stofopbrengst van klaver berekend;
- Met behulp van de vuistregel voor de N-binding per ton droge stof en de droge stofopbrengst van klaver per hectare wordt de N-binding per hectare voor elke snede en voor elk perceel berekend.
- De N-binding op jaarbasis is gelijk aan de som van de N-binding per snede.

De moeilijkste stap in deze procedure zit in het begin. Het schatten van het klaveraandeel. Veelal wordt eerst een bedekkingsgraad bepaald en wordt die vervolgens omgerekend in een droge stof aandeel. Deze schatting wordt sinds het begin uitgevoerd door dezelfde schatter. In de beginjaren zijn de schattingen een aantal malen geijkt door schattingen van het kalveraandeel te vergelijken met bepalingen. De bepalingen werden gedaan door gras/klaver uit te maaien en vervolgens, klaver van gras in het maaisel te scheiden en afzonderlijk te wegen. Bij herhaalde analyse van de procedure bleek dat te sterk gecorrigeerd wordt om de schattingen in overeenstemming te brengen met de bepalingen. Daarom wordt deze correctie nu achterwege gelaten.

Ook de N-binding per ton droge stof zou tot fouten kunnen leiden. Een globale verkenning gaf echter geen aanleiding om de vuistregel die hiervoor wordt gehanteerd ($45 \text{ kg N per ton droge stof}$) aan te passen.

² J.F. de Ruiter, W.A.J. van Pul, J.A. van Jaarsveld, E. Bujsman. Zuur- en stikstofdepositie in Nederland in de periode 1981-2002. Milieu en Natuurplanbureau, Bilthoven.

4 Het functioneren van de gewasproductie

Koos Verloop, Jouke Oenema & Gerjan Hilhorst

4.1 Inleiding

Op 'De Marke' is het beheer van de onderdelen bodem en gewas in 2000 aangepast. In 2000 werd vastgesteld dat op 'De Marke' niet werd voldaan aan de milieudoelstellingen. Het P overschot was te hoog en de nitraatuitspoeling was met 54 mg l^{-1} te hoog. De te hoge nitraatuitspoeling werd toegeschreven aan het feit dat het N-overschot op de bodembalans 129 kg N ha^{-1} bedroeg (Aarts en Van Keulen, 2000), terwijl eerder berekend was dat het overschot beperkt moest worden tot hoogstens 79 kg ha^{-1} om de nitraatnorm te realiseren (Biewinga et al., 1992). Er werden mogelijkheden gezien om het N- en P-overschot te beperken tot de gewenste niveaus door de bedrijfsvoering aan te passen.

In dit hoofdstuk worden de gevolgen van de aanpassingen voor de gewasproductie beschreven. Er wordt zowel ingegaan op de stromen van N en P als op de productie van droge stof. Deze zaken worden behalve door het beheer ook beïnvloed door het weer. Voor de invloed van weer zullen we corrigeren om beheer effecten zo zuiver mogelijk vast te stellen. Paragraaf 4.2 geeft een overzicht van de aanpassingen die zijn aangebracht in de gewasproductie. In paragraaf 4.3 worden resultaten weergegeven. In paragraaf 4.4 worden de gevolgen van de aanpassingen besproken. In paragraaf 4.5 worden enkele knelpunten besproken en wordt aangegeven welke oplossingen mogelijk zijn. In paragraaf 4.6 zijn conclusies weergegeven.

Aanpassingen in het bodem- en gewasbeheer

Tijdens 'Evaluatie 2000' is verkend welke mogelijkheden er zijn om het mineralenoverschot op de bodembalans te verlagen. In de analyse werd geconcludeerd dat er niet van kan worden uitgaan dat de opname van N en P door gewassen substantieel verhoogd kan worden (Aarts en Van Keulen, 2000). Daarom werd gezocht naar manieren om de *aanvoer* te verlagen met behoud van het productieniveau en zonder mestafvoer. Om dit te realiseren was een verlaging van de excretie van de veestapel vereist. Het diermanagement moest worden aangepast, door: verkleinen van de jongveestapel ten opzichte van de jaren 1993-2000 en 'scherper voeren op eiwit'. Deze maatregelen werd voldoende geacht om de P doelstelling te halen. De maatregelen leidden tot een afname van de excretie van N en P door de veestapel van respectievelijk 244 naar 222 kg N ha^{-1} en van 37 naar 32 kg P ha^{-1} (zie ook hoofdstuk 3). Hieronder wordt in meer detail op de aanpassingen van het bodem- en gewasbeheer ingegaan. Paragraaf 4.2.1 gaat in op de aanvoer van mineralen in kunstmest en dierlijke mest naar de bodem, paragraaf 4.2.2. gaat in op de verdeling over gras en maïs en paragraaf 4.2.3 gaat in op het teeltplan.

4.1.1 Mineralen in dierlijke mest en kunstmest; behandeling en gebruik

De aanpassingen met betrekking tot aanvoer van mineralen komen op hoofdlijnen neer op:

- **Verlagen van de aanvoer van N en P uit dierlijke mest**
De aanvoer van N uit dierlijke mest ging van 225 naar 213 kg ha^{-1} en de aanvoer van P uit dierlijke mest ging van $30,5$ naar $28,9 \text{ kg ha}^{-1}$. De afname was gevolg van de hiervoor beschreven beperking van de *uitscheiding* van dierlijke mest door vee. De N-aanvoer was na 2000 nog hoger dan waar 'Evaluatie 2000' vanuit ging (202 kg ha^{-1});
- **Verlagen van de aanvoer van weidemest ten gunste van de aanvoer van drijfmest**
Door het vee minder te beweiden werd ernaar gestreefd meer van de uitgescheiden dierlijke mest in de stal op te vangen, zodat de weidemest excretie zou afnemen. De aanvoer van N uit weidemest ging van 48 naar 22 kg ha^{-1} en van P van $5,7$ naar $2,9 \text{ kg ha}^{-1}$. De afname van de weidemest excretie werd gerealiseerd omdat werd verondersteld dat i) N uitgescheiden met weidemest bijdraagt aan hogere nitraatuitspoeling en ii) N uitgescheiden met weidemest slechter benutbaar is voor gras dan N aangewend met drijfmest.
- **Mestvergisten**
Sinds 2003 wordt drijfmest vergist. Door vergisting wordt een deel van de aan organische stof gebonden stikstof in mest omgezet in minerale stikstof. De veronderstelling was dat N uit drijfmest hierdoor op een gunstiger moment beschikbaar komt zodat drijfmest meer als kunstmest gaat werken.

- **Afbouwen van het gebruik van kunstmest N**

De aanvoer van N uit kunstmest ging van 71 in 1993-1999 naar 28 kg ha⁻¹ in 2000-2005 en naar 0 kg ha⁻¹ in 2004-2005. De verwachting was dat de benutbaarheid van N uit dierlijke mest zou toenemen door minder te beweiden zodat meer dierlijke mest als drijfmest zou kunnen worden aangewend. De verwachting was dat vergisting van drijfmest zou resulteren in een verdere verhoging van de benutting van N. Dat betekent dat met minder kunstmest N nodig is om het bemestingsniveau op het gewenste niveau te krijgen. Tot 2003 werd bij de verlaging van het kunstmestgebruik nog uitgegaan van een gelijkblijvend bemestingsniveau (dat wil zeggen het niveau van benutbare N, ofwel werkzame N). Vervolgens werd het kunstmest N-gebruik volledig afgebouwd in 2004. De verwachting was dat eventuele N-tekorten zouden worden opgevangen door N-fixatie door klaver in gras/klaver (het enige gewas waar tot 2000 kunstmest werd toegepast).

4.1.2 Bemesting van maïs- en grasland

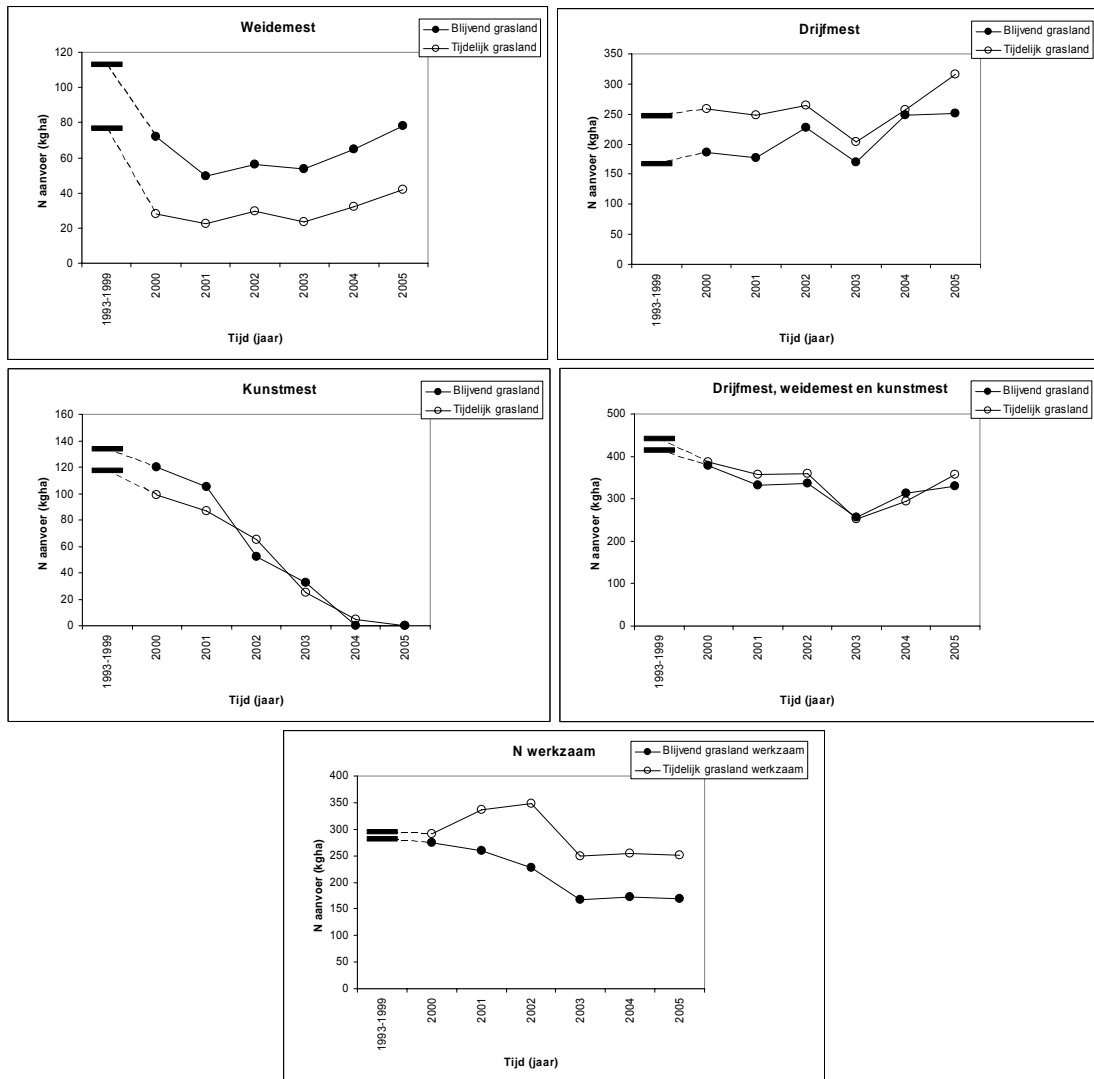
Aan de bemesting van maïs is in 2000 niets veranderd.

In grasland (Figuur 4.1) is:

- De N-aanvoer met weidemest in 2000-2005 ongeveer gehalveerd ten opzichte van 1993-1999. In 1993-1999 werd blijvend grasland intensiever beweid dan tijdelijk grasland. Dat was ook na 2000 het geval.
- De aanvoer van N met drijfmest toegenomen.
- De aanvoer van kunstmest afgebouwd.

Bij elkaar heeft dit geleid tot een afname van de totale N-aanvoer door bemesting van ongeveer 100 kg N ha⁻¹. De afname van werkzame N³ is beperkter: 69 kg ha⁻¹ in blijvend grasland en 6 kg ha⁻¹ in tijdelijk grasland. Het bemestingsniveau van N op blijvend grasland is veel lager dan op tijdelijk grasland. Er zijn grote verschillen in de N-aanvoer in verschillende jaren. Dat de aanvoer van werkzame N nog een toename vertoont terwijl de aanvoer van alle meststoffen in 2001 en 2002 lager waren dan in 1993-1999 komt door N-binding met klaver. In 4.3 wordt hier in meer detail op ingegaan.

³ Berekend als $Nwz = 0,6 * N \text{ aanvoer met drijfmest} + 0,15 * N \text{ aanvoer met weidemest} + N \text{ aanvoer met kunstmest} + N \text{ gebonden door leguminosen (klaver)}$.



Figuur 4.1 De aanvoer van N met meststoffen naar blijvend en tijdelijk grasland op ‘De Marke’

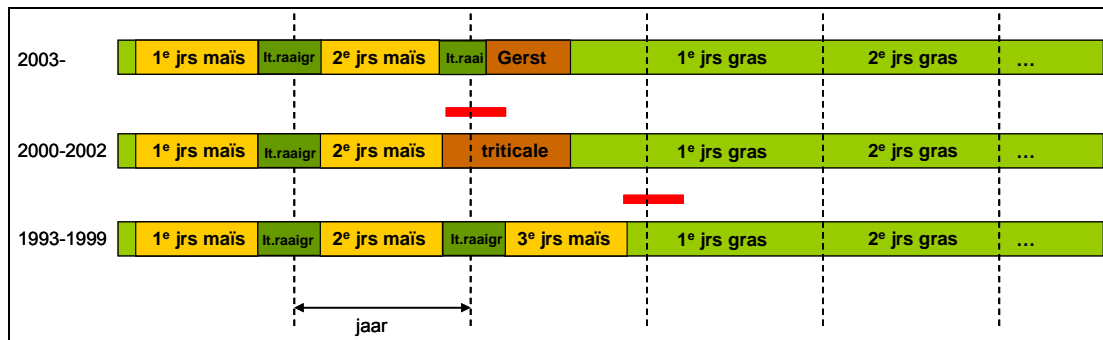
4.1.3 Wijzigingen in het teeltplan

Graan als laatste jaar bouwlandgewas

Op ‘De Marke’ wordt vruchtwisseling toegepast waarin gras en bouwlandgewassen (vooral maïs) elkaar opvolgen. Na 2000 is er twee maal een wijziging geweest in de overgang van de bouwland-fase naar de graslandfase. Deze overgang verliep tot 2000 niet goed. Hieronder wordt toegelicht wat het probleem was en welke oplossingen gekozen zijn.

Om uitspoeling van mineralen in de winters na de oogst van maïs (medio september) te beperken, moet een vanggewas worden gebruikt. Het vanggewas (op ‘De Marke’ is dat Italiaans raaigras) werkt optimaal als vangnet voor mineralen als het kort na de opkomst van de maïs (dus ruim voor de oogst van maïs) wordt ‘ondergezaaid’. Dit is op ‘De Marke’ de praktijk (zie Figuur 4.2). Echter, tot 2000 was het laatste bouwlandjaar afwijkend. In plaats van het vanggewas, Italiaans raaigras als onderzaai werd het volggewas, Engels raaigras, gezaaid na de oogst van maïs (Figuur 4.2, balk 1993-1999). Dit leek logisch omdat hiermee de overgang naar de graslandfase al direct na de beëindiging van de bouwlandfase werd gemaakt en omdat Engels raaigras niet geschikt is voor onderzaai. Doordat Engels raaigras in dit systeem pas na de oogst van maïs gezaaid werd, had het echter maar een korte tijd om zich te ontwikkelen voordat de winter inviel. Daardoor stond er tot in het voorjaar nauwelijks een graszode en was de vorming van biomassa in de winter beperkt. Het gras functioneerde dan ook niet goed als vanggewas en de start van tijdelijk grasland in het voorjaar was evenmin optimaal.

Daarom werd gekozen voor een hoofdgewas in het laatste bouwlandjaar dat vroeger geoogst kon worden, zodat inzaai van tijdelijk grasland vervolgens vroeger in het jaar zou kunnen plaatsvinden: triticale (Figuur 4.2, middelste balk). Dit gewas werd al in het voorlaatste bouwlandjaar na de oogst van maïs ingezaaid en fungeerde dus zowel als vanggewas voor de maïs in het een na laatste bouwlandjaar en als hoofdgewas in het laatste bouwlandjaar. Dit was gunstig voor de vorming van de nieuwe graszode; de overgang van bouwlandfase naar de graslandfase verliep goed. Maar omdat triticale nu in het voorlaatste bouwlandjaar onvoldoende fungeerde als vanggewas werd het vervolgens vervangen door het op 'De Marke' gebruikelijke Italiaans raaigras als vanggewas. Dat werd opgevolgd door een snel groeiend zomergraan dat vroeg kon worden geoogst: gerst/erwten (Figuur 4.2, bovenste balk).



Figuur 4.2 Veranderingen in de overgang van de bouwlandfase naar de graslandfase. Met rood is aangegeven welke fase van de gewasrotatie aanleiding gaf voor verdere verandering.

Een kortere bouwlandfase op de veldkavel

In 2000 ontstond twijfel over de mogelijkheid om het organische stof gehalte in de bodem op de veldkavel op een voldoende niveau te handhaven, bij een vruchtwisseling met 3 jaar grasland/ 5 jaar bouwland. Daarom werd het rotatieschema op de veldkavel verkort naar 2 jaar grasland/ 2 jaar bouwland. Door een snellere afwisseling van de graslandfase en de bouwlandfase is de periode met een relatief lage organische stof toevoer naar de bodem korter. Bovendien was de overtuiging dat de rantsoensamenstelling gunstiger zou worden als het aandeel gras iets zou toenemen ten opzichte van maïs.

4.2 Resultaten

In deze paragraaf worden ontwikkelingen in het bodem/gewassysteem beschreven. Ingegaan wordt op:

- Mineralenbalansen in het bodem/gewas systeem (4.3.1);
- Mineralenbalansen in grasland (4.3.2);
- Mineralenbalansen in maïs (4.3.3) en
- Droge stof opbrengst en de kwaliteit van ruwvoer (4.3.4).

4.2.1 Mineralenbalansen in het bodem/gewas systeem

Door de aanpassingen nam de aanvoer van N naar de bodem af naar 337 kg N ha^{-1} (zie Tabel 4.1). De afvoer met geoogste gewassen nam toe tot 255 kg N ha^{-1} . De doelstelling voor het bodemoverschot werd in de periode 2000-2005 dicht benaderd: 82 kg N ha^{-1} . Het P overschot op de bodembalans nam af van 2 naar $-3,5 \text{ kg ha}^{-1}$. De P opbrengst was met 36 kg ha^{-1} net iets hoger dan voorspeld in 'Prognose 2000', terwijl de P aanvoer naar de bodem met 33 kg ha^{-1} ongeveer gelijk was aan het in 'Prognose 2000' aangegeven niveau.

Tabel 4.1 De N- en P-balans van de bodem op De Marke ($\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$), gerealiseerd in de periodes 1993-1999 en 2000-2005 en verwacht in 'Prognose 2000'

	Resultaat (1993-1999)		Prognose 2000		Resultaat (2000-2005)	
	N	P	N	P	N	P
Aanvoer	368	34,5	319	32,0	337	32,6
Afvoer ¹⁾	240	32,1	240	32,0	255	36,2
Overschot	129	2,4	79	0,0	82	-3,5
Benutting (%)	65	94	75	100	77	111

¹⁾ *Bruto opbrengst: N- en P-opbrengst in oogstbaar gewas (ook wel opbrengst in staand gewas). Dit is verschillend van de netto opbrengst, de afvoer met geoogst gewas. Netto opbrengst is bruto opbrengst min veldverliezen*

4.2.2 Mineralenbalansen in grasland

De N-balans van grasland is weergegeven in Tabel 4.2. De N-aanvoer door bemesting (al in beeld gebracht in Figuur 4.1) is voor de volledigheid in de tabel opgenomen.

De ontwikkeling van de N-fixatie met klaver en de N-afvoer (beide opgenomen in de tabel) zijn tevens weergegeven in Figuur 4.3. N-binding met klaver is gemiddeld over 2000-2005 toegenomen, maar viel terug in 2004 en 2005. In tijdelijk grasland werd meer N gebonden dan in blijvend grasland. De afvoer van N bleef gemiddeld over de periode 2000-2005 praktisch gelijk. Per jaar zijn er echter aanzienlijke verschillen. De N-afvoer in 2000, 2001 en 2002 waren hoog vergeleken met de jaren daarna. De N-afvoer in 2003 was het laagst. De afvoer in 2003, 2004 en 2005 was lager dan gemiddeld in 1993-1999. De afvoer in tijdelijk grasland was hoger dan in blijvend grasland.

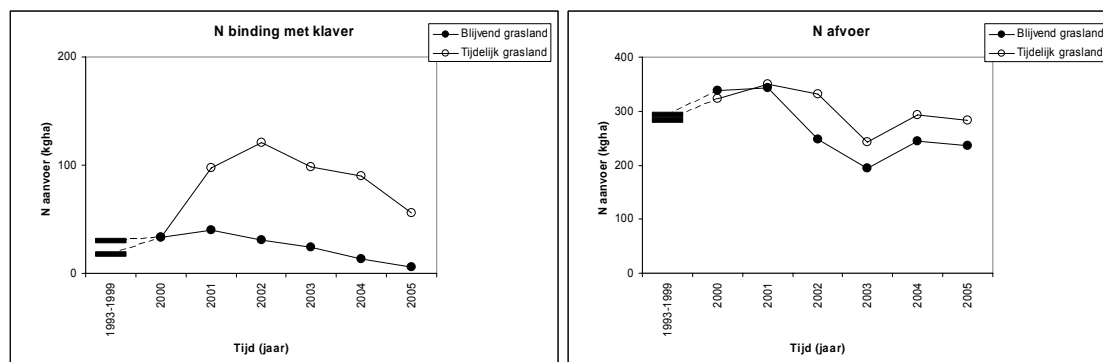
De ontwikkeling van aan- en afvoer resulteerde in een afname van het N-overschot en een sterke toename van de N-benutting over de gehele periode na 2000. In 1993-1999 was de N-benutting in blijvend grasland hoger dan in tijdelijk grasland. Dit verschil werd na 2000 kleiner.

Tabel 4.2 De aan en afvoer van N ($\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$) naar blijvend grasland en tijdelijk grasland op 'De Marke' in 1993-1999, in 2000-2004 en in de afzonderlijke jaren na 2000

	Blijvend gras							2000-2005
	1993-1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Aanvoer								
Weidemest	113	72	49	56	54	65	78	62
Drijfmest ¹⁾	167	186	178	228	170	248	251	210
Kunstmest	134	120	105	52	32	0	0	52
N-binding	30	33	40	30	24	13	6	24
Depositie	45	39	37	36	34	33	31	35
Totaal	489	450	409	402	314	359	366	383
Afvoer²⁾	293	338	343	247	193	245	236	267
Overschot	196	112	66	155	121	114	130	116
Benutting (%)	60	75	84	61	61	68	64	69
	Tijdelijk gras							2000-2005
	1993-1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Aanvoer								
Weidemest	76	28	22	30	23	32	42	30
Drijfmest ¹⁾	247	259	248	264	204	257	315	258
Kunstmest	117	99	87	65	25	5	0	47
N-binding	17	33	97	121	98	90	56	83
Depositie	45	39	37	36	34	33	31	35
Totaal	502	458	491	516	384	417	444	452
Afvoer²⁾	283	324	350	331	243	293	282	304
Overschot	219	134	141	185	141	124	162	148
Benutting (%)	56	71	71	64	63	70	64	67

1) Drijfmest (faeces + urine) na correctie voor ammoniakverliezen

2) Netto N-opbrengst: N-opbrengst in geoogst gewas (=bruto opbrengst min veldverliezen)

**Figuur 4.3** De N-binding met klaver en de N-afvoer in gras/klaver in blijvend en tijdelijk grasland na aanpassing van het graslandbeheer in 2000

De jaarlijkse P aanvoer naar grasland is sinds 2000 afgenomen met 4 kg ha^{-1} (Tabel 4.3, bovenste sectie). De P afvoer is ten opzichte van de periode 1993-1999 licht toegenomen, met als gevolg dat het P overschot is afgenomen. Het verloop van de afvoer van N en P hangen nauw met elkaar samen (correlatie coëfficiënt 83%). De variatie van de P afvoer per jaar is dan ook vergelijkbaar met die van N.

Op blijvend grasland is de P aanvoer iets toegenomen terwijl de P opname is afgenomen. Dit heeft geresulteerd in een P overschot van $3 \text{ kg P ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$. In tijdelijk grasland is de P aanvoer echter wel

lager geworden, terwijl de P afvoer is toegenomen, resulterend in een P overschot van 0 kg P ha⁻¹. Omdat het P overschot op blijvend grasland niet kan worden gecompenseerd door onttrekking in een bouwlandfase, hetgeen in tijdelijk grasland in de rotatie met voedergewassen wel het geval is (zie P balans maïs, paragraaf 4.3.3) vindt per saldo P accumulatie plaats op blijvend grasland en uitmijning op de wisselbouwpercelen. Deze ongelijke verdeling over de percelen komt niet tot uiting in de bedrijfsbalans en de bodembalans van het hele bedrijfsareaal.

Tabel 4.3 De aan en afvoer van P (kg ha⁻¹ jr⁻¹) op blijvend grasland op 'De Marke' in 1993-1999 en in 2000-2005

Grasland		
	1993-1999	2000-2005
Aanvoer	43	39
Afvoer	37	38
Overschot	7	1
Benutting (%)	85	98
Blijvend grasland		
	1993-1999	2000-2005
Aanvoer		
<i>Drijfmest</i>	23	29
<i>Weidemest</i>	13	8
<i>Kunstmest</i>	-	-
<i>Depositie</i>	1	1
<i>Totaal</i>	37	36
Afvoer	36	33
Overschot	1	3
Benutting (%)	97	93
Tijdelijk grasland		
	1993-1999	2000-2005
Aanvoer		
<i>Drijfmest</i>	35	36
<i>Weidemest</i>	9	4
<i>Kunstmest</i>	1	0
<i>Depositie</i>	1	1
<i>Totaal</i>	46	41
Afvoer¹⁾	37	41
Overschot	9	0
Benutting (%)	81	100

¹⁾ Netto P opbrengst: P opbrengst in geoogst gewas (=bruto opbrengst min veldverliezen)

4.2.3 Mineralenbalansen in maïs

Tabel 4.4 geeft de N-balans weer in maïs voor de periode 1993-1999 en de periode 2000-2005. De balans voor alle maïsjaren is berekend als het gemiddelde van 1^e, 2^e en meer dan 2^e jaars maïs, ongewogen naar de oppervlaktes van deze groepen⁴. Het bemestingsniveau in maïs is nauwelijks veranderd, zoals in paragraaf 2 al werd vermeld. De N-afvoer in maïs is met 15 kg ha⁻¹ toegenomen. Beide veranderingen werken in dezelfde richting, zodat het N-overschot is afgenomen tot een negatieve waarde en het percentage van de bovengrondse N-afvoer ten opzichte van de bovengrondse aanvoer is toegenomen tot meer dan 100%.

⁴ Na 2000 komt namelijk nog maar weinig 2^e jaars maïs en ouder voor doordat 3^e jaars maïs is vervangen door gerst en doordat de rotatie in de huiskavel is verkort. Omdat 3^e jaars maïs zwaarder bemest wordt dan 1^e en 2^e jaars zou deze wijziging in de rotatie bij weging van de gemiddelde aanvoer naar de oppervlakte een vertekend beeld geven van de ontwikkeling van de aanvoer.

Er is weinig veranderd aan de P balans in maïs (Tabel 4.5). Dat het P overschot negatief is, komt overeen met de aanpak van de bemesting in het vruchtwisselingsysteem. Deze gaat ervan uit dat de P gift met dierlijke mest hoger is dan de opname door gras met als gevolg een P overschot groter dan 0 in tijdelijk gras dat weer gecorrigeerd wordt in de bouwlandfase. Doordat het P overschot in tijdelijk grasland na 2000 gelijk is aan nul (zie 4.3.2) en P in maïs nog steeds onttrokken wordt, heeft op de percelen met vruchtwisseling per saldo uitmijning plaatsgevonden.

Tabel 4.4 Aan- en afvoer van N ($\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$) van en naar maïs op 'De Marke' in 1993-1999 en 2000-2005 in de verschillende fases van de rotatie

	1993-1999				2000-2005			
	1 ^e	2 ^e	>2 ^e	Alle	1 ^e	2 ^e	>2 ^e	Alle
Aanvoer								
<i>Drijfmest</i> ¹⁾	50	91	128	89	27	89	127	81
<i>Depositie</i>	45	45	45	45	35	35	35	35
<i>Totaal</i>	94	135	173	134	62	124	162	116
Afvoer	148	116	124	129	165	136	129	144
Overschot	-54	19	49	5	-103	-12	32	-28
Benutting (%)	157	86	72	97	267	110	80	124

¹⁾ *Drijfmest (faeces + urine) na correctie voor ammoniakverliezen*

²⁾ *Netto N-opbrengst: N-opbrengst in geoogst gewas (=bruto opbrengst min veldverliezen)*

Tabel 4.5 Aan- en afvoer van P ($\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$) van en naar maïs op 'De Marke' in 1993-1999 en 2000-2005 in de verschillende fases van de rotatie

	1993-1999				2000-2005			
	1 ^e	2 ^e	>2 ^e	Alle	1 ^e	2 ^e	>2 ^e	Alle
Aanvoer								
<i>Drijfmest</i> ¹⁾	7	12	19	13	4	13	20	12
<i>Kunstmest</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Depositie</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Totaal</i>	8	14	20	14	5	14	21	13
Afvoer ¹⁾	24	20	19	21	26	22	24	24
Overschot	-15	-6	1	-7	-21	-7	-4	-11
Benutting (%)	286	141	97	149	496	152	118	180

¹⁾ *Netto P opbrengst: N-opbrengst in geoogst gewas (=bruto opbrengst min veldverliezen)*

4.2.4 De droge stof opbrengst en de gewaskwaliteit

Tabel 4.6 geeft de droge stof opbrengst weer in gras en maïs. De droge opbrengst van gras is sterk variabel tussen jaren. De droge stof opbrengst verloopt min of meer synchroon met de N-opbrengsten (paragraaf 4.3.2). Opvallend is het verschil in ontwikkeling van de opbrengst van blijvend en tijdelijk grasland. De opbrengst in tijdelijk grasland was in 2000-2005 gemiddeld 15% hoger dan in de periode voor 2000; de opbrengst in blijvend grasland was in 2000-2005 1% lager dan in 1993-1999. Evenals bij de N-opbrengst is een terugval te zien in 2003. In maïs is de opbrengst na 2000 duidelijk hoger dan voor 2000. De verschillen tussen jaren zijn kleiner dan in gras.

Tabel 4.6 De droge stof opbrengst van gras en maïs op 'De Marke' (kg ds ha⁻¹)

	1993-1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2000-2005
Grasland								
Blijvend	9127	10739	11284	8127	6536	8973	8481	9023
Tijdelijk	9249	11422	11238	10622	8944	10712	10702	10607
Alle	9213	11175	11255	10336	8616	10118	9592 ¹⁾	9815
Maïs								
1 ^e jaars	11814	13846	14431	14370	13122	13221	13824	13802
2 ^e jaars	10223	12733	13695	13457	12193	11628	12091	12633
> 2 ^e jaars	10613	13155	12218	13154	11827	-	-	12588
Alle	10883	13245	13448	13660	12381	12425	12958	13008

¹⁾ De weergegeven opbrengst van gras wijkt in 2005 iets af van de in hoofdstuk 2 weergegeven hoeveelheid, doordat in hoofdstuk 2 een perceel waarop een veldproef is aangelegd, niet is meegeteld

Tabel 4.7 toont de ontwikkeling van de voederwaarde van gras- en maïskuilen. De voederwaarde is uitgedrukt in: 1) het ruweiwitgehalte (gelijk aan 6,25 maal het N-gehalte), 2) het darmverteerbaar eiwitgehalte (uitgedrukt in DVE), 3) het gehalte aan energie (uitgedrukt in VEM), 4) het gehalte van voedingsvezel (bestaande uit celwanden) die vrijgemaakt worden na koken in een neutrale oplossing (uitgedrukt in NDF) en 5) de NDF verteerbaarheid (alleen bepaald in de laatste drie jaren).

De graskuilen bevatten in alle jaren ongeveer evenveel energie. Uit vergelijking van de resultaten van 2000-2005 met de resultaten van 1993-1999 volgt dat RE in graskuilen is afgenomen met ongeveer 11%. DVE is nauwelijks afgenomen: 4%. De opbouw van eiwit in graskuil is dus veranderd (minder RE bij een min of meer gelijk gebleven DVE). In weidegras is het VEM gehalte iets toegenomen en zijn DVE en RE ongeveer gelijk gebleven. Kijken we naar afzonderlijke jaren dan valt het verschil op tussen de RE gehalten in de jaren voor 2003 en de jaren vanaf 2003. In de jaren met een lage RE waarde bleef het DVE gehalte op peil. De veranderingen in het energie- en eiwitgehalte in de maïskuilen zijn marginaal. In paragraaf 4.4.2 en in hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de gevolgen voor de verteerbaarheid.

Tabel 4.7 De ontwikkeling van het ruw eiwitgehalte (RE, g kg ds⁻¹), het darmverteerbaar eiwitgehalte (DVE, g kg ds⁻¹) en VEM (g kg ds⁻¹), NDF (g kg ds⁻¹) en NDF verteerbaarheid in gras- en maïskuilen en in weidegras in verschillende jaren op 'De Marke'

	Prognose 1992	Gem. '93-'99	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Gem. '00-'05
Graskuil									
VEM	880	860	791	884	838	799	862	893	845
DVE	74	69	58	73	69	63	65	76	67
RE	158	178	157	171	176	140	148	153	158
NDF		450	492	473	470	447	457	471	468
NDF-verteerbh.						74	72	72	
Weidegras									
VEM	974	993	1019	1009	997	999	1012	989	1004
DVE	103	101	104	104	105	104	103	101	104
RE	213	221	209	215	240	231	202	215	219
Snijmaïskuil									
VEM	910	968	1018	976	941	949	974	951	968
DVE	49	48	53	49	50	51	54	48	51
RE	79	73	71	73	78	71	74	69	73

4.3 Gevolgen van maatregelen

4.3.1 Algemeen

De gewasproductie heeft, afgemeten aan het doel om maximaal ruwvoer te produceren binnen de randvoorwaarden van efficiënt gebruik van N en P, in 2000-2005 veel beter gefunctioneerd dan in de periode daarvoor. Het N-overschot op de bodembalans is afgenomen van 129 naar 82 kg N ha⁻¹ de norm van 79 kg N ha⁻¹ werd dicht benaderd. In plaats van een P overschot was er in 2000-2005 een P onttrekking aan de bodem. Over de gehele onderzoeksperiode was de opbrengst van N, P en droge stof in 2000-2005 hoger dan in 1993-1999. De N- en P-opbrengsten waren ook hoger dan de verwachting volgens 'Prognose 2000'. De energie opbrengst (VEM) is in gras een weinig afgenomen en in maïs iets toegenomen.

De verbeteringen kunnen niet zonder meer beschouwd worden als puur een gevolg van maatregelen, omdat het weer ook een rol gespeeld zal hebben. In de hierna volgende analyse van de effecten van afzonderlijke maatregelen zal daarmee rekening gehouden worden.

4.3.2 Lagere N-bemesting in grasland

De N-aanvoer naar grasland is aanzienlijk beperkt om een lager N-overschot te realiseren. De vraag is hoe het grasland daarop reageert. Kan nog voldoende gras geoogst worden van een goede kwaliteit?

De resultaten geven aan dat de opbrengst van stikstof gemiddeld op een gelijk niveau is gebleven en dat de opbrengst van droge stof zelfs nog is toegenomen. Echter, de gewasopbrengst wordt sterk beïnvloed door weer. Met uitzondering van 2003 was na 2000 sprake van relatief gunstig weer voor grasgroei. Om de effecten van de lagere N-aanvoer te kunnen evalueren, is correctie nodig voor effecten van weer en moet bovendien eerstejaars tijdelijk grasland buiten beschouwing laten. Immers, de overgang van bouwland naar grasland is gewijzigd (zie paragraaf 4.2.2) om een betere startgroei van eerstejaarsgras mogelijk te maken. Na deze correcties blijkt dat de N-opbrengst 7% is afgenomen en dat de opbrengst van droge stof niet waarneembaar veranderd is (zie Tabel 4.8).

Tabel 4.8 De opbrengst van N en droge stof in grasland (ongewogen gemiddelden van blijvend gras en tijdelijk gras; kg ha⁻¹jr⁻¹)

	N		Droge stof	
	Ongecorrigeerd	Gecorrigeerd ¹⁾	Ongecorrigeerd	Gecorrigeerd ¹⁾
1993-1999	287	295	9188	9408
2000-2005	285	275	9815	9253
<i>Verandering (%)</i>	<i>0</i>	<i>-7</i>	<i>7</i>	<i>-2</i>

1) Door de gegevens van eerstejaars tijdelijk gras uit te sluiten en een weercorrectie toe te passen op grond van neerslaghoeveelheid (droog, normaal, nat jaar), de werkwijze wordt in meer detail toegelicht in Bijlage I

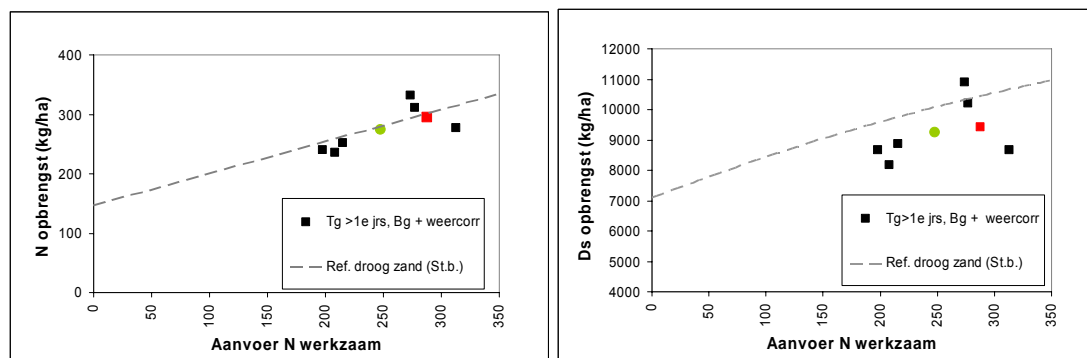
De ontwikkeling in grasland komt overeen met het patroon dat verwacht mag worden bij een lagere N-bemesting. Volgens de respons van gras op N zoals Van Steenberg (1977) vaststelde, neemt de opbrengst in grasland op droog zand bij een gemiddeld weerjaar af met ongeveer 10 kg ds af per kg gereduceerde N-gift. De afname van de N-aanvoer was 85 kg ha⁻¹ (gemiddeld voor blijvend en tijdelijk grasland, exclusief eerstejaars tijdelijk gras), wat overeenkomt met werkzame N⁵ van 40 kg ha⁻¹. De verwachte afname van de droge stof opbrengst is dan 400 kg ds per ha. Dat wijkt niet significant af van de ontwikkeling van de opbrengst gecorrigeerd voor weereffecten. Ook de N-opbrengst volgde een normaal patroon. Volgens Steenberg neemt de N-opbrengst af met

⁵ Berekend als: Nwerkzaam (Nwz) = aanvoer van N met weidemest*0,15+ aanvoer van N met drijfmest *0,6+ N gebonden door klaver + aanvoer van N met kunstmest.

0,53 kg per kg minder gegeven N. Bij een afname van de N-gift per hectare van 40 kg werkzaam is afname van de N-opbrengst te verwachten van 21 kg ha⁻¹, gelijk aan de gecorrigeerde waarneming.

De reactie van de N-opbrengst op de N-bemesting in de afzonderlijke jaren na 2000 komt eveneens overeen met de respons volgens Van Steenberg (zie Figuur 4.4). Er zijn twee groepen te herkennen met een duidelijk verschillende N-aanvoer. De aanvoer van werkzame N was relatief hoog in 2000 tot en met 2002 en veel lager in 2003, 2004 en 2005. Dit kwam doordat de kunstmest N-gift nog niet volledig was afgebouwd en de N-fixatie in die jaren hoog was. De verdere afbouw van kunstmestgebruik viel in 2003 tot en met 2005 samen met een lagere N-fixatie. Het verschil in N-afvoer tussen de groepen kan dus als een N-effect beschouwd worden. Als de N-aanvoer uit de periode zonder kunstmestgebruik in de toekomst op hetzelfde niveau gehandhaafd wordt, moet rekening gehouden worden met een lagere N-opbrengst in gras. De consequenties hiervan en mogelijke oplossingen worden in paragraaf 4.5 besproken.

Het beeld van de droge stof opbrengst vertoont wel wat gelijkenis met die van N, maar wijkt toch af door de resultaten van 2002 met relatief matige opbrengst bij een hoge aanvoer van N werkzaam. Het gemiddelde niveau van de droge stof opbrengst (zowel in 1993-1999 als in 2000-2005) is wat lager dan de referentie van Van Steenberg. In dat opzicht is er een verschil met de N-opbrengst. Mogelijk is dit een effect van de beschikbaarheid van vocht. Uit het onderzoek van Van Steenberg kan namelijk opgemaakt worden dat de ontwikkeling van biomassa sterker door de vochtbeschikbaarheid wordt bepaald dan de N-opname in bovengrondse delen. Omdat de omstandigheden uitgesproken droogtegevoelige zijn, is het denkbaar dat droogtestress op 'De Marke' een grotere rol speelt dan in de Van Steenberg referentie, ook al is daar de categorie droog zand gebruikt. Dit betekent dat onder droogtegevoelige omstandigheden krappe N-voorziening eerder gevolgen zal hebben voor de N-opbrengst dan voor de droge stof opbrengst.



Figuur 4.4 De N-opbrengst (oogstbaar gewas) en de droge stof opbrengst (jaargemiddelden van tijdelijk grasland (exclusief eerstejaars) en blijvend grasland, gecorrigeerd voor effecten van weer), uitgezet tegen de aanvoer van werkzame N en vergeleken met (St.b.), de referentie volgens Van Steenberg (1977)

Het N-gehalte in tijdelijk en blijvend gras is afgenomen. Dat blijkt uit het eiwitgehalte in kuilvoer zoals weergegeven in Tabel 4.7. Opvallend is dat lage N-gehalten voorkomen in de jaren met groeizaam weer en een lage N-bemesting. Door het groeizame weer is de opgenomen N vermoedelijk 'verdund' door biomassa. Vooral in de eerste twee snedes, als klaver zich nog nauwelijks ontwikkeld heeft en N-binding nog beperkt is, zijn de gehalten afgenomen tot waarden van ongeveer 25 g kg ds⁻¹. Volgens Lantinga (1985) wordt de fotosynthese in gras door N-limitatie geremd bij N-gehalten lager dan 25 g kg ds⁻¹. Boven dat niveau zouden gevolgen voor de drogestofopbrengst beperkt zijn. Dit beeld zien we enigszins bevestigd in het uitblijven van een afname van de droge stof opbrengst. De derving van de droge stof opbrengst zal naar verwachting bij de huidige N-bemesting dan ook beperkt blijven.

4.3.3 Hogere N-benutting uit dierlijke mest

De afname van de totale aanvoer van N (met 85 kg ha⁻¹) is grotendeels gerealiseerd door een lager kunstmest N-gebruik (76 kg ha⁻¹). Kunstmest N geldt als 100% werkzaam (per definitie).

Het niveau van werkzame N is echter met slechts 40 kg ha⁻¹ afgenomen. Dit is voor een aanzienlijk deel een gevolg van de 'uitruil' van N-excretie in de wei met drijfmest N, conform de voornemens. De benutbaarheid van N uit dierlijke mest (weidemest en drijfmest tezamen) is hierdoor volgens de vuistregel toegenomen met ongeveer 20 kg N ha⁻¹ (van 45 naar 52%). Bovendien heeft de N-fixatie in de eerste drie jaren voor extra aanvoer van N gezorgd.

Het is de vraag of er aanwijzingen zijn voor een verandering van de benutbaarheid van N uit drijfmest. Tot nu toe is bij de berekening van werkzame N uit totaal N steeds met dezelfde vuistregel gewerkt: $Nwz = Nwm \cdot 0,15 + Ndm \cdot 0,6 + N \text{ kl.b.} + N \text{ km}$. Als de doelstelling van de mestvergisting gerealiseerd is, zou de vuistregel in de laatste jaren (na 2003) het niveau van werkzame N moeten onderschatten. Dan zou de vuistregel moeten worden aangepast.

In een veldproef op 'De Marke' wordt de benutting van N uit verschillende soorten mest door gras onderzocht. Het experiment geeft echter geen aanwijzing dat de N-benutting in vergiste mest hoger is (persoonlijke communicatie, Schröder). Op het niveau van het gehele bedrijfssysteem wordt dit beeld niet tegengesproken. Dit blijkt uit de volgende analyse. De N-opbrengsten (gecorrigeerd zoals hiervoor is beschreven) zijn met behulp van de referentie volgens Van Steenberg omgerekend in een bijbehorend niveau van schijnbaar werkzame N (SNwz). Vervolgens is voor Nwz en SNwz het percentage werkzame N berekend; dat wil zeggen: $\%Nwz = 100 \cdot Nwz / \text{Naanvoer}$ en $\%SNwz = 100 \cdot SNwz / \text{Naanvoer}$. Een uitvoeriger toelichting is te vinden in Bijlage II. Vergelijken van $\%Nwz$ met $\%SNwz$, geeft een indicatie van ontwikkeling van de benutbaarheid van N. Deze werkwijze is gevoelig voor variatie van de levering van N uit de bodemvoorraad. Ook niet perfecte correctie voor weer of andere N-opbrengst bepalende factoren (zoals verandering van de botanische samenstelling van de zode), maakt dat deze werkwijze met de nodige onzekerheden gepaard gaat.

In Tabel 4.9 zijn de resultaten weergegeven. Werkzame N wordt in 1993-1999 en in 2000-2005 hoger geschat dan de schijnbare werkzame N. Voor het onderzoeken van de benutbaarheid van N is het percentage van werkzame N van de totaal aangevoerde N van belang. Het percentage werkzaam van de aangevoerde N, $\%Nwz$, is toegenomen. Dit komt door de afgenomen beweiding. Het percentage schijnbaar werkzame N ($\%SNwz$) is even sterk toegenomen (gemiddeld 2000-2005 ten opzichte van 1993-1999). Omdat de toename van $\%SNwz$ vergelijkbaar is met die van $\%Nwz$ geeft de N-opbrengst geen aanwijzing voor afwijking van de benutbaarheid van N uit dierlijke mest ten opzichte van de vuistregel. Ook de ontwikkeling per jaar geeft geen aanwijzing voor een verhoogde N-werking van N in vergiste mest ten opzichte van gewone mest. Immers, juist in de jaren 2003, 2004 en 2005 was $\%SNwz$ relatief laag. Dat betekent dat we bij het berekenen van het bemestingsniveau op 'De Marke' uit moeten gaan van dezelfde N-werking voor de vergiste mest als voor de onbehandelde mest.

Tabel 4.9 De ontwikkeling van de schijnbare werkzame N vergeleken met de ontwikkeling berekend volgens de vuistregel (een toelichting is te vinden in de tekst)

Jaar	Nwz kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹	SNwz	$\%Nwz$	$\%SNwz$
1993-1999	288	275	57	55
2000	277	304	61	67
2001	274	343	65	81
2002	313	240	65	50
2003	208	163	59	46
2004	216	194	55	49
2005	198	173	50	44
2000-2005	248	236	59	57

4.3.4 De teelt van graan in het laatste bouwlandjaar

Door de vervanging van maïs als laatste jaars bouwlandgewas door graan (triticale en vervolgens gerst/erwten) is in het laatste bouwlandjaar eigenlijk een dubbelteelt ontstaan (zie ook de toelichting in paragraaf 2). De granen worden al in juli geoogst, waarna de nieuwe graszode (tijdelijk grasland) direct gezaaid en bemest wordt. De zode vestigt zich al in de nazomer van het laatste bouwlandjaar en is bijna volledig ontwikkeld in het volgende voorjaar. In het laatste bouwlandjaar

is dus sprake van een hogere mestgift, bestaande uit i) de gift in het voorjaar, bestemd voor graan (gelijk aan die in maïs) en ii) de mestgift toegepast voor het zaaien van het eerstejaars gras.

De gevolgen voor de mineralenbalans zijn samengevat in Tabel 4.10. De N-afvoer in eerstejaars gras is toegenomen doordat de eerste snede tijdelijk gras in de aangepaste vruchtwisseling geoogst kan worden, terwijl dit voorheen niet het geval was. Tot 1997 werd in eerstejaars gras een extra N-gift van 70 kg N ha^{-1} gegeven. De 'dubbele N-dosering' in het laatste bouwlandjaar na 2000, komt feitelijk neer op een vervroeging van de extra N die tot 1997 werd gegeven. Ten opzichte van het systeem van 1997 tot 2000, waarin de extra N in eerstejaars gras achterwege werd gelaten, is door de dubbele dosering in het laatste bouwlandjaar wel sprake van een extra aanvoer. Het N-overschot in de aangepaste vruchtwisseling is lager geworden, zowel vergeleken met het systeem van voor 2000 als met de systemen van tot 1997 en van 1997 tot 2000 (met de laagste N-aanvoer in overgang van bouwland naar grasland). De verklaring is dat er meer biomassa wordt gevormd in de overgang van bouwland naar grasland, zodat een (zwaardere) eerste snede geoogst kan worden. De droge stof opbrengst in eerstejaars gras is eveneens toegenomen met ruim $1800 \text{ kg ds ha}^{-1}$ tot een niveau van $10700 \text{ kg ds ha}^{-1}$. Deze toename wordt praktisch opgeheven doordat de droge stofproductie met $10281 \text{ kg ds ha}^{-1}$ in graan lager is dan die van derde jaars maïs. De vervanging van maïs door graan heeft per saldo dus niet geleid tot een duidelijke verandering van de droge stof opbrengst.

Tabel 4.10 De N-balans in het laatste bouwlandjaar (maïs danwel graan) en het eerste jaar tijdelijk grasland van 1993-1999 en van 2000-2005

	1993-1999			2000-2004		
	<i>Maïs</i>	<i>1^e jrs gras</i>	<i>Gem.</i>	<i>Graan</i>	<i>1^e jrs gras</i>	<i>Gem.</i>
Aanvoer	177	512		266	430	
Afvoer	124	271		138	310	
Overschot	53	241	147	128	120	124

4.3.5 Overige ontwikkelingen

De N-binding door klaver is niet blijvend toegenomen in reactie op de afgenomen N-bemesting. Uit onderzoek van Baan Hoffman (1995) blijkt dat een N-fixatie van ongeveer 80 kg N ha^{-1} verwacht mag worden bij een bemestingsniveau vergelijkbaar met dat van De Marke in de periode 2000-2005. Ook onderzoek van Schils wijst uit dat gras/klaver-mengsels meer N-bindende bij een lage N-bemesting dan bij een hoge bemesting (2002). De N-binding op De Marke bereikt alleen in tijdelijk grasland het te verwachten niveau, maar valt op blijvend grasland sterk terug. De pH van de bodem bij toepassing van gras/klaver dient bij voorkeur hoger te zijn dan 5,0. Daaraan wordt op 'De Marke' voldaan met een gemiddelde pH-KCl van 5,2 (op blijvend grasland 5,3). Het K-getal (een maat voor de beschikbaarheid van kalium) is echter laag (13) op blijvend grasland zodat het aannemelijk is dat kaliumgebrek een rol speelt. Toepassing van eenmalige aanvullende kalium-bemesting zou dit kunnen oplossen.

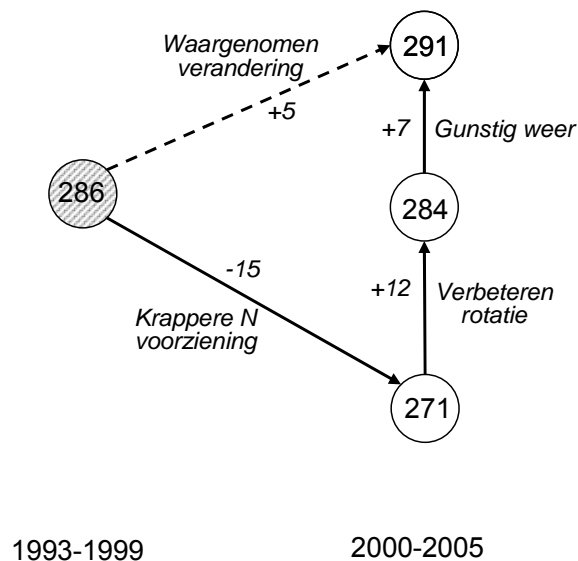
De opbrengst van maïs is aanzienlijk toegenomen. De toename valt niet samen met aanpassingen die in 2000 zijn gedaan en is mogelijk een gevolg van de toepassing van rijenbemesting met ingang van 1997. Door rijenbemesting kan met name de ontwikkeling van het gewas in een vroeg groeistadium op gang gebracht worden door een betere plaatsing van P. Deze verklaring wordt echter niet ondersteund door vergelijking van de ontwikkeling in eerste, tweede en derdejaars maïs. In eerstejaarsmaïs (die weinig of geen drijfmest krijgt en dus ook niet beïnvloed kan zijn door de toepassing van rijenbemesting) is de opbrengst immers ook aanzienlijk toegenomen. Vanzelfsprekend heeft het relatief groeizame weer na 2000 een rol gespeeld. Echter correctie van de opbrengst met de verwachting op grond van een model dat de maïsoopbrengst voorspelde met behulp van vochtbeschikbaarheid, straling en temperatuur, zette de waargenomen opbrengsten niet om in een vlakke tendens. Het lijkt daarom gerechtvaardigd om de toename van de opbrengst toe te schrijven aan een lange termijn-effect van vruchtwisseling. Aanwijzingen hiervoor werden ook gevonden in het rapport 'Betekenis wisselbouw voor melkveebedrijf op lichte zandgrond' (Aarts et al., 2003) en komen voort uit visuele waarnemingen met betrekking tot de ontwikkeling van maïs in de beginjaren van De Marke en in latere jaren, na een aantal jaren vruchtwisseling

(mondelijke mededeling Hilhorst, mondelinge mededeling Aarts). Een ander opvallend fenomeen is dat de opbrengst in eerstejaars maïs consistent hoog is, terwijl deze maïs niet of nauwelijks bemest wordt. Alles wijst erop dat deze bemesting in eerstejaars maïs in vruchtwisseling op zandgrond probleemloos achterwege gelaten kan worden.

4.4 Synthese

4.4.1 N stromen in het bodem/gewassysteem in 2000-2005

De N-opbrengst was in 2000-2005 hoger dan in 1993-1999 bij een lagere N-aanvoer. Het is de vraag of dit gunstige resultaat, vertaald mag worden in een bijgestelde verwachting van de aan- en afvoer van N. Uit de analyse in de vorige paragraaf volgt dat in maïs uitgegaan kan worden van een hogere N-opbrengst veroorzaakt door lange termijn effecten van rotatie: we veronderstellen een N-afvoer van 144 kg N ha^{-1} (gelijk aan het waargenomen niveau in 2000-2005). In grasland is de N-opbrengst veranderd door effecten van i) weer, ii) lagere N-voorziening en iii) vroegere inzaai van tijdelijk grasland in het laatste jaar van de bouwlandfase (zie Figuur 4.5)⁶. Uitgaande van 'gemiddeld weer' mag in de aangepaste bedrijfsvoering een N-opbrengst in grasland verwacht worden van 284 kg N ha^{-1} , praktisch gelijk aan de opbrengst in 1993-1999. De hiermee corresponderende N-afvoer op de bodembalans (oogstbaar gewas) is 244 kg N ha^{-1} , iets hoger dan de waarde aangegeven in 'Prognose 2000', maar 11 kg ha^{-1} lager dan het resultaat uit Tabel 4.1 Het N-overschot op de bodembalans bij 'gemiddeld weer' is dus naar schatting niet 82 maar 93 kg ha^{-1} en de N-efficiëntie op de bodembalans 72% . Deze resultaten zijn wat minder gunstig dan waar de prognose van uitging.



Figuur 4.5 De N-opbrengst van grasland in 2000-2005 vergeleken met die in 1993-1999 en de invloed van verschillende factoren daarop

4.4.2 N stromen in 2004-2005, de jaren zonder gebruik van kunstmest N

De resultaten over 2004-2005 geven de situatie weer in het systeem in de laatste fase van de ontwikkeling omdat het kunstmest N-gebruik pas in 2004 helemaal is afgebouwd (Tabel 4.11). In dit systeem was de totale N-aanvoer naar de bodem 320 kg ha^{-1} , de N-afvoer bedroeg 249 kg ha^{-1} en het N-overschot op de bodembalans kwam uit op 72 kg ha^{-1} . Echter, ook in 2004-2005 leidt de correctie voor weereffecten tot een ander beeld. De voor weer gecorrigeerde N-opbrengst in gras, bedraagt 250 kg N ha^{-1} en de totale N-afvoer van de bodem (oogstbaar gewas) bedraagt naar schatting 225 kg N ha^{-1} (Tabel 4.11). Het hiermee overeenkomende N-overschot (94 kg N ha^{-1}) zal vermoedelijk iets overschat zijn omdat aannemelijk is dat een lagere N-aanvoer leidt tot een lager

⁶ Verschillen tussen getallen in deze figuur met de waarden die zijn vermeld in tabel 8 zijn veroorzaakt doordat de veranderingen in tijdelijk gras en blijvend gras hier gewogen zijn naar hun oppervlak in het bedrijfsareaal.

N-overschot; dat betekent dat het verwachte N-overschot lager zou moeten zijn in 2004-2005 dan in de hele periode over 2000-2005 (Tabel 4.11, kolom 3 en 5).

Tabel 4.11 Aan- en afvoer van N op de bodembalans ($\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$): resultaten van 2000-2005 en van 2004-2005 (gemiddelde van twee jaren) en de verwachting bij gemiddelde weersomstandigheden

	2000-2005		2004-2005	
	Waarneming	Verwachting	Waarneming	Verwachting
Aanvoer				
Weidemest	22	 Idem	27	27
Drijfmest	191		204	204
Kunstmest	28		1	1
Depositie	35		32	32
Veldverliezen	19		18	16
Klaver	43		39	39
Som	337		320	319
Afvoer				
Oogstbaar gewas	255	244	249	225
Overschot				
% afvoer van afvoer	82	93	72	94
	76	72	78	71

4.4.3 N gehalte in gras en verteerbaarheid

N gehalten tussen de 25 en 30 g kg ds^{-1} zijn bij het op De Marke toegepaste bemestingsregiem niet uitzonderlijk. Bij N-gehalten tussen de 25 en 30 g kg ds^{-1} blijft de fotosynthese nog doorgaan, maar is de bladontwikkeling enigszins geremd. Het gevolg is dat koolwaterstoffen die door fotosynthese worden gevormd, worden opgeslagen in celwanden. Deze 'stapeling' in celwandmateriaal kan tot een versnelde verhouting en daardoor tot een slechtere verteerbaarheid van het gras leiden. Dit kan ten koste gaan van de mate waarin eiwit en energie door het vee benut kunnen worden. Dit wordt vooralsnog niet bevestigd door de NDF-verteerbaarheid omdat deze parameter nog niet lang genoeg wordt bepaald om een tendens te kunnen zien. Het feit dat visueel een vrij grote hoeveelheid onverteerbare gewasresten, afkomstig van gras, in de mest worden aangetroffen geeft wel een aanwijzing dat er sprake is van een matige verteerbaarheid. Het is de vraag:

- of we bij voortzetting van een N-aanwending op grasland op de huidige niveaus moeten rekenen op een lagere verteerbaarheid van gras en
- hoe voorkomen kan worden dat dit de efficiëntie van de veestapel nadelig beïnvloedt.

4.4.4 Knelpunten en oplossingen met betrekking tot N beschikbaarheid

Vooruitlopend op een veronderstelde verhoging van de benutbaarheid van N is het gebruik van kunstmest N voortvarend afgebouwd. Dit past bij het streven naar i) een zo efficiënt mogelijke bedrijfsvoering, waarbij melk geproduceerd wordt, met een zo laag mogelijk gebruik van N van buiten het bedrijfssysteem en ii) een zo hoog mogelijke benutting van N uit dierlijke mest. Vooralsnog zien we geen aanwijzingen voor een toename van de benutbaarheid van N uit drijfmest. Alle wijzigingen in de N-bemesting hebben tezamen geresulteerd in een afname van het bemestingsniveau (werkzame N) in 2004 en 2005. Na correctie voor weerseffecten blijkt dat de aangepaste bedrijfsvoering ten koste gaat van ongeveer 20 $\text{kg N-opbrengst per hectare}$.

Wat zijn de gevolgen? Als we ervan uitgaan dat scherp gevoerd wordt op N dan is er bij het huidige niveau van melkproductie geen ruimte voor een lagere N-aanvoer naar de veestapel. In hoofdstuk 3 werd ter discussie gesteld of er sprake is van zo scherp mogelijk voeren op N, in hoofdstuk 6 en hoofdstuk 10 wordt deze discussie verder uitgewerkt. Om de gedachten te bepalen, gaan we er hier van uit dat een opbrengst van 240 $\text{kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ (conform Prognose 2000¹) nodig is om te voorzien in de behoefte van de veestapel. We zien dan dat in het systeem zonder kunstmestgebruik (zoals het in 2004-2005 heeft gefunctioneerd) meer N aangekocht moet worden om te voorzien in de N-behoefte. Verdere toename van deze aanvoer is niet zonder bezwaren.

Ten eerste wordt een deel van de veevoedervoorziening afgewenteld op het grondgebied buiten 'De Marke' (er is bij toename van aankoop van voer dus sprake van een zekere afwenteling en een afname van grondgebondenheid van de productie). Ten tweede gaat aankoop van voer ook gepaard met gebruik van indirecte energie (een secundair doel op 'De Marke' is om het energiegebruik zoveel mogelijk te beperken).

Er zijn verschillende mogelijkheden om de N-opbrengst te verhogen:

- **Oogsten van het vanggewas**
Hiermee zou in een vanggewas ongeveer 20-80 kg N ha⁻¹ gewonnen kunnen worden; nu wordt het vanggewas ondergeploegd.
- **Verhogen van de N-binding met klaver**
- **Opstallen van vee**
Hierdoor neemt het niveau van werkzame N toe

Met het oog op het streven naar het handhaven van een zekere mate van beweiding heeft het de voorkeur om de N-binding met klaver te bevorderen en te bezien of een deel van het vanggewas geoogst kan worden. Bij handhaving van de beweiding lijkt de oogst van vanggewas noodzakelijk om voldoende N-opbrengst te realiseren. Immers om N werkzaam op een voldoende peil te brengen, zou een N-binding gerealiseerd moeten worden van 109 kg N ha⁻¹ in tijdelijk grasland en 76 kg N ha⁻¹ in blijvend grasland. In blijvend gras is dan een verdubbeling van het klaverbestand nodig. Het is de vraag of dat haalbaar is. Bovendien is het de vraag of hoge N-opbrengsten van klaver goed benutbaar zullen zijn.

Vooraf in blijvend gras is de N-voorziening zonder kunstmest N-gebruik krap. Gelet op de accumulatie van P in blijvend gras (hierop wordt ingegaan in hoofdstuk 5), zou daar iets minder P met dierlijke mest aangevoerd moeten worden. Om toch te kunnen voorzien in de N-behoefte van blijvend gras zou naast bevordering van N-binding ook mestscheiding overwogen kunnen worden. In een systeem zonder kunstmest sluit de N- en P-verhouding in dierlijke mest niet goed aan bij de behoefte van blijvend gras.

4.5 Conclusies

Het N-overschot op de bodembalans bedroeg op 'De Marke' 82 kg N ha⁻¹ in 2000-2005 en kwam dus praktisch overeen met de norm. De afname van het N-overschot ten opzichte van 1993-1999 is gerealiseerd in grasland (het onderdeel waarin bemesting fors werd aangepast) en in bouwland (waarin het management nauwelijks is veranderd). De afname van de N-overschotten in grasland is veroorzaakt door:

1. minder beweiden,
2. een lagere N-aanvoer naar de bodem,
3. aanpassing van de rotatie in de overgang van bouwland naar grasland en
4. relatief groeizaam weer.

De afname van de N-overschotten in bouwland is vooral veroorzaakt door lange termijn effecten van vruchtwisseling en in mindere mate door relatief groeizamer weer.

Er werd mestvergistings toegepast om te onderzoeken of de benutbaarheid van N hierdoor zou toenemen. Hiervoor zijn geen aanwijzingen.

De voor effecten van weer gecorrigeerde N-opbrengsten in gras nemen duidelijk af na verlaging van het aanbod van werkzame N in de jaren 2004 en 2005; de afname van de droge stof opbrengst is ook na weercorrectie minder duidelijk. N-gehalten van gras namen eveneens af, vooral van de eerste twee snedes.

In het bedrijfssysteem zonder gebruik van kunstmest komen een aantal onderzoeksvragen naar voren:

1. Wat is het effect van een andere kwaliteit van gras met lagere N-gehalten voor de benutbaarheid van energie en eiwit van graskuil?
2. Kan de N-opbrengst verhoogd worden door het vanggewas te oogsten?
3. In hoeverre kan de opbrengst van benutbaar N verhoogd worden door het klaverbestand in gras te verhogen?
4. In hoeverre kan het bemestingsniveau van N verder verhoogd worden door vee op te stallen?
5. Wat is de bijdrage van mestscheiding aan een gebalanceerde N- en P-voorziening in blijvend gras?

Literatuur

- Aarts, H.F.M., G.J. Hilhorst, F. Nevens en J.J. Schröder, 2003.
Betekenis wisselbouw voor melkveebedrijf op lichte zandgrond. De Marke rapport nr. 36.
- Aarts, H.F.M. & H. van Keulen, 2000.
Doelgericht ontwikkelen op basis van waargenomen functioneren, in: Duurzame melkveehouderij en stikstofmanagement, Van Keulen (Ed.), PRI rapport 21, De Marke rapport 29, pp. 119-127.
- Baan Hofman, T., 1995.
De betekenis van witte klaver in het grasland van 'De Marke. In: H.F.M. Aarts (red.), Weide- en voederbouw op De Marke: op zoek naar de balans tussen productie en emissie. De Marke, rapport nr. 12 pp. 15-31.
- 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 nr. 1.
- Lantinga, E.A., 1985.
Productivity of grasslands under continuous and rotational grazing, Proefschrift Wageningen (LH-1052), 11p.
- Schils, R.L.M., 2002.
White clover utilisation on dairy farms in the Netherlands. Proefschrift.
- Van Steenberghe, T., 1977.
Invloed van grondsoort en jaar op het effect van stikstofbemesting op de grasopbrengst. Stikstof 85: 9-16.

Bijlage 1

Werkwijze bij weercorrectie

Door van Steenbergen is de respons (droge stof en N-opbrengst) van grasland op N-bemesting bepaald voor zandgrond (droog, normaal en nat) bij verschillende weertypes, onderscheiden naar droog, gemiddeld en nat. Binnen de groep droge zandgrond is dus de respons in droge, gemiddelde en natte weerjaren bekend. Met behulp daarvan kan het effect van de weertypes op de opbrengst bepaald worden. Het effect is afhankelijk van het N-niveau. Bij lage N-giften is het effect van het weerjaar groter dan bij hoge N-giften.

Op grond van deze gegevens zijn per N-niveau omrekeningsfactoren afgeleid waarmee een opbrengst bij een gegeven N-niveau omgerekend worden van het ene weertype in een ander. Met deze omrekeningsfactoren zijn de opbrengsten die we hebben waargenomen in een droog jaar of juist een nat jaar, omgerekend naar de opbrengst bij een normaal jaar.

Omdat de bodem op De Marke extreem droogtegevoelig is, kan droogtestress eerder optreden dan in de meetreeks van Van Steenbergen voor de groep droog zand. Als dat zo is, dan zal het effect van een droog of een nat weerjaar groter zijn dan het effect dat we op grond van de curves van Van Steenbergen voor de verschillende weertypes hebben bepaald. In dat geval zal de correctie aan de zwakke kant zijn. Een ander belangrijk aspect is de indeling van jaren als zijnde droog, normaal of nat. Deze indeling is gemaakt op basis van mm neerslag in het groeiseizoen van gras, conform de werkwijze van Van Steenbergen.

Bijlage 2

De afleiding van het niveau van schijnbaar werkzame N (SNwz)

In de N-trappen proeven van Van Steenbergens werd kunstmest N gebruikt. N-aanvoer naar grasland op De Marke vindt plaats in de vorm van atmosferische depositie, drijfmest, weidemest, kunstmest en N-binding. Om de respons op De Marke te kunnen vergelijken met de curves van Van Steenbergens is de N-aanvoer omgerekend in de aanvoer van werkzame N. Na correctie van weer zou de N-opbrengst op De Marke, indien het grasland op een vergelijkbare manier als de Van Steenbergens referentie reageert, overeen moeten komen met de curve van Van Steenbergens. Een afwijkende N-opbrengst in een jaar kan natuurlijk veroorzaakt zijn door meetfouten en -onnauwkeurigheden of door bijzondere ontwikkelingen die hebben plaatsgevonden aan de graszode (zoals achteruitgang zode). Echter, het kan er ook op duiden dat de N beschikbaarheid in het betreffende jaar afwijkend is geweest. Als de N-opbrengst hoger is dan de curve zou de N-beschikbaarheid hoger kunnen zijn dan de beschikbaarheid die wordt geschat met behulp van de vaste vuistregel waarmee N werkzaam wordt berekend. Deze werkwijze is natuurlijk onzeker doordat vele factoren invloed kunnen hebben op de N-opname; daar moet bij de interpretatie van de uitkomsten zeker rekening gehouden worden. Echter, onzekerheden moeten niet overdreven worden. Het weer als factor is al uitgeschakeld door de weercorrectie en in een gelijkblijvend beheer, waarin steeds een even groot deel van het gras vernieuwd wordt (dus de zode gemiddeld niet duidelijk jonger of ouder wordt) en waarin de verstoring van de beweiding slechts veranderd van laag naar zeer laag, is het niet zo gek om aan te nemen dat de graszode min of meer gelijk blijft.

5 Effecten van efficiënt mineralenbeheer op de bodemkwaliteit

Koos Verloop, Jouke Oenema & Gerjan Hilhorst

5.1 Inleiding

Grondgebonden melkveehouderij moet op korte en op lange termijn kunnen voldoen aan milieukundige doelen. Om de bodem langdurig, in principe oneindig lang, te kunnen gebruiken voor landbouwkundige productie moet de bodemkwaliteit behouden blijven. Afhankelijk van het bodemgebruik kunnen verschillende criteria gebruikt worden om de bodemkwaliteit uit te drukken (TCB, 2003). Op 'De Marke' wordt gestreefd naar een zo hoog mogelijke productie van zelfgeteelde gewassen met zo laag mogelijke mineralenverliezen. Mineralen in de bodem moeten daarom in voldoende mate beschikbaar zijn voor de gewassen, maar mogen geen niveaus bereiken waarbij onacceptabele verliezen optreden. De bodem mag dus niet overmatig worden verrijkt of worden verschaald (Biewinga et al., 1992). Op droge zandgronden is het organische stofgehalte van de bodem van belang omdat het invloed heeft op de gevoeligheid van de bodem voor mineralenverliezen en de gevoeligheid voor droogte. Daarom wordt bodemkwaliteit op 'De Marke' uitgedrukt in gehalten van mineralen en organische stof in de bodem.

Dit hoofdstuk beschrijft de effecten van het aangepaste beheer op 'De Marke' op de ontwikkeling van de beschikbaarheid van mineralen (N en P) en het organische stof gehalte. Bovendien wordt ingegaan op de mineralisatie van N in de bodem.

De bodemvruchtbaarheidskarakteristieken zijn gemeten door bemonstering van de bovenste 20 cm van de bodem in blokken op het hele bedrijfsareaal (meestal zijn er twee blokken per hectare). De lagen 20-40 en 40-60 cm min maaiveld zijn ook bemonsterd, maar iets minder uitgebreid (Corré et al., 2004). De mineralisatie is gemeten op zes vaste waarnemingsplekken van elk 20 bij 20 meter, waarvan er twee liggen in blijvend grasland, twee in de huiskavel en twee in de veldkavel (Hack-ten Broeke en Aarts, 1996).

In paragraaf 5.2 worden de kenmerken van het bodembeheer beschreven. In paragraaf 5.3 worden ontwikkelingen weergegeven. Tenslotte worden de ontwikkelingen geëvalueerd en worden verwachtingen aangegeven van de ontwikkeling van de bodemkwaliteit op de langere termijn.

5.2 Kenmerken van beheer

5.2.1 Algemeen

Het beheer op 'De Marke' is gericht op het realiseren van een evenwicht tussen de aanvoer en afvoer van mineralen naar en van de bodem, behalve op plekken waarin gehalten van mineralen te laag of te hoog zijn. Op percelen die bijvoorbeeld door zware bemesting in het verleden hoge P-gehalten bevatten, is het beheer gericht op een geleidelijke afbouw. De P die op deze percelen bespaard werd, werd tot 1996 extra aangewend op percelen met een laag P gehalte. Zo zijn verschillen tussen percelen genivelleerd, hetgeen gunstig is voor efficiënte productie met beperkte mineralenverliezen (Hilhorst et al., 1998).

5.2.2 Aanvoer van mineralen naar de bodem

De aanvoer van fosfaat wordt afgestemd op de afvoer met gewassen, zodat geen fosfaatophoping plaatsvindt. Tot 1996 werd op fosfaatrijke percelen minder fosfaat aangevoerd dan met geogste gewassen werd afgevoerd; op de fosfaatarmste percelen werd juist meer fosfaat aangevoerd dan afgevoerd. In 1993-1999 werd $35 \text{ kg P ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ aangevoerd naar de bodem en werd $32 \text{ kg P ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ afgevoerd. In 2000-2005 was de aan- en afvoer van P respectievelijk $33 \text{ kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ en $36 \text{ kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$. Het overschot van P op de bodembalans (dus de netto aanvoer naar de bodem) was dus tot 2000 gelijk aan 3 en na 2000 gelijk aan $-3 \text{ kg P ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$.

Het toelaatbare N-overschot op de bodembalans (netto N-aanvoer naar de bodem) is $79 \text{ kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ (Biewinga et al., 1992). Dit niveau wordt bepaald door de voorwaarde dat de nitraatnorm niet wordt

overschreden. Bij de omrekening van de nitraatnorm naar een toelaatbare aanvoer van N wordt uitgegaan van een gelijkblijvend N-gehalte in de bodem. In 1993-1999 was het N-overschot duidelijk hoger dan de norm: $130 \text{ kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$. In evaluatie 2000 werden aanwijzingen gevonden dat sprake was van N-accumulatie in de bodem bij dit N-overschot. De aanpassingen gericht op een lager N-overschot werden niet alleen toegepast vanwege de te hoge nitraatuitspoeling in de jaren voor 2000, maar ook omdat de accumulatie tot overmatige nitraatuitspoeling zou kunnen leiden in de toekomst (Aarts en Van Keulen, 2000). Na 2000 was het N-overschot $82 \text{ kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ (Oenema et al., dit rapport).

Ten aanzien van organische stof geldt niet een streefnorm voor de aanvoer naar de bodem. De aanvoer van organische stof is een gevolg van de bemestingsstrategie, het bouwplan en de werkwijze bij het oogsten van gewassen. De organische stof toevoer wordt hieronder in detail besproken in relatie tot de vruchtwisseling.

5.2.3 Vruchtwisseling en de aanvoer van organische stof naar de bodem

Het bouwplan op De Marke bestaat uit 44% akkerbouwgewassen. Het maïsaandeel is 31 %. De organische stof toevoer in maïs in continueteelt met toepassing van een vanggewas naar de bodem bedraagt ongeveer $7,7 \text{ ton ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Aarts, 2002). Die in gras is veel hoger: op blijvend gras op 'De Marke' varieert de toevoer van 16,2 tot $17,3 \text{ ton ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$.

Vruchtwisseling wordt toegepast om de groeiomstandigheden op de percelen gemiddeld op een zo goed mogelijk niveau te krijgen of te houden. Door de lage retourstroom van organische stof in bouwlandgewassen en de relatief intensieve bodembewerking is de kans groot dat het organische stof gehalte van percelen waar continue bouwlandgewassen worden geteeld erg laag wordt. Om dit te voorkomen wordt de bouwlandfase afgewisseld met een graslandfasen met een hogere organische stof toevoer.

In Tabel 5.1 is de organische stof toevoer weergegeven voor de verschillende rotaties op 'De Marke' en voor verschillende periodes. De verandering van de organische stof toevoer ten opzichte van 1993-1999 zijn het gevolg van verschillende ontwikkelingen met een soms tegengesteld effect. Het organische stof gehalte in mest is door mestvergisting in 2003 afgenomen wat een afname van de organische stof toevoer tot gevolg heeft. Sinds 2000 wordt in het laatste jaar van de bouwlandfase geen maïs meer verbouwd, maar een graangewas. Dat verhoogt de organische stof toevoer omdat graan meer organische stof in de bodem achterlaat dan maïs. De bouwlandfase in de veldkavel is ingekort met twee jaar en de graslandfase met één jaar. Per saldo leiden deze wijzigingen ook tot een toename van de organische stof toevoer.

Tabel 5.1 De organische stof toevoer naar de bodem (kg ha^{-1}) in blijvend grasland, de huiskavel en de veldkavel in 1993-1999 en 2000-2005 en de verandering (percentage toe of afname) ten opzichte van 1993-1999

	1993-1999	2000-2005
Blijvend grasland	17261	16539 (-4%)
Huiskavel	12963	12911 (0%)
Veldkavel	11862	13246 (+12%)

5.3 Resultaten

5.3.1 De fosfaattoestand

Tabel 5.2 en Figuur 5.1 geven de ontwikkeling van de fosfaattoestand weer, uitgedrukt in het P-, Pw- en het P-AL getal. Het P-getal is een aanduiding voor het fosfaatgehalte in de bodem, in $\text{mg P}_2\text{O}_5$ per 100 gram grond (Murphy en Riley, 1962). Het Pw- getal is een maat voor de beschikbaarheid van fosfaat op bouwland. Het Pw getal wordt uitgedrukt in $\text{mg P}_2\text{O}_5$ per liter grond (Van der Paauw, 1971). Het P-AL getal is een maat voor de beschikbaarheid van fosfaat op grasland en wordt uitgedrukt in $\text{mg P}_2\text{O}_5$ per 100 gram grond (Van der Paauw, 1956). De karakteristieken hebben betrekking op de bovenste 20 cm van de bodem. Naast de ontwikkeling van het

gemiddelde van alle blokken is ook de ontwikkeling weergegeven in blokken met een hoge (W_0 = hoog) en lage uitgangswaarde (W_0 = laag)⁷.

De gemiddelden van het P, Pw, en P-AL getal zijn over de gehele onderzoeksperiode duidelijk gedaald ten opzichte van de uitgangswaardes. Het P-getal (gemiddelde van alle blokken) nam van 1989 tot 2004 af met 8% (0,5% per jaar). Het P-AL getal nam af met 18% (1,2% per jaar) en het Pw getal met 20% (1,3% per jaar). De beschikbaarheid van P is dus sterker afgenomen dan het totaalgehalte. Dit valt op te maken uit de verandering per jaar over de periodes 1989-1999 en 2000-2004 en uit de verschillen tussen de begin- en de eindwaardes (Tabel 5.2).

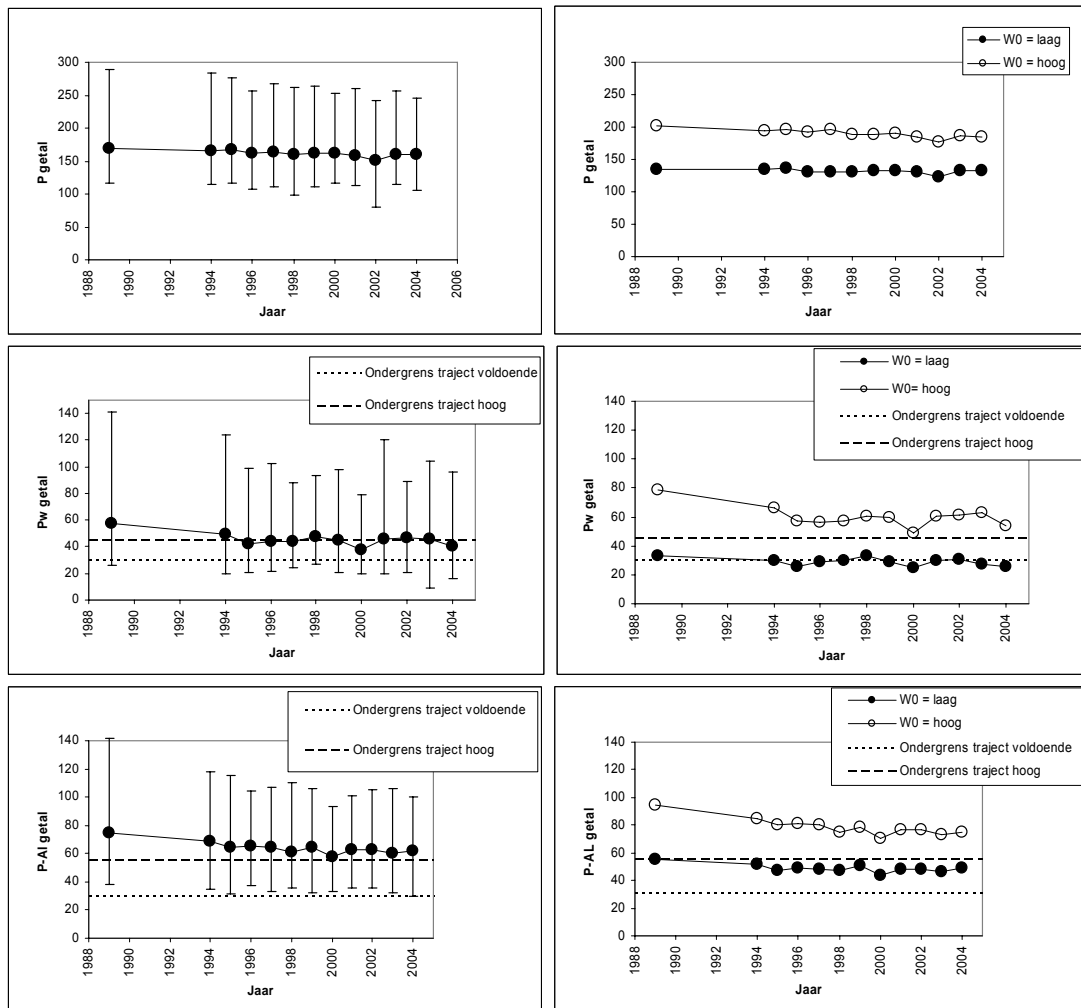
De fosfaattoestand is, na een periode van relatief snelle afname (kolom 2), min of meer gestabiliseerd in 2000-2004 (kolom 3). Het Pw getal bleef na 2000 stabiel en het P-AL getal nam zelfs wat toe. De afname van Pw, P-AL en P verliep sneller in de blokken met een hoge waarde in de uitgangssituatie dan in de blokken met een lage waarde in de uitgangssituatie. De verschillen tussen blokken zijn dus kleiner geworden. Dat ging aanvankelijk snel en later langzamer.

Voor het Pw en de P-AL getal zijn streeftrajecten bepaald waarin de fosfaattoestand voldoende of ruim voldoende is (Van Dijk, 2003). Het streeftraject van de Pw is 30-45; het P-AL getal krijgt de waardering voldoende en ruim voldoende bij waardes tussen 30 en 55. Gemiddeld lag het P-AL getal zowel in 1989 als in 2004 boven het traject ruim voldoende. Ook de laagste waardes liggen nog in het traject voldoende. Het Pw getal lag in 1989 eveneens boven het streeftraject, maar is afgenomen tot 41 mg P_2O_5 per liter grond; een waarde in het streeftraject. De laagste waarden lagen zowel in 1989 als in latere jaren onder het streeftraject en worden als laag aangemerkt.

Tabel 5.2 De ontwikkeling van het P getal (mg P_2O_5 per 100 gram grond), Pw (mg P_2O_5 per liter grond) en P-AL (mg P_2O_5 per 100 gram grond) in 1989-1999 en 2000-2004 en de begin- en eindwaardes

	Verandering per jaar		Begin- en eindwaarde	
	1989-1999	2000-2004	1989	2004
P				
Alle blokken	-0,9	-0,3	169	159
W_0 hoog	-1,3	-0,9	202	184
W_0 laag	-0,3	0,4	134	133
Pw				
Alle blokken	-1,2	0,6	57	41
W_0 hoog	-2,0	1,3	79	54
W_0 laag	-0,2	-0,1	33	26
P-AL				
Alle blokken	-1,2	0,7	75	62
W_0 hoog	-1,8	0,4	94	75
W_0 laag	-0,7	1	55	49

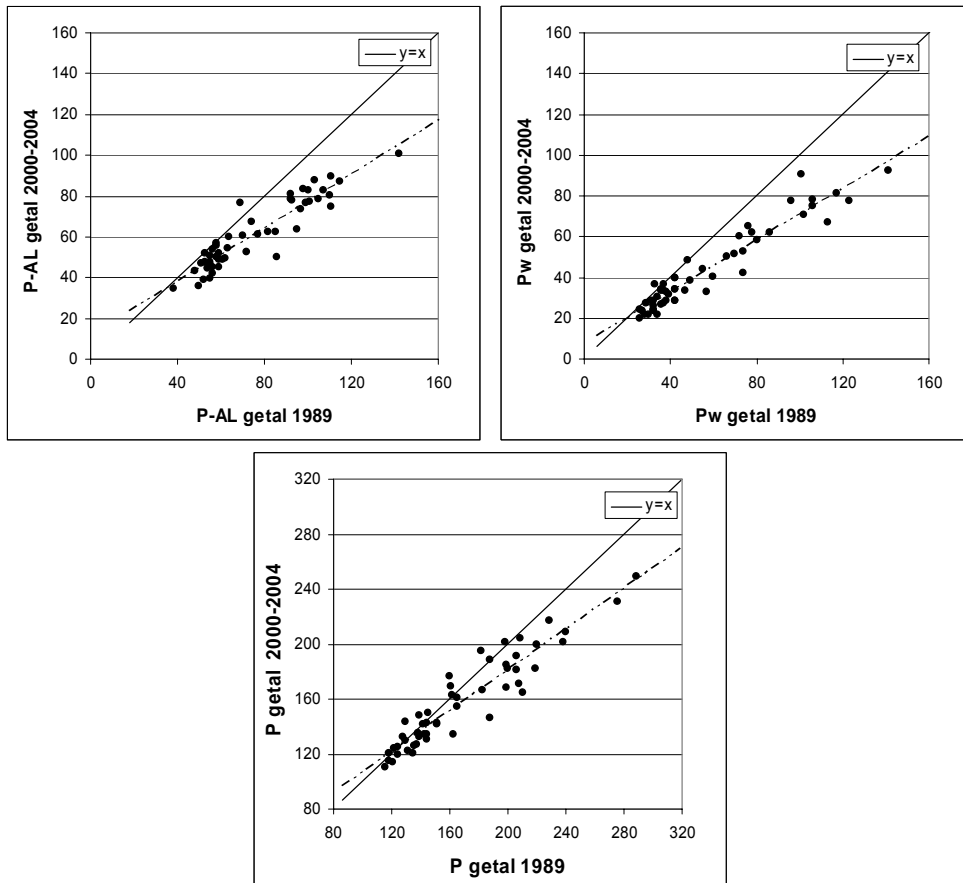
⁷ Voor elke parameter is de mediaan bepaald in de uitgangssituatie om blokken te onderscheiden met een hoge en lage waarde in de uitgangssituatie.



Figuur 5.1 Ontwikkeling van het P, Pw en het P-AL getal. Links: gemiddelde van alle blokken en de laagste en hoogste waarden (verticale balken). Rechts: de ontwikkeling in de categorie blokken met een hoge uitgangswaarde ($W_0 = \text{hoog}$) en met een lage uitgangswaarde ($W_0 = \text{laag}$)

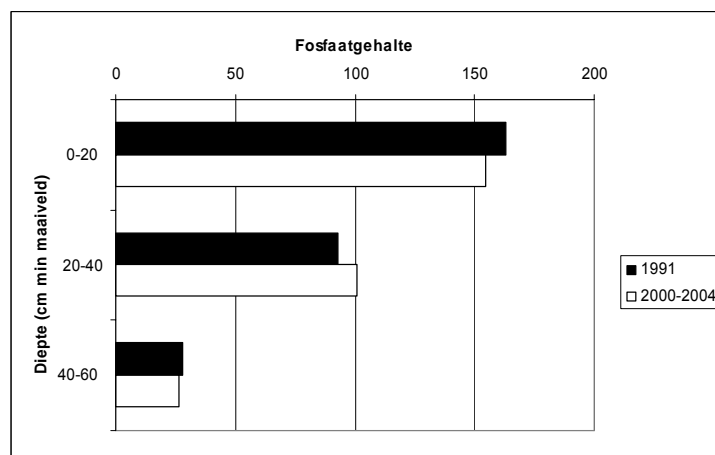
In Figuur 5.2 zijn de waarden per blok in 2000-2004 uitgezet tegen de waarde in 1989. Hierin zien we bevestigd dat er nivellering optreedt tussen hoge en lage waarden van het P, P-AL en het Pw getal. Echter er is toch nog een duidelijke relatie tussen de P toestand in 2000-2004 en die in 1989. Dit geeft aan dat de P dynamiek in de bodem langzaam is. De sporen van een hoge P accumulatie uit het verleden nog lang zichtbaar zelfs als percelen met een hoge P toestand enige jaren onder het niveau van evenwichtsbestemming zijn bemest.

Het snijpunt van de lijnen voor de waarden uit 1989 en de waarden uit de periode 2000-2004 geven een indicatie van het uiteindelijke niveau dat gerealiseerd zal worden bij het beheer van 'De Marke'. Op het snijpunt blijven de bodemkarakteristieken immers gelijk, daaronder nemen ze toe en daarboven nemen ze af. De indicatie is betrouwbaar als het snijpunt niet verandert in de tijd, terwijl de waarden onder en boven het snijpunt dat wel doen. Voor P is dat in de achterliggende periode het geval geweest en het is redelijk te veronderstellen dat dit in de toekomst zo zal blijven. Het snijpunt ligt voor het P-AL getal tussen 30 en 40 (in het traject voldoende) en voor het Pw getal op ongeveer 20 (10 eenheden onder het traject voldoende). Het indicatieve evenwichtsniveau van het P-getal ligt op 128. Dat is 41 eenheden lager dan de uitgangssituatie. Volgens deze indicaties zal de hoeveelheid P in de bouwvoor afnemen met 446 kg P ha^{-1} . Dat betekent dat de initiële P voorraad afneemt met 24%.



Figuur 5.2 Het Pw getal, P-AL getal en het P-getal van individuele blokken uitgezet tegen de waarde in de uitgangssituatie

Op verschillende plekken op 'De Marke' zijn bodemonsters verzameld in de lagen 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 en 40-60 cm. Op de plekken is een vergelijkbare ontwikkeling te zien in de laag 0-20 cm als hiervoor in de blokken werd waargenomen: een afname van het P gehalte (van 163 naar 154 mg P_2O_5 per 100 gram grond). In de laag 20-40 cm is het P gehalte even sterk toegenomen als dat het is afgenomen in de laag 0-20 cm min maaiveld. In de laag 40-60 cm min maaiveld is het P gehalte praktisch niet veranderd.



Figuur 5.3 Het P getal in verschillende bodemlagen op 'De Marke' in 1991 en in 2000-2004

5.3.2 Het N-gehalte en het organische stof gehalte

Tabel 5.3 en Figuur 5.4 geven de ontwikkeling weer van het stikstofgehalte, (g per 100 g droge grond) en het organische stof gehalte in procenten op gewichtsbasis (g per 100 g droge grond). De karakteristieken hebben betrekking op de bovenste 20 cm van de bodem. Evenals bij P is ook voor N en organische stof de ontwikkeling weergegeven in blokken met een hoge (W_0 = hoog) en lage uitgangswaarde (W_0 = laag).

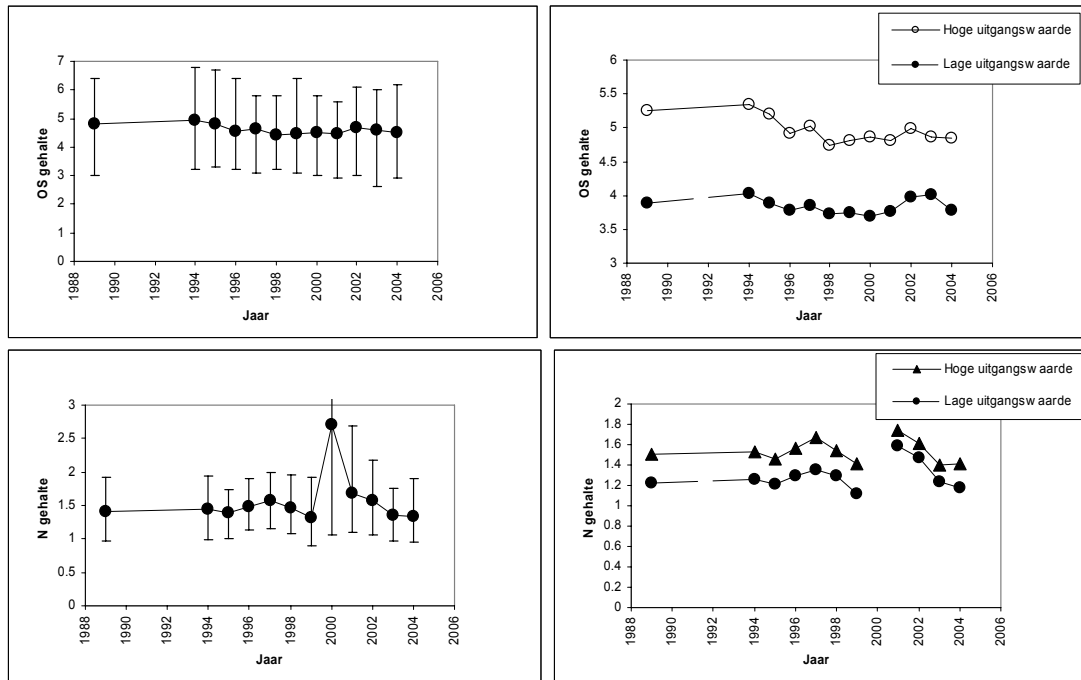
Het organische stof gehalte is gemiddeld afgenomen van 4,8 naar 4,5 %. De afname vond plaats in de eerste jaren van het 'De Marke-beheer'. De afname in de groep met een relatief hoge uitgangswaarde verliep sneller dan de afname in de groep met een relatief lage uitgangswaarde. Ook voor organische stof heeft dus een nivellering van gehalten plaatsgevonden. In de periode na 2000 is het gehalte gemiddeld constant gebleven. Het totaal stikstof gehalte fluctueert sterk, maar neemt niet af in de tijd. De ontwikkeling van 2000-2004 kon niet goed bepaald worden doordat de waarden in 2000 als onbetrouwbaar beschouwd moeten worden (waarden waren onwaarschijnlijk hoog, vermoedelijk door meetfouten of bemonsteringsfouten).

In Figuur 5.5 zijn de N en organische stof gehalten in 2000-2004 uitgezet tegen de gehalten in de uitgangssituatie. Er vindt geen duidelijke nivellering van het N-gehalte plaats. De rechte lijn (die het verband tussen de waarden van 2000-2004 met die in 1989 beschrijft), is wel vlakker dan de 'y=x-lijn'. Echter de lijn 'x=waarde in 1989, y=waarde in 2000-2004' geeft de waarnemingen niet adequaat weer. Het lijkt erop dat de uitgangswaarden dus weinig invloed meer hebben op de waarden die later gemeten worden. Het organische stofgehalte is minder sterk gerelateerd aan de uitgangssituatie als bij P het geval is, maar meer dan bij N.

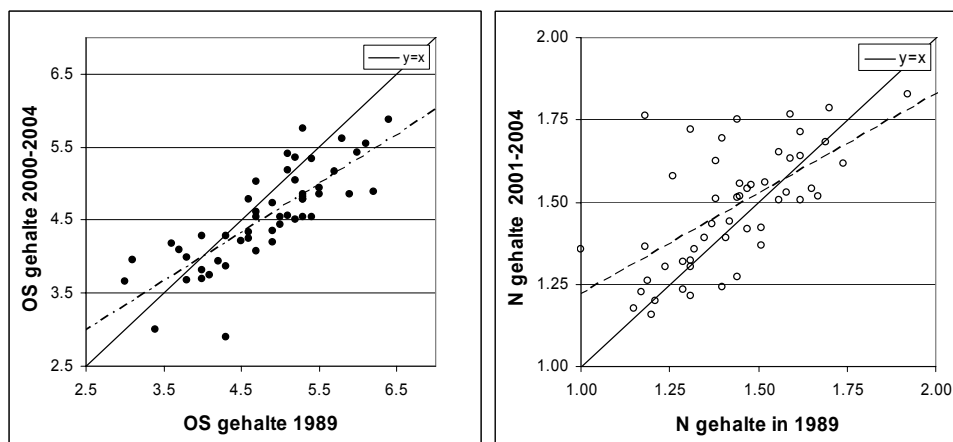
Tabel 5.3 De ontwikkeling van het organische stof gehalte (g per 100 g droge grond) en het stikstofgehalte (g per 100 g droge grond)

	Verandering per jaar		Begin- en eindwaarde	
	1994-1999	2000-2004	1989	2004
OS				
Alle blokken	-0,09	0,02	4,8	4,5
W_0 hoog	-0,11	0,00	5,3	4,8
W_0 laag	-0,05	0,04	3,9	3,8
N				
Alle blokken	-0,01	N.b.	1,4	1,3
W_0 hoog	-0,01	N.b.	1,5	1,4
W_0 laag	-0,01	N.b.	1,2	1,2

NB = niet bepaald



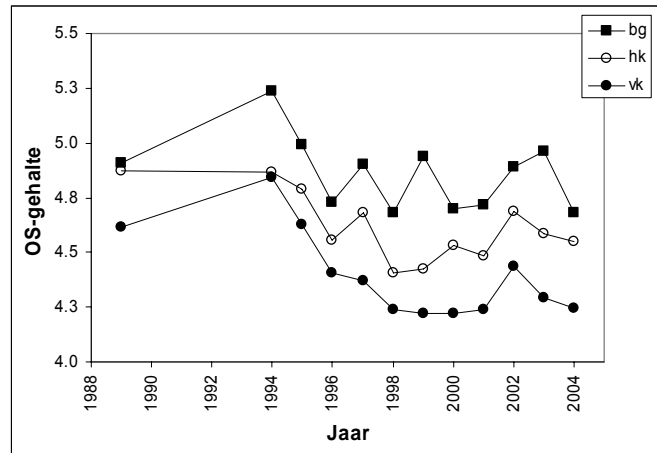
Figuur 5.4 De ontwikkeling van het organische stof (OS) gehalte (gram per 100 g droge grond) en het N-gehalte (g per 100 g droge grond, N). Links: gemiddelden van alle blokken en de laagste en hoogste waarde (verticale balken). Rechts: de ontwikkeling in de categorie blokken met een hoge uitgangswaarde ($W_0 = \text{hoog}$) en met een lage uitgangswaarde ($W_0 = \text{laag}$)



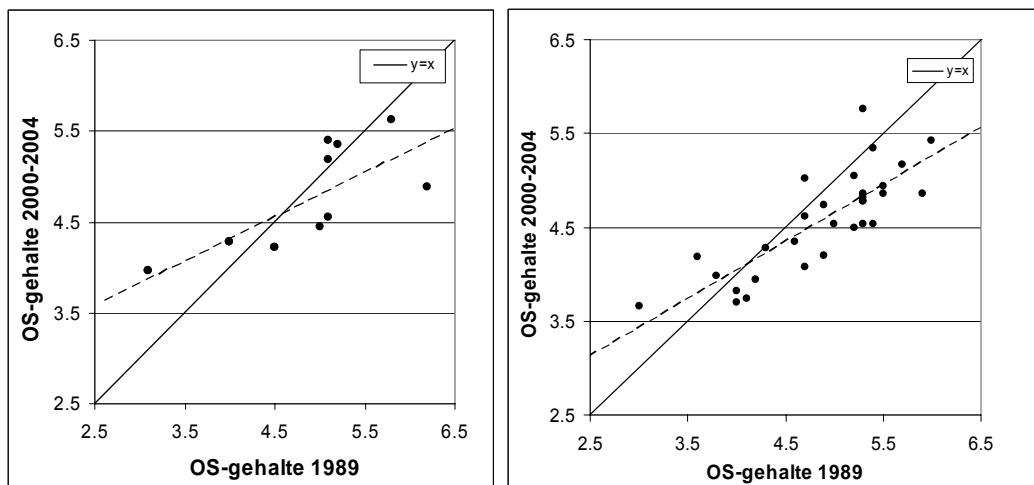
Figuur 5.5 Het organische stof gehalte (gram per 100 gram grond) en het N-gehalte (g per honderd gram grond) in blokken uitgezet tegen de waarde in de uitgangssituatie

Welke ontwikkelingen zien we op blijvend grasland, de huiskavel en de veldkavel? In 1989 was het organische stofgehalte op de veldkavel 4,6% en op blijvend grasland en de huiskavel 4,9%; in 2004 was het organische stofgehalte op blijvend grasland 4,7 in de huiskavel 4,6 en in de veldkavel 4,2%. In Figuur 5.6 is de ontwikkeling van het organische stofgehalte per kavel weergegeven. In blijvend grasland is het organisch stof gehalte niet waarneembaar afgenomen. In de huiskavel is sprake van een significante afname. Het organische stof gehalte in de veldkavel is lager dan in de huiskavel, maar dat komt vooral doordat het organische stof gehalte in de uitgangssituatie al lager was op de veldkavel. Het organische stof gehalte is op de veldkavel niet sterker afgenomen dan op de huiskavel. Er tekent zich dus een verschil af tussen de ontwikkeling in blijvend grasland en de kavels met vruchtwisseling. In de veld- en de huiskavel nam het organische stofgehalte in de laag 20-40 cm toe van 3,4% naar 3,6%.

De verandering van hoge en lage waarden in blijvend grasland en de huiskavel geven aan dat een verdere nivellering kan optreden (Figuur 5.7). Het snijpunt van de initiële gehalten en die van 2000-2004 wijst op een stabilisatie op 4,6% organische stof op blijvend grasland en 4,1% op de huis- en de veldkavel. Volgens deze indicatie is op blijvend grasland dus stabilisatie te verwachten en op de huiskavel een verdere afname met bijna 0,5%.



Figuur 5.6 De ontwikkeling van het organische stofgehalte in blijvend grasland, de huiskavel en de veldkavel



Figuur 5.7 Het organische stofgehalte waargenomen in blokken op blijvend grasland (links) en de huis- en veldkavel (rechts). De waarden van 2000-2004 van individuele blokken (gram per 100 gram grond) zijn uitgezet tegen de waarde in de uitgangssituatie

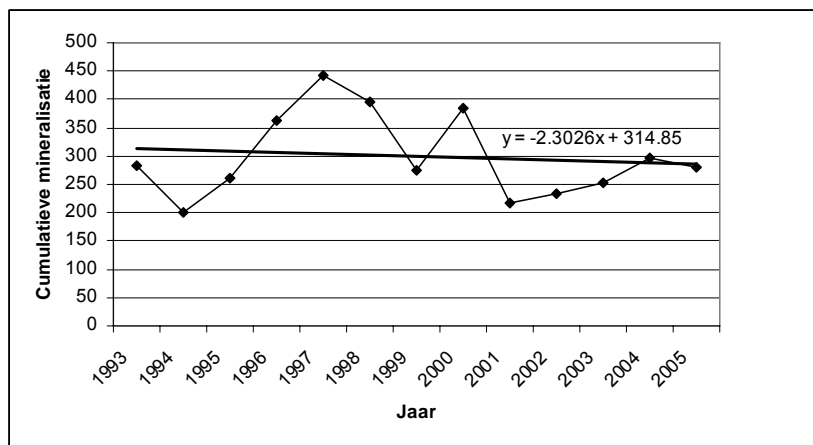
5.3.3 Stikstofmineralisatie

Mineralisatie wordt sinds 1992 gemeten op 6 vaste waarnemingsplekken die zodanig verdeeld zijn over het areaal dat ze een representatief beeld geven van de situatie op De Marke.

Stikstof in de bodem is grotendeels opgeslagen in organisch gebonden vorm (Norg). Door mineralisatie kan een deel van deze N-voorraad worden omgezet in mineraal N (Nmin). In de vorm van Nmin is N mobiel en kan het opgenomen worden door het gewas of verloren gaan. N-mineralisatie vindt vooral plaats door afbraak van labiele organische stofverbindingen in de bodem. Deze verbindingen zijn afkomstig uit organische mest, afgestorven plantenresten (bladeren of stoppels en wortels) of overblijfselen van bodemorganismen. De verbindingen kunnen in hetzelfde jaar waarin ze worden afgebroken in de bodem zijn opgeslagen of kunnen al meerdere jaren aanwezig zijn. Ontwikkeling van de mineralisatie per jaar kan een indicatie geven van de mate waarin labiele

Norg verbindingen in de bodem beschikbaar zijn. De voorraad labiel Norg reageert doorgaans sneller op een verandering van de N-aanvoer dan de totale N-voorraad en kan het beeld van de reactie van de bodem op 'krappe bemesting' daarom aanvullen.

Figuur 5.8 geeft het verloop weer van de ontwikkeling van de mineralisatie. De gemiddelde mineralisatie in 1993-2005 bedraagt $298 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$. De mineralisatie wordt sterk beïnvloed door de gewasrotatie. Omdat de gewasrotatie over het areaal van 'De Marke' zwerft (en daardoor ook over de vaste waarnemingsplekken) zijn verschillende fases van de gewasrotatie niet gelijkmatig vertegenwoordigd in verschillende jaren. Daarom hebben we onderzocht of het beeld van Figuur 5.8 genuanceerd moet worden door het verloop in de tijd te corrigeren voor gewas- en rotatie-effecten. De aanpak is als volgt: Op elke waarnemingsplek komt dezelfde fase van de rotatie (1^e, 2^e of 3^e jaars gras danwel 1^e, 2^e of meer jaars bouwland) in de hele onderzoeksperiode twee tot drie keer voor. Op bijvoorbeeld plek 11 kwam 2^{de} jaars gras voor in 1997 en 2003 (de mineralisatie was respectievelijk 332 en $414 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$). De mineralisatie is voor deze plek en deze herhaalde rotatiefase toegenomen met: $(414-332)/(2003-1997) = 14 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-2}$. Elke herhaalde behandeling vormt een aparte tijdreeks. Deze reeksen (met toe- of afnemende mineralisatie) geven tezamen een indicatie van de ontwikkeling (zie Bijlage I). Gemiddeld neemt de mineralisatie af met iets minder dan 1% per jaar, een waarde die vergelijkbaar is met het gemiddelde van alle plekken, zoals weergegeven in Figuur 5.8. De ontwikkeling verschilt niet significant van nul. Op blijvend grasland nam de mineralisatie op beide plekken af. Alleen op de huiskavel nam de mineralisatie gemiddeld toe. Er zijn dus geen waarneembare aanwijzingen voor een afname van het vermogen van de bodem om N vrij te maken uit de aanwezige voorraden.



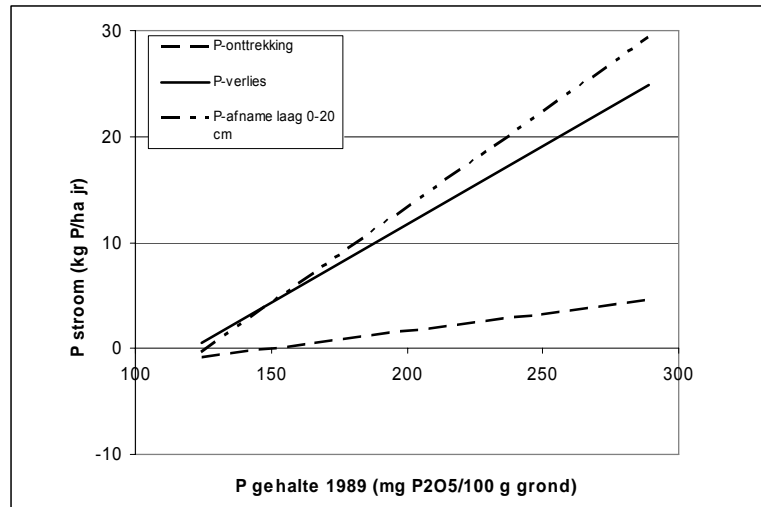
Figuur 5.8 De ontwikkeling van de jaarlijkse mineralisatie (gemiddelden van alle plekken in $\text{kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$)

5.4 Discussie

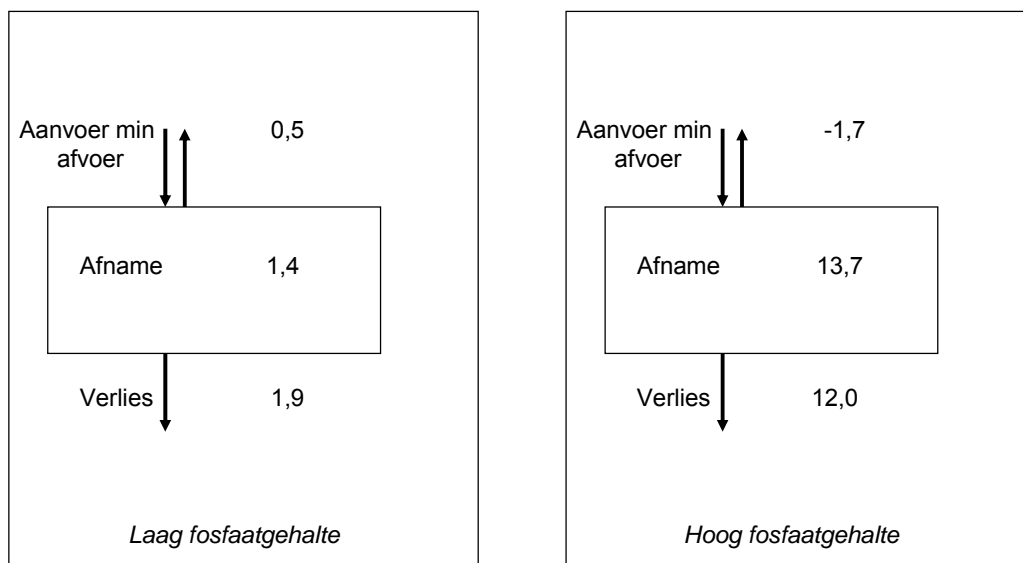
5.4.1 De fosfaattoestand; ontwikkeling en landbouwkundige en milieukundige gevolgen

In de onderzoeksperiode nam het totaal P-gehalte in de bodem af met ongeveer 8%. Omdat het P-overschot gemiddeld in het hele areaal gelijk was aan nul, is deze afname toe te schrijven aan verliezen uit de laag 0-20 cm. Echter, op P-rijke percelen werd tot 1996 een mindering van de P-bemesting toegepast en de bespaarde mest werd extra toegepast op P-arme percelen. Is de afname van het P gehalte in de P-rijke percelen dan niet grotendeels toe te schrijven aan P-onttrekking? Hoe was het P-verlies van 8% verdeeld over de P-arme en P-rijke percelen? Per perceel kunnen we het P-verlies berekenen uit de P-afname in de bouwvoor ($\text{kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$) min de P-onttrekking ($\text{kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$). Dit leidt tot het beeld dat is weergegeven in Figuur 5.9. We zien dat op percelen met veel P in de uitgangssituatie inderdaad per saldo P is onttrokken in tegenstelling tot op P-arme percelen. De P-onttrekking is echter bescheiden vergeleken met de afname van P in de bouwvoor. De verliezen in P-rijke percelen is na correctie voor de P-onttrekking nog steeds duidelijk hoger in de percelen met veel P in de uitgangssituatie dan in percelen met weinig P. Dit maakt duidelijk dat het meer P kost om een hoge P-toestand te handhaven dan een lage P-toestand. In Figuur 5.10 zijn de verschillen tussen de P-stromen in percelen met een hoge

uitgangswaarde ($W_0 = \text{hoog}$) en een lage uitgangswaarde ($W_0 = \text{laag}$) weergegeven in een bodembalans.



Figuur 5.9 De P onttrekking, P afname in de laag 0-20 cm en het P verlies ($\text{kg P ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$) uitgezet tegen het initiële P gehalte



Figuur 5.10 P stromen ($\text{kg P ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$) op percelen op 'De Marke' met in de uitgangssituatie een laag P gehalte ($P = 134 \text{ mg P}_2\text{O}_5$ per 100 gram grond) en een hoog P gehalte ($P = 202 \text{ mg P}_2\text{O}_5$ per 100 gram grond)

Het P verlies uit de laag 0-20 cm is terug te vinden in de laag 20-40 cm. Het verlies kan veroorzaakt zijn door uitspoeling van opgelost fosfaat, door onderploegen van fosfaatrijke delen in de bovenste 20 cm van het profiel of door afsterfing van wortels in de laag 20-40 cm. Schoumans (1998) schatte in een eerder studie de P uitspoeling op P-rijke percelen op 5 tot bijna $9 \text{ kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$. Het is echter niet ondenkbaar dat de verliezen ook deels veroorzaakt zijn door onderploegen, hoewel daarvoor zowel aanwijzingen voor als tegen zijn. Aanwijzingen tegen de 'onderploegen hypothese' zijn: i) dat de bodem op 'De Marke' voorafgaand aan de start is geploegd tot op 30 cm diepte zodat de bodem homogeen zou moeten zijn tot dieper dan de ploegdiepte (28 cm) en ii) dat het P gehalte in de laag 0-20 cm ook in blijvend grasland is afgenomen, terwijl de afname niet samenvalt met jaren waarin het gras op percelen opnieuw is ingezaaid (en geploegd). Er is ook een duidelijke aanwijzing dat onderploegen wel een rol speelt. Visueel is waarneembaar dat pleksgewijs en incidenteel grond uit de laag dieper dan de eerdlaag bovengeploegd wordt.

Meestal zal de laag 0-30 cm wel een gelijkmatige verdeling van P hebben, maar als op een plek de P-verdeling over het profiel gelijk is aan die in Figuur 5.3 zou opploegen van 1 cm van de laag 30-40 cm met een lager P gehalte al tot een afname leiden van het P gehalte in de bovenlaag van 4%. Dat zou al gelijk zijn aan de helft van de totaal waargenomen afname. Dat dit eens in de vijftien jaar gebeurt, is pleksgewijs zeker denkbaar. Bovendien kan er wat P verplaatst zijn door biologische activiteit in de bodem.

Als het verlies voor uitspoeling is opgetreden moeten we vermoedelijk meer rekening houden met de mogelijkheid van doorslag naar het grondwater dan wanneer het verlies is opgetreden door onderploegen en biologische activiteit. Indien het transport van P veroorzaakt is door onderploegen blijft de verplaatsing beperkt tot ongeveer de ploegdiepte. P transport door afsterving van bodemorganismen of plantenwortels reikt nauwelijks dieper omdat de lagen dieper dan 30 cm nauwelijks wortels en bodemorganismen bevat. Dit laatste geldt specifiek voor 'De Marke' omdat de bodem onder de laag 0-30 cm uit zeer schraal zand bestaat hetgeen een ongunstige omgeving is voor bodemleven. Uitspoeling daarentegen is niet gebonden aan een laag en kan dus veel eerder leiden tot belasting van het grondwater. Het feit dat het P gehalte in de laag 40-60 cm niet is toegenomen, geeft een aanwijzing dat daar nog geen sprake van is. Ook de ontwikkeling van de P concentratie in grondwater geeft geen aanwijzing van duidelijke P belasting door uitspoeling. In Tabel 5.4 is de P concentratie in het grondwater weergegeven in verschillende onderzoeksjaren. De P concentratie is veel lager dan de norm van $0,15 \text{ mg P l}^{-1}$ en er is geen duidelijke toename van de P concentratie waarneembaar. Als een verlies van $14 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ volledig het grondwater zou belasten zou dat tot een heel duidelijke normoverschrijding leiden. Alles wijst er dus op dat het P verlies in de bodem, beperkt blijft tot verplaatsing naar laag 20-40 cm. De P kan opgenomen zijn door ijzer en aluminium-oxiden in de bodem. Omdat deze verbindingen in een aerobe grond niet mobiel zijn, kan deze opslag vanuit het oogpunt van grondwaterkwaliteit 'veilig' zijn zolang geen vernatting optreedt.

Als het P gehalte in de bouwvoor volgens de indicatie die is weergegeven in paragraaf 3.1 zal afnemen met meer dan 446 kg P ha^{-1} is het echter zeer de vraag of de bindingscapaciteit in de bodem tot het grondwaterniveau voldoende is om doorslag naar het grondwater te voorkomen. Voor een antwoord op deze vraag is bepaling van de bindingscapaciteit van de bodem op grotere dieptes nodig.

Tabel 5.4 De P concentratie (mg P l^{-1}) in het grondwater op 'De Marke' (bedrijfs gemiddeld)

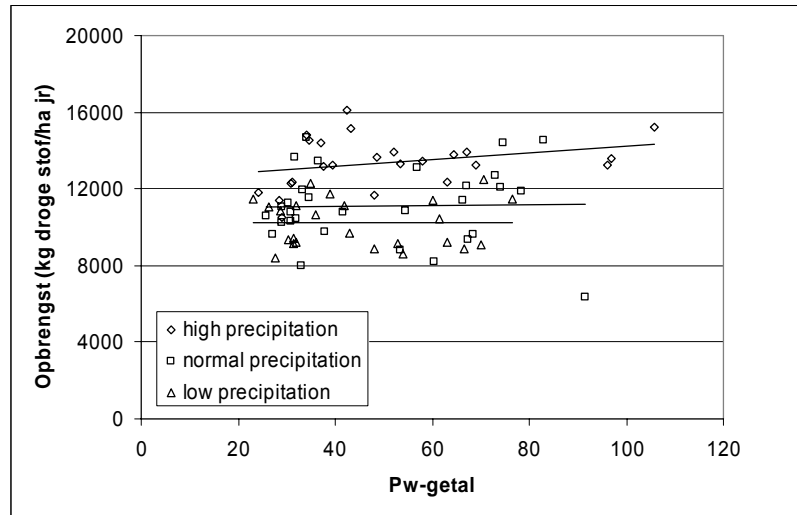
Jaar	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04
Conc	0,01	0,01	0,02	0,02	0,1	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02

Wat zijn de gevolgen van de ontwikkeling van de P toestand voor de te verwachten opbrengst op de lange termijn? Geschat werd dat de Pw op termijn kan afnemen tot ca. 20. Gezien de stagnatie in de daling van de Pw in de laatste jaren is het zeer de vraag of deze daling echt zal plaatsvinden. Niettemin is het zinvol om te schatten wat de te verwachten opbrengst is als een eventuele daling van de Pw plaatsvindt tot waarden rond de 20 en van P-AL tot waarden lager dan 40. Om hiervan een schatting te maken, zijn opbrengsten vergeleken op percelen met een hoge en een lage P toestand. Nu komen reeds percelen voor met een hoge en lage P toestand. De laagste Pw getallen zijn gelijk aan het indicatieve evenwichtsniveau van ongeveer 20. De laagste P-AL getallen liggen rond de 30, lager dan het indicatieve evenwichtsniveau.

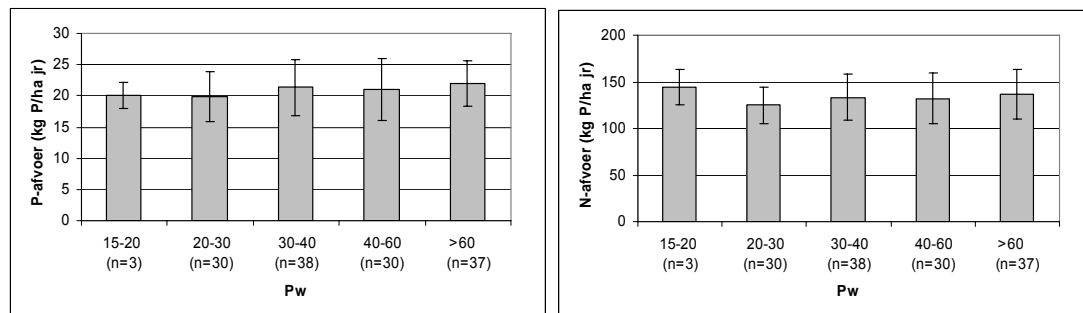
In gras kon geen relatie tussen de P toestand (onverschillig of deze werd uitgedrukt in het Pw en/of P-AL getal) en opbrengsten van droge stof, P en N worden ontdekt. In maïs werd geen significante relatie tussen de Pw en droge stofopbrengst gevonden als geen onderscheid werd gemaakt tussen jaren. Werd wel een onderscheid gemaakt tussen jaren, dan werd in droge jaren en jaren met een normale vochtbeschikbaarheid geen relatie gevonden tussen de Pw en de opbrengst (zie Figuur 5.11). In jaren met een hoge vochtbeschikbaarheid werd een licht positief verband gevonden tussen de Pw en de droge stofopbrengst. Al met al wijst deze analyse erop dat onder gemiddelde weersomstandigheden op 'De Marke' nauwelijks afname plaatsvindt van de droge stof opbrengst bij verdere daling van de Pw naar 20.

De afvoer van N en P in maïs vertoonde ook na het onderscheiden van jaren geen respons op de Pw. De N- en P-opname door maïs op percelen met verschillende Pw klasse is weergegeven in

Figuur 5.12. Dit betekent dat de resultaten geen aanleiding geven om te veronderstellen dat de bodem in een evenwichtssituatie met een lagere fosfaattoestand, die verwacht kan worden bij voortzetting van het huidige beheer, minder N en P zal produceren. Het lijkt erop dat in deze situatie ook P evenwichtsbemesting mogelijk blijft.



Figuur 5.11 De respons van de droge stofopbrengst van maïs op de Pw in droge, normale en natte jaren



Figuur 5.12 De P afvoer en de N-afvoer met maïs bij verschillende Pw klasse
De verticale balken geven de standaarddeviatie aan

5.4.2 Het organische stof gehalte en het N-gehalte

De verschillen tussen de ontwikkeling van het organische stofgehalte in de kavels in rotatie (huiskavel en veldkavel) en blijvend grasland zijn vermoedelijk veroorzaakt door een verschil in de aanvoer van organische stof naar de bodem en een minder intensieve bodembewerking op blijvend grasland. Het feit dat de veldkavel tot 2000 een ruimer bouwlandaandeel (5 jaar bouwland op 3 jaar grasland) had dan de huiskavel (3 jaar bouwland op 3 jaar grasland) heeft niet geleid tot een zichtbaar sterkere afname van het organische stofgehalte dan in de huiskavel. De toename van het gehalte in de laag 20-40 cm wijst erop dat de afname van het organische stofgehalte uit de laag 0-20 cm deels is veroorzaakt door onderploegen.

Door afname van het organische stofgehalte in de bouwvoor neemt het vochtbergend vermogen af en daarmee ook de opbrengstverwachting. In een analyse van droge stofopbrengsten in maïs geteeld in percelen met verschillende organische stofgehaltes kwam dit 'organische stof effect' ook naar voren. Omdat het organische stofgehalte op de huis- en veldkavel is afgenomen, zouden we dus een afname van de opbrengst mogen verwachten. De maïsoopbrengsten lijken echter juist toe te nemen, terwijl de opbrengst van gras in de huis- en veldkavel minimaal stabiel is, ook na correctie voor effecten van weer. Deze discrepantie kan veroorzaakt zijn doordat het onderploegen van organische stof wel leidt tot een afname van het organische stofgehalte in de toplaag, maar niet tot een afname van het vochtbergend vermogen. Immers ook in de laag 20-40 cm draagt

organische stof bij aan het vochtbergend vermogen. Daarnaast kunnen ook andere, met het beheer samenhangende, verbeteringen van de standplaats van de gewassen een rol hebben gespeeld, maar die kunnen dan niet precies geduid worden.

5.4.3 De N-voorraad in de bodem

In evaluatie 2000 werd vastgesteld dat het N-gehalte in de bodem in de eerste jaren van het onderzoek op 'De Marke' toenam met ongeveer $40 \text{ kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$. Verondersteld werd dat N-accumulatie in de bodem eindig is, tenzij er duidelijke aanwijzingen zijn dat de accumulatie samenhangt met veranderend bodemgebruik (bijvoorbeeld een overgang van akkerbouwmatige teelten naar grasland of een overgang van een schrale natuur naar landbouwkundige productie). Als N-accumulatie bij een constant beheer eindig is, dan moet altijd gerekend worden op een fase van evenwicht of zelfs afname van N-gehaltes. Vanuit dit vertrekpunt werd gesteld dat de N-accumulatie onaanvaardbare risico's met zich meebrengt. Daarom werd het bodemoverschot door extra maatregelen verlaagd naar $82 \text{ kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$. Kan het overschot op dit niveau op lange termijn gehandhaafd blijven of is sprake van (eindige) N-nalevering? Indicaties kunnen worden verkregen uit de ontwikkeling van:

1. N gehalten

Het blijkt zeer lastig te zijn om een tendens van de N-gehalten vast te stellen op grond van een beperkt aantal meetjaren, zodat geen harde conclusies getrokken kunnen worden over de ontwikkeling van het N-gehalte.

2. De N-mineralisatie

Afname van de mineralisatie op 'De Marke' zou kunnen duiden op een afname van substraat: N gebonden aan mineraliseerbare organische stof. De waargenomen tendens (5.3) geeft hiertoe geen duidelijke aanwijzing.

3. N balansen

Het N-overschot ($82 \text{ kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$) kan i) worden opgeslagen in de bodem, ii) door denitrificatie verloren gaan of iii) door uitspoeling verloren gaan. Als de som van denitrificatie en uitspoeling groter is dan het overschot, dan vindt uitmijning van N plaats. Uit onderzoek van Corré (1996) blijkt dat de denitrificatie moeilijk betrouwbaar vast te stellen is, maar metingen geven waarden aan tussen $10\text{-}20 \text{ kg N ha}^{-1}$. De N-uitspoeling bedroeg 37 kg N ha^{-1} zowel voor als na 2000. De uitspoeling is berekend uit de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie, gemeten in de bovenste meter van het grondwater (op meer dan een meter onder het maaiveld). De denitrificatiebepaling blijft beperkt tot de bouwvoor. In theorie kan tussen de bouwvoor en het grondwater nog N omgezet zijn. Echter, onderzoek naar N-stromen in de diepere lagen geeft aan dat tussen maaiveld en zes meter diepte weinig gebeurt met nitraat. Een beste schatting van het verlies door uitspoeling en denitrificatie is $47\text{-}57 \text{ kg N ha}^{-1}$. Volgens deze schatting is dus geen sprake van N-uitmijning. Deze schatting wordt niet tegengesproken door de ontwikkeling van N-gehalten in de bouwvoor, maar we zagen dat betrouwbaar vaststellen van een tendens van N-gehalten problematisch is. Met name toepassing van betere methoden voor bepaling van de denitrificatie zou onzekerheden hierover kunnen verkleinen.

We kunnen vaststellen dat er:

- geen aanwijzingen zijn voor afname van het totaal N-gehalte;
- de ontwikkeling tendeert naar een evenwicht tussen aanvoer en afvoer.

De risico's die in evaluatie 2000 werden aangegeven met betrekking tot accumulatie lijken dus afgenomen.

5.5 Synthese

De fosfaattoestand en het organische stofgehalte laten een lichte daling zien. De daling is het sterkst in de percelen met een hoge uitgangswaarde en lager in de percelen met een lage uitgangswaarde. Er treedt dus nivellering op, waarbij de invloed van historisch grondgebruik langzaam maar zeker wordt uitgewist en waarin het 'De Marke- beheer' steeds meer bepalend wordt voor de situatie.

Het organische stofgehalte in de huis- en veldkavel kan afnemen met 0,5% organische stof. Omdat we aanwijzingen hebben dat de afname in de laag 0-20 cm deels wordt veroorzaakt door onderploegen, hetgeen in de laag 20-40 cm bijdraagt aan het vochtbergend vermogen van de bouwvoor verwachten we geen ernstige nadelen van deze afname.

De P toestand neemt af door verliezen. De verliezen doen zich vooral voor in percelen met een hoog P gehalte in de uitgangssituatie. De verliezen lijken beperkt tot verplaatsing van de laag 0-20 cm naar de laag 20-40 cm. Op de lange termijn is de verwachting dat nog 446 kg P ha⁻¹ verloren zal gaan uit de bovenste laag van de bouwvoor. Het is onzeker of dit verlies aan het adsorptiecomplex van de ondergrond (20 cm min maaiveld tot de grondwaterspiegel) gebonden kan worden. Om in beeld te krijgen of op termijn P doorslag te verwachten is, zou de bindingscapaciteit van de ondergrond op 'De Marke' bepaald moeten worden.

De afname van de P toestand tot het evenwichtsniveau dat te verwachten is bij voortzetting van het beheer (met een P getal van 128, een P-AL getal van 30-40 en een Pw getal van 20) lijkt geen belangrijke gevolgen te hebben voor de realiseerbare opbrengst van droge stof, N en P. Dat betekent dat in deze evenwichtstoestand, efficiënte productie en P evenwichtsbemesting ook mogelijk zal zijn.

Het N-gehalte blijft stabiel, hoewel het moeilijk is een trend aan te geven vanwege de aanzienlijke schommelingen. De accumulatie van 40 kg N ha⁻¹jr⁻¹ in de bouwvoor die eerder werd geconstateerd bij een bodemoverschot van 130 kg N ha⁻¹jr⁻¹ is afgenomen in de richting van een evenwichts-situatie. Deze afname valt samen in de tijd met een afname van het N-overschot op de bodem-balans naar 79 kg ha⁻¹jr⁻¹. De N-mineralisatie kan beschouwd worden als een gevoelige indicator van de aanwezigheid van labiele N houdende organische stof, het substraat voor N-mineralisatie. Er is geen waarneembare afname. Daarbij moet aangetekend worden dat de variatie door weers-effecten en andere bronnen van variabiliteit groot is, zodat een afname die op zich wel betekenis heeft voor het functioneren van het systeem nog niet statistisch significant hoeft te zijn. Met dat voorbehoud kan geconcludeerd worden dat het 'De Marke-beheer' vermoedelijk langdurig kan worden voortgezet, zonder afname van de geschiktheid van de bodem voor productie.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., G.J. Hilhorst, F. Nevens & J.J. Schröder, 2002.
Betekenis wisselbouw voor melkveebedrijf op lichte zandgrond; Analyse van resultaten proefbedrijf 'De Marke'. Rapport 36, Hengelo (Gld.) Nederland.
- Aarts, H.F.M. & H. van Keulen, 2000.
Doelgericht ontwikkelen op basis van waargenomen functioneren. In: Duurzame melkveehouderij en stikstofmanagement, Themadag 2000: Stikstofbeheer en grondwaterkwaliteit op proefbedrijf 'De Marke', H. van Keulen (ed.), P 119-127.
- 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, Hengelo, Rapport nr. 1, 283 p.
- Corré, W.J., Verloop J., Hilhorst G.J. & Oenema J. 2004.
Bodemvruchtbaarheid op De Marke; Ontwikkelingen bij aangepast mineralenbeheer en gevolgen voor productiviteit. De Marke Report 49, Hengelo (Gld.) Nederland.
- Van Dijk, W., 2003.
Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen (In Dutch). Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad, 66 pp.).
- Hilhorst, G.J., H.F.M. Aarts & H. van Keulen, 1998.
De fosfaatdoelstelling van De Marke en de betekenis voor het bedrijfssysteem. In: Duurzame melkveehouderij en fosfaatmanagement. Recente (1990-1997) en te verwachten resultaten van proefbedrijf De Marke en de betekenis voor praktijkbedrijven. B. Habekotté, H.F.M. Aarts, W.J. Corré, G.J. Hilhorst, H. van Keulen, J.J. Schröder, O.F. Schoumans en F.C. van der Schans, p 47-63.
- Hack-ten Broeke, M.J.D. & H.F.M. Aarts, 1996.
Integrale monitoring van stikstofstromen in bodem en gewas; resultaten van proefbedrijf De Marke. De Marke, Hengelo (Gld.) rapport no. 14.

- Murphy, J. & J.P. Riley, 1962.
A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters.
Anal Chim Acta 27:31-36.
- Oenema, J, G.J. Hilhorst & J. Verloop, 2006.
De ontwikkeling van het mineralenspoor op zandgrond vanaf 2000. Dit rapport.
- Paauw, F. van der, 1956. Calibration of soil test methods for the determination of phosphate and potash. Plant Soil 8: 105-125.
- Paauw, F. van der, 1971.
An effective water extraction method for the determination of plant-available soil phosphorus. Plant Soil 34: 467-481.
- Schoumans, 1998.
Gevolgen van lagere fosfaatverliesnormen voor het verloop van de fosfaattoestand van de bouwvoor en de fosfaatuitspoeling uit de bouwvoor. In: Duurzame melkveehouderij en fosfaatmanagement. Recente (1990-1997) en te verwachten resultaten van proefbedrijf De Marke en de betekenis voor praktijkbedrijven. B. Habekotté, H.F.M. Aarts, W.J. Corré, G.J. Hilhorst, H. van Keulen, J.J. Schröder, O.F. Schoumans en F.C. van der Schans, p 47-63.
- TCB, 2003.
Advies Duurzamer bodemgebruik op ecologische grondslag. TCB A33 (2003), Den Haag.

Bijlage I

Tabel 1 De mineralisatie waargenomen in herhaald toegepaste gewassen en rotatiefases op een plek en de verandering van de mineralisatie per plek in de tijd

Plek	Gebruik	Mineralisatie (kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹)													ΔNmin/Δt (kg N ha ⁻¹ jr ⁻²)		
		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Plek	Kavel	
9	Bg	213	286	542	498	384	481	484	590	298	316	271	250	332	-6	Bg	-9
17	Bg	387	379	342	311	734			565	359	237	238	392	255	-11		
2	Tg1				147							296			8	Hk	8
	Tg2					288							344		21		
	M3	156								93					-8		
11	Tg1				395						275				-20		
	Tg2					332						414			14		
	M2		126						326						33		
19	Tg1			226						273				166	-16	Vk	-9
	Tg2				329						229				-4		
	M1						376					188			-19		
	M2	314						179					105		-38		
21	Tg1			162										388	23		
	M5	245							157						-11		
	M6		159								156				0		
Gemiddeld															-2		

6 Een duurzaam presterende melkveestapel

Efficiëntie van de mineralenbenutting door de melkveestapel op bedrijven met een geringe mineralenaanvoer

L. Šebek, A. Bannink & R. Zom

6.1 Inleiding

Een melkveebedrijf dat de mineralenaanvoer beperkt, resulteert niet als vanzelfsprekend in een duurzaam presterende melkveestapel met een hoge mineralenbenutting. De veestapel kan door een afgestemd mineralenaanbod weliswaar gedwongen worden om met geringere verliezen naar het milieu te produceren, maar het bedrijfsmanagement moet de omgeving creëren waarin de veestapel dit kan doen zonder dat welzijn, gezondheid en levensduur in het geding komen. Het zijn daarom vooral deze managementmaatregelen die bepalen hoe efficiënt de veestapel kan omgaan met aangeboden mineralen.

Een hoge mineralenbenutting van de veestapel betekent:

- een lage excretie van mineralen in dierlijke mest per eenheid product
- minder milieuverliezen die ontstaan door een (te) hoge aanvoer mest naar de bodem of, onder de Nederlandse gebruiksnormen, minder mestafvoer

Daarom is het de vraag in hoeverre de mineralenbenutting van de veestapel verhoogd kan worden. Hoe ver durft de melkveehouder te gaan en waar liggen de grenzen?

Op proefbedrijf De Marke wordt gezocht naar de mogelijkheden én de grenzen van verdere verbetering van de veestapelefficiëntie. Dit betekent het maximaliseren van de benutting van alle nutriënten, maar met name van stikstof (N) en fosfor (P). Dit aspect van het diermanagement kenmerkt zich door een laag mineralenaanbod met voer en een hoge benutting van die mineralen, met als resultaat een lage excretie van de mineralen. Het voermanagement speelt een sleutelrol in de veestapelefficiëntie en het overige diermanagement zorgt voor de omgeving waarin scherp voeren samengaat met goede bedrijfsresultaten.

Dit artikel besteedt aandacht aan de uitdagingen voor het voedingsmanagement in een situatie waarin de omgeving beperkende randvoorwaarden stelt. Voor een melkveebedrijf op droge zandgrond en met de eis van minimale mineralenaanvoer komt dat neer op het werken met een op eigen ruwvoer gebaseerd rantsoen waarbij het (ruw)voer aanbod wordt gestuurd vanuit teelttechnische mogelijkheden. Uitgebreide kwantitatieve informatie en achtergronden van het diermanagement op De Marke is beschikbaar (Galama et al., 2001; Galama et al., 2002; Remmelink et al., 2006a; Remmelink et al., 2006b).

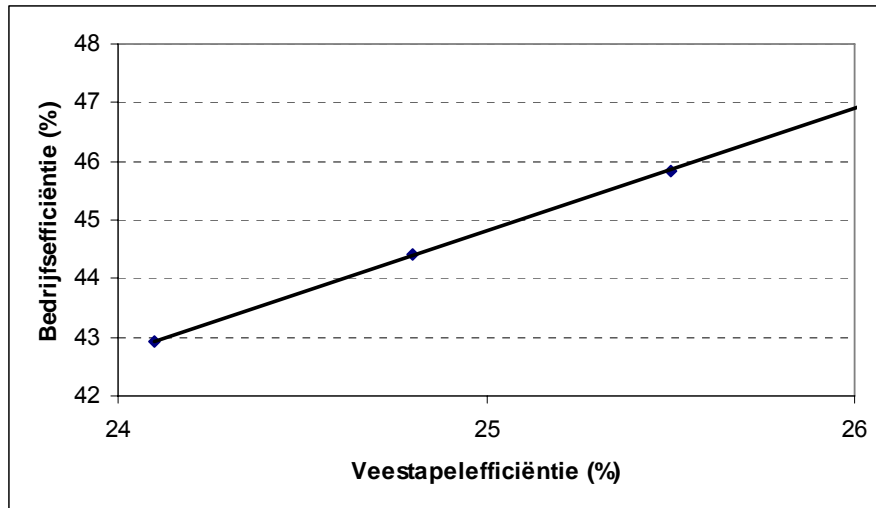
In paragraaf 6.2 wordt ingegaan op het belang van de efficiëntie van de mineralenbenutting door de veestapel voor het kunnen voldoen aan dwingende milieuwetgeving. Er wordt stilgestaan bij factoren die de mineralenbenutting van de veestapel beïnvloeden en die van belang kunnen zijn voor het bedrijfsmanagement. In paragraaf 6.3 wordt aandacht besteed aan de (on)mogelijkheden om de benutting van het voer door de melkkoe te optimaliseren in een beperkende omgeving. De beperkingen worden gevormd door milieuwetgeving in combinatie met het bedrijfstype (melkveehouderij op zandgrond). Om een goed inzicht te krijgen in de omstandigheden wordt voor een concreet voorbeeldbedrijf (De Marke) op basis van meetgegevens één en ander doorgerekend. De bevindingen in paragrafen 6.2 en 6.3 worden in het afsluitende paragraaf 6.4 gerecapituleerd en besproken.

6.2 De efficiëntie van de mineralenbenutting door de veestapel

6.2.1 Bedrijfsefficiëntie en veestapelefficiëntie

Efficiënt mineralengebruik is op een melkveebedrijf een samenspel tussen verschillende componenten van het bedrijf zoals al uiteengezet werd in hoofdstuk 3. Eén van die componenten betreft de veestapel. Een verbetering van de efficiëntie van de veestapel kan aanzienlijk bijdragen aan de

efficiëntie op bedrijfsniveau (Kohn et al., 1997). Dit blijkt ook uit Figuur 6.1, die het effect toont van een verbetering van de veestapelefficiëntie voor stikstof (N) op de bedrijfsbalans van De Marke. Het beginpunt in de figuur is gebaseerd op de gemiddelde gegevens van de bedrijfsbalans van De Marke in de periode 2000-2005 (Oenema et al., 2006), waarna een fictieve verbetering van de veestapelefficiëntie is doorgerekend.



Figuur 6.1 Relatie tussen de N-benutting op het niveau van veestapel en bedrijf

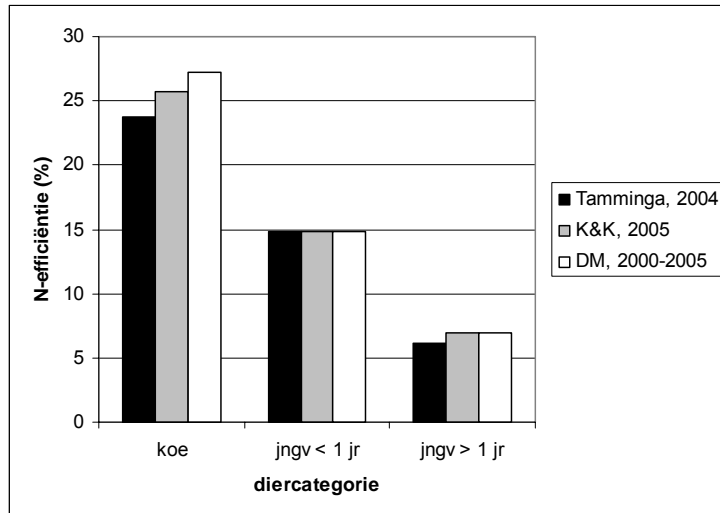
Uit Figuur 6.1 blijkt dat het voor De Marke mogelijk is dat een verbetering van de N-benutting door de veestapel met 1% leidt tot een verbetering van de N-benutting op bedrijfsniveau van ongeveer 2%. Dit sterke effect is berekend onder aanname dat een verbetering van de benutting volledig resulteert in een vermindering van de N-aanvoer met voedermiddelen. Ook wanneer dit niet helemaal het geval is, blijft het interessant om de mineralenbenutting door de veestapel zo efficiënt mogelijk te laten verlopen. De manier waarop dit het beste kan gebeuren is onder andere afhankelijk van de opbouw van de melkveestapel.

6.2.2 Opbouw van de melkveestapel

Voor zuivere melkveehouderijbedrijven bestaat de veestapel uit melkkoeien plus het bijbehorende jongvee. De melkkoeien worden als 1 groep beschouwd die bestaat uit melkgevende dieren en droogstaande dieren. Het jongvee wordt meestal onderverdeeld in jongvee jonger en jongvee ouder dan een jaar. Op deze wijze worden in de melkveestapel 3 categorieën onderscheiden. Iedere categorie dieren legt opgenomen mineralen vast in dierlijke producten (melk, vlees en nakomelingen). De efficiëntie waarmee de mineralen worden vastgelegd wordt uitgerekend als:

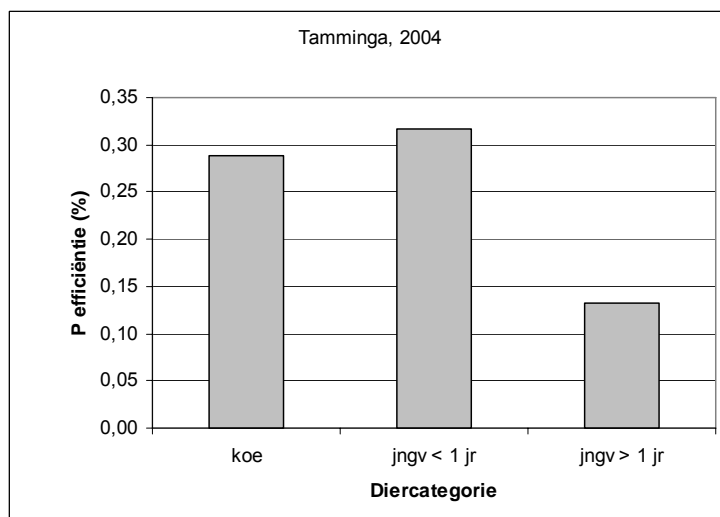
$$\text{Efficiëntie (\%)} = 100 * \text{vastlegging} / \text{opname}$$

De efficiëntie is voor de 3 benoemde diercategorieën niet gelijk (Figuur 6.2 en 6.3).



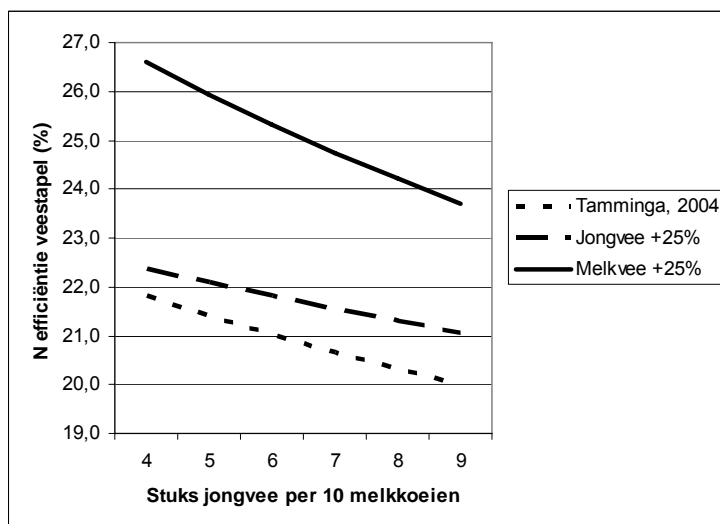
Figuur 6.2 Efficiëntie van de N-benutting per diercategorie voor de gemiddelde Nederlandse melkveestapel (Tamminga et al., 2004), de gemiddelde K&K-melkveestapel (K&K, 2005) en de melkveestapel van De Marke (DM, 2000-2005)

Uit Figuur 6.2 blijkt dat de efficiëntie van de N-benutting niet voor elke veestapel gelijk hoeft te zijn, maar kan variëren met de bedrijfsomstandigheden. Er kunnen meerdere redenen voor verschillen in benutting zijn, waaronder regio gebonden verschillen in bijvoorbeeld rantsoenen, maar ook verschillen in de opbouw van de veestapel. De gemiddelde Nederlandse melkveestapel, zoals gedefinieerd door Tamminga et al. (2004), heeft betrekking op nationale gegevens voor ruwvoerwinning, melkproductie en krachtvoeromzet conform de Werkgroep Uniformering Mestproductiecijfers (WUM). De bedrijven binnen Koeien & Kansen vertegenwoordigen weliswaar het gemiddelde Nederlandse bedrijf, maar kennen een relatief grote groep zandbedrijven, en proefbedrijf De Marke is een bedrijf op droog zand. Zowel binnen Koeien & Kansen als op De Marke wordt bewust gestuurd op het verbeteren van de mineralenbenutting. Daarbij kan het sturen op het aantal dieren per diercategorie een effectieve manier zijn om de benutting van N en P te verbeteren.



Figuur 6.3 Efficiëntie van de P-benutting per diercategorie voor de gemiddelde Nederlandse melkveestapel (Tamminga et al., 2004)

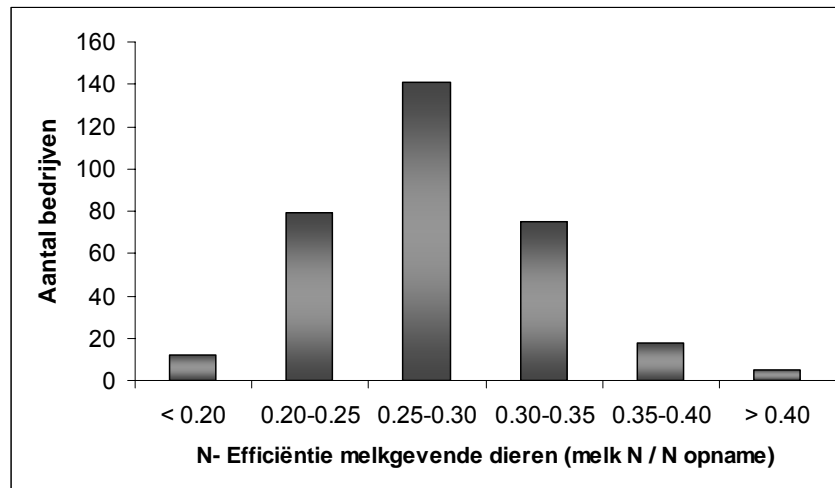
Uit de gegevens van Tamminga et al. (2004) in Figuur 6.2 en uit Figuur 6.3 blijkt echter dat een verbetering van de N-benutting door verschuiving in dieraantallen per categorie niet in een even grote verbetering van de P benutting hoeft te resulteren. Voor P zijn de verschillen in benutting tussen de diercategorieën minder groot. Voor de forfaitaire veestapel (Tamminga et al., 2004) bedraagt het verschil in benutting tussen melkvee en jongvee (gemiddelde van beide categorieën) voor N ca. 15 procentpunten en voor P ca. 10 procentpunten. Zowel voor N als voor P is het verbeteren van de benutting van de categorie melkvee een effectieve manier om de benutting van de gehele veestapel te verbeteren. In Figuur 6.4 is dit voor de N-benutting bij verschillende hoeveelheden jongvee grafisch weergegeven, door een fictieve verbetering van de N-benutting met 25% door te rekenen voor jongvee en voor melkvee. Het referentiepunt werd daarbij gevormd door de veestapelefficiëntie op basis van Tamminga et al. (2004).



Figuur 6.4 Effect van een 25% verbetering van de N-benutting per diercategorie voor de gemiddelde Nederlandse melkveestapel (Tamminga et al., 2004) op de veestapel efficiëntie

Uit Figuur 6.4 blijkt niet alleen dat (voor een verbetering van de N-benutting door de veestapel) een verbetering van de N-benutting door het melkvee effectiever is dan het verminderen van het stuks jongvee, maar ook dat het effect van een vermindering van het stuks jongvee groter is naarmate de N-benutting door het melkvee hoger is. Voor de veestapelefficiëntie is het daarom belangrijk om zowel de efficiëntie bij het melkvee te verbeteren als het aantal dieren in de categorieën jongvee te minimaliseren. Beide maatregelen hebben een belangrijk effect op de mineralen-excretie door de veestapel. Voor de forfaitaire veestapel (Tamminga et al., 2004) betekent het verminderen van het stuks jongvee van 7,25 naar 5,5 per 10 melkkoeien een vermindering van de excretie op jaarbasis met 835 kg N en 256 kg P_2O_5 . Wanneer bovendien de N- en P-benutting van het melkvee met 2 procentpunten verbetert, vermindert de excretie op jaarbasis met nog eens 1050 kg N en 311 kg P_2O_5 . Wanneer vervolgens ook de N- en P-benutting van het jongvee met 2 procentpunten verbetert, vermindert de excretie op jaarbasis met nog eens 252 kg N en 82 kg P_2O_5 .

Om de genoemde maatregelen te realiseren dient het diermanagement zich te richten op verbetering van de duurzaamheid van de veestapel en op verbetering van de voederbenutting door het melkvee. Vooral het laatste lijkt voor N in principe veel mogelijkheden te bieden (Figuur 6.5).



Figuur 6.5 Frequentieverdeling voor de efficiëntie van de N-benutting door melkvee in Amerikaanse voederproeven (Chase, 2003)

Uit Figuur 6.5 blijkt dat de N-efficiëntie voor melkgevende dieren tot een niveau van ongeveer 40% verbeterd kan worden. Uitgaande van deze figuur, zou het gemiddelde Nederlandse melkveehouderijbedrijf moeten sturen op een efficiëntie van de N-benutting door melkgevende dieren van tussen de 25% tot 35%. Voor een proefbedrijf als De Marke zou dat 35% tot 40% moeten zijn. Het is echter niet reëel te veronderstellen dat de Amerikaanse omstandigheden waarop Figuur 6.5 gebaseerd is, representatief zijn voor de Nederlandse melkveehouderij. De mate van grondgebondenheid en daarmee de afhankelijk van eigen geproduceerd ruwvoer is in de Nederlandse omstandigheden veel groter. Dit beperkt de keuze in zowel het aantal als de kwaliteit van de voedermiddelen en daarmee de maximaal haalbare efficiëntie van de mineralenbenutting. Voor De Marke is een prognose gesteld voor de haalbare efficiëntie (Oenema et al., 2006). Deze bedraagt op bedrijfsniveau ca. 42% voor N en 100% voor P en op veestapelniveau ca. 25% voor N en 32% voor P. In de periode 2000 tot 2005 waren de gerealiseerde waarden op bedrijfsniveau bijna 40% voor N en ruim 90% voor P en op veestapelniveau 24% voor N en 30% voor P (Oenema et al., 2006).

6.3 Optimale benutting voedermiddelen

6.3.1 Voederwaardering melkvee

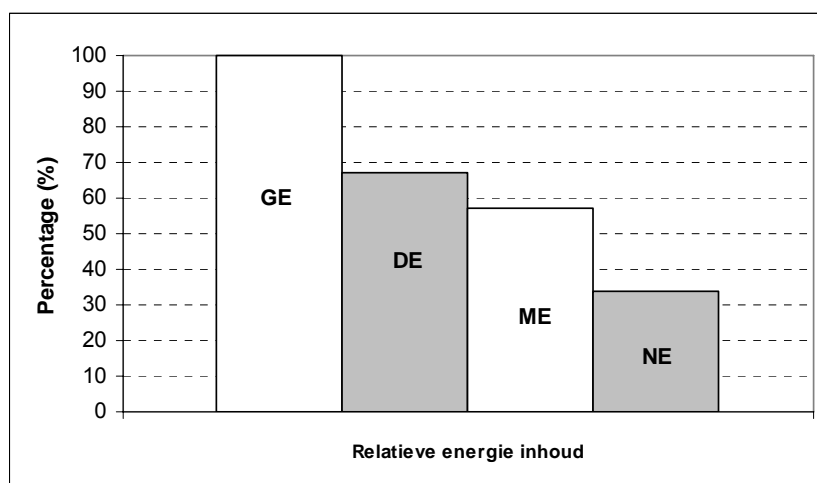
Voor een optimale benutting van de nutriënten en mineralen in de aangeboden voedermiddelen is het van belang om onnodige of luxe-consumptie zoveel mogelijk te voorkomen. Bij luxe-consumptie wordt de benutting van de opgenomen mineralen wat minder efficiënt, waardoor te vermijden verliezen optreden. Om die verliezen zoveel mogelijk te voorkomen is het noodzakelijk het rantsoen zodanig samen te stellen, dat er per nutriënt voldoende balans is tussen behoefte en aanbod. Deze aanpak wordt vaak aangeduid met de term 'scherp voeren'. Het risico van scherp voeren is dat er onbedoeld een (structureel) tekort aan één of meerdere nutriënten wordt aangeboden. Daarom is het van belang om een rantsoen samen te stellen dat voldoet aan de normen voor de energie- en eiwitbehoefte. Hiervoor zijn goede voedernormen en een juiste waardering van de voederwaarde van de voedermiddelen nodig. Deze voorwaarden worden in Nederland geborgd door het Centraal Veevoederbureau (CVB) in Lelystad. Het CVB geeft tabellen uit (Tabellenboek Veevoeding, CVB, jaarlijkse uitgave), waarin de voedernormen voor landbouwhuisdieren en de voederwaarden van veevoerders zijn vastgelegd. De tabellen worden jaarlijks geactualiseerd. De voederwaarde van voedermiddelen in rantsoenen voor herkauwers wordt in Nederland berekend met het VEM-systeem (Van Es, 1978) voor energie en het DVE/OEB-systeem (Tamminga et al., 1994) voor eiwit.

VEM systeem

Het VEM-systeem is een netto energie systeem waarbij zowel de voederwaarde van de voedermiddelen als de behoefte van de dieren wordt uitgedrukt in Netto Energie (NE, kJ). De NE van een voedermiddel wordt uitgerekend door de chemische verbrandingswaarde of bruto energie (GE in kJ) van dat product te verminderen met de energieverliezen die optreden tijdens de vertering en benutting (Figuur 6.6):

1. GE minus het energieverlies in faeces is de verteerbare energie (DE in kJ)
2. DE minus het energieverlies in urine en brandbare gassen (CH₄) is de metaboliseerbare energie (ME in kJ)
3. ME minus het energieverlies door warmteproductie als gevolg van eten, fermentatie- en verteringsproces, metabolisme van gesorbeerde nutriënten en de hormonale regulering van de stofwisseling, is Netto Energie (NE in kJ)

De voederwaarde in NE (kJ) wordt in het VEM-systeem gestandaardiseerd met de netto energie-inhoud van 1 kg gerst (= 6900 kJ). Standaard gerst heeft een gedefinieerde voederwaarde van 1000 VEM per kg. De algemene berekening van VEM wordt weergegeven als: VEM (dimensieloos) = NE (kJ) * 1000 / 6900 kJ.



Figuur 6.6 Gemiddelde energie-inhoud van voedermiddelen voor herkauwers, uitgedrukt als percentage van de bruto energie (GE)

In de praktijk wordt de ME van voedermiddelen niet volgens de stappen in Figuur 6.6 bepaald, maar geschat met behulp van schattingsformules die gebruik maken van de verteerbare componenten van die voeders. Vervolgens wordt ME met behulp van de benuttingsfactor omgerekend in NE. De benuttingsfactor geeft aan hoe efficiënt de energetische conversie van ME naar NE plaatsvindt. Deze conversie is dierafhankelijk, maar neemt ook toe met de kwaliteit van het rantsoen. Hoe beter de kwaliteit van het rantsoen, hoe minder warmteproductie als gevolg van eten, fermentatie en vertering, hoe hoger NE. De kwaliteit van het rantsoen wordt daarom gekarakteriseerd. Dit gebeurt met de q-waarde, die op onderhoudsniveau de metaboliseerbaarheid van de bruto energie van een voeder weergeeft ($q = 100 * ME / GE$). De GE wordt (net als ME) in de praktijk niet bepaald, maar geschat met behulp van schattingsformules die gebruik maken van de geanalyseerde componenten van die voedermiddelen.

Via q houdt het VEM systeem bij de schatting van de voederwaarde rekening met een dier/voer interactie. Bij een rantsoen van gemiddelde Nederlandse kwaliteit heeft q een waarde van 57 en is de benuttingsfactor voor melkkoeien 0.60 (= 60 % van ME wordt omgezet in NE). Deze 60% geldt voor een koe met een voeropname op onderhoudsniveau (= niveau 1). Bij hogere voederniveaus werkt het spijsverteringskanaal wat minder efficiënt met als gevolg dat NE bij een gelijke q toch wat zal afnemen. Deze afname van NE bedraagt 1.8 % per niveau boven het onderhoudsniveau. Voor een melkkoe met een voederniveau van 2.38 is het effect van de verteringsdepressie op NE daarmee gelijk aan $(2,38 - 1) * 1.8 \% = 0.0248 * NE$. Omdat de verteringsdepressie niet voedermiddel gerelateerd is maar dier gerelateerd, is het effect van andere voederniveaus om pragmatische redenen verwerkt in de voedernormen (en niet in de voederwaarde van het voedermiddel).

Het DVE/OEB systeem

Het DVE/OEB systeem (Tamminga et al., 1994) is ontwikkeld voor rundvee, maar wordt tevens toegepast bij andere herkauwers. DVE staat voor Darm Verteerbaar Eiwit en bestaat uit aminozuren die geabsorbeerd worden vanuit de dunne darm. DVE is afkomstig van Bestendig voerEiwit (DVBE) en van Microbieel Eiwit (DVME) dat in de pens gevormd is. Daarnaast wordt DVE gecorrigeerd voor het geabsorbeerde eiwit dat verloren gaat door het verlies van verteringsenzymen en darmwandcellen (DVMFE). DVE wordt zodoende berekend als $DVE (g) = DVBE + DVME - DVMFE$.

De berekening van DVBE is lastig, omdat de bestendigheid van het voereiwit afhankelijk is van de actuele omstandigheden in de pens (o.a. vloeistofvolume, passagesnelheid, pH-verloop). De voederwaardetabellen gebruiken een bestendigheid die gebaseerd is op de *in situ* afbraaksnelheid, gemeten in een gestandaardiseerde koe op een gestandaardiseerd rantsoen. De standaardisatie is gebaseerd op de gemiddelde Nederlandse koe met een gemiddeld rantsoen (CVB, 2003).

De berekening van DVME is eveneens afhankelijk van de actuele omstandigheden in de pens. Daarom wordt voor de berekening van het gevormde microbieel eiwit aangenomen dat er 150 g microbieel eiwit per kg pensgefermenteerde organische stof wordt gevormd, mits er in de pens voldoende voereiwit voor de microbiële eiwitsynthese (het zogeheten onbestendig voereiwit) beschikbaar is. Om te beoordelen of het in de pens aanwezige onbestendige voereiwit limiterend kan zijn voor microbiële groei, wordt OEB (g) gebruikt. OEB staat voor 'Onbestendige Eiwit Balans' en geeft het verschil aan tussen de microbiële eiwitsynthese in de pens die mogelijk is op basis van het onbestendige eiwit (MREN) enerzijds en op basis van de beschikbare energie (MREE) anderzijds; $OEB = MREN - MREE$.

Bij een positieve OEB is de hoeveelheid onbestendig eiwit in de pens niet limiterend voor microbiële groei. Er wordt genoeg voereiwit in de pens afgebroken om de hoeveelheid microbieel eiwit die gevormd kan worden op basis van de aanwezige energie mogelijk te maken. Bij een negatieve OEB is er onvoldoende onbestendig voereiwit aanwezig om de potentiële microbiële groei op basis van de beschikbare energie volledig te benutten. In dat geval wordt er zowel minder organische stof gefermenteerd als minder microbieel eiwit gevormd, zodat de berekende DVE uit microbieel eiwit gecorrigeerd (=verminderd) zou moeten worden. Een licht negatieve OEB hoeft echter geen bezwaar te zijn, mits de eiwitvoorziening ruim is en er voldoende N-recycling vanuit bloed naar de pens mogelijk is (Van Vuuren en Tamminga, 2001).

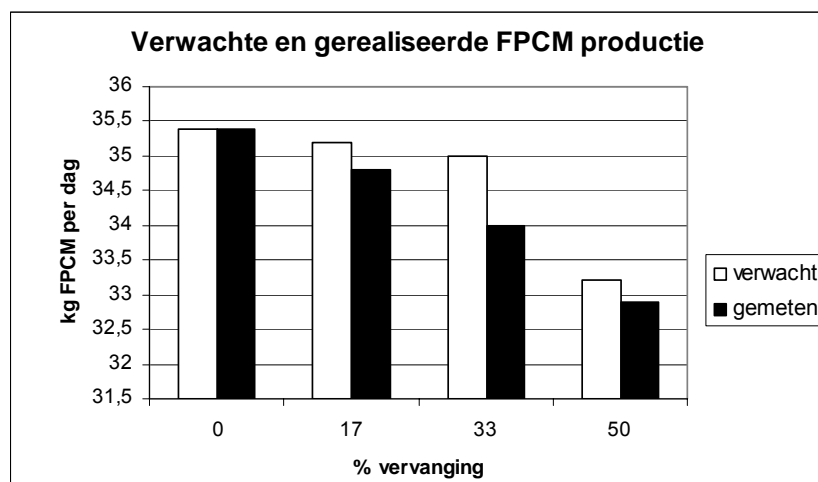
De DVE-behoefte voor onderhoud en productie wordt bepaald door de hoeveelheid eiwit die nodig is voor onderhoud en productie (dracht, lactatie en groei) te delen door de benuttingsfactor waarmee DVE wordt gebruikt voor onderhoud en de betreffende productie(s). Naast het aanbieden van voldoende DVE, is het ook belangrijk om voldoende OEB in het rantsoen op te nemen. In principe moet een $OEB = 0$ voldoende zijn om te voorkomen dat er een tekort aan N voor microbiële eiwitsynthese optreedt in de pens (Van Vuuren en Tamminga, 2001).

Praktisch gebruik van VEM, DVE en OEB

Er zijn veel proeven uitgevoerd waaruit afgeleid kan worden dat het Nederlandse stelsel van voedernormen en voederwaarden in de praktijk goed voldoet. De prestaties van de dieren (bijvoorbeeld melkproductie) waren in die proeven in overeenstemming met de op basis van de aangeboden nutriënten verwachte prestaties. In deze proeven werden 'gangbare' rantsoenen, met een 'gangbare' samenstelling en verteerbaarheid gevoerd. Binnen die 'gangbare' variatie is sprake van een robuust systeem, zeker wanneer de voorziening van eiwit en mineralen ruim is. Dit kan echter anders worden wanneer er scherp gevoerd wordt. In die situatie kan de normale spreiding in de bepaalde voederwaarde incidenteel verkeerd uitvallen, waardoor feitelijk te veel of te weinig nutriënten worden aangeboden. Bovendien kan de samenstelling van een voedermiddel buiten de calibratierange voor de voederwaardebepaling vallen, waardoor de voederwaarde via onzekere extrapolatie wordt vastgesteld. Wanneer dit voor één of enkele voedermiddelen in het rantsoen het geval is, kan dat leiden tot structurele onder- of overvoeding. Voor systemen met een lage aanvoer van nutriënten kan dat een reële mogelijkheid zijn. In dergelijke systemen is het rantsoen vooral gebaseerd op het zelfgeteelde (ruw)voer en door het minimale gebruik van kunstmest kan de kwaliteit van het zelfgeteelde voer afwijken van de gangbare kwaliteit. Dit speelt onder andere voor gras, dat door de krappere bemesting in een ouder stadium wordt geoogst om voldoende droge stof opbrengst te halen. Deze veranderingen zijn echter niet snel te zien. Op De Marke waar sinds 1992 krap wordt bemest is pas na 10 jaar een geleidelijke verandering in de voederwaarde van de ruwvoerders te zien (zie hoofdstuk 4). In de graskuilen van De Marke is een duidelijke daling van het gehalte aan ruw eiwit (RE) en OEB te zien. Ook het P gehalte daalde licht, maar de geschatte voederwaarde (VEM en DVE), de verteerbaarheid van de organische stof, het NDF gehalte en de verteerbaarheid van de NDF bleven vrij constant. Dit was onder andere toe te schrijven aan de vrij

goede kwaliteit van de eerste snedes, die het gemiddelde gehalte in de graskuilen opkrikte. In de latere snedes was de kwaliteitsvermindering wat duidelijker.

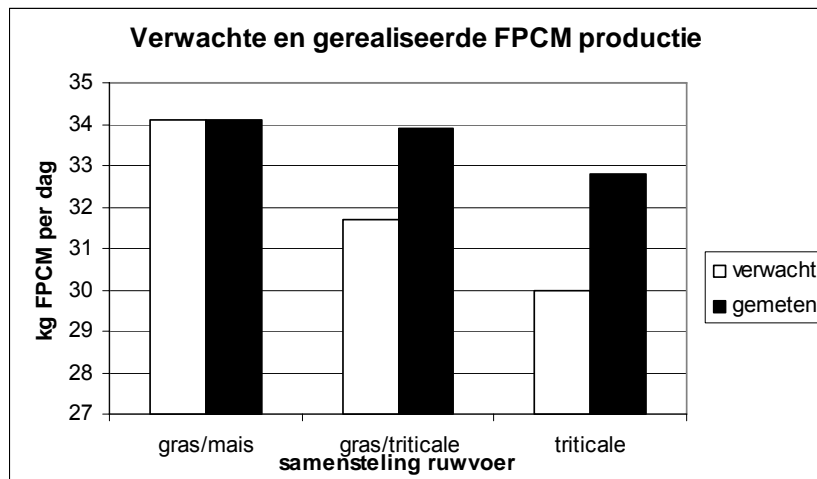
Een verandering in de kwaliteit van het ruwvoer kan gevolgen hebben voor de Nederlandse wijze van voederwaardering voor grassen. Dit punt verdient aandacht, omdat de ontwikkelingen in de Nederlandse melkveehouderij de kans vergroten dat er in de praktijk situaties ontstaan die niet meer binnen de 'gangbare variatie' vallen. De verdere extensivering (geringere N- en P-bemesting) kan de samenstelling van de voedergewassen veranderen met als gevolg een verminderde verteerbaarheid van de organische stof. De verteerbaarheid van de organische stof van het voedermiddel is bepalend voor de berekende voederwaarde. Bij overschatting van de voederwaarde wordt de verwachte productie niet gerealiseerd of kan de conditie en gezondheid van het melkvee (op wat langere termijn) achterblijven. Ter illustratie van deze situatie wordt verwezen naar een onderzoek van ASG (Van Duinkerken et al., 2005). Daarin werd onderzocht of een duidelijk niet-gangbaar gras (beheersgras) met de standaard voederwaardering op de juiste waarde werd geschat. De verwachte meetmelkproductie (FPCM) werd vergeleken met de gemeten melkproductie bij verschillende uitwisselingshoeveelheden van gangbaar kuilgras door het ingekuilde beheersgras (Figuur 6.7).



Figuur 6.7 Effect van vervanging van gangbare graskuil door ingekuilde beheersgras op melkproductie

Bron: ASG, Van Duinkerken et al., 2005

De verwachte FPCM productie bleek niet significant te verschillen van de gemeten productie, maar Figuur 6.7 doet wel vermoeden dat er sprake kan zijn van een systematische overschatting van de voederwaarde van het beheersgras. In analogie zou het dus mogelijk kunnen zijn dat de voederwaarde van de graskuilen op De Marke onvoldoende nauwkeurig wordt geschat om er 'scherp' mee te voeren. Overigens hoeft een onnauwkeurige schatting van de voederwaarde niet altijd een overschatting te betekenen. Voor Gehele Planten Silage (GPS) van Triticale is bekend (Figuur 6.8) dat de voederwaarde wordt onderschat, terwijl dit voor GPS van tarwe of gerst niet het geval is (Van Duinkerken en Bleumer, 2000).



Figuur 6.8 Effect van vervanging van maïskuil door Triticale GPS op de melkproductie

Bron: ASG, Van Duinkerken en Bleumer, 2000

Het is lastig om aan te geven waarom voederwaardes niet goed worden geschat. Een mogelijke reden ligt in dierfysiologische kenmerken (bv. passagesnelheid door het maagdarkanaal). Ook is het mogelijk dat het betreffende product buiten de validatie range van de voederwaarderings-systemen valt, waardoor niet goed voorspeld wordt hoe het dier hierop reageert. Dit geldt zowel voor producten van mindere kwaliteit (beheersgras) als van hogere kwaliteit (Triticale GPS). In onderzoek waarin tevens naar dierfysiologische parameters werd gekeken bleek dat suikerrijke graskuilen met een hoge geanalyseerde VEM-waarde, door een versnelde penspassage een tegenvallende voederwaarde hadden (Valk et al., 2006).

Gezien de effecten van verschillende factoren op de verscheidenheid in verteerbaarheid en daarmee op de voederwaarde, is het van belang te kunnen onderkennen wanneer en in welke mate deze effecten een rol gaan spelen. Dit inzicht draagt bij aan de mogelijkheden om 'scherp' te kunnen voeren. In het huidige VEM- en DVE/OEB-systeem wordt slechts beperkt rekening gehouden met dergelijke effecten (zie 6.3.1 onderdelen 'VEM systeem' en 'Het DVE/OEB systeem').

6.3.2 Pensfuncties en goede voederbenutting

Beperkingen voederwaardering

Om in de voederwaardering rekening te kunnen houden met verscheidenheid in verteerbaarheid is een goede inschatting van de pensfunctie van essentieel belang. Het belang van de pens blijkt uit het feit dat de koe tot ongeveer 2/3 van haar energie direct uit de in de pens gevormde vluchtige vetzuren betreft en ook voor haar eiwitvoorziening is de koe voor ongeveer 2/3 afhankelijk van in de pens gevormd microbiële eiwit. Toch wordt in de voederwaardering de voederwaarde als een vrijwel constante waarde beschouwd, terwijl de omstandigheden waarin een voedermiddel wordt ingezet sterk kunnen variëren (bijvoorbeeld het type rantsoen en het type dier). Het VEM-systeem houdt rekening met het voeropnameniveau en met de kwaliteit van het rantsoen. Hiermee is onder standaard omstandigheden een voldoende betrouwbare schatting van het energieleverende vermogen van voedermiddelen mogelijk. In situaties die wat minder standaard zijn, kan deze aanpak tot minder betrouwbare schattingen leiden, omdat geen rekening wordt gehouden met enkele specifieke aspecten van de (pens)vertering en van de interactie tussen afzonderlijke voedermiddelen. Er wordt bijvoorbeeld geen rekening gehouden met de invloed van snel-fermenteerbare koolhydraten op de vertering van celwandrijk materiaal, de invloed van het rantsoen op passagekarakteristieken of de invloed van vet en langketenige vetzuren op de microbiële fermentatieprocessen in de pens. Het aantal interacterende factoren die mede bepalend zijn voor de verteerbaarheid van de afzonderlijke voedermiddelen in het rantsoen, is groot en daarmee kan ook de VEM-waarde van het rantsoen of van een voedermiddel variëren. Een voorbeeld daarvan is het verhogen van het glucoseaanbod door een hogere opname van voerzetmeel. Met het hogere glucoseaanbod kan tegelijkertijd de zuurgraad in de pens dalen, met als mogelijk gevolg dat een groter aandeel van het (ruw)voer de pens ongefermenteerd passeert. Dit uit zich in een lagere verteerbaarheid van het (ruw)voer (tegenvallende VEM dekking) en een geringere bijdrage aan de

vorming van microbieel eiwit (wat per saldo een normale DVE dekking kan geven). Deze voorbeelden geven aan dat bij verschillende voedings- en productieomstandigheden de bijdrage van een rantsoenbestanddeel aan de VEM-, de DVE- en de nutriëntenvoorziening van de melkkoel kan variëren zonder dat de huidige systemen voor voederwaardering dit onderscheid maken.

Interacties tussen rantsoenbestanddelen

Uit het voorgaande is gebleken dat het bij de samenstelling van een rantsoen voor herkauwers niet alleen om een optelsom van afzonderlijke voederwaardes gaat. Door de verscheidenheid in verteerbaarheid en het optreden van interacties tussen voedermiddelen is het lastig te voorspellen hoe de pensvertering zal gaan verlopen. Toch is die informatie onmisbaar, omdat de omstandigheden in de pens van grote invloed zijn op de vorming van vluchtige vetzuren en microbieel eiwit. Om voldoende rekening te kunnen houden met dergelijke interacties tussen voedermiddelen moet bekend zijn welke aspecten van de pensfunctie daarbij van betekenis zijn. Datzelfde geldt voor interacties tussen rantsoen en voermanagement.

Enkele belangrijke aspecten zijn:

1. Het voeropnameniveau. Deze beïnvloedt de zuurgraad in de pens en daarmee de activiteit van celwandafbrekende micro-organismen en de benutting van het ruwvoer (Dijkstra et al., 1992).
2. Het aandeel snel-fermenteerbare koolhydraten. Deze heeft grote invloed op het type nutriënt dat voor de koe beschikbaar komt.
3. Het aandeel snel-fermenteerbare koolhydraten. Zowel het aandeel als de wijze van verstrekking is bepalend voor de fluctuaties van de zuurgraad van de pensinhoud en daarmee voor de afbraaksnelheid van celwanden in de pensinhoud.
4. Buffering van de zuurgraad van de pensinhoud. Door voor extra bufferend vermogen te zorgen kan remming van de celwandafbraak worden voorkomen (Dunlap & Kohn, 1998; Bannink & Dijkstra, 2006a).
5. De efficiëntie van de microbiële eiwitsynthese. In het DVE/OEB-systeem wordt een constante efficiëntie aangenomen, maar door de aard van het rantsoen (krachtvoeraandeel, fysische kenmerken van het rantsoen en voeropname niveau) wordt de efficiëntie beïnvloed (Dijkstra et al., 1992).
6. De passagesnelheid van voerdeeltjes en pensvloeistof. Deze bepalen hoelang de microflora in de pens de gelegenheid heeft om voerdeeltjes af te breken.
7. De (her)kauwactiviteit. Deze heeft gevolgen voor de verkleining van de deeltjes en de buffering van de pensinhoud.
8. Het voeropnamepatroon. Deze beïnvloedt het fermentatiepatroon en daarmee het nutriëntenaanbod voor de koe.

Ook tussen de genoemde aspecten treden interacties op. Een duidelijk voorbeeld daarvan heeft betrekking op een verschuiving van de vetzuurproductie (uit gefermenteerde suikers en zetmeel) van azijnzuur naar propionzuur. Dit treedt op bij een sterke toename van het aandeel krachtvoer in het rantsoen, maar kan ook het gevolg zijn van een hogere voeropname waarbij een grotere hoeveelheid materiaal in de pens fermenteert (Bannink en Dijkstra, 2006b).

Het belang van het functioneren van de pens voor de vertering in herkauwers wordt al langer onderkend en heeft geleid tot een dynamisch mechanistisch model dat het functioneren van de pens weergeeft (Dijkstra et al., 1992). Om het model beter geschikt te maken voor praktijktoepassing is het de afgelopen jaren aangepast en zijn verschillende onderdelen toegevoegd (Bannink en Dijkstra, 2005 & 2006; Reijs et al., 2007). Hiermee is voor melkvee sinds kort een model beschikbaar dat rekening kan houden met effecten die kunnen leiden tot verscheidenheid in verteerbaarheid, met de invloed van voeropname niveau en met interacties tussen voedermiddelen op het functioneren van de pens. Het model voorspelt type en hoeveelheden nutriënten die beschikbaar komen voor de koe en de gevolgen voor melkproductie en excretie (Reijs et al., 2007).

Koesignalen

De feitelijke voederwaarde van een rantsoen is afhankelijk van de wijze waarop de koe het voer verwerkt, verteert en uiteindelijk benut. Het is daarom een uitdaging om de verwerking van het voer zodanig te stimuleren dat de berekende voederwaarde ook inderdaad door de koe wordt benut. Een maat voor benutting wordt meestal gegeven in de vorm van dekkingspercentages. Voor een scherp gevoerde koe zou in gemiddelde omstandigheden het ideale dekkingspercentage 100% moeten zijn, maar het moderne melkvee heeft iets meer energie nodig (Tamminga et al., 2004; Kebreab et al., 2003), zodat het ideale VEM-dekkingspercentage ongeveer 102% bedraagt (Tamminga et al., 2004). Bij een minder scherpe voeding of bij suboptimale omstandigheden kan de VEM-dekking tot ver boven de 100% uitkomen. Een VEM-dekkingspercentage onder 100% is

hoogstwaarschijnlijk een aanduiding voor een verkeerde inschatting van de voeropname en/of de voederwaardering.

Voor de melkveehouder is het VEM-dekkingspercentage een signaal achteraf. Goed management behoeft echter ook de mogelijkheid om in te kunnen springen op actuele problemen en is daarvoor afhankelijk van directe signalen. Deze directe signalen zijn aan de koe waar te nemen (bijv. voeropname, pensvulling, herkauwactiviteit, mestconsistentie). De combinatie van koesignalen geeft een indicatie van de wijze waarop de koe het rantsoen verwerkt en van interacties die tussen ruwvoer en krachtvoer optreden. Enkele mogelijke situaties zijn:

1. Een versnelde passage van ruwvoer, zoals gemeten voor potentieel goed verteerbare suikerrijke graskuilen (Valk et al., 2006). Dit geeft een verminderde pensvulling en minder herkauwactiviteit. De verteerbaarheid en de benutting van het ruwvoer voor melkproductie zal lager zijn en de melkproductie zal tegenvallen en/of het dekkingspercentage voor VEM zal ruim boven de 100% uitkomen.
2. Een verteringsdepressie van celwanden in de pens door een hoog aandeel snel-fermenteerbare koolhydraten in het rantsoen. Er zal compensatoire fermentatie in de dikke darm optreden. Dit effect gaat mogelijk samen met een veranderde consistentie (meer microbiële materiaal en onverteerde celwanden) en geur (hoger gehalte aan zuren) van de mest.
3. Een verminderde verteerbaarheid in de pens. Dit kan samengaan met een langere verblijftijd, een toegenomen vulling van de pens en een verminderde voeropname. Dit effect lijkt vooral op te treden bij inpassing van minder goed verteerbaar ruwvoer in het rantsoen (Bruinenberg (1997)). De benutting van het moeilijk verteerbare gras is relatief goed, maar door de lagere voeropname blijft de gerealiseerde VEM-opname en melkproductie achter.
4. Een combinatie van punt 2 en 3. Wanneer het ruwvoer minder goed verteerbaar is, kan door het aanbieden van een groot aandeel snel-fermenteerbare koolhydraten in het rantsoen de opname gestimuleerd worden en de melkproductie op peil blijven. Deze benadering verkort mogelijk ook de verblijftijd van het ruwvoer in de pens, waardoor een goede vertering verhindert wordt. Dit zou zich kunnen uiten in een normale vulling van de pens, maar wel met meer onverteerde ruwvoerdeeltjes in de mest. Door de verminderde vertering van het ruwvoer wordt de voederwaarde overschat en zal het dekkingspercentage voor VEM en DVE toenemen.

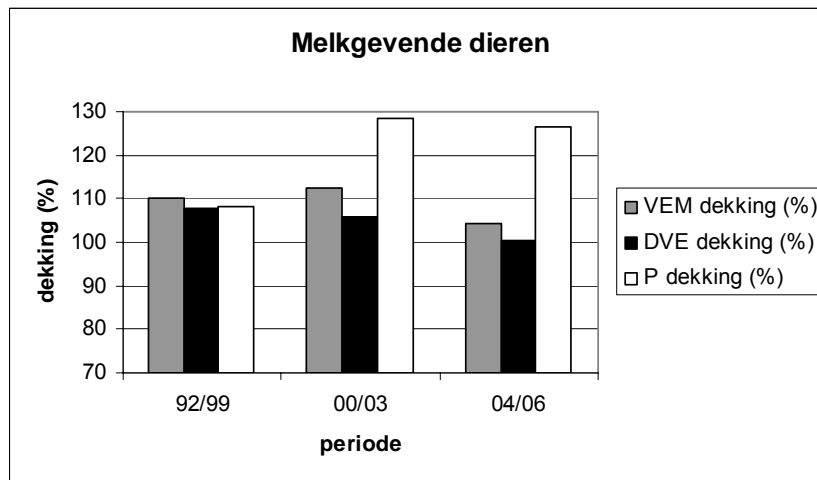
6.3.3 Voederbenutting op De Marke

Uit 2.1 en 2.2 is duidelijk geworden dat de voederwaarde van een rantsoen onvoldoende tot uiting komt wanneer de vertering van het voer niet optimaal verloopt. Ook werd duidelijk dat de schatting van de voederwaarde mogelijk onvoldoende nauwkeurig is wanneer de kwaliteit van het betreffende voermiddel gaat afwijken van de kwaliteit van het traditionele gemiddelde voor dat product. In het onderdeel 'Praktisch gebruik van VEM, DVE en OEB' in paragraaf 6.3.1 bleek dat de kwaliteit van de graskuilen op De Marke in de loop van de tijd is veranderd, maar leidt die veranderende kwaliteit tot een verminderde benutting en zo ja, moet het voermanagement zich specifiek richten op het zo goed mogelijk benutten van de mineralen in de ruwvoerders? Uit de evaluatie van het diermanagement op De Marke in 2000 (Galama et al., 2001; Galama et al., 2002) werd geconstateerd dat de benutting van het ruwvoer beter kon, omdat de verteerbaarheid van het rantsoen onvoldoende was. Dit bleek onder andere uit mestscores en uit een te hoge VEM dekking voor de melkkoeien. Na analyse werd geconcludeerd dat beide aspecten (vertering en VEM dekking) verbeterd konden worden door:

1. Rantsoensamenstelling (verbeteren vertering).
Extra aandacht voor een voldoende aanbod van structuur en OEB. Dit werd gecombineerd met een afname van het aanbod bestendig zetmeel uit snijmaïs en MKS (voorkomen zetmeelovermaat) en een toename van het aanbod snel-fermenteerbare koolhydraten (suikers en tarwezetmeel). Om dit te kunnen realiseren werd in het bouwplan snijmaïs uitgewisseld tegen Gehele Planten Silage (GPS) van Triticale en werd de samenstelling van de krachtvoerders aangepast.
2. Voeren op koeniveau (verminderen VEM-dekking melkkoeien).
De oudmelkte dieren werden te luxe gevoerd als gevolg van een hoge energiedichtheid van het basisrantsoen. Als oplossing werd gekozen voor een multifeeder, waarmee de nieuwmelkte dieren naar behoefte extra energie kon worden aangeboden. Hierdoor kon het basisrantsoen wat schraler worden gehouden.

Beide maatregelen zijn vanaf 2000 uitgevoerd en bleken naar tevredenheid in het bedrijfsmanagement te kunnen worden ingepast. De dieren reageerden goed en de algemene indruk was dat de melkproductie en de diergezondheid wat verbeterde. Het beoogde effect van de maatregelen werd echter onvoldoende gerealiseerd. Uit de gegevens blijkt dat het effect van de aanpassingen wisse-

lend was. De mogelijkheid om de melkkoeien naar productieniveau te voeren door inzet van een multifeeder heeft mogelijk effect gehad, omdat in de periode na het in gebruik nemen van de multifeeder een betere VEM-dekking werd gerealiseerd (Figuur 6.9). Toch bleven de dekkingspercentages voor VEM, DVE en P aan de hoge kant.

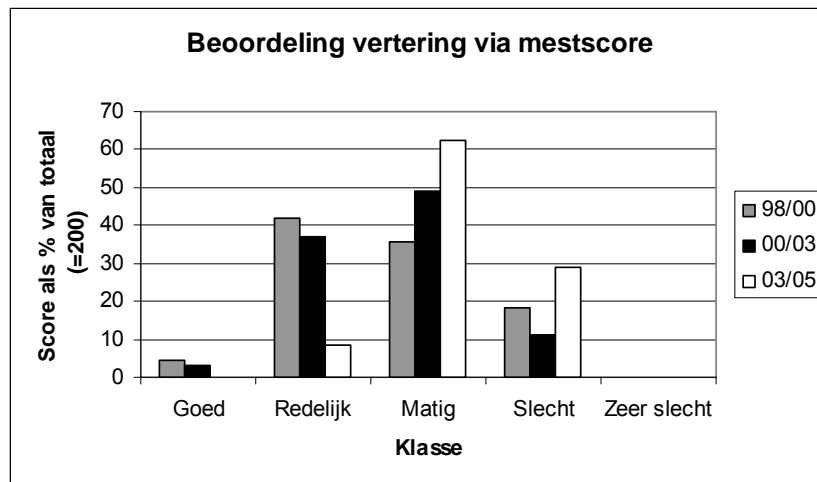


Figuur 6.9 Verloop van de gemiddelde dekking (%) voor VEM, DVE en P voor melkgevende dieren

Uit Figuur 6.9 blijkt dat de VEM dekking in de weergegeven periodes van 110%, via 112% naar 108% is gedaald, dat de DVE dekking in de zelfde periodes licht daalde (van 108%, via 106% naar 105%) en dat de P dekking flink steeg (van 108%, via 128% naar 125%). De verschuivingen in P dekking hebben verschillende achtergronden.

1. Vanaf 2000 is de P-vastlegging in melk en vlees bijgesteld op basis van de analyse van het P-gehalte in de melk. Deze bleek gemiddeld 0,9 g P/kg melk te zijn in plaats van het voor de periode 1992/1999 aangehouden gemiddelde van 0,97 g P/kg melk (op basis van literatuur gegevens). Hieruit kan een stijging van de P dekking met ongeveer 3 % verklaard worden.
2. In 2000 zijn de P-normen (CVB, 2000) voor melkvee aangepast. Voor een koe van 650 kg lichaamsgewicht met een productie van 30 kg melk per dag is de behoefte daardoor gedaald van 72,3 g naar 61,9 g P per dag. Bij een gelijke P opname betekent deze lagere berekende behoefte voor de dieren op De Marke een stijging in de P dekking van ongeveer 18 %.
3. Er kon niet gereageerd worden op het verlagen van de P-normen voor melkvee, omdat De Marke de P-aanvoer met voedermiddelen al eerder tot het minimum had beperkt. Het P-gehalte in het rantsoen bedroeg in de perioden van Figuur 6.9 respectievelijk 3,49 g/kg ds, 3,47 g/kg ds en 3,51 g/kg ds. Het eigen geteelde voer (gras, snijmaïs, MKS en GPS) bevatte gemiddeld 3,0 g P/kg ds en de voeraankoop bevatte gemiddeld 5,4 g P/kg ds (of 5,1 g P/kg ds exclusief soja-schroot). Het is technisch mogelijk om een krachtvoeder met ca. 3 g P/kg ds te maken, maar een dergelijk voer is niet geschikt om het rantsoen op De Marke aan te vullen. De krachtvoerders worden samengesteld om het basisrantsoen nutritioneel aan te vullen en bij die optimalisatie wordt als randvoorwaarde een minimaal P-gehalte meegenomen.

De aanvankelijke stijging in VEM dekking is niet gerelateerd aan de inzet van de multifeeder. Het heeft namelijk enige tijd geduurd voor de multifeeder aangeschaft en operationeel was. Pas in de loop van 2003 kon het apparaat volledig worden ingezet voor individuele bijvoeding van de hoog-productieve dieren. Vanaf dat moment was een verbetering in de VEM dekking zichtbaar, maar het bleek tot nu toe onmogelijk om beneden de 105% te komen. De verklaring hiervoor wordt gezocht in een tegenvallende (pens)vertering. Deze veronderstelling wordt gevoed door de resultaten van de mestscores die op een verdere vermindering van de vertering van het ruwvoer duiden (Figuur 6.10).



Figuur 6.10 Verloop van de verdeling (% van totaal aantal scores) van mestscores over kwaliteitsklassen voor de vertering

Uit Figuur 6.10 blijkt dat de maatregelen die sinds 2000 zijn doorgevoerd niet hebben geleid tot een verbeterde mestscore en de daarvan afgeleide kwalificatie voor de vertering van het ruwvoer. De trend die de grafiek aangeeft, wijst zelfs op een verdere vermindering van de mestkwaliteit en daarmee op aanhoudende problemen rond de pensvertering. Daarbij bestaat de indruk dat de onverteerde voerdeeltjes in de mest voornamelijk afkomstig zijn van gras. De gewijzigde voerstrategie heeft weliswaar geleid tot een goed producerende melkveestapel (Hilhorst, 2006), maar die productie is kennelijk niet gebaseerd op een betere benutting van het ruwvoer (graskuil). Deze constatering is voor een proefbedrijf dat gericht is op het maximaliseren van de (veestapel)efficiëntie reden om nadere informatie over het functioneren van de pensvertering te verzamelen.

Modelberekeningen voor De Marke in 2003, 2004 en 2005

Uiteenlopende factoren kunnen een verschil geven tussen berekende en gerealiseerde VEM- en DVE-waarde. Tot noch toe was het niet mogelijk om op gedetailleerde wijze rekening te houden met dergelijke factoren. Zoals aangegeven in het onderdeel 'Interacties tussen rantsoenbestanddelen' in paragraaf 6.3.2, is recent een model beschikbaar gekomen (Bannink & Dijkstra, 2005, 2006a & 2006b), dat in praktijksituaties gebruikt kan worden om het functioneren van de pens te beoordelen. Het model omvat de interactie tussen het rantsoen enerzijds en de microbiële activiteit, de passage van pensinhoud, de absorptie door de penswand en de recycling met speeksel en via de penswand anderzijds. Daarnaast voorspelt het model de vertering in de darm, de beschikbare nutriënten voor de melkkoe en de haalbare melkproductie. Dit gebeurt op basis van afzonderlijke nutriënten (glucose en aminozuren) en op basis van het totale aanbod aan metaboliseerbare energie. Belangrijke invoergegevens voor het model zijn de voeropname, de chemische samenstelling van het rantsoen en de afbraakcharacteristieken van zetmeel, celwanden en eiwit. Deze laatste zijn een gewogen gemiddelde van de karakteristieken van alle rantsoenbestanddelen. Ook de passagesnelheden van de pensinhoud, het vloeistofvolume in de pens en enkele kenmerken van de zuurgraad van pensvloeistof zijn belangrijke invoergegevens, die desgewenst aan de hand van empirische vergelijkingen geschat kunnen worden (Mills et al., 2001).

Met het model zijn berekeningen uitgevoerd aan de hand van gegevens van vier meetweken op De Marke in de jaren 2003, 2004 en 2005 (Tabel 6.1). De meetweken zijn geselecteerd op basis van een consistente periode waarin geen productieproblemen voorkwamen rondom een week waarin de vet- en eiwitgehalten in de melk laag waren (week 33 in 2004). De verschillen in de geanalyseerde voederwaarde van graskuil zijn tot uitdrukking gebracht in de aannames rondom de afbraakcharacteristieken. Afbraakcharacteristieken van de overige voeders (GPS, MKS, snijmaïs en krachtvoerders) werden geschat op basis van beschikbare gegevensbestanden. De uitkomsten van de modelberekeningen zijn weergegeven in Tabel 6.2.

Tabel 6.1 Rantsoensamenstelling en -kenmerken voor een viertal meetweken op proefbedrijf De Marke in de jaren 2003, 2004 en 2005

Meetweek	2003-wk41	2004-wk13	2004-wk33	2005-wk05
Gem. aantal dagen in lactatie	157	199	156	175
Opname (kg DS/d)				
Weidegras			4,8	
Graskuil 1	7,8	8,7	4,6	10,3
Snijmais ¹	4,2	4,5	5,0	2,8
GPS ¹	2,0	1,9	2,1	1,5
MKS ¹	2,2		1,2	2,9
Krachtvoer ¹	6,4	5,9	5,5	4,2
(% krachtvoer)	(28)	(28)	(24)	(19)
Totaal	22,6	21,0	23,2	21,6
Voederwaarde (per kg DS)				
VEM	941	890	920	901
DVE	84	73	87	78

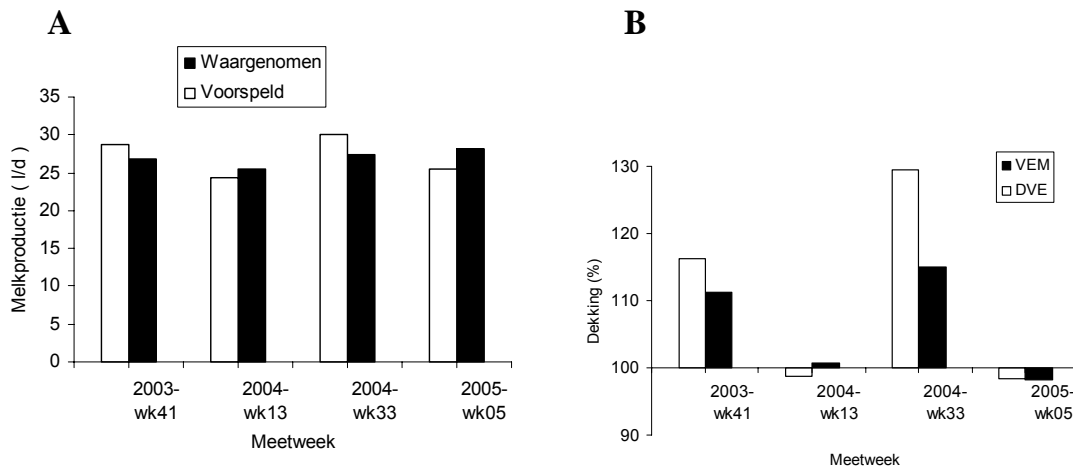
¹ In de vier afzonderlijke meetweken werden verschillende ruwvoerders en krachtvoerders verstrekt

Tabel 6.2 Voorspelde versus waargenomen melkproducties tijdens vier meetweken op De Marke in de jaren 2003, 2004 en 2005

Meetweek	2003-wk41	2004-wk13	2004-wk33	2005-wk05
Gem. aantal dagen in lactatie	157	199	156	175
Waargenomen				
Voeropname (kg DS/d)	22,6	21,0	23,2	21,6
Melkproductie (l/d)	26,9	25,4	27,4	28,1
Vet (%)	4,60	4,72	4,19	4,64
Eiwit (%)	3,44	3,50	3,24	3,46
Lactose (%)	4,49	4,60	4,61	4,60
Voorspeld				
Melkproductie (PME in l/d)	28,8	24,4	30,1	25,4
Potentiële melkproductie op basis van glucose en eiwit (l/d)				
PMA	34,6	28,8	39,5	33,5
PMG	40,1	33,6	38,1	35,5
Beperkend voor productie	E	E	E	E
Eerst beperkende nutriënt	A	A	G	A

¹ PMA = potentiële melkproductie uit beschikbare aminozuren; PMG = potentiële melkproductie uit beschikbaar glucose; PME = potentiële melkproductie uit beschikbare metaboliseerbare energie

Uit Tabel 6.2 blijkt dat het model de melkproductie overschatte voor week 41 in 2003 en week 33 in 2004 (VEM dekking van 110 tot 120%) en onderschatte voor week 13 in 2004 en week 5 in 2005 (VEM dekking rondom 100%). Naast de hoge VEM dekking was ook de DVE dekking in week 41 in 2003 en week 33 in 2004 hoog (120 tot 130%). Dit duidt op een verminderde benutting van DVE op de rantsoenen in deze weken. Eén en ander is grafisch weergegeven in Figuur 6.11a en b. Een vergelijking tussen de voorspellingen van het model en de berekeningen op basis van de VEM opname gaf aan dat het model en het VEM systeem dezelfde trend beschrijven.

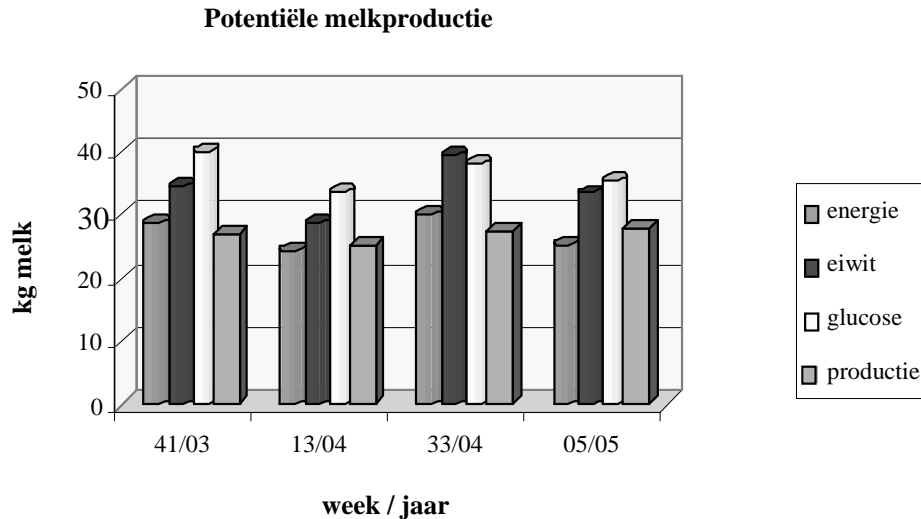


Figuur 6.11a en b Evaluatie van vier weken in de jaren 2003, 2004 en 2005 op het proefbedrijf De Marke met wisselende rantsoensamenstelling en voercomponenten (A) Vergelijking tussen de modelvoorspelling en waargenomen melkproducties, en (B) de gerapporteerde VEM en DVE-dekking op basis van waargenomen voeropname, rantsoensamenstelling en voederanalyse (Remmelink et al., 2006a en b)

Een berekende VEM en DVE dekking (ver) boven de 100% en een overschatting door het model duiden voor de betreffende weken op een lagere benutting van het rantsoen dan op basis van geanalyseerde voerwaarde en de modelinvoer werd verwacht. Het is mogelijk dat de grote hoeveelheid zetmeelrijke producten (o.a. MKS) in combinatie met de hoge voeropnames in week 41 in 2003 en week 33 in 2004 een remming van de celwandafbraak tot gevolg heeft gehad. In week 5 in 2005 werd ook een grote hoeveelheid zetmeelrijke producten gevoerd, maar de voeropname lag beduidend lager. Het is mogelijk dat het juist de combinatie van veel zetmeelrijke producten met een hoog voerniveau is die tot een remming van de celwandafbraak leidt.

Er werden aanvullende berekeningen uitgevoerd om te onderzoeken in hoeverre variatie in de zuurgraad van de pensvloei stof of variatie in de snelheid waarmee de pensinhoud passeert naar de darm, een verklaring kan geven voor de hogere VEM dekking in week 4 in 2003 en meetweek 33 in 2004. Uit de berekeningen bleek dat daling van de zuurgraad (tot waarden die nog steeds als realistisch beschouwd mogen worden) inderdaad een mogelijke verklaring is voor de lagere voerbenutting in week 41 in 2003 en week 33 in 2004. De voorspelde melkproductie daalde waardoor de modelvoorspellingen meer in lijn kwamen met de gemeten producties. Ook een verhoogde passagesnelheid van de pensinhoud, met als gevolg een lagere vertering in de pens, kan bovengenoemde verschillen tussen meetweken verklaren. Zowel de zuurgraad in de pens als de passagesnelheid door de pens is dus van belang voor het inschatten van de benutting van het rantsoen.

Naast de voorspelde melkproductie op basis van energie (VEM dekking) geeft Tabel 6.2 eveneens de voorspelde melkproductie op basis van de glucose- en eiwitvoorziening. Door onderlinge vergelijking kan duidelijk worden welke nutriënten beperkend zijn geweest voor melkproductie (Figuur 6.12).



Figuur 6.12 Vergelijking van de potentiële melkproductie (kg/dag) op basis van de beschikbare nutriënten energie, eiwit en glucose in relatie tot de gerealiseerde melkproductie (kg/dag)

Uit Figuur 6.12 blijkt dat zowel de glucose- als de eiwitvoorziening in geen van de weken beperkend is geweest voor de melkproductie. Na de energievoorziening was de eiwitvoorziening het eerstvolgende beperkende nutriënt in week 4 in 2003, week 13 in 2004 en week 5 in 2005. De eiwitvoorziening was het meest krap geweest in week 13 in 2004 (slechts 4 kg verschil in voorspelde melkproducties op basis van eiwit- en energieaanbod). In week 33 in 2004 was de glucosevoorziening weliswaar eerst beperkend voor de melkproductie, maar nog steeds zeer ruim (8 kg verschil in voorspelde melkproductie op basis van glucose- en energieaanbod).

Berekeningen voor productiegroepen

Voorgaande berekeningen werden uitgevoerd aan de hand van gemiddelde gegevens voor de volledige veestapel. In de veestapel kunnen echter productiegroepen worden onderscheiden die ieder een sterk verschillende voeropname en rantsoensamenstelling hebben. Vooral nieuwmelkte melkkoeien krijgen een aangepast rantsoen aangeboden in verband met de hoge nutriëntenbehoefte in deze periode. Om te zien in hoeverre de hierboven vermelde conclusies geldig zijn voor alle productiegroepen, werden berekeningen uitgevoerd voor afzonderlijke productiegroepen. Er werd onderscheid gemaakt naar lactatiestadium wat leidde tot 3 productiegroepen (0 tot 60 dagen in lactatie, 60 tot 120 dagen in lactatie en 200 tot 300 dagen in lactatie). In geval van een berekende negatieve VEM balans werd de voorspelde melkproductie op basis van energieaanbod gecorrigeerd voor de extra hoeveelheid melk die uit dit extra VEM aanbod uit lichaamsreserves geproduceerd kan worden.

De modelberekeningen lieten zien dat voor de productiegroep van 0 tot 60 dagen in lactatie de melkproductie nog steeds als eerste beperkt werd door het energieaanbod, maar dat zowel het eiwit- als het glucoseaanbod krap was in week 13 in 2004 en week 5 in 2005, en dat alleen het glucoseaanbod krap was in week 33 in 2004. In de weken 13 (2004) en 5 (2005) bestond de groep nieuwmelkte dieren uit hoogproductieve dieren (> 40 kg melk per dag), terwijl in de andere weken het melkproductieniveau lager was. Voor de productiegroep van 60 tot 120 dagen in lactatie was het energieaanbod eerst beperkend voor melkproductie en was zowel de eiwit- als de glucosevoorziening ruim. Ook voor de productiegroep van 200 tot 300 dagen in lactatie was de energievoorziening bepalend voor de melkproductie maar was de eiwitvoorziening krap in meetweek 41 in 2003 en meetweek 13 in 2004.

Uit deze resultaten werd geconcludeerd dat met name voor de nieuwmelkte dieren met hoge melkproducties (> 40 kg melk per dag) de nutriëntenvoorziening goed was afgestemd op de behoefte, zodat er sprake was van scherp voeren. Dat betekent echter ook dat er in die situatie geen sprake is geweest van een te hoog eiwitaanbod. In alle andere situaties leek het eiwitaanbod aan de ruime kant te zijn geweest. Het VEM aanbod (als resultaat van de gerealiseerde voeropname en vertering) is voor alle productiegroepen in de jaren 2003, 2004 en 2005 bepalend geweest voor de gerealiseerde melkproducties. De verschillen in het niveau van VEM dekking tussen de weken lijken daarmee niet hun oorsprong te hebben gehad in een beperking van de melkproductie door

een laag eiwit- en/of glucoseaanbod, maar eerder in de mate waarin de potentiële voederwaarde via de vertering uit het voer werd gehaald.

6.4 Recapitulatie

Voor het realiseren van een hoge mineralenbenutting is het van essentieel belang om de mineralenaanvoer naar het bedrijf te minimaliseren. Voor de diercomponent betekent dit het minimaliseren van de aankoop van voedermiddelen en het maximaliseren van de mineralenbenutting uit zelfgeteeld (ruw)voer.

Binnen de optimalisatie voor de veestapel zijn het verbeteren van de efficiëntie van de mineralenbenutting door het melkvee en het verminderen van het stuks jongvee per 10 koeien de belangrijkste maatregelen. Vooral het eerste biedt goede mogelijkheden en heeft bovendien een relatief groot effect op de mineralenbenutting op bedrijfsniveau. Aan de hand van een concreet voorbeeldbedrijf op uitspoelingsgevoelige grond (proefbedrijf De Marke op droog zand), is op basis van gemeten waarden verkend wat voor de Nederlandse melkveehouderij de (on)mogelijkheden zijn voor het op de lange termijn verbeteren van de efficiëntie van de mineralenbenutting op bedrijfsniveau. De efficiëntie van de mineralenbenutting door het melkvee was daarbij een belangrijk onderdeel.

De bevindingen op De Marke zijn in 2000 (na acht jaar) in bedrijfsverband geëvalueerd. Daarbij werd met betrekking tot de efficiëntie van de mineralenbenutting door het melkvee geconstateerd dat verdere verbetering mogelijk was, omdat de vertering van het rantsoen werd als onvoldoende werd beoordeeld. Dit uitte zich in een hoge dekkingsgraad voor VEM en DVE en een ongewenste mestconsistentie. Er is toen gekozen voor het aanpassen van het rantsoen op basis van de heersende veevoedingsinzichten. De kern van deze rantsoenaanpassingen bestond uit het zorgen voor voldoende structuur en OEB, het voorkomen van een zetmeelovermaat (minder maïs) en het verhogen van het aanbod snel fermenteerbare koolhydraten (betere pensynchronisatie voor hogere microbiële groei). Uit de resultaten in de periode 2000-2005 bleek dat met deze rantsoenaanpassingen goede productieresultaten werden behaald. Helaas bleek eveneens dat de dekkingsgraad voor VEM en DVE hoog bleef en dat de mestconsistentie nog steeds duidde op een slechte vertering van de (ruw)voerders. De efficiëntie van de benutting van de nutriënten uit het (ruw)voer was daarom niet optimaal, waardoor de mineralenbenutting door veestapel beter kon en daarmee ook de mineralenbenutting op bedrijfsniveau. De bron van de verteringsproblemen lag waarschijnlijk in het functioneren van de pens. Kennelijk weken de omstandigheden op De Marke zo veel van de gemiddelde praktijk af, dat met de heersende veevoedkundige strategieën onvoldoende gestuurd kon worden op een pensmilieu die goed was voor de vertering van de aanwezige kwaliteit ruwvoerders. Recent is een mogelijkheid beschikbaar gekomen om in praktijksituaties inzicht te krijgen in het functioneren van de pensvertering (het dynamische pensmodel van WUR-ASG). Dit model is ingezet om de gegevens van De Marke te analyseren, waaruit het volgende bleek:

1. De onderzochte rantsoenen leverden allemaal meer dan voldoende nutriënten voor het actuele niveau van melkproductie. Ook de N-balans in de pens (OEB) bleek ruim voldoende.
2. De energievoorziening van de dieren (VEM) was de eerst beperkende factor voor melkproductie.
3. De verhouding tussen de energie- en eiwitvoorziening was voor de gemiddelde melkkoe te ruim voor een optimale efficiëntie van de N-benutting (de energie/eiwit verhouding was wel goed voor nieuwmelkte dieren die zeer veel melk produceerden en voor oudmelkte koeien). Gemiddeld kon er óf meer energie gevoerd worden óf minder eiwit. Aanwijzingen voor een eiwittekort voor melkproductie werden, ondanks de lage N-aanvoer naar het bedrijf, voor geen enkele productie groep gevonden.
4. Het is aannemelijk dat de slechte celwandvertering wordt veroorzaakt door een hoog gehalte (snel fermenteerbaar) zetmeel in het rantsoen in combinatie met een hoge voeropname.
5. Voor een structurele verbetering van de benutting van de ruwvoerders is het belangrijk te weten wat de invloed is van 2 belangrijke pensparameters: de zuurgraad van de pensinhoud en de afbraakarakteristieken van de ruwvoerders. Actuele informatie (metingen) is nodig om te weten of het meeste effect verwacht mag worden van sturing op één van beide of op een combinatie.

Deze informatie biedt mogelijkheden om op De Marke de efficiëntie van de mineralenbenutting uit het zelfgeteelde ruwvoer te verbeteren. Daarbij kan in eerste instantie aan twee opties gedacht worden, die beide in bedrijfsverband getoetst moeten worden.

1. Het verbeteren van de verteerbaarheid van gras(kuil). Te onderzoeken mogelijkheden zijn bijvoorbeeld:
 - a. de bemesting afstemmen op de oogst van een kwalitatief goede eerste snede (een algemeen zwaardere bemesting van het grasland is op De Marke niet mogelijk),
 - b. het aanpassen van het maaistadium (jonger product oogsten en vaker maaien) of
 - c. het inzetten van speciale grassen.
2. Het verbeteren van de pensfunctie. Te overwegen mogelijkheden zijn het verminderen van het gehalte (snel fermenteerbaar) zetmeel in het rantsoen en het verhogen van de verzadigingswaarde van het rantsoen (voeropname enigszins beperken) door het aandeel van structuurrijke voedermiddelen te verhogen. Dit kan bijvoorbeeld gerealiseerd worden door aanpassing van de krachtvoersamenstelling en de krachtvoergift (inclusief MKS), eventueel aangevuld met een verhoging van het grasaandeel ten koste van het snijmaïsaandeel. Indien de verandering leidt tot een goede vertering van het rantsoen, maar tot een onvoldoend aanbod aan VEM (en eventueel DVE) om de melkproductie op niveau te houden, kan het rantsoen worden aangevuld met bestendig zetmeel en/of bestendig eiwit.

Indien de discussie een beloftevolle aanpak voor de verbetering van de efficiëntie van de mineralenbenutting oplevert, zal via scenario studies worden onderzocht tot welke verbetering dit op bedrijfsniveau kan leiden. Op basis van die resultaten kan worden afgewogen of de implementatie van de voorgestelde maatregelen kan leiden tot voldoende resultaat (betere benutting eigen ruwvoer en het verwerven van nieuwe inzichten voor praktijktoepassing).

Literatuur

- Bannink, A. & J. Dijkstra, 2005.
Schatting van de vorming van vluchtige vetzuren uit gefermenteerd substraat in de pens van melkvee. ASG rapport 05/I002371, Lelystad.
- Bannink, A. & J. Dijkstra, 2006.
Voorspelling van de zuurgraad van pensvloeistof. Vertrouwelijk ASG rapport 12. ASG, Lelystad.
- Bannink, A., Kogut, J., Dijkstra, J., France, J., Kebreab, E., Van Vuuren en A.M. & Tamminga, S., 2006.
Estimation of the stoichiometry of volatile fatty acid production in the rumen of lactating cows. J. Theor. Biol. 238, 36-51.
- Bruinenberg, M.H., 2003.
Forages from intensively managed and semi-natural grasslands in the diet of dairy cows. Proefschrift Wageningen Universiteit, Wageningen.
- Chase, L.E. 2003.
Nitrogen utilization in dairy cows – what are the limits of efficiency? Proceedings Cornell nutrition conference, New York
- CVB.
Tabellenboek Veevoeding, jaarlijkse uitgave.
- CVB, 2000.
Tabellenboek Veevoeding.
- CVB, 2003.
Protocol voor in situ pensincubatie. Bepaling van afbraaksnelheid en uitwasbare fracties van eiwit, zetmeel, celwanden en organische restfractie. Centraal Veevoederbureau, Lelystad.
- Duinkerken, G. van, G.J. Rimmelink, H. Valk, K.M. van Houwelingen & K. Hettinga, 2005.
Beheersgraskuil als voeder voor melkgevende koeien. Praktijk Rapport Rundvee 77, WUR-ASG Lelystad.
- Duinkerken, G. van & E.J.B. Bleumer, 2000.
Triticale voor melkvee en jongvee. Publicatie 142, Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR). Lelystad.
- Dunlap, T.F. & R.A. Kohn, 1998.
Calculation of buffering capacity of bicarbonate in the rumen in vitro. Journal of Animal Science 76: 1702-1709.

- Dijkstra, J., Neal, H.D., St. C., Beaver, D.E., & J. France, 1992.
Simulation of nutrient digestion, absorption and outflow in the rumen: model description.
J. Nutr. 122, 2239-2256.
- Es, van A.J.H., 1978.
Feed evaluation for ruminants. I. The systems in use from May 1977 onwards in the Netherlands. Livest. Prod. Sci. 5, 331-345.
- Galama, P.J., G. van Duinkerken, E.A.A. Smolders, G.J. Hilhorst, D.Z. van der Vegte en T. Lam, 2001.
10 jaar diermanagement De Marke, deel A. Rapport De Marke 31, WUR-ASG Lelystad.
- Galama, P.J., G.J. Hilhorst, G. van Duinkerken, E.A.A. Smolders, T. Lam, D.Z. van der Vegte & L.B.J. Šebek, 2002.
10 jaar diermanagement De Marke, deel B. Rapport De Marke 37, WUR-ASG Lelystad.
- Hilhorst, G.J., 2006.
Kenmerken van melkveebedrijven op zandgrond. Persoonlijke mededeling 'Concept artikel themadag De Marke 19 december 2006'.
- Kebreab, E., France, J. Agnes, R.E., Yan, T., Dhanoa, M.S., Dijkstra, J., Beaver, D.E., Reynolds, C.K., 2003.
Alternatives to linear analysis of energy balance data from lactating dairy cows.
J. Dairy Sci. 86, 2904-2913.
- Kohn, R.A., Z. Dou, J.D. Ferguson & R.C. Boston, 1997.
A sensitivity analysis of nitrogen losses from dairy farms. Journal of environmental management 50, 417-428.
- Mills, J.A.N., Dijkstra, J., Bannink, A., Cammell, S.B., Kebreab, E. & J. France, 2001.
A mechanistic model of whole-tract digestion and methanogenesis in the lactating dairy cow: Model development, evaluation, and application. J. Anim. Sci., 79, 1584-1597.
- Oenema, J., G.J. Hilhorst & K. Verloop, 2006.
De ontwikkeling van het mineralenspoor op zandgrond vanaf 2000. Persoonlijke mededeling 'Concept artikel themadag De Marke 19 december 2006'
- Remmelink, G.J., E.A.A. Smolders, G.J. Hilhorst & I. Kok, 2006a.
Diermanagement De Marke van 2000 tot en met weideseizoen 2003. Intern rapport De Marke 52. WUR-ASG, Lelystad.
- Remmelink, G.J., E.A.A. Smolders & G.J. Hilhorst, 2006b.
Diermanagement De Marke stalperiode 2003/04 tot en met weideseizoen 2005. Intern rapport De Marke 53. WUR-ASG, Lelystad.
- Reijs, J.W., A. Bannink, P. Bosma, E.A. Lantinga & J. Dijkstra, 2007.
Modelling the effect of nutritional strategies for dairy cows on the composition of excreta N.
- Tamminga, S., W.M. Van Straalen, A.P.J. Subnel, R.G.M. Meijer, A. Steg, C.J.G. Wever & M.C. Blok. 1994.
The Dutch protein evaluation system: The DVE/OEB system. Livestock Production Science 40: 139-155.
- Tamminga, S., Aarts, F., Bannink, A., Oenema, O. & G.-J. Monteny, 2004.
Actualiseren van geschatte N- en P-excreties voor rundvee. Reeks Milieu en Landelijk Gebied nr. 25, 1-48.
- Valk, H., A. Klop, V.A. Hindle & A.A. Mathijssen-Kamman, 2006.
Invloed van voeropname niveau op de pensfermentatie en vertering van twee hoog-verteerbare graskuilen aangevuld met mengvoeders bestaande uit langzaam- of snel fermenteerbare grondstoffen. Intern ASG Rapport 200604, Lelystad.
- Verloop, 2006.
Het functioneren van de gewasproductie op droog zand. Persoonlijke mededeling 'Concept artikel themadag De Marke 19 december 2006'
- Vuuren, A.M. van & S. Tamminga, 2001.
Physiological basis for the minimum rumen degradable protein balance in dairy rations (in Dutch). CVB documentation report 28. Central Bureau for Livestock Feeding (CVB), Lelystad, the Netherlands.

7 Nitraatlekken op De Marke

Leo Boumans & Koos Verloop

7.1 Inleiding

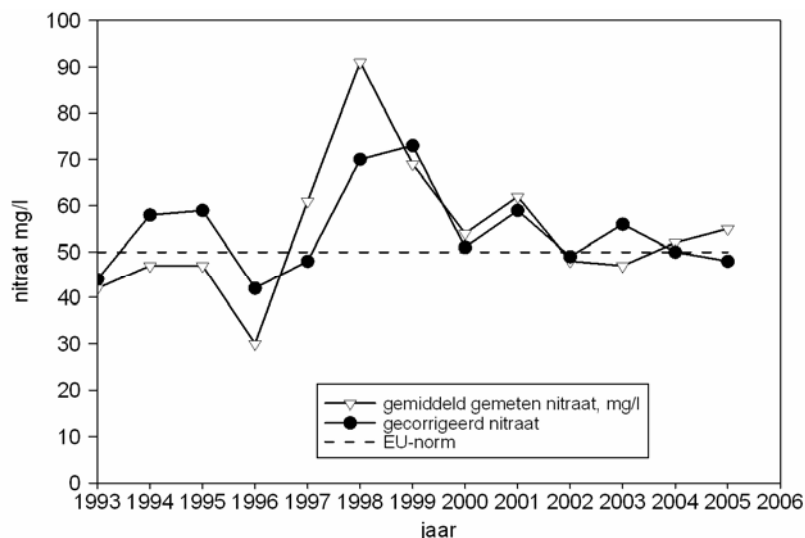
Het RIVM bemonstert, sinds 1990, jaarlijks in oktober grondwater op De Marke. Per jaar worden monsters van 170 locaties geanalyseerd op nitraat. Jaarlijks wordt de ontwikkeling van de nitraatuitspoeling geëvalueerd om te bezien in hoeverre voldaan wordt aan het doel om de nitraatuitspoeling naar het bovenste grondwater te beperken tot maximaal 50 mg l⁻¹. Overschrijding van de norm betekent dat aanpassingen van het bedrijfssysteem nodig zijn. Er wordt dus bij systeemontwikkeling terdege rekening gehouden met de tendens van de nitraatuitspoeling.

Uit eerder onderzoek (Boumans et al., 2001) was al duidelijk geworden dat rekening gehouden moet worden met de variatie van weersomstandigheden en andere factoren die buiten het bereik van de bedrijfsvoering en dus van het beheer van het productiesysteem liggen (deze factoren duiden we aan als natuurlijke variatie). Met of zonder correctie voor natuurlijke variatie⁸ is gebleken dat de nitraatconcentratie sterke daalde in de eerste jaren van De Marke (van meer dan 200 mg l⁻¹ van 1989 naar waarden onder de 50 mg l⁻¹). Na 1993 toen het bedrijfssysteem van De Marke volledig was geïmplementeerd bleef de nitraatconcentratie fluctueren op een niveau van iets boven de 50 mg l⁻¹, zie Figuur 7.1.

In 2000 was dit al aanleiding voor aanpassing van de bedrijfsvoering (Van Keulen, 2000). In 2006 werd wederom op zoek gegaan naar 'nitraatlekken in het productiesysteem' (Verloop et al., 2006). Hiertoe werd het effect onderzocht van een aantal management factoren op de nitraatuitspoeling. Deze factoren waren:

- Het vrijkomen van N uit de ondergeploegde graszode in de rotatie van gras en maïs,
- De vervanging van maïs als laatstejaars bouwlandgewas door triticale (een graan),
- Beweiding,
- Het N-overschot.

Het doel van de analyse was om aanvullende aanknopingspunten te vinden voor verdere systeemontwikkeling om de nitraatconcentratie te laten dalen. In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd.



Figuur 7.1 Tijdsverloop van gemeten en gecorrigeerde gemiddelde nitraatconcentraties van De Marke

⁸ Een toelichting over welke factoren daartoe gerekend worden en hoe daarvoor gecorrigeerd wordt, is opgenomen in paragraaf 2.

7.2 Materialen en methoden

7.2.1 Aanpak

In de analyse werd gezocht naar relaties tussen enerzijds de nitraatconcentratie in het grondwater op verschillende plekken op 'De Marke' en anderzijds gebruik en beheer van de bodem (managementfactoren). De volgende managementfactoren werden in beschouwing genomen:

- de gewassen en de fase van de gewasrotatie⁹,
- N overschotten en
- beweiding.

Er werd gecorrigeerd voor de volgende factoren die we aangeduid hebben als 'natuurlijke variatie':

- Grondwaterstand.
- Het DOC gehalte in grondwatermonsters (DOC staat voor Dissolved Organic Carbon en is een maat voor de hoeveelheid opgeloste organische stof die in grondwatermonsters wordt aangetroffen).
- Het neerslagoverschot.

De correcties werden toegepast vanwege de invloed van deze factoren op de nitraatconcentratie. Correctie voor de grondwaterstand werd uitgevoerd omdat nitraat wordt gedenitrificeerd als grondwater in de buurt van de wortelzone komt. DOC bevordert denitrificatie ook (Fraters et al., 2002). Het neerslagoverschot heeft een verdunnend effect op de nitraatconcentratie (Boumans et al., 2001). De correctie houdt in dat deze factoren als co-variabelen worden beschouwd in de statistische analyse.

Alle afzonderlijke monsterpunten werden in beschouwing genomen. 'Natuurlijke variatie' is bekend op het niveau van afzonderlijke monsterpunten. Managementfactoren zijn bekend op perceelsniveau.

7.2.2 Meten van de nitraatconcentratie

Op 170 plekken op 'De Marke' wordt de nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater bepaald. De meetdichtheid is drie plekken per hectare. Het aantal plekken per perceel loopt uiteen van 3 tot 13. Op elke plek wordt handmatig een gat geboord tot ongeveer 0,8 meter onder de grondwaterspiegel. Een PVC buis, die aan de onderkant over een lengte van 50 cm is geperforeerd, wordt in het boorgat gestoken zodat de bovenkant van de perforatie zich ongeveer 0,25 meter onder de grondwaterspiegel bevindt. De bemonsteringsprocedure is in meer detail beschreven in Boumans et al. (2001).

7.2.3 Bepaling van een index voor het neerslagoverschot

Gegevens over neerslag en verdamping per decade en weersdistrict (KNMI) en een rekenprogramma voor waterstroming in de bodem, ONZAT (OECD, 1989) zijn gebruikt om een zogenaamde index voor het neerslagoverschot te berekenen. Als randvoorwaarde voor ONZAT wordt elke decade een zelfde hoeveelheid zout op de bodem gebracht. Vervolgens rekent ONZAT uit hoe dit zout zich verplaatst in de bodem en in het grondwater. De berekende concentratie van het zout in de bovenste meter grondwater is de index voor het neerslagoverschot. De berekening wordt uitgevoerd voor een standaardprofiel en 10 verschillende randvoorwaarden voor de grondwaterspiegel. Het resultaat van de berekeningen zijn datums met de daarbij behorende grondwaterstanden en de daarbij behorende indexen. Van elke boorput of grondwatermonster op De Marke is de bemonsteringsdatum en grondwaterstand bekend. In de berekeningsresultaten wordt de best passende index opgezocht voor het grondwatermonster. Dit is de neerslagoverschot index.

⁹ Op 'De Marke' is een gewas en fase van rotatie verbonden met bijbehorende beheersmaatregelen zoals ploegen, bemesting. De combinaties: geteelde gewassen en het toegepaste beheer zijn beschouwd als eenheden met een mogelijk effect op nitraatuitspoeling.

7.2.4 Gegevens met betrekking tot bodemgebruik en management

Bodemgebruik en management zijn gespecificeerd tot op het niveau waar zich verschillen voordoen: individuele percelen. Geteelde gewassen worden per perceel geregistreerd. N-balansen worden opgesteld met behulp van gegevens van de aan- en afvoer van N. De N-aanvoer uit kunstmest, drijfmest, weidemest, atmosferische depositie en N-binding met klaver zijn per perceel bekend (Hilhorst et al., dit rapport). De N-afvoer is bepaald door het wegen van de afvoer van droge stof tijdens de oogst en door bemonstering en analyse van gewasmonsters.

7.2.5 Analyse

Bij de analyse werd de zgn. REML algoritme gebruikt (method of residual maximum likelihood) (Genstat 7.3 (2004)). Deze methode is ontwikkeld om effecten van verschillende behandelingen op te verklaren variabelen te kunnen onderzoeken in een omgeving die ongebalanceerd is. Dat laatste wil zeggen dat de verschillende behandelingen niet even vaak voorkomen en niet verloot zijn (zoals bij een 'nette veldproef'). Om te onderzoeken welk effect rotatie heeft op de nitraatuitspoeling werd een gewasmodel ontwikkeld en een rotatiemodel. In tabel 7.1 is weergegeven hoe deze modellen opgebouwd zijn. Een meer gedetailleerde beschrijving is te vinden in Verloop et al., 2006.

Tabel 7.1 Modellen die gebruikt zijn om het effect van management op nitraatconcentraties te onderzoeken

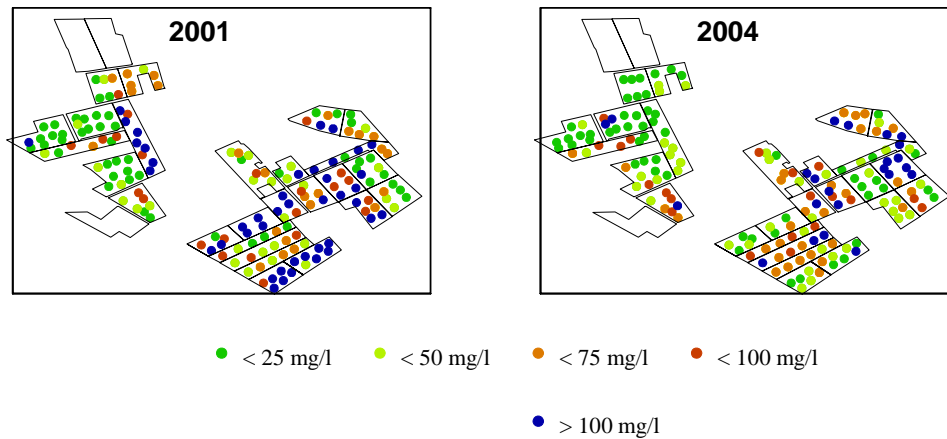
Model	Opbouw	
CROPS-model	Respons variabele	Nitraatconcentratie
	Fixed variabelen	DOC+GWS+POv+Bw+Nov+ G ₋₁ +G ₋₂ +G ₋₃ +G ₋₄
	Random variabele	Plek (monstername)
ROTATION-model	Respons variabele	Nitraatconcentratie
	Fixed variabelen	DOC+GWS+POv+Bw+Nov+Rotatiefase
	Random variabele	Plek (monstername)
GWS = Grondwaterstand		G ₋₁ = gewas geteeld 1 jaar voorafgaand aan nitraatbemonstering
POv = neerslagoverschot		G ₋₂ = gewas geteeld 2 jaar voorafgaand aan nitraatbemonstering, enzovoorts
Nov = N-overschot		

7.3 Resultaten

7.3.1 Waargenomen concentraties per perceel

Figuur 7.2 geeft een beeld van de nitraatconcentraties waargenomen in 2001 en 2004 in individuele monsterpunten op het areaal van De Marke (verdeeld in de categorieën NO₃ < 0-25, 25-50, 50-75, 75-100 en > 100 mg l⁻¹). Figuur 7.2 laat zien dat tussen 2001 en 2004 de hoogste nitraatconcentraties van perceel verwisselen. Opvallend is dat percelen waar in 2001 bijna alleen hoge nitraatconcentraties werden aangetroffen in 2004 lijken te zijn overgegaan naar percelen met alleen maar lage nitraatconcentraties. Het omgekeerde komt ook voor. Nitraatconcentraties lijken op grond van dit perceels- en tijdgebonden patroon sterk beïnvloed door perceelsmanagement en in het bijzonder de gewasrotatie. Echter, er zijn ook locaties in een perceel die altijd een lage nitraatconcentratie hebben terwijl de rest van het perceel wel varieert. Mogelijk is hier de bodem minder gevoelig voor nitraatuitspoeling.

Nitraat in 2001 en 2004 op De Marke



Figuur 7.2 Waargenomen nitraatconcentraties op De Marke in 2001 en 2004

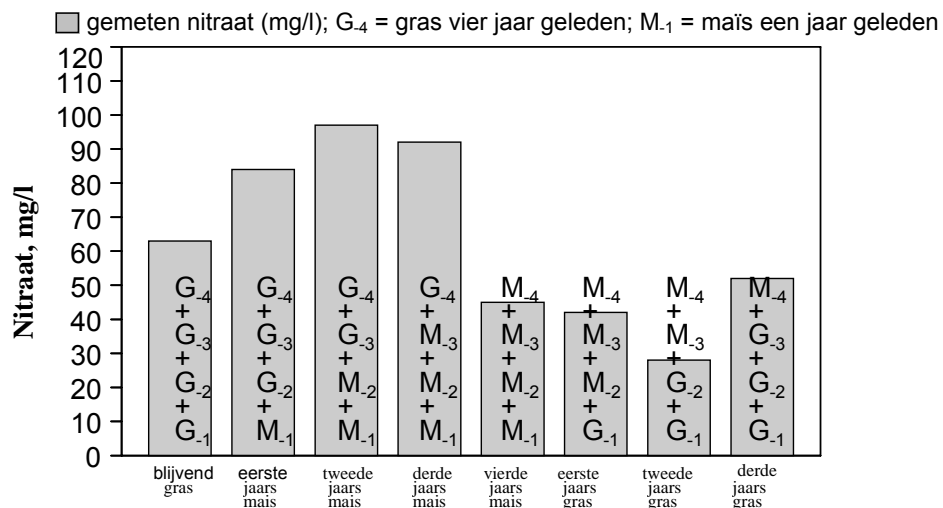
7.3.2 Effecten van gewasrotatie op de nitraatconcentratie

Gemiddelde nitraatconcentraties per rotatie fase

Om rotatie effecten op de nitraatconcentratie nader te onderzoeken zijn de gemeten nitraatconcentraties uit de periode 1997 tot 2003 gerelateerd aan de gewasvolgorde van de vier jaar die voorafgegaan zijn aan het bemonsteringsjaar, zie Figuur 7.3.

De nitraatconcentratie is in de eerste drie maïs jaren in de vruchtwisseling hoger dan in blijvend grasland. Maar in het vierde maïs jaar en de daaropvolgende drie jaren gras is de nitraatconcentratie fors lager. Bij drie jaar oud grasland is de concentratie weer gestegen tot boven het niveau van vier jaar oud maïsland. Het is opvallend dat blijvend grasland een hogere nitraatconcentratie heeft dan 4^e jaars maïs.

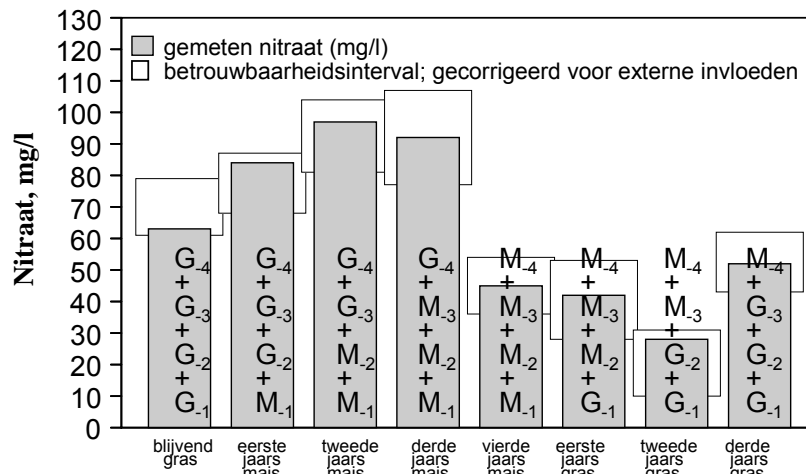
De stijging van de nitraatconcentraties door de vervanging van gras door maïs wordt klaarblijkelijk gecompenseerd in de graslandfase.



Figuur 7.3 Gemeten nitraatconcentratie per rotatie fase

Natuurlijke invloeden per rotatie fase

Om te onderzoeken of de gevonden nitraatconcentraties per rotatie fase zijn beïnvloed door neerslag, grondwaterstand, DOC en bemonsteringslocatie, is voor deze invloeden statistisch gecorrigeerd. Vervolgens is per rotatie fase een 95% betrouwbaarheidsinterval geschat voor de gemiddelde nitraatconcentratie, zie Figuur 7.4 (afgezien van de toegevoegde schattingsintervallen zijn Figuur 7.3 en 7.4 identiek). De schattingsintervallen van Figuur 7.4 geven geen aanleiding om te veronderstellen dat het gevonden verloop van de gemiddelde nitraatconcentratie per rotatie fase is veroorzaakt door externe of natuurlijke invloeden. Dit geeft aan dat we de conclusie kunnen handhaven dat de hogere nitraatconcentratie van eerste jaars maïs wordt gecompenseerd door lagere concentraties in latere jaren.



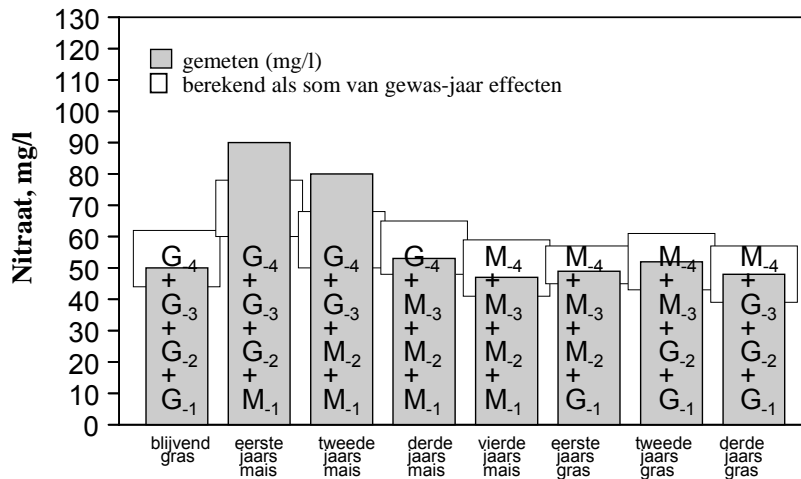
Figuur 7.4 Gecorrigeerde gemiddelde nitraatconcentraties per rotatie fase

Modellering van nitraatconcentraties zonder rotatie effecten

Als de nitraatconcentratie bij elke fase van de rotatie gemodelleerd kan worden als een som van onafhankelijke gewaseffecten van de vier voorgaande jaren dan zijn er geen aanwijzingen voor rotatie effecten. Volgens zulk een model maakt het geen verschil op de bedrijfsgemiddelde nitraatconcentratie of 70 % gras en 30% maïs als permanent gras- en maïsland of in rotatie aanwezig is. Als er rotatie effecten aanwezig zouden zijn dan zou het model de concentraties van eerste- en tweedejaars maïs onderschatten en de overige concentraties overschatten.

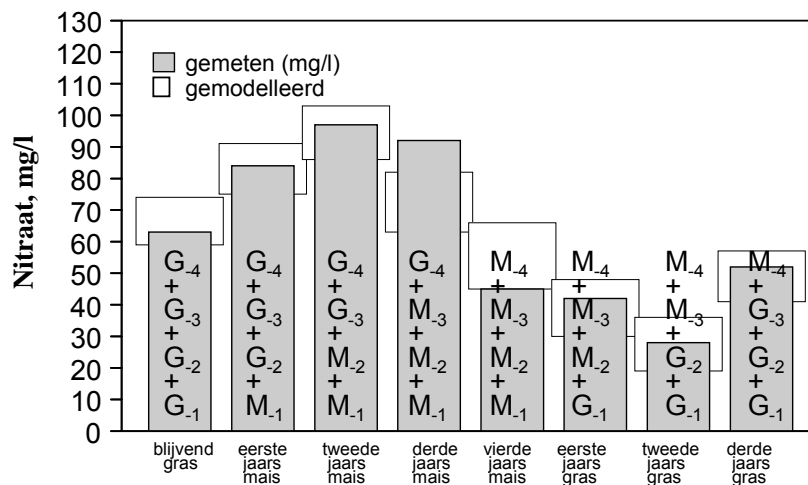
Hoe werkt dit gewasmodel? Het model is opgebouwd uit effecten van gewassen afhankelijk van het jaar van voorkomen ten opzichten van het jaar van nitraatmeting. Bijvoorbeeld het effect van G_{-1} in $G_{-1}+G_{-2}+G_{-3}+G_{-4}$ is even groot als in $G_{-1}+M_{-2}+M_{-3}+M_{-4}$. De schatting van het effect van het gewaseffect G_{-1} is ook gebaseerd op alle grasjaren die voorkwamen een jaar voor het jaar van nitraatmeting; daarbij zit dus blijvend grasland, eerstejaars grasland, tweede- en derdejaars tijdelijk grasland.

Hoe werkt de toepassing van het model in een omgeving met gewasrotatie? De schatting van het gewasmodel voor $G_{-1}+M_{-2}+M_{-3}+M_{-4}$ kan vergeleken worden met de waarneming van de nitraatconcentratie in eerstejaarsgras. Als de schatting overeenkomt met de waarneming is er geen aanwijzing dat de rotatie (die in werkelijkheid natuurlijk plaatsvindt) ten opzichte van de gewaseffecten een additionele invloed heeft op de waargenomen nitraatconcentratie. Figuur 7.5 geeft een hypothetisch voorbeeld van een situatie waarin metingen waarin rotatie effecten optreden gemodelleerd worden door het gewasmodel zonder rotatie effecten. De onderschatting van de nitraatconcentratie bij eerste en tweedejaars maïs en de overschatting bij de overige combinaties wijzen in Figuur 7.5 op rotatie-effecten.



Figuur 7.5 Hypothetisch voorbeeld van rotatie-effecten op de nitraatconcentratie per rotatie fase

Figuur 7.6 geeft het resultaat weer van deze modellering. Figuur 7.6 bestaat uit Figuur 7.3 waaraan de 95% betrouwbaarheidsintervallen zijn toegevoegd van schattingen met het model dat onafhankelijke gewaseffecten en natuurlijke invloeden modelleert. De modelschattingen voor eerste en twee jaars maïs komen goed overeen met de metingen, maar voor derdejaars maïs zijn de schattingen lager dan de metingen en voor 4 jaar maïs hoger. De afwijkingen van het gewasmodel van de waarnemingen die aanwezig geven dat er rotatie effecten aanwezig te zijn, komen voor bij een onverwachte gewasvolgorde. Het gewasmodel onderschat de uitspoeling niet in eerste- en tweedejaars maïs (waar dat min of meer verwacht werd), maar in vierdejaars maïs.

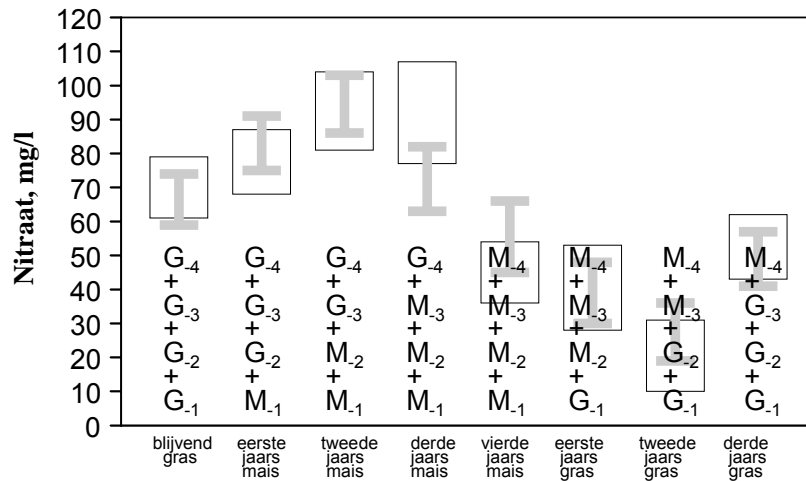


Figuur 7.6 Gemeten en gemodelleerde nitraatconcentraties per rotatie fase

Gecorrigeerd gemeten versus gemodelleerd nitraat

De modelschattingen zijn gedaan voor gecorrigeerde concentraties terwijl vergeleken wordt met ongecorrigeerde gemiddeldes van metingen. Het is beter om de betrouwbaarheidsintervallen van het 'geen rotatie model' te vergelijken met betrouwbaarheidsintervallen voor gecorrigeerde metingen, zie Figuur 7.7.

Vergelijking van de betrouwbaarheidsintervallen voor gecorrigeerde metingen per gewasvolgorde en voor modelschattingen laten een minder groot rotatie-effect zien tussen derdejaars maïs en vierdejaars maïs.



Figuur 7.7 Gecorrigeerde gemeten (box) en gemodelleerde (bar) nitraatconcentraties per rotatie fase

Het verschil tussen derde en vierde jaars maïs is niet goed te duiden, zeker niet vanuit de bestaande verwachtingen van het optreden van rotatie-effecten. Het toegepaste model is zo opgebouwd dat het corrigeert voor verschillen tussen bodemeigenschappen (natuurlijke variatie). Het kan zijn dat deze correctie in de stap derde naar vierdejaars maïs niet juist is. Dat is juist in deze gewas-fase denkbaar omdat vierdejaarsmaïs bijna uitsluitend op de veldkavel voorkomt en deze is natter dan de huiskavel. Derdejaarsmaïs komt zowel op de huis- als de veldkavel voor. We kunnen dan ook vaststellen dat er geen duidelijke aanwijzingen voor rotatie effecten zijn.

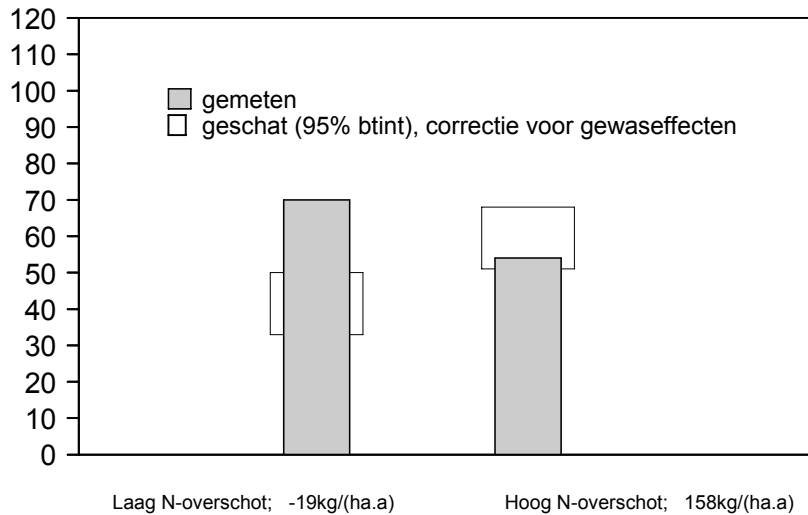
Overigens kunnen de gewas/aar effecten op waargenomen nitraatconcentraties alleen gevonden worden doordat de nitraatuitspoeling uit gras een andere dynamiek heeft dan nitraatuitspoeling in maïs. Na gras is de nitraatuitspoeling eerst twee jaar laag en vervolgens twee jaar hoog. In maïs is dat precies andersom.

7.3.3 Overige effecten

Op De Marke wordt gestreefd naar zo laag mogelijke overschotten van N op de bodembalans. Dat een hoog N-overschot tot hoge nitraatuitspoeling ligt voor de hand en zal bij analyses op bedrijfsniveau en op lange termijn ook op vrij robuuste wijze aangetoond kunnen worden (Oenema et al., ref). Komt dit verband ook naar voren op perceelsniveau binnen de *range* waar we op De Marke mee te maken hebben?

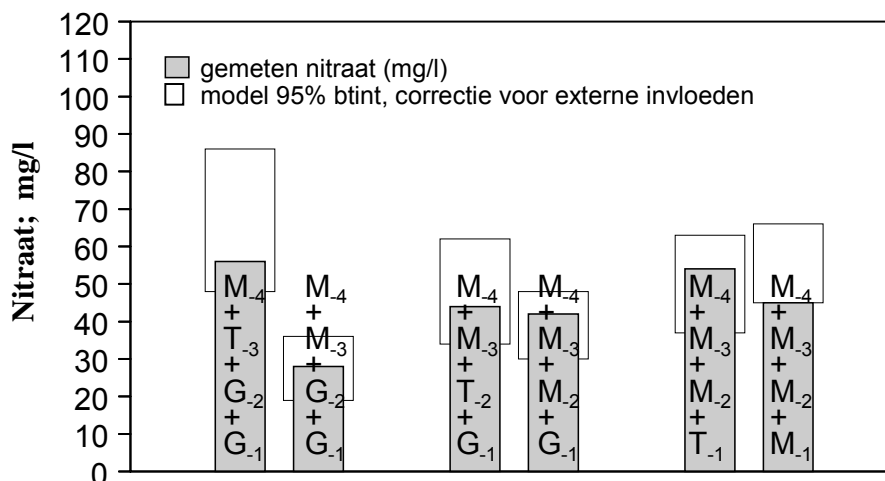
Gras heeft gemiddeld genomen een hoger stikstofoverschot dan maïs. Bij eerste- en tweede jaars maïs is de nitraatconcentratie hoger dan bij gras. Daardoor is de nitraatuitspoeling op De Marke negatief gecorreleerd met het N-overschot, zie Figuur 7.8.

Door modelering van effecten van gewas én van N-overschot wordt wel meer nitraat bij meer N-overschot gevonden, zie Figuur 7.8. Eerstejaars maïs met een groter N-overschot heeft dus een hogere nitraatuitspoeling dan eerstejaars maïs met een lager N-overschot.



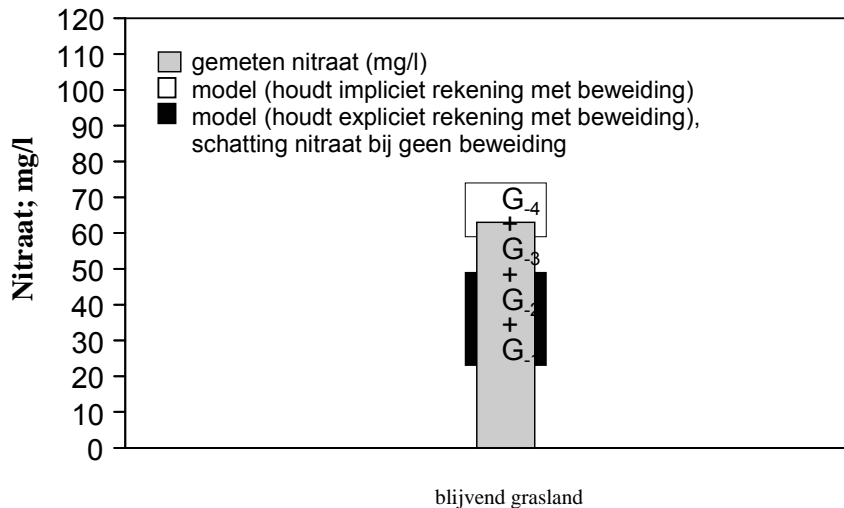
Figuur 7.8 Gemodelleerde nitraatconcentratie die is gecorrigeerd voor natuurlijke variatie en rotatie fase, en gemeten nitraatconcentratie per stikstofoverschotklasse

Sinds 2000 is maïs in het laatste bouwlandjaar vervangen door triticale omdat de overgang van de bouwlandfase met maïs als laatste hoofdgewas naar gras niet optimaal verliep (zie Verloop et al., dit rapport). De nieuwe graszode die werd ingezaaid na de oogst van maïs kon zich niet meer goed ontwikkelen, zodat er in de winter praktisch geen biomassa aanwezig was, wat normaliter tot verhoogde nitraatuitspoeling leidt. Doordat triticale eerder geoogst wordt, kan gras eerder gezaaid worden met als gevolg een betere bodembedekking. De triticale werd in het voorlaatste bouwlandjaar gezaaid en fungeerde dus tegelijk als vanggewas tussen de twee laatste bouwlandjaren en als hoofdgewas van het laatste bouwlandjaar. Onzeker was echter of triticale als vanggewas voldoende functioneert. Dit kan worden onderzocht door de uitspoeling in de rotaties zonder triticale te vergelijken met de uitspoeling in rotaties met triticale. De vergelijking wijst uit dat triticale inderdaad onvoldoende in staat is om nitraatuitspoeling in de winter te beperken. De nitraatconcentraties zijn met triticale in de rotatie hoger. Dit is ook het geval als gecorrigeerd wordt voor natuurlijke variatie, Figuur 7.9.



Figuur 7.9 Gemodelleerd effect triticales ten opzichte van maïs op nitraat

Modelering van beweiding tezamen met gewaseffecten laat zien dat op gemiddeld beweid grasland de nitraatconcentratie 30 mg/l hoger is dan op onbeweid grasland, Figuur 7.10. Onbeweid 4^e jaars grasland spoelt minder uit dan 4^e jaars maïs. Dit is volgens verwachting.



Figuur 7.10 Gemodelleerd effect van beweiding op de nitraatconcentratie

7.4 Discussie

7.4.1 Van monsterpunt naar bedrijfsschaal

De analyse die hiervoor is weergegeven is zodanig opgezet dat patronen in gemeten nitraatconcentraties kunnen worden gerelateerd aan perceelsbehandelingen. Door deze opzet gaat de aandacht vooral uit naar verschillen tussen onderlinge waarnemingen. De terugkoppeling naar het gehele bedrijfssysteem ontbreekt. Het is daarom van belang om de betekenis van de resultaten van de analyse goed af te bakenen.

De analyse wijst uit dat de nitraatuitspoeling in maïs hoger is dan op onbeweid grasland. Daaruit zou geconcludeerd kunnen worden dat verlaging van het maïsaandeel op De Marke gunstig zou zijn voor het realiseren van minder nitraatuitspoeling. Echter, inwisselen van maïs voor gras zou tot gevolg hebben dat het moeilijker wordt om het eiwitgehalte in het rantsoen van de veestapel scherp naar behoefte te sturen. Dat is vooral van belang om de N-excretie van het melkvee tijdens beweiding zo laag mogelijk te houden. We zien al heel duidelijke effecten van beweiding en dat wijst erop dat het verhogen van het eiwitgehalte met name in de weideperiode tot onacceptabele uitspoeling zou leiden als minder maïs zou kunnen worden bijgevoerd. Bovendien zou het gewas veel meer last van vochttekort krijgen omdat gras per liter water minder droge stof kan produceren dan maïs. De energie opbrengst van ruwvoer zou daardoor veel lager worden, hetgeen tot extra aanvoer van energierijk voer zou leiden.

De analyse van de gewasrotatie geeft aan dat we geen aanwijzingen hebben dat rotatie een verhogend effect heeft op de nitraatconcentratie in grondwater. Nemen we echter het (indirecte) effect van de vruchtwisseling op het organische stofgehalte in de bodem in beschouwing, dan wordt aannemelijk dat vruchtwisseling duidelijk gunstig is voor het beperken van de nitraatuitspoeling. Door de vruchtwisseling wordt een maïsfase waarin het organische stofgehalte in de bodem afneemt, afgewisseld met een graslandfase waarin het gehalte weer toeneemt. Hierdoor wordt voorkomen dat het organische stofgehalte op percelen waar in een continue teelt telkens maïs zou staan, heel laag wordt. Een verdere afname van het organische stofgehalte maakt het profiel gevoeliger voor nitraatuitspoeling.

7.4.2 Nitraatuitspoeling in de vingers?

Het doel van deze studie was het aanwijzen van management aspecten die bijdragen aan de nitraatuitspoeling. Dat geeft handvatten voor verdere systeemontwikkeling. Het lijkt erop dat de beweiding kritisch onder de loep gehouden moet worden. Met het aanwijzen van enkele gevoelige en minder gevoelige management aspecten, zijn we echter nog niet gekomen tot het kwantificeren van effecten.

Er blijven echter nog prangende vragen bestaan. Kijken we naar de tendens van de nitraatuitspoeling in de tijd dan zien we dat de N-overschotten sterk zijn afgenomen (Zie hoofdstuk 4, dit rapport) en dat de beweidingintensiteit ook fors is afgenomen, terwijl de nitraatuitspoeling daar niet sterk op heeft gereageerd. Dat geeft aanleiding om de verbanden tussen bedrijfsvoering en nitraatuitspoeling ook in een trendanalyse te gaan bekijken.

7.5 Conclusies

De hogere nitraatconcentratie bij eerste jaars maïs wordt gecompenseerd in latere jaren. Er is daarom geen duidelijk rotatie-effect.

Bij triticale is de nitraatconcentratie hoger dan bij maïs.

Door begrazing is de nitraatconcentratie 30 mg l⁻¹ hoger op grasland. Onbegrasd gras heeft een lagere concentratie dan maïs; begraasd gras heeft een hogere concentratie dan maïs.

Effecten van gewassen op de nitraatconcentratie in de bovenste meter grondwater zijn meer dan 4 jaar na het gewas nog merkbaar.

Literatuur

- Boumans, L.J.M., B. Fraters & G. Van Drecht, 2001.
Nitrate in the upper groundwater of 'De Marke' and other farms. *Neth. J. Agricultural Science* 49: 163-177.
- Fraters, B., Boumans, L.J.M., Reijnders, H., van Leeuwen, T. & de Hoop, D.W., 2002.
Monitoring the Effectiveness of the Dutch Mineral Policy on Nitrate in Groundwater.
In: Steenvoorden J., Claessen, F. and Willems J. (Eds.) *Agricultural Effects on Ground and Surface Waters: Research at the Edge of Science and Society*, IAHS publ. 273, Wageningen, pp. 391-394.
- KNMI.
Maandoverzicht van het weer, jaargang 1971-2006.
- OECD, 1989.
'Compendium of environmental exposure assesment methods for chemicals', OECD Environ. Monogr. 27, pp181-188
- Verloop, J., L.J.M. Boumans, H. van Keulen, J. Oenema, G.J. Hilhorst, H.F.M. Aarts & L.B.J. Sebek, 2006.
Reducing nitrate leaching to groundwater in an intensive dairy farming system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 74: 59-74.

8 Discussie themadag ‘Mineralen goed geregeld’; een samenvatting

Koos Verloop, Léon Šebek & Herman van Keulen

Dit hoofdstuk geeft een samenvatting van de drie onderwerpen waarover discussie plaatsvond op de themadag ‘Mineralen goed geregeld’. De onderwerpen werden gekozen naar aanleiding van de presentaties van resultaten en analyses van mineralenonderzoek. Direct aansluitend op de presentaties werden technische vragen gesteld. Bovendien was er aan het eind van de themadag tijd gereserveerd om de meest opvallende resultaten te bespreken. In deze samenvatting zijn zowel elementen uit de discussie op onderdelen als elementen uit de afrondende discussie weergegeven. De weergave is beperkt tot de hoofdpunten. De discussie werd geleid door Herman van Keulen.

8.1 Vaststelling van het N-overschot

In de inleidingen wordt uitvoerig ingegaan op de ontwikkeling van het N-overschot op de bodembalans (zie hoofdstuk 3 en 4). Voor de atmosferische N-depositie wordt op ‘De Marke’ sinds 1993 een vaste waarde gehanteerd ($49 \text{ kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$). Het is echter plausibel dat de depositie is afgenomen, onder andere door beleid gericht op de terugdringing van de ammoniak emissie. Opgemerkt wordt dat de vaste waarde inmiddels achterhaald kan zijn en dat het de moeite waard is om deze waarde bij te stellen om de N-balans beter te kwantificeren.

Het is bekend dat het lastig is om de N-binding met vlinderbloemigen te schatten. Opgemerkt wordt dat het nuttig zou kunnen zijn om de procedure die bij het bepalen van de N-binding wordt gebruikt, te evalueren en zonnodig bij te stellen.

Deze acties zijn inmiddels uitgevoerd en hebben geleid tot bijstelling van de N-balansen die zijn weergegeven in hoofdstuk 3 en 4. Een uitvoeriger toelichting is te vinden in Bijlage II bij hoofdstuk 3.

8.2 De relatie tussen het N-overschot en de nitraatuitspoeling

In de inleiding over het functioneren van de gewasproductie wordt er de aandacht op gevestigd dat de nitraatuitspoeling min of meer gelijk is gebleven terwijl het N-overschot op de bodembalans sterk is afgenomen (van 129 naar $82 \text{ kg N ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$). Er volgt een uitvoerige discussie over de schijnbaar zwakke nitraatrespons op het N-overschot. De volgende mogelijke verklaringen worden naar voren gebracht:

- De nitraatconcentratie wordt niet alleen bepaald door de nitraatflux door het profiel, maar ook door het neerslagoverschot. Bij een laag neerslagoverschot spoelt relatief weinig water met het nitraat mee en wordt het nitraat dus in een relatief kleinere hoeveelheid water opgelost. Dat leidt tot hogere concentraties. Bij een hoog neerslagoverschot gebeurt het omgekeerde. Nitraat dat verloren gaat, wordt opgelost in veel water, wat leidt tot relatief lage concentraties. Tegen deze verklaring wordt ingebracht dat hiervoor gecorrigeerd wordt door de ‘ruwe metingen van de nitraatconcentratie’ te corrigeren voor verdunning/concentratie met behulp van een verdunningsindex. Deze methodiek wordt toegepast en is ontwikkeld door het RIVM. Er wordt gevraagd hoe adequaat deze methode is, maar deze vraag kan in het kader van de themadag niet goed beantwoord worden.
- De nitraatconcentratie wordt op één moment in het jaar bepaald, terwijl uitspoeling een dynamisch proces is. Geopperd wordt daarom dat herhaaldelijk meten een afwijkend en beter beeld van de uitspoeling zou opleveren. Hier wordt tegenin gebracht dat als de bovenste meter van het grondwater wordt bemonsterd, feitelijk een mengmonster wordt getrokken dat overeenkomt met de grondwateraanvulling van ongeveer een jaar. Zo kan in een keer de variatie van de uitspoeling in de tijd ondervangen worden.
- Het N-overschot is in 2000-2005 afgenomen ten opzichte van 1993-1999, maar vóór 2000 was sprake van een N-accumulatie van $40 \text{ kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ in de bouwvoor. De N die in 1993-1999 is geaccumuleerd, moet wellicht eerst uit het systeem verdwijnen door netto mineralisatie voordat ook echt sprake is van een lagere belasting van het grondwater met N.

Geconcludeerd wordt dat het kwantitatieve gewicht van de verschillende argumenten moeilijk in deze discussie ingeschat kan worden. De discussie leidt dan ook niet tot een bevredigende verklaring van de 'zwakke nitraatrespons'.

Naar aanleiding van deze discussie is een aanvullende analyse uitgevoerd waarin het effect van verschillende verklaringen op de tendensen van de nitraatuitspoeling en het N-overschot is onderzocht. De analyse is in hoofdstuk 9 beschreven.

8.3 De mineralenefficiëntie van de veestapel

In de discussie wordt ingegaan op de betekenis van de gepresenteerde analyse voor de mineralenvoorziening van de veestapel. Uit de discussie komt naar voren dat:

- De nieuwe benadering van mineralenvoorziening gebaseerd op een balans met de energievoorziening perspectiefvol lijkt om scherper te kunnen sturen op de mineralenvoorziening in de veestapel. Deze benadering maakt inzichtelijk dat een tegenvallende mineralenefficiëntie het gevolg kan zijn van een verminderde algehele verteerbaarheid van de voedermiddelen. Daarmee kan een verbetering bereikt worden ten opzichte van de modellen waarmee in het verleden de mineralenvoorziening en mineralenefficiëntie in het vee werd geschat. Deze modellen bleken te kort te schieten in situaties waarin het mineralenbeheer de hoogst haalbare efficiëntie nastreeft.
- Een krappere bemesting gevolgen kan hebben voor de verteerbaarheid van ruwvoer. Dit is een belangrijk aspect voor de Nederlandse melkveehouderij, omdat de N-voorziening van het gewas ook in de Nederlandse melkveehouderij krappere zal worden door invoering van het gebruiksnormenbeleid. Hierbij speelt ook een rol dat het voor intensievere bedrijven van belang is om scherp te voeren, waardoor de N-excretie beperkt wordt en het niveau van de (dierlijke) bemesting minder wordt. Voor scherp voeren van de veestapel is met name inzicht nodig in de hoeveelheid eiwit en de energie die werkelijk beschikbaar is. Hiervoor moet een eventuele verandering in de verteerbaarheid van het ruwvoer bekend zijn. Vervolgens is van belang hoe deze veranderingen kunnen worden opgevangen door voerstrategie.

Naar aanleiding van de discussie is een aanvullende analyse uitgevoerd waarin is onderzocht of een verbetering van de benutting van het ruwvoer een positieve bijdrage kan leveren aan de efficiëntie van de N- en P-benutting op bedrijfsniveau. In hoofdstuk 11 (?) is beschreven welk effect van een relatief kleine verbetering in veestapelefficiëntie verwacht mag worden.

9 Reactie van nitraatuitspoeling op een afnemend N-overschot

Koos Verloop

9.1 Inleiding

Uit hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4 blijkt dat het N-overschot op de bodembalans aanzienlijk is afgenomen sinds 2000. Uit hoofdstuk 7 valt op te maken dat de nitraatuitspoeling min of meer stabiel is gebleven. In de discussie naar aanleiding van de presentaties die werden gegeven op de themadag werd uitvoerig ingegaan op de ontwikkeling van de nitraatuitspoeling (zie ook hoofdstuk 8). Het bleef onduidelijk waarom de reactie van nitraatuitspoeling op de afname van het N-overschot zo zwak is. In dit hoofdstuk wordt gezocht naar verklaringen hiervoor.

In Tabel 9.1 zijn N-overschot op de bodembalans en de nitraatuitspoeling naast elkaar gezet. Het N-overschot is na 2000 afgenomen met 39%; de nitraatconcentratie is afgenomen met slechts 4%. De verwachting ten aanzien van de nitraatuitspoeling was van tevoren niet geëxpliciteerd. Het is wellicht ook niet zo zinvol om een kwantitatief te verwachten niveau te bepalen. Eerder is al geschat dat een overschot van $79 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ overeenkomt met een nitraatconcentratie van 50 mg l^{-1} (Biewinga et al., 1992). De ervaringen uit 1993-1999 wekten de indruk dat het realiseren van een nitraatconcentratie van 50 mg l^{-1} nog wel mogelijk moest zijn bij een N-overschot hoger dan $79 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$. Immers in de periode voor 2000 was de concentratie met 54 mg l^{-1} nog maar weinig verwijderd van de nitraatnorm, bij een N-overschot van $130 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ op de bodembalans. Met een afname van het overschot naar 79 zou de norm volgens de verwachting toch ruimschoots haalbaar moeten zijn. Of deze aanname terecht is, hangt sterk af van hoe de verdeling van N-overschotten over vastlegging, denitrificatie en uitspoeling worden ingeschat. Bij een afname van N-overschotten is nalevering zeker waarschijnlijk. De ervaringen uit de begintijd van 'De Marke' leerden echter dat die periode van beperkte duur is. Er waren geen redenen om uit te gaan van veranderingen van het aandeel denitrificatie in de N-verliezen.

Het resultaat dat is weergegeven in Tabel 9.9.1 komt niet overeen met de verwachting. Dit dient redelijkerwijs niet als een al te opmerkelijk feit beschouwd te worden, omdat de relatie tussen het N-overschot en uitspoeling zeker niet 1 op 1 is. Mineralisatie, denitrificatie, verdunning en concentratie kunnen allemaal invloed hebben op de nitraatuitspoeling, zodat bij eenzelfde N-overschot een zekere *range* van nitraatconcentraties mogelijk is. En de N-overschotten en de daarmee corresponderende nitraatuitspoeling lieten in de periode 1993-1999 al niet een duidelijke relatie zien. Toch vormt dit aanleiding voor nadere analyse. Mede, omdat het ook in verband met derogatie van belang is om de grenzen en problemen te kennen van het evalueren van bedrijfsmanagement op grond van nitraatmetingen op het bedrijf.

We proberen de zwakke reactie van nitraatuitspoeling op het stikstofoverschot op de bodembalans te begrijpen door nadere analyse. Vragen hierbij zijn:

- Zitten er onzuiverheden in de trend van het N-overschot en de trend van de nitraatconcentratie?
- Als we deze onzuiverheden eruit halen zien we dan een duidelijker reactie van nitraat op het N-overschot?

Tabel 9.1 Het overschot van stikstof op de bodembalans ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) en de nitraatconcentratie (mg l^{-1}) gemeten in de bovenste meter van het grondwater op 'De Marke'

Jaar	Overschot	Nitraat
1993	100	49
1994	173	47
1995	135	29
1996	100	59
1997	131	90
1998	141	69
1999	132	54
2000	85	66
2001	73	48
2002	97	47
2003	80	53
2005	69	57
1993-1999	130	57
2000-2004	79	54
Afname (%)	39	4

9.2 Aanpak

Om dit te onderzoeken heb ik de volgende stappen gezet:

1. De analyse toepassen op alleen die percelen die van het begin tot het eind bij het systeem horen

In de gegevens van Tabel 9.1, kolom 2 en 3 zijn elk jaar alle percelen meegenomen die op dat moment tot het bedrijf behoorden. Er zijn een paar percelen bijgekomen en ook een paar afgevallen. Dat vertroebelt de analyse omdat in elk jaar feitelijk niet dezelfde fysieke systemen met elkaar vergeleken worden, of anders gesteld: de eigenschappen van erbij gekomen of verdwenen percelen beïnvloeden de ontwikkeling en mogelijk het beeld van de relatie overschot-uitspoeling.

2. Uitvoeren van de analyse op nitraat en weergecorrigeerd nitraat

De nitraatconcentratie in een jaar wordt beïnvloed door verdunning met neerslag, voor de verdunning kan gecorrigeerd worden met behulp van gegevens van de neerslaghoeveelheid.

3. Uitsplitsen van de analyse naar onderdelen van het bodem/gewas systeem

Sommige onderdelen van het systeem zijn relatief gevoelig voor lekkage van nitraat. Een analyse op onderdelen van het bodem/gewas systeem kan nieuwe inzichten opleveren.

4. Betrekken van de resultaten van mineralisatiebepalingen bij de analyse

Mineralisatie (nalevering) kan de trend beïnvloed hebben.

Waar in de analyses nitraatuitspoeling wordt gerelateerd aan het N-overschot wordt telkens rekening gehouden met een responstijd van een jaar. Dat wil zeggen dat wordt verondersteld dat het N-overschot van een jaar x het duidelijkst gerelateerd is aan de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in jaar $x+1$.

9.3 Resultaten

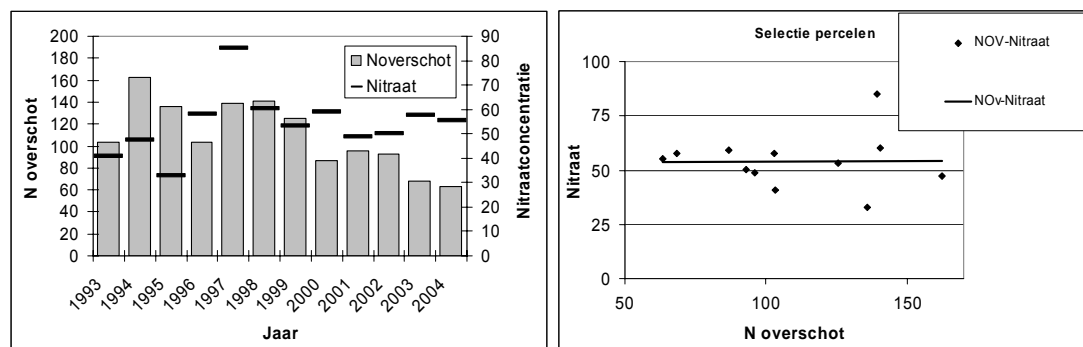
9.3.1 Selectie van percelen

De selectie van percelen leidt niet tot een ander beeld van de reactie van nitraatuitspoeling op het N-overschot (zie Tabel 9.2, kolom 4 en 5). Met de selectie halen we echter een nieuw probleem in huis. Op bedrijfsniveau is het aandeel tijdelijk gras en bouwland min of meer constant. In de selectie van percelen is dat niet het geval. Deze 'instabiliteit' beïnvloedt zowel de nitraatconcentratie (hoger in bouwland dan in gras) als het N-overschot (hoger in gras dan in bouwland). Hoe kunnen we de analyse toepassen op de selectie van de percelen zonder last te hebben van dit probleem? Het N-overschot en de nitraatconcentratie wordt voor alle jaren bepaald met onderscheid naar bouwland, blijvend gras en tijdelijk gras. Deze resultaten per jaar per vorm van bodemgebruik worden met vaste wegingsfactoren (gebaseerd op het aandeel bg, tg en bl op het bedrijf)

omgerekend naar bedrijfsniveau. Het resultaat is weergegeven in kolom 6 en 7 en Figuur 9.1. Wederom verandert het beeld van de respons van nitraat op het N-overschot niet sterk.

Tabel 9.2 N overschot op de bodembalans ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) en nitraatuitspoeling (mg l^{-1}) op: alle percelen (kolom 2 en 3), op de percelen van het bedrijf die van het begin tot het eind deel hebben uitgemaakt van de meetreeks (kolom 4 en 5) en de geselecteerde percelen na correctie voor variatie van het aandeel bouwland, tijdelijk en blijvend grasland (kolom 6 en 7)

Jaar	Alle percelen		Selectie percelen		Selectie percelen gecorr. vr rotatie-eff.	
	Overschot	Nitraat	Overschot	Nitraat	Overschot	Nitraat
<i>Kolom 1</i>	<i>kolom 2</i>	<i>kolom 3</i>	<i>kolom 4</i>	<i>kolom 5</i>	<i>kolom 6</i>	<i>kolom 7</i>
1993	100	49	87	42	103	41
1994	173	47	160	48	162	47
1995	135	29	150	32	136	33
1996	100	59	124	55	103	58
1997	131	90	136	86	139	85
1998	141	69	119	64	140	60
1999	132	54	116	54	125	53
2000	85	66	82	62	87	59
2001	73	48	103	48	96	49
2002	97	47	106	50	93	50
2003	80	53	74	56	68	58
2004	69	57	55	58	63	55
'93-'99	130	57	127	54	130	54
'00-'04	79	54	84	55	81	54
<i>Afn. (%)</i>	39	4	34	-1	37	-1



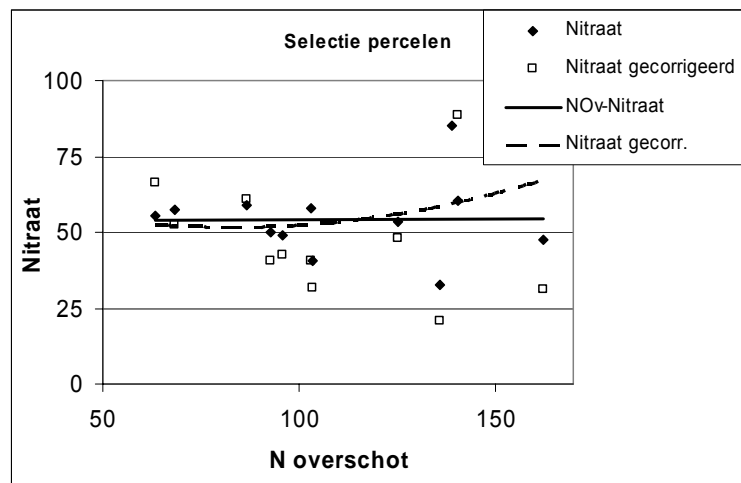
Figuur 9.1 N overschot op de bodembalans en nitraatuitspoeling per meetjaar (links) en uitgezet tegen elkaar (rechts). De resultaten hebben betrekking op percelen die van begin tot eind in de meetreeks op 'De Marke' hebben gezeten, na correctie voor variatie in bouwland, tijdelijk grasland en blijvend grasland

9.3.2 Toepassen van de weercorrectie

Het toepassen van de weercorrectie verandert het beeld van de respons op het N-overschot evenmin wezenlijk. De nitraatuitspoeling is met en zonder weercorrectie nauwelijks gecorreleerd aan het N-overschot (Figuur 9.2 en Tabel 9.3).

Tabel 9.3 N overschot op de bodembalans ($\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$) en de nitraatuitspoeling (mg l^{-1}) gecorrigeerd voor verdunning met het neerslagoverschot. De resultaten hebben betrekking op de percelen van het bedrijf die van het begin tot het eind deel hebben uitgemaakt van de meetreeks, gecorrigeerd voor variatie in het aandeel bouwland en tijdelijk grasland op de geselecteerde percelen

	N-overschot	Nitraat
1993	103	32
1994	162	31
1995	136	21
1996	103	41
1997	139	143
1998	140	88
1999	125	48
2000	87	61
2001	96	42
2002	93	40
2003	68	53
2004	63	66
'93-'99	130	58
'00-'04	81	52
Afn.(%)	37	9



Figuur 9.2 De nitraatuitspoeling al dan niet gecorrigeerd uitgezet tegen het N-overschot op de bodembalans

9.3.3 Ontwikkelingen in onderdelen van het bodem/gewassysteem

Een mogelijkheid is dat het N-overschot gemiddeld voor het hele bodemareaal is afgenomen, maar niet of niet voldoende in de onderdelen van het bodem/gewassysteem die het meest gevoelig zijn voor uitspoeling. Gevoeligheid voor uitspoeling kan verbonden zijn met de fysieke plaats in het systeem (bijvoorbeeld droge percelen met een laag organische stofgehalte) of met activiteiten (zie ook hoofdstuk 7). Voor de analyse zijn ze allebei relevant. We analyseren hier:

- Ontwikkelingen in bouwland, blijvend grasland en tijdelijk grasland. De nitraatconcentraties in bouwland zijn in het algemeen hoger dan die in grasland. Met name de overgang van gras naar bouwland is cruciaal. Dit kan tegen rotatieteelt pleiten. Hebben we aanwijzingen dat de zwakke nitraatrespons bedrijfsgemiddeld verklaard wordt door de situatie in bouwland?
- Beweiding. De invloed van beweiding op nitraatuitspoeling kan aanzienlijk zijn ook al brengt 'De Marke' een beweidingmethode in praktijk die de nitraatuitspoeling zoveel mogelijk beperkt (omweiden, scherp voeren op eiwit in de weideperiode). De analyse beschreven in hoofdstuk 7 gaf daarvoor ook aanwijzingen. De vraag is dus: hoe ontwikkelde zich de beweiding in de tijd?

Aan de ontwikkeling van het N-overschot in bouwland, blijvend grasland en tijdelijk grasland valt het volgende op (Tabel 9.4). Het N-overschot is in blijvend grasland en tijdelijk grasland duidelijk afgenomen, maar in bouwland in het geheel niet. De nitraatuitspoeling is noch in bouwland, noch in tijdelijk en blijvend grasland wezenlijk veranderd. Als de verwachting is dat bouwland het gevoeligst is voor nitraatuitspoeling zou het logisch zijn om juist daar het N-overschot zoveel mogelijk te verlagen. De mogelijkheden hiertoe zijn in eerstejaars bouwland (maïs) op 'De Marke' beperkt doordat in het eerste jaar een nul bemesting wordt toegepast.

De nitraatuitspoeling in de verschillende bouwlandjaren (eerste, tweede, derde en meerdere jaren) was in de periode 1993-1999 praktisch gelijk (Tabel 9.5)¹⁰. Op grond van deze gegevens is het maar zeer de vraag of eerstejaarsmaïs onder het aangepaste beheer nog wel gevoeliger is voor nitraatuitspoeling dan de latere bouwlandfasen. In de periode 2000-2004 ligt dat anders. De nitraatconcentratie in eerstejaars en tweedejaars bouwland is toegenomen tot waarden die duidelijk hoger zijn dan die in derde en meerdere jaren bouwland. Het N-overschot in eerstejaarsmaïs is juist het sterkst afgenomen in eerstejaars bouwland. In derde- en meerderejaars bouwland is het stikstofoverschot toegenomen. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn door een relatief hoge mineralisatie in eerstejaars maïs. De mineralisatie kan enerzijds de N-opname verhoogd hebben (laag overschot) en anderzijds de N-opnamecapaciteit overschreden hebben en daardoor bij hebben gedragen aan een hogere uitspoeling. Extra nalevering zou kunnen optreden door toename van de N-overschotten in tijdelijk grasland (van het overschot, de niet teruggewonnen stikstof blijft immers een deel in de bouwvoor achter en zal vrijkomen na onderploegen van de zode voor maïsteelt). Echter, het N-overschot nam niet toe in tijdelijk grasland. Extra nalevering kan ook optreden door specifieke weersomstandigheden die mineralisatie bevorderen (warm vochtig weer is gunstig voor mineralisatie). Op dit punt zijn de resultaten van de veldmeting van mineralisatie en de verwachting op grond weersomstandigheden niet in lijn met elkaar. De weersomstandigheden zijn na 2000 zodanig dat met name in de winter een hogere mineralisatie is te verwachten. Deze werd echter niet gemeten.

Het aandeel eerste, tweede en derdejaars bouwland in de totale oppervlakte van bouwland was in de periode 2000-2004 nauwelijks verschillend van die in de periode 1993-1999. Omdat de nitraatconcentratie na 2000 in eerste- en tweedejaars bouwland hoger was dan in meerder jaars bouwland, zou een groter aandeel eerste- en tweedejaars in de periode na 2000 gelijkstaan aan een groter aandeel van de rotatiefase met een relatief hoge nitraatuitspoeling. Dit zou een verhogend effect hebben op de uitspoeling zonder dat de uitspoeling in de verschillende onderdelen van de gewasrotatie echt zou zijn veranderd. Dit effect is dus niet opgetreden.

Uit de analyse die is beschreven in hoofdstuk 7 bleek dat beweiding aanzienlijk bijdraagt aan de nitraatuitspoeling. De beweiding is fors verlaagd sinds 2000. Verlaging van het N-overschot in grasland kan nog schouderophalend opgevat worden als een 'verbetering' in het verkeerde, want niet meest voor uitspoeling gevoelige, onderdeel van het systeem: grasland. Echter, verlaging van de weidemest excretie mag wel degelijk als een forse draai aan de nitraatkraan opgevat worden. Niets daarvan blijkt uit de tendens van nitraatuitspoeling en de weidemest excretie (Tabel 9.6). De ongecorrigeerde nitraatconcentraties zijn gegeven. De gecorrigeerde concentraties leveren echter niet een wezenlijk ander beeld op.

¹⁰ Het verschil met het beeld dat voortkomt uit hoofdstuk 7 is waarschijnlijk veroorzaakt doordat hier alleen percelen zijn meegenomen die gedurende de hele meetperiode bij het 'De Marke' systeem hebben gehoord en doordat de periode die in beschouwing is genomen verschillend is.

Tabel 9.6 De weidemest excretie (Nwm, kg ha⁻¹jr⁻¹) en de nitraatuitspoeling (mg l⁻¹) op 'De Marke' op blijvend grasland en tijdelijk grasland op de huiskavel. N = aantal waarnemingen

Jaar	Blijvend grasland			Huiskavel		
	N	Nwm	Nitraat	N	Nwm	Nitraat
1993	28	115	41	29	106	32
1994	28	114	56	37	121	44
1995	28	88	34	43	85	35
1996	26	93	81	37	79	36
1997	26	133	44	40	97	63
1998	26	140	66	27	158	43
1999	26	113	61	35	80	46
2000	26	78	65	26	46	28
2001	26	52	44	45	28	49
2002	26	62	54	30	63	47
2003	23	69	74	46	36	46
2004	23	71	59	28	66	30
'93-'99		114	55		104	43
'00-'04		66	59		48	40

Over de N-stromen in onderdelen van het bodem-gewassysteem kan dus het volgende vastgesteld worden:

- Het N-overschot is in bouwland niet afgenomen. Het is daarom niet erg verbazend dat de nitraatuitspoeling in bouwland niet is afgenomen.
- De nitraatuitspoeling is in de eerste twee jaren van de bouwlandfase toegenomen. In derde en meerdere jaars bouwland is de nitraatuitspoeling afgenomen. De veranderingen zijn betrekkelijk gering en zijn mogelijk veroorzaakt door artefacten.
- Afgaande op de gegevens van na 2000 mogen we bouwland als gevoelig voor nitraatuitspoeling aanmerken (in bouwland zijn de nitraatconcentraties iets hoger dan bij de overige teelten). Daarom is het logisch om daar maatregelen op te richten.
- Het N-overschot in grasland is zeer sterk afgenomen terwijl de nitraatuitspoeling nauwelijks is afgenomen. Dat is op zichzelf ook niet zo opzienbarend omdat grasland het relatief minder gevoelige onderdeel is van de teelt. Het is denkbaar dat juist in grasland de nitraat uitspoeling relatief mild reageert op N-overschotten.
- De weidemest excretie is sterk afgenomen. Tegen de achtergrond van de eerder gedane vaststelling dat weidemest excretie aanzienlijk bijdraagt aan nitraatuitspoeling is het opmerkelijk dat de afname van de weidemest excretie niet gevolgd is door een duidelijke afname van de nitraatconcentraties.

Tabel 9.4 Het N-overschot op de bodembalans ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) en nitraatuitspoeling (mg l^{-1}) en het aantal waarnemingen (N) in bouwland, blijvend grasland en tijdelijk grasland (alleen gebaseerd op percelen die van het begin tot het eind onderdeel zijn geweest van de meetserie)

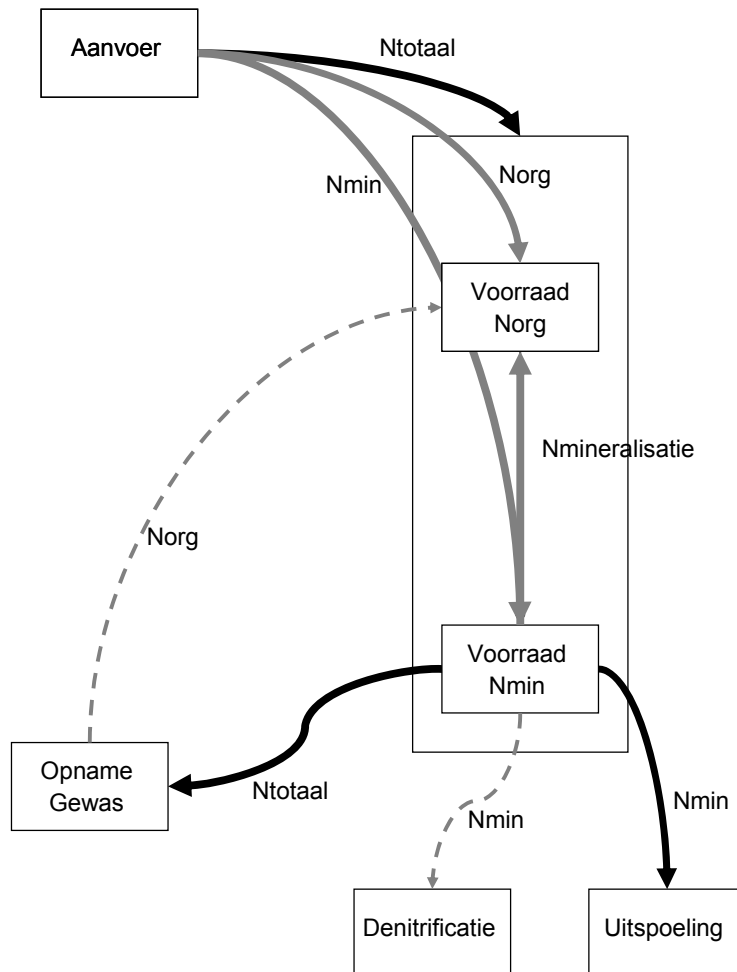
Jaar	Bouwland			Blijvend grasland			Tijdelijk grasland		
	N-overschot	Nitraat	N	N-overschot	Nitraat	N	N-overschot	Nitraat	N
1993	-13	47	67	141	41	28	222	33	38
1994	48,7	50	56	210	56	28	273	39	43
1995	47	36	44	207	34	28	204	28	55
1996	-34,2	67	45	178	81	26	226	34	56
1997	19,2	125	60	186	44	26	258	60	47
1998	38,2	72	73	202	66	26	229	43	34
1999	-15,2	63	63	231	61	26	236	38	44
2000	36,9	84	65	100	65	26	139	26	42
2001	69,1	57	46	70	44	26	143	42	61
2002	-20,8	53	50	134	54	26	207	45	57
2003	-11,7	62	48	110	74	23	142	44	52
2004	-1,7	73	63	118	59	23	112	33	37
'93-'99	13	66	57	194	55	27	235	39	45
'00-'04	14	66	54	106	59	25	149	38	50
Afname (%)	-11	0		45	-8		37	4	

Tabel 9.5 Het N-overschot op de bodembalans ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) en nitraatuitspoeling (mg l^{-1}) en het aantal waarnemingen (n) in eerstejaars, tweedejaars en derde en meerdere jaars bouwland (alleen gebaseerd op percelen die van het begin tot het eind onderdeel zijn geweest van de meetserie)

Jaar	1e jrs			2 jrs			3+ jrs		
	n	Nitraat	Nov	n	Nitraat	Nov	n	Nitraat	Nov
1993	23	58	0	13	26	-15	31	47	-21
1994	18	39	-28	12	55	45	26	57	104
1995	7	25	56	18	34	21	19	42	69
1996	20	71	-80	7	95	-27	18	53	14
1997	24	139	-20	20	121	18	16	111	79
1998	13	53	-56	24	54	39	36	91	72
1999	25	82	-60	7	41	-7	31	52	19
2000	9	108	-129	25	117	18	31	51	100
2001	0	-	-	9	97	-68	37	47	103
2002	28	48	-110	0	-	-	22	59	93
2003	14	70	-52	28	69	0	6	7	27
2004	24	81	-110	14	79	-20	25	61	113
'93-'99		67	-27		61	10		65	48
'00-'04		77	-100		91	-18		45	87

9.3.4 Mineralisatie

Door mineralisatie kan N opgeslagen in de bodemvoorraad als Norg (organisch gebonden N) vrijkomen en door uitspoeling verloren gaan, zonder dat dit tot uiting komt in het N-overschot. Sterker nog, een hoge N-mineralisatie kan zowel leiden tot verhoogde N-uitspoeling als tot een verhoogde N-opname door het gewas. Hierdoor kan een laag N-overschot en een hoge uitspoeling samengaan (Ten Berge et al., 2007). Figuur 9.3 geeft de relatie tussen N-mineralisatie, N-uitspoeling en N-opname schematisch weer.



Figuur 9.3 De relatie tussen N-mineralisatie en de overige N-stromen in de bodem. De zwarte pijlen geven de N-stromen aan die betrokken zijn bij de relatie N-overschot op de bodembalans-nitraatuitspoeling. De grijze doorgetrokken lijnen geven de N-stromen aan die toegevoegd worden als rekening wordt gehouden met mineralisatie. De onderbroken grijze lijn denitrificatie blijft onbekend; de onderbroken grijze lijn die Nopgenomen in gewassen in wortels en stoppels weergeeft (naar voorraad Norg) kan geschat worden

Het is dus plausibel de tendens van de mineralisatie te betrekken bij de analyse van de ontwikkeling van het N-overschot en de nitraatuitspoeling. Omdat met name stikstof die vrijkomt door mineralisatie buiten het groeiseizoen (de wintermineralisatie, van eind oktober tot begin maart) gevoelig is voor nitraatuitspoeling is juist ook de wintermineralisatie van belang. De mineralisatie wordt op 'De Marke' in het veld gemeten op zes waarnemingsplekken. Vier daarvan liggen in rotatie, twee in blijvend grasland. Tabel 9.7 geeft de ontwikkeling van de mineralisatie weer. Kolom 2 betreft de mineralisatie in een heel jaar (de jaarmineralisatie) en kolom 3 geeft de waargenomen wintermineralisatie weer (gemiddelden van de zes waarnemingsplekken). Vooral de jaarmineralisatie wordt beïnvloed door de rotatie. De gemiddelden reflecteren dus jaareffecten ten gevolgen van weer én ten gevolgen van de rotatie. Om een beeld te krijgen van de tendens zonder de rotatie-effecten kunnen de gegevens van blijvend grasland gebruikt worden (Tabel 9.7, kolom 4 en 5). Als mineralisatie het uitblijven van een nitraatrespons zou verklaren, dan zou de

mineralisatie (nalevering) in de jaren 2000 en later relatief hoog moeten zijn. Dat blijkt niet het geval, noch voor de jaarmineralisatie noch voor de wintermineralisatie.

Tabel 9.7 N mineralisatie op 'De Marke'. Jm = jaarmineralisatie ($\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$) en Wm = mineralisatie in de wintermaanden (tussen 1 november en 1 maart, $\text{kg ha}^{-1}\text{winter}^{-1}$)

Jaar	Alle plekken		Blijvend grasland	
	Jm	Wm	Jm	Wm
1993	283	144	300	
1994	201	130	333	144
1995	260	119	442	130
1996	363	139	404	118
1997	442	189	559	139
1998	395	120	481	189
1999	274	101	484	120
2000	385	75	578	101
2001	216	62	329	75
2002	233	83	276	62
2003	254	43	255	82
2004	295	140	321	42
1993-2000	317	72	429	134
2000-2004	277	144	352	72

Een nauwkeuriger of althans zuiverdere wijze om N-mineralisatie in de analyse te betrekken is door het N-mineraaloverschot te berekenen. Dit overschot is gelijk aan de aanvoer van minerale stikstof (Nmin) naar de bodem¹¹ plus de N-mineralisatie minus de N min opname¹².

Om het N min overschot te berekenen, moet de N-mineralisatie op bedrijfsniveau per jaar geschat worden op grond van de gegevens van de zes waarnemingsplekken. De gegevens van blijvend grasland geven wel de variatie tussen jaren weer, maar als we die gegevens zonder meer toepassen op het hele bedrijf overschatten we de mineralisatie op bedrijfsniveau (de N-mineralisatie in blijvend grasland is het hoogst). Daarom is eerst de gemiddelde mineralisatie op bedrijfsniveau berekend uit de gegevens van alle vaste waarnemingsplekken. Hierbij is een weging toegepast op de gegevens van de N-mineralisatie in de verschillende rotatiefases (N mineralisatie bedrijf = \sum (voor alle rotatiefases) N-mineralisatie rotatiefase x *aandeel rotatiefase x in het totale bodemgebruik). Vervolgens is dit bedrijfsgemiddelde gecorrigeerd op basis van de jaarvariatie waargenomen in blijvend grasland.

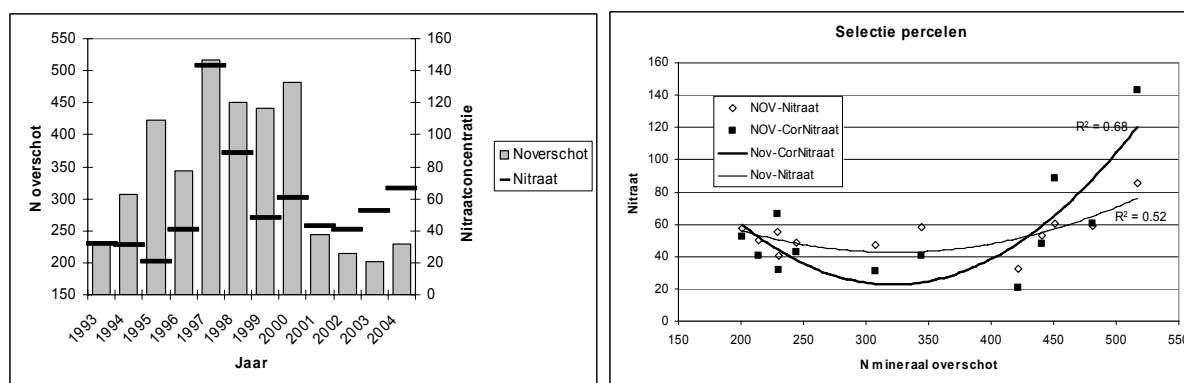
De resultaten zijn weergegeven in Tabel 9.8 en Figuur 9.4. De relatie tussen het N-mineraal overschot en nitraatuitspoeling is wat beter dan die tussen het N-overschot en nitraatuitspoeling. Toch blijkt het wat onzeker of we naar 'ruis' kijken of dat we een relatie mogen herkennen in het N-mineraaloverschot en de nitraatuitspoeling. De 'buiik' in de curve tussen N-mineraaloverschot en de voor verdunning gecorrigeerde uitspoeling van nitraat is vermoedelijk veroorzaakt door (niet nader te duiden) onzuiverheden in de analyse. Figuur 9.4 lijkt qua absolute niveaus redelijk overeen te komen met Figuur 12.9 in rapport no. 14 van De Marke (Hack ten Broeke en Aarts, 1996).

¹¹ De Nmin aanvoer naar de bodem is berekend als: N aanvoer in dierlijke mest* de N mineraalfraction in dierlijke mest + Nmin aanvoer door atmosferische depositie + Nmin aanvoer met kunstmest + N binding door leguminosen.

¹² De Nmin opname uit de bodem is berekend als: N opname in bovengrondse plantendelen maal 1,2 (verondersteld dat de ondergrondse N opname gelijk is aan 20% van de hoeveelheid N die bovengronds is opgenomen).

Tabel 9.8 Nitraatuitspoeling (waargenomen bedrijfsgemiddelden en gecorrigeerde gemiddelden, mg l^{-1}), het N-overschot op de bodembalans, mineralisatie en het N-mineraaloverschot op de bodembalans op ($\text{kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$) 'De Marke'

Jaar	Nitraat	Nitraat gecorrigeerd	Nminbalans bodem	Mineralisatie	Nmineraal-overschot
1993	41	32	-55	285	230
1994	47	31	-9	316	308
1995	33	21	1	421	422
1996	58	41	-40	384	344
1997	85	143	-15	532	517
1998	60	88	-6	458	451
1999	53	48	-20	461	441
2000	59	61	-68	549	482
2001	49	42	-69	313	244
2002	50	40	-49	263	214
2003	58	53	-41	242	201
2004	55	66	-76	306	230
1993-1999	54	58	-21	408	387
2000-2004	54	52	-60	334	274
Afname (%)	-1	9	-193	18	29

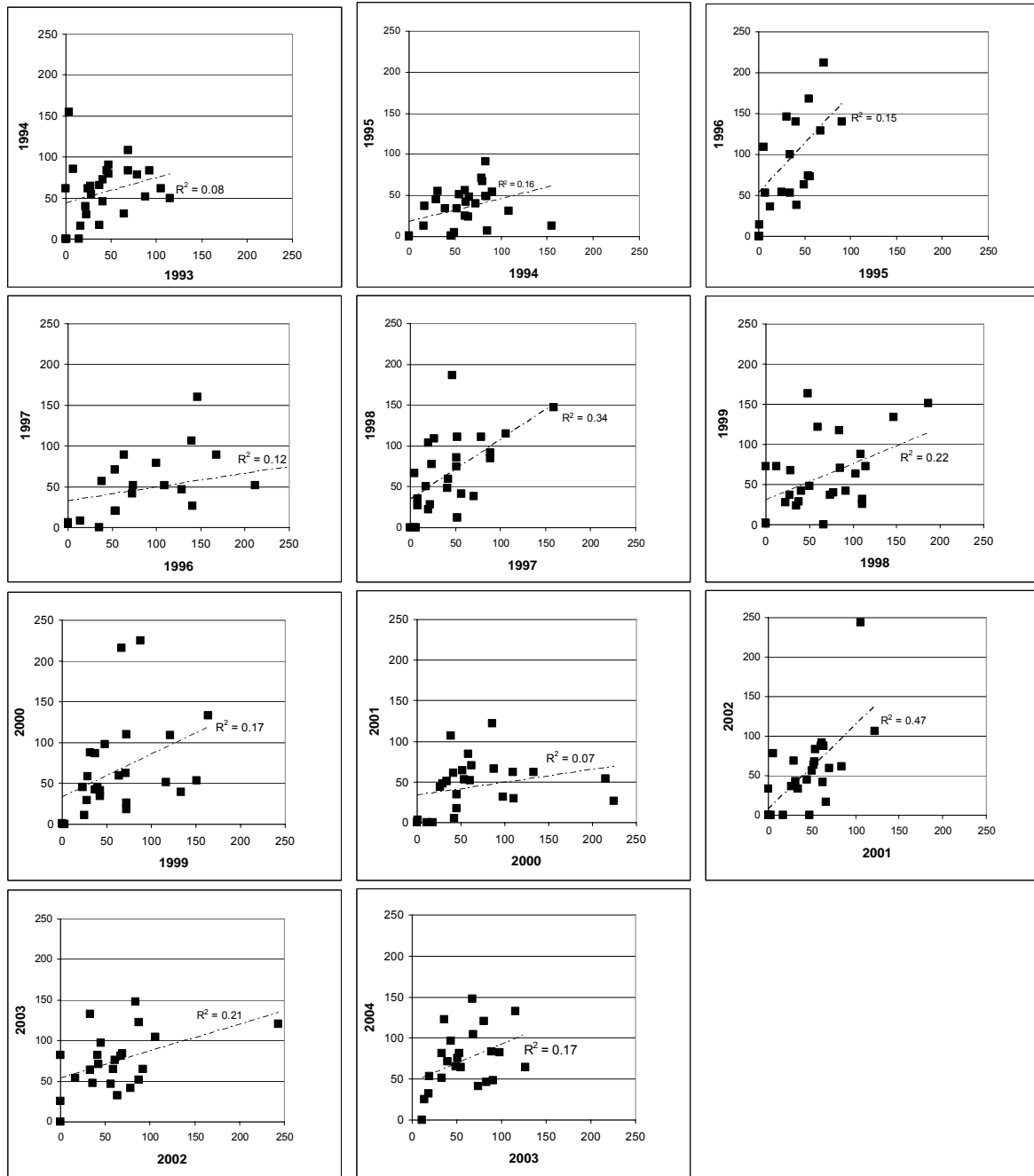


Figuur 9.4 De relatie van het N-mineraaloverschot met nitraatuitspoeling op 'De Marke'

De metingen van nitraatuitspoeling en de ontwikkelingen van N-overschotten doen vermoeden dat er nalevering optreedt. Logischerwijze is de jaarmineralisatie dé maat voor nalevering. Wat blijkt: hiervoor betrokken we de gegevens van de jaarmineralisatie bij de analyse en we zien wel iets van een relatie tussen het N-mineraal overschot en de nitraatconcentratie, maar niet een heel duidelijke. Dus, na rekening te houden met mineralisatie (of nalevering) vallen alle puzzelstukjes niet plotseling op hun plaats. Omdat mineralisatie zeer variabel is (ruimtelijk) en de metingen maar in een beperkt aantal buisjes zijn gedaan (het zijn er in absolute zin veel, maar vergeleken met het hele areaal weinig) moeten we er rekening mee houden dat de nalevering door de mineralisatiemetingen niet helemaal adequaat gekwantificeerd wordt.

Of nalevering optreedt, kan op nog een andere manier onderzocht worden. We hebben 170 meetpunten ter beschikking met metingen van de nitraatconcentratie per boorpunt. Als het management verandert (naar lagere N-overschotten) maar de spreiding van de nitraatconcentratie over meetpunten blijft gelijk (dat wil zeggen een hoge meting in jaar x is ook hoog in jaar x+1 en een lage in jaar x is ook laag in jaar x+1), als we met andere woorden op meetpunt niveau zien dat de nitraatconcentratie meer wordt bepaald door de waarde van het vorige jaar dan door managementinvloeden (N overschotten), welke betekenis hechten we daar dan aan? De eigenschappen van de bodem rond het meetpunt zijn dan kennelijk heel bepalend (geworden) voor de gemeten nitraatconcentratie, meer bepalend dan het beheer van het perceel waarin het meetpunt ligt. Deze beïnvloedende bodemeigenschappen kunnen zijn vastlegging of nalevering en denitrificatie. Zoals Figuur 9.5 laat zien, zijn de nitraatconcentraties gemeten in boorpunten in blijvend grasland in opvolgende jaren nauwelijks aan elkaar gecorreleerd. De correlatie varieert van 0,07 (in 2000

en 2001) tot 0,47 (in 2001-2002). Boorpunten met lage waarden blijven meestal laag (dat zijn de metingen in percelen 17-1 en 17-2) maar de hogere waarden kunnen het ene jaar hoog zijn en vervolgens laag of juist andersom. De resultaten geven dus geen duidelijke aanwijzing voor het optreden van nalevering. Figuur 9.5 sluit het optreden van nalevering echter niet helemaal uit. Echter, als nalevering optreedt, verloopt dat niet op een wijze die plaatsgebonden patronen oplevert.



Figuur 9.5 De relatie van nitraatconcentraties gemeten in opeenvolgende jaren in blijvend grasland. Elk punt staat voor een waarneming in een afzonderlijk boorpunt. Er zijn 3 boorpunten per hectare en ongeveer 5-6 boorpunten per perceel. Het N-overschot was in 1994 duidelijk hoger dan in 1993; vervolgens bleven N-overschotten tot 1999 op ongeveer hetzelfde niveau. Met ingang van 2000 werden veel lagere N overschotten gerealiseerd

9.4 Synthese

De vragen die aanleiding vormden voor deze analyse waren:

- Is de paradox 'afname N-overschot, gelijkblijvende nitraatuitspoeling' veroorzaakt door onzuiverheden in de systeemanalyse?
- Ontstaat een beeld dat we beter kunnen begrijpen/logischer vinden als we de trendanalyse op onderdelen uitvoeren en nalevering bij de analyse betrekken.

Als we op het niveau van het gehele systeem blijven kijken, blijft de hiervoor genoemde 'paradox' in zijn volle omvang bestaan. Ze is niet veroorzaakt door onzuiverheden in de systeemanalyse. Bij nadere beschouwing reageert nitraatuitspoeling nog steeds zwak op het N-overschot. Dat blijft gelden als we alleen percelen selecteren die altijd bij de meetreeks hebben gehoord en als we corrigeren voor eventuele fluctuaties in het aandeel bouwland, grasland. Dat blijft zelfs zo als we de nitraatconcentratie corrigeren voor verdunning volgens de RIVM methodiek.

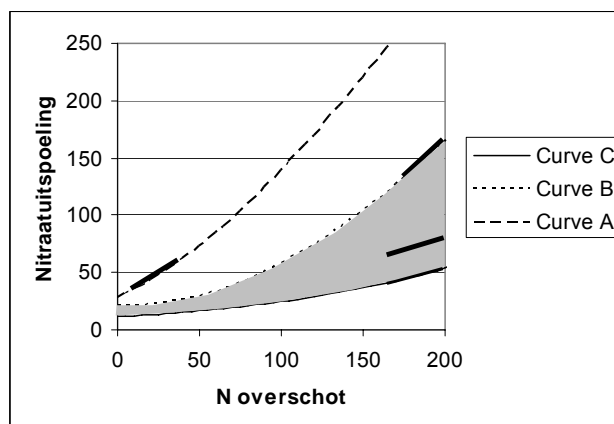
De resultaten van de berekeningen geven geen aanleiding te veronderstellen dat nalevering door netto mineralisatie een grote rol heeft gespeeld bij de zwakke nitraatrespons. Het is heel goed mogelijk dat nalevering nog wel optreedt en nog wel invloed heeft op de nitraatconcentratie, maar dat speelt zich dan af op een niveau dat buiten het bereik van onze metingen ligt. Daarbij moet aangetekend worden dat de mineralisatiemetingen met veel onzekerheden omgeven zijn.

Als we op het niveau van onderdelen van het bodem/gewas systeem kijken, kunnen we vaststellen dat een wezenlijk deel van de afname van het N-overschot is gerealiseerd in blijvend en tijdelijk grasland. Een kleiner deel is gerealiseerd in bouwland, terwijl bouwland als relatief gevoelig voor N-uitspoeling wordt beschouwd. Dat kan worden toegelicht aan de hand van Figuur 9.6. Stel dat ons totale systeem bestaat uit drie componenten met elk hun relatie met de nitraatuitspoeling. Curve A geldt voor bouwland, curve B voor beweid grasland en curve C voor onbeweid grasland. De verschillen tussen de curves worden veroorzaakt door een verschil in denitrificatiesnelheid in de bouwvoor en mogelijk door verschillen in vastlegging. Een verlaging van het N-overschot in de bouwlandcomponent (aangegeven door de dikke balk op de curve A) resulteert in een grotere reductie van de nitraatuitspoeling dan een even grote verlaging van het N-overschot in het beweid en onbeweid grasland. Er ligt een grijs gebied tussen beweid in onbeweid grasland. Daarmee wordt geïllustreerd dat het effect van beweiding afhangt van de intensiteit ervan. Op 'De Marke' is de beweiding zo extensief dat ook het beweid grasland meer weg zal hebben van curve C dan van curve B. Het is daarom te begrijpen dat de aanzienlijke verlaging van het N-overschot in het beweid grasland op 'De Marke' tot een beperkte nitraatrespons heeft geleid.

Een andere verklaring voor een zwakke nitraatrespons kan eveneens toegelicht worden aan de hand van Figuur 9.6. De curves vlakken allen af naarmate het N-overschot afneemt. In het gebied van hoge N-overschotten resulteert een afname van het overschot per kilogram in een sterkere afname van de nitraatuitspoeling dan in het gebied van lagere N-uitspoeling. In een 'N verzadigde schrale grond' zal bij zeer hoge overschotten bijna evenveel N-uitspoelen als dat er aangevoerd wordt. De denitrificatiecapaciteit van de bouwvoor is dan overschreden. Dat is een algemeen bekend patroon dat op droge zandgronden verklaard kan worden doordat een lage N-belasting nog grotendeels gedenitrificeerd kan worden, maar dat de denitrificatiecapaciteit onvoldoende is om hogere N-belasting te kunnen 'verwerken' (ref, ref). Dat betekent dat het deel van de N-belasting die via denitrificatie uit het bodemsysteem verdwijnt bij lage N-overschotten groter kan zijn dan bij hoge overschotten (niet dat de denitrificatie in absolute zin afneemt!).

Een afname van het N-overschot in het gebied van hoge overschotten waarin de verhouding aanvoer en uitspoeling bijna 1 op 1 is (dus hoger dan het traject dat in Figuur 9.6 in beeld is gebracht), zal dus tot een sterke nitraatrespons leiden; een even grote afname in het gebied van lage overschotten zal dus tot een veel beperkter respons leiden¹³. Het is ook logisch dat wanneer een relatief groter deel van de N door denitrificatie wordt omgezet, de resterende uitspoeling veel gevoeliger wordt voor de variabiliteit van de denitrificatie. Kijken we naar de periode van 1993-1999 dan is gemiddeld over al deze jaren 68% van het N-overschot gedenitrificeerd (uitgaande van nul accumulatie in de bouwvoor). Deze hoeft maar een weinig terug te vallen (naar 51%) om bij het N-overschot van na 2000 op de nitraatconcentratie van 54 mg l⁻¹ uit te komen. Deze relatief grote rol van denitrificatie is dan niet zozeer een eigenschap van de grondsoort, maar is een gevolg van het lage niveau van N-overschotten waar in geopereerd wordt. Hierbij is de verhouding waarin N en C in het systeem in omloop is, laag.

¹³ Er is geen algemene methode om het omslagpunt aan te geven tussen het traject van hoge N overschotten (waarbij weinig van de N belasting gedenitrificeerd wordt) en lage N overschotten (waarbij relatief veel van de belasting wordt gedenitrificeerd). We kunnen dus niet op grond van een van buitenaf aangedragen ijkpunt aangeven waar 'De Marke' zit. De aanduidingen 'hoog overschot en laag overschot' zijn hier dan ook relatief.



Figuur 9.6 Schematische voorstelling van de relatie tussen nitraatuitspoeling en het N-overschot voor drie verschillende vormen van bodemgebruik
Curve A = bouwland, curve B = beweide grasland en curve C = onbeweid grasland (verdere toelichting zie tekst)

9.5 Betekenis voor systeemontwikkeling

Volgens de analyse is verdere verlaging van de nitraatuitspoeling te realiseren door:

1. het sturen op denitrificatie
2. het N-overschot te verlagen in de onderdelen van de teelt die het meest gevoelig zijn voor nitraatuitspoeling of
3. de gevoeligste teelten door systeem aanpassing minder gevoelig maken voor nitraatuitspoeling.

Het is de vraag welke middelen voorhanden zijn om de denitrificatie te bevorderen. Het is bekend dat het verdichten van de bodem tot een lagere doorlaatbaarheid kan leiden, zodat schijngrondwaterspiegels kunnen optreden. Dat zou de denitrificatie bevorderen, maar is feitelijk een methode die ten koste gaat van de bodemkwaliteit en ongunstig is voor een efficiënte gewasproductie. Bovendien leidt het bevorderen van denitrificatie tot afwenteling van problemen. Het beperken van het N-overschot (optie 2) in onderdelen daar waar nitraat snel verloren gaat, zou praktisch moeten worden gerealiseerd door een verlaging van de N-aanvoer. In de aanvoer zijn er praktisch alleen mogelijkheden in tweedejaars bouwland en derde en meerdere jaars bouwland omdat alleen daar mest wordt aangevoerd. Omdat de uitspoeling uit derde en meerdere jaarsbouwland laag is, zou dan alleen tweede jaars bouwland in aanmerking komen voor verlaagde N-aanvoer.

Het verlagen van de gevoeligheid (verleggen van de curve voor bouwland) door teeltaanpassingen (optie 3) biedt waarschijnlijk meer perspectief. Maatregelen moeten vooral gezocht worden in het omgaan met nalevering van N uit de ondergeploegde graszode. In een analyse van mineralisatiepatronen en de ontwikkeling van de N-behoefte in maïs bleek dat de N-mineralisatie en de ontwikkeling van de N-behoefte in het jaar niet synchroon lopen (Verloop et al., 2007). De daar genoemde maatregelen, dragen allen bij aan het 'verleggen van de N-overschot-nitraatuitspoelingscurve' naar beneden (een lagere gevoeligheid van de bouwlandfase voor uitspoeling):

- Later in het voorjaar de graszode kapot frezen.
- Lichter bemesten van het laatste jaar tijdelijk gras (om de mest te kunnen blijven plaatsen zal dan echter meer bemest moeten worden op jonger grasland of zal het graslandareaal moeten toenemen).
- Verkorting van de graslandfase (zodat minder Norg wordt opgebouwd en de mineralisatie in het begin van de bouwlandfase lager wordt).
- Ontwikkeling van methoden om gras en maïs gelijktijdig in te zaaien.

9.6 Betekenis voor het onderzoek

De constatering dat gevolgen van management verbeteringen moeilijker waarneembaar zullen zijn dan in het gebied van hoge N-overschotten is een zeer relevant resultaat van onderzoek. De vraag is hoe de milieubelasting zich ontwikkelt in de tijd in een 'in schone bedrijfsvoering overgegaan systeem met lage overschotten'. Hoe dat lag in het traject van hoge overschotten werd al duidelijk uit het onderzoek van de begintijd van 'De Marke' (Aarts et al., 2000). Daar leek het grondwater snel te reageren op verbeterd beheer. Als dat in het gebied van lage N-overschotten anders ligt, is het voor het onderbouwen van de effecten van mest- en mineralenbeleid zeer relevant om het proces te blijven onderzoeken. Immers, in het kader van de derogatie moet Nederland herhaaldelijk aantonen dat de nitraatuitspoeling zich als gevolg van een verbeterd mineralenbeheer op landbouwbedrijven in de gewenste richting (naar concentraties lager dan 50 mg l⁻¹) ontwikkelt. Voor deze onderbouwing is het van belang de respons in een vergaand geoptimaliseerd systeem onder uitspoelingsgevoelige omstandigheden in beeld te hebben. Een belangrijke vraag hierbij betreft de rol van nalevering van N in een systeem waarin de N-belasting steeds verder en langdurig afneemt. Deze vraag blijft staan, ook al konden we hier nalevering niet als oorzaak aanwijzen.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., B. Habekotté & H. van Keulen, 2000.
Groundwater recharge through optimized intensive dairy farms. *J. Environ. Qual.* 29: 738-743.
- Ten Berge, H.F.M., S.L.G.E. Burgers, H.G. van der Meer, J.J. Schröder, J.R. van der Schoot & W. van Dijk., 2007.
Residual inorganic soil nitrogen in grass and maize on Sandy soil. *Environmental Pollution* 145, 22-30.
- Verloop J., G.J. Hilhorst & J. Oenema, 2007.
Stikstof mineralisatie op melkveebedrijf 'De Marke'; Analyse van waarnemingen en van hun betekenis voor het management, rapport plant research international nr. 132, K&K rapport nr. 36.

10 Bedrijfseffecten van een betere mineralenbenutting in de veestapel

Léon Šebek, Koos Verloop, Jouke Oenema & André Bannink

10.1 Inleiding

De analyse die is beschreven in hoofdstuk 6 biedt aanknopingspunten om de mineralenbenutting in de component VEE te verhogen. Verbetering van de efficiëntie van de mineralenbenutting door de veestapel kan met verschillende maatregelen gerealiseerd worden. De 2 belangrijkste maatregelen zijn:

- het minimaliseren van het stuks jongvee op het bedrijf en
- het maximaliseren van de efficiëntie van de mineralenbenutting door het melkvee.

Echter, de analyse in hoofdstuk 6 maakte nog niet duidelijk in hoeverre de realiseerbare verhoging van de mineralenefficiëntie in de veestapel ook van belang is voor de mineralenstromen in het bedrijf als geheel. Dat element wordt in dit hoofdstuk toegevoegd door de consequenties van een verbetering in de component VEE in samenhang met de overige componenten BODEM en GEWAS te verkennen. Deze verkenning geeft onderbouwing bij het beantwoorden van de vraag of een (mogelijke) verbetering in een bedrijfscomponent leidt tot een verbetering van de prestaties van het gehele bedrijf.

10.2 Methodiek

Op basis van de voedingsanalyse voor De Marke (hoofdstuk 6) werd duidelijk dat de benutting van het opgenomen voer (onder andere energie c.q. VEM, en eiwit c.q. DVE) in het melkvee niet optimaal is. Met een verbeterde benutting van de opgenomen VEM zal het dier bij een lagere voeropname toch in de VEM-behoefte voor melkproductie kunnen voorzien (aangenomen dat melkproductie en aanzet onveranderd blijven). De betere benutting van het opgenomen voer betekent naast een verminderde opname van voer ook een verminderde opname van de mineralen stikstof (N) en fosfor (P). Aangezien het mineralenaanbod aan melkvee op De Marke (ruim) boven de norm is, levert dit geen problemen op voor de mineralenvoorziening van het dier, maar wel een verminderde uitscheiding van N en P. Uit hoofdstuk 6 bleek verder dat de verbetering in benutting niet zozeer gerealiseerd kan worden via het krachtvoer, maar door een verbeterde benutting van nutriënten uit het eigen geteelde ruwvoer.

Het effect van verbetering van de benutting van het ruwvoer is doorgerekend voor de bedrijfscyclus en voor N en P uitgedrukt in de efficiëntie van de benutting door de veestapel en het bedrijf, de excretie door de veestapel, de eigen voerproductie, de voeraankoop, het bodemoverschot en het bedrijfsoverschot. Hiertoe zijn benuttingspercentages in de componenten mest, bodem en gewas zo goed mogelijk geschat op basis van waarnemingen op 'De Marke'.

De voeropname van de dieren wordt in eerste instantie gedreven door de energiebehoefte. Daarom is de verbetering van de benutting van ruwvoerders (het hele rantsoen exclusief de krachtvoerders MKS en mengvoer) doorgerekend op basis van energie (VEM). Het VEM dekkingspercentage is hiervoor een graadmeter. De VEM inhoud van de voedermiddelen wordt via analyses en berekening van de voederwaarde vastgesteld. Wanneer de dieren de geanalyseerde VEM inhoud van het rantsoen volledig weten te benutten is de VEM dekking 100%. De berekende VEM behoefte en de berekende VEM opname komen dan overeen. Het kan echter ook zijn dat het voer niet optimaal wordt verteerd, waardoor de berekende VEM inhoud van het voedermiddel niet overeenkomt met de hoeveelheid VEM die het dier in werkelijkheid uit het voermiddel haalt. Het dier zal dan extra voer opnemen om toch in de VEM behoefte te voorzien. De berekende VEM behoefte en de berekende VEM opname komen dan niet meer overeen en de VEM dekking komt boven de 100% te liggen. Met het extra opgenomen voer wordt naast de extra VEM ook een extra hoeveelheid N en P opgenomen. Deze extra N- en P-opname is overbodig, omdat het rantsoen voor N en P is geoptimaliseerd uitgaande van een normale VEM dekking van 103%. (Tamminga e.a., 2004). Door de extra N- en P opname daalt de efficiëntie van N- en P benutting. Omgekeerd geldt hetzelfde, een verbeterde VEM benutting (verlaging richting 100%) zal de efficiëntie van de N- en P benutting verbeteren.

In deze studie zijn de volgende aspecten van een scherpere VEM dekking bekeken:

- gevolgen voor de droge stof opname uit ruwvoer
- gevolgen voor de totale droge stof opname
- gevolgen voor de totale opname van N en P

Om op bedrijfsniveau een beeld te krijgen van het effect van een stapsgewijze efficiëntieverbetering op veestapelniveau, is gerekend voor de range tussen de waargenomen VEM dekking voor het melkvee in de periode 2000-2003 (ca. 113%) en de praktisch maximaal haalbaar geachte VEM dekking van 103%. Het betreft de jaarrond VEM dekking, die berekend is vanuit de VEM dekking in het stal- en weideseizoen (gewogen gemiddelde naar het aantal weide- en staldagen). De praktisch maximaal haalbaar geachte VEM dekking in stal- en weideseizoen zijn respectievelijk 102% en 105%. De range van 113% naar 103% VEM dekking is verdeeld in de stappen 113%, 110%, 107%, 105% en 103%.

Voor deze stappen in VEM-dekkings% zijn voor De Marke (periode 2000-2003) de effecten op de N- en P opname doorgerekend. De verminderde N- en P opname door melkvee bij een verbeterde VEM benutting, onder aanname van ongewijzigde productieprestaties (melk en vlees), is vervolgens omgerekend in een verbetering van de efficiëntie van N- en P benutting door de veestapel.

Het effect van een verbetering van de efficiëntie van de veestapel op de andere componenten van bedrijf De Marke, en daarmee op de efficiëntieverbetering van het geïntegreerde bedrijf, is doorgerekend met het 'Stofstromenmodel' (Oenema en Aarts, 2005). De resultaten van dat model zijn de basis voor de analyse en discussie in dit rapport. Bij het gebruik van het model zijn metingen van de situatie op De Marke (hoofdstuk 3 en 4) als uitgangspunt gekozen voor de verschillende bedrijfscomponenten. Tabel 10.1 geeft de gehanteerde waarden voor de efficiëntie in de verschillende bedrijfscomponenten weer. De hierbij gemaakte keuzes worden in de discussie besproken.

Tabel 10.1 De efficiëntie (%) in de verschillende bedrijfscomponenten op 'De Marke' gebruikt bij de berekening van effecten van verbeterde mineralenbenutting in de veestapel in stappen 0-4

Stappen benutting mineralen in vee	Mest		Bodem		Gewas	
	N	P	N	P	N	P
0	93	100	72	104	91	93
1	"	"	"	106	"	"
2	"	"	"	107	"	"
3	"	"	"	108	"	"
4	"	"	"	110	"	"

10.3 Resultaten

10.3.1 Effect verbeteren voederbenutting bij melkvee op de N- en P-opname door melkvee

De gemeten gemiddelde jaarrond VEM dekking bedroeg op De Marke in de periode 2000-2003 113%. De theoretisch haalbaar geachte jaarrond VEM dekking is gesteld op 103%. Uitgaande van de situatie in 2000-2003 (Stap 0) is in 4 stappen doorgerekend wat het effect van een vermindering van het VEM dekkingspercentage tot het theoretische haalbaar geachte niveau (Stap 4) voor consequenties heeft voor opname van N en P (Tabel 10.2).

Tabel 10.2 Effect verbetering VEM-dekkings% op N- en P-opname melkvee, onder aanname dat de verbetering in benutting alléén betrekking heeft op het ruwvoerdeel van het rantsoen

	Stap 0 ¹⁾	Stap 1	Stap 2	Stap 3	Stap 4 ²⁾
VEM-dekking (%)					
Stal	110	108	106	104	102
Weide	119	114	109	107	105
Gemiddelde Jaar	113	110	107	105	103
Extra opname t.o.v. stap 4					
N en P (%)	8,0	5,8	3,5	1,8	0
N (g/dier/dag)	41,2	29,9	17,5	8,7	0
P (g/dier/dag)	6,0	4,4	2,6	1,4	0

¹⁾ Stap 0 betreft de gemiddelde gerealiseerde VEM-dekking in de periode 2000-2003

²⁾ Stap 4 betreft de als praktisch haalbaar geachte maximale efficiëntie van de VEM benutting

Uit Tabel 10.2 blijkt dat voor de situatie van De Marke in 2000-2003 (Stap 0), een maximale vermindering van de N- en P-opname van 8% bereikt kan worden wanneer de benutting van het ruwvoer wordt verbeterd tot de ideale situatie (Stap 4). Deze vermindering verloopt vrijwel rechtlijnig met het VEM dekkingspercentage. Elke procent verbetering in het VEM dekkingspercentage resulteert in een vermindering van de N- en P-opname van bijna 1% ofwel 4,1 g N per dier per dag en 0,6 g P/dier/dag. Voor 'De Marke' komt een verbetering van 1% in de VEM dekking van het melkvee (76 dieren), neer op een verminderde veestapel-excretie van ongeveer 2,0 kg N/ha/jaar en 0,7 kg fosfaat/ha/jaar.

10.3.2 Effecten op de N-stromen op bedrijfsniveau

De in paragraaf 10.3.1 berekende excretievermindering door de veestapel heeft consequenties voor de N- en P-stromen op het bedrijf. Bij ongewijzigde productie van melk en vlees en bij eveneens ongewijzigde benuttingsefficiënties in de andere bedrijfscomponenten (zie Tabel 10.1), is berekend wat de gevolgen zijn voor N- en P-stromen op het bedrijf (respectievelijk Tabel 10.3 en 10.4).

Tabel 10.3 Effect verbetering VEM-dekkings% melkvee op enkele kenmerken van de N-stromen op bedrijfsniveau. Startpunt (Stap 0) is de gerealiseerde gemiddelde VEM-dekking in de periode 2000-2003

	VEM dekking (%)	N-Efficiëntie veestapel (%)	Vastlegging melk+vlees (kg N ha ⁻¹)	N excretie (kg ha ⁻¹)	N eigen voer (kg ha ⁻¹)	N voer aankoop (kg ha ⁻¹)	N totaal voer (kg ha ⁻¹)
Stap 0	113	24,8	73	222	199	96	295
Stap 1	110	25,3	73	216	195	94	289
Stap 2	107	25,9	73	209	191	91	283
Stap 3	105	26,3	73	205	188	90	278
Stap 4	103	26,7	73	201	185	89	274

Uit Tabel 10.3 blijkt dat een verbetering van de energiebenutting uit ruwvoer leidt tot een verbetering van de efficiëntie waarmee N door de veestapel wordt benut. Voor een verbetering van 1% in de efficiëntie van de N-benutting door de veestapel blijkt een verbetering van de VEM-dekking van het melkvee van ongeveer 5% nodig te zijn.

De verminderde excretie leidt tot een lagere N-aanvoer naar de bodem (op De Marke wordt geen kunstmest aangevoerd) en vervolgens tot een lagere productie van eigen (ruw)voer. Deze vermindering in eigen voer productie is echter geringer dan de vermindering van de voederbehoefte van de veestapel. Daardoor is het mogelijk om, ondanks een lagere productie van eigen voer, ook de aankoop van voer te minderen.

Tabel 10.4 Effect verbetering VEM-dekkings% melkvee op enkele kenmerken van de P stromen op bedrijfsniveau. Startpunt is gerealiseerde gemiddelde VEM-dekking in de periode 2000-2003

	VEM dekking (%)	P-Efficiëntie veestapel (%)	Vastlegging melk+vlees (kg P ha ⁻¹)	P excretie (kg ha ⁻¹)	P eigen voer (kg ha ⁻¹)	P voer aankoop (kg ha ⁻¹)	P totaal voer (kg ha ⁻¹)
Stap 0	113	30,6	12,5	28,3	28,4	12,4	40,8
Stap 1	110	31,4	12,5	27,3	27,9	11,9	39,8
Stap 2	107	32,1	12,5	26,4	27,4	11,6	38,9
Stap 3	105	32,6	12,5	25,8	26,9	11,5	38,3
Stap 4	103	33,3	12,5	25,0	26,5	11,0	37,5

Uit Tabel 10.4 blijkt dat voor P in grote lijnen hetzelfde geldt als voor N. Voor een verbetering van 1% in de efficiëntie van de P benutting door de veestapel blijkt een verbetering van de VEM dekking van het melkvee van ongeveer 4% nodig te zijn. Ook voor P blijkt het mogelijk te zijn om, ondanks een geringere productie van eigen voer, de voeraankoop te verminderen.

Aangezien er voor N en P iets andere efficiëntieverbeteringen gerealiseerd worden via een verbetering van de energiebenutting, zou er in theorie met iets andere eisen (kracht)voer aangekocht moeten worden. Het gaat echter om kleine verschillen die bovendien pas bepalend worden wanneer het N- en/of P aanbod in de buurt komt van de behoefte van de dieren. Op De Marke wordt zowel eiwit (DVE) als P nog boven de norm gevoerd wanneer een VEM dekking van 103% gerealiseerd zou worden. Daarmee is het voor De Marke niet relevant om rekening te houden met gewijzigde eisen voor aangekocht (kracht)voer.

De verminderde totale voerbehoefte en de daardoor geringere behoefte aan voeraankoop resulteert in een efficiëntere N- en P huishouding op bedrijfsniveau. Om dat inzichtelijk te maken is het effect op de bedrijfs-efficiëntie, het bodemoverschot en het bedrijfsoverschot gekwantificeerd voor zowel N als P (Tabel 10.5).

Tabel 10.5 Effect verbetering VEM-dekkings% melkvee op de efficiëntie van de N- en P-benutting op bedrijfsniveau en op de bedrijfsoverschotten

	VEM dekking (%)	Efficiëntie veestapel (%)		Efficiëntie bedrijf (%)		Bodemoverschot (kg ha ⁻¹)		Bedrijfsoverschot (kg ha ⁻¹)	
		N	P	N	P	N	P	N	P
Stap 0	113	24,8	30,6	41	93	85	1,1	104	0,9
Stap 1	110	25,3	31,4	42	97	83	0,6	102	0,4
Stap 2	107	25,9	32,1	42	99	82	0,3	99	0,1
Stap 3	105	26,3	32,6	43	100	80	0,1	98	0,0
Stap 4	103	26,7	33,3	43	104	79	-0,3	97	-0,5

Uit Tabel 10.5 blijkt dat een verbetering van de VEM-dekking inderdaad leidt tot een hogere efficiëntie van de benutting van N en P op bedrijfsniveau. Het overschot van N en P op de bodembalans en de bedrijfsbalans neemt af. Voor een verbetering van de efficiëntie van de benutting op bedrijfsniveau met 1% is voor zowel N als P een verbetering van de VEM-dekking met ongeveer 5% nodig. Hierbij hoort een vermindering van het bedrijfsoverschot met 5 kg N ha⁻¹ en 0,4 kg P ha⁻¹.

10.3.3 Melkproductie

Er is geen aanleiding om te veronderstellen dat de melkproductie op De Marke in de afgelopen jaren werd beperkt door een tekort aan nutriënten (hoofdstuk 6). Daarom zijn de bovenstaande berekeningen uitgevoerd onder de aanname dat de (melk)productie en vleesaanzet van de veestapel onveranderd blijven. Bij een verbeterde benutting betekent een gelijke productie dat de voeropname vermindert. Het effect van die vermindering op de N- en P opname is in de paragrafen 10.3.1 en 10.3.2 doorgerekend voor 'De Marke'. Er kan evenveel melk geproduceerd worden met minder ruwvoerproductie en minder (kracht)voer aankoop. De winst bestaat daarmee uit vermindering van de mineralenbelasting van het milieu en vermindering van de voerkosten.

Op 'De Marke' wordt geen kunstmest aangevoerd. Voor bedrijven die dat wel doen kan de verminderde hoeveelheid mineralen uit dierlijke mest gecompenseerd worden met kunstmest aanvoer. In dat geval blijft de ruwvoerproductie op peil en is er voldoende voer voor uitbreiding van de melkveestapel en daarmee voor uitbreiding van de melkproductie. Bij gelijke stofstromen op het bedrijf komt dat, bij een verbetering van de VEM-dekking van 113% naar 105%, neer op ongeveer 4,25% extra melkproductie. Voor een bedrijf met een quotum van 800.000 kg melk is dat 34.000 kg melk extra.

10.4 Discussie

Het resultaat laat zien dat het van groot belang is om in mineralenarme systemen oog te hebben voor de kwaliteit van de ruwvoeders. Vooral de verteerbaarheid van het voer is van belang. De verteerbaarheid bepaalt in hoge mate hoeveel van de in het voer opgesloten nutriënten ook daadwerkelijk voor het dier beschikbaar komen. Daarbij is de hoeveelheid energie (VEM) die benutbaar is leidend voor de opname. Als indicator voor de efficiëntie waarmee de potentiële VEM waarde van het voer wordt benut, kan het VEM dekkingspercentage worden gebruikt. Ieder procent verbetering in het VEM dekkingspercentage komt voor een bedrijf als De Marke ongeveer overeen met een excretievermindering van 2,0 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ en 0,7 kg

fosfaat $\text{ha}^{-1} \text{jaar}^{-1}$, wat vervolgens resulteert in een vermindering van het bedrijfsoverschot met ongeveer $0,8 \text{ kg N ha}^{-1}$ en $0,4 \text{ kg P ha}^{-1}$. Buiten het onderzochte traject kan het effect anders zijn, doordat de efficiëntie in de bedrijfsonderdelen mest, bodem en gewas buiten het onderzochte traject niet gelijk blijven (zie hieronder). Extrapolatie naar andere bedrijven is daarom gevaarlijk. In zijn algemeenheid kan wel gesteld worden dat het effect van verlaging van de N-excretie op een bedrijf met veel N-excretie per hectare groter zal zijn dan op een bedrijf zoals op 'De Marke' met een lage N-excretie per hectare. Dat komt doordat de 'laatste' kilogrammen N bij een hoge N-excretie veelal niet meer goed worden benut in mest, bodem en gewas, zodat daarvan relatief veel bijdraagt aan het N-overschot.

De berekeningen laten verder zien dat de aanvoer van N en P met aangekocht voer nog afneemt bij verhoging van de mineralenbenutting in de veestapel. De verhoging van de mineralenbenutting in de veestapel leidt tot afname van de gewasopbrengst van mineralen doordat de aanvoer van mineralen uit eigen mest ook lager wordt, zonder dat hiervoor wordt gecompenseerd door meer kunstmestgebruik in te rekenen. Echter de voerbehoefte is zoveel lager dat nog bespaard kan worden op N- en P-aankoop met voer.

In deze berekening is de efficiëntie van N en P in de componenten mest, bodem en gewas van groot belang. De N-efficiëntie in de mestcomponent is afgeleid van de waarden in 2000-2005 op 'De Marke'. De vraag is of deze waarde zal veranderen door een lagere excretie. Verliezen uit mest vinden plaats door vervluchtiging van ammoniak uit de stal of uit de opslag. Ammoniak emissie is een concentratie gedreven proces. Daarom is denkbaar dat de emissie afneemt naarmate N-gehaltes in mest afnemen. Echter, de verandering van de N-gehaltes zijn zo beperkt (minder dan 10%) dat het deel van de N in mest dat door emissie verloren gaat, naar verwachting niet merkbaar zal afnemen. Een gelijke efficiëntie van N in de component mest is dus redelijk, ook al is het een conservatieve aanname.

De benutting van N in de bodem is gelijkgesteld aan de prognose die in hoofdstuk 4, Tabel 4.11 werd opgesteld voor de situatie op 'De Marke' zonder gebruik van kunstmest. De vraag is hoe een lagere aanvoer van dierlijke mest de efficiëntie beïnvloedt. Als we ervan uitgaan dat de lagere N-excretie alleen wordt opgevangen door gras, dan is het vooral de vraag hoe gras zal reageren op een lagere N-bemesting. Veelal wordt ervan uitgegaan dat de N-efficiëntie toeneemt naarmate de N-aanvoer lager wordt, uitgaande van een veronderstelde 'kromme N-input-Nopbrengst-curve'. De N-trappenproef van Van Steenbergens leert dat de N-efficiëntie in het traject waarbinnen onze verkenning zich afspeelt, ongeveer gelijk blijft. Dit kan verklaard worden doordat in het traject van een N-bemesting van rond $200\text{-}250 \text{ kg ha}^{-1}$ geen sprake is van overdaad en doordat N in dit traject een gunstig effect kan hebben op de botanische samenstelling. Anders gesteld: bij afname van de N-aanvoer zal achteruitgang van de zode een rol gaan spelen bij de realiseerbare N-opbrengst. Een gelijkblijvende N-efficiëntie is daarom het meest realistisch.

De N-efficiëntie in de component gewas is eveneens gelijk gehouden aan het niveau in 2000-2005. De argumenten hiervoor zijn vergelijkbaar met de argumenten voor de constante efficiëntie in mest.

Met betrekking tot P is vooral de efficiëntie in de bodem van belang. Uit eerder onderzoek op 'De Marke' blijkt dat de P opbrengst evenredig toeneemt met de N-opbrengst. Dit past bij het beeld dat N het meest bepalend is voor de opbrengst van gras op 'De Marke'. Men zou dan verwachten dat het bij een lagere N-bemesting dus moeilijker wordt om P evenwichtsbemesting te handhaven, maar de P excretie neemt ook af evenals het krachtvoergebruik. De situatie wordt uiteindelijk voor de P balans niet minder gunstig.

Al met al lijkt de verhoging van de mineralenbenutting in de veestapel een goed perspectief te bieden op een verhoging van de mineralenbenutting op bedrijfsniveau en de beperking van mineralenoverschotten, zelfs in een ver geoptimaliseerd systeem als 'De Marke'. Voedingsonderzoek zal de praktische realisatie van dit traject moeten gaan ondersteunen.

Literatuur

Oenema, J. & H.F.M. Aarts, 2005.

Hoe efficiënt worden mineralen benut in 'Koeien & Kansen'?, Koeien&Kansen-rapport 30, Rapport Plant Research International nr. 105.

Van Steenbergens T., 1977.

Invloed van grondsoort en jaar op het effect van stikstofbemesting op de grasopbrengst. Stikstof 85: 9-16.

11 Conclusies en aanbevelingen

11.1 Conclusies

Onder de omstandigheden op 'De Marke' kan door efficiënt mineralengebruik het N-overschot beperkt worden tot 119 kg ha^{-1} (bedrijfsbalans) en 82 kg N ha^{-1} (bodembalans) bij een productie-intensiteit van ca. $12000 \text{ kg melk ha}^{-1}$. Zonder afvoer van dierlijke mest, kon een P overschot gerealiseerd worden van $1,2 \text{ kg ha}^{-1}$ op de bedrijfsbalans en $-3,5 \text{ kg ha}^{-1}$ op de bodembalans.

Bij een N-overschot van 82 kg N ha^{-1} op de bodembalans was de aanvoer van N naar de bodem (alle bronnen inbegrepen) bij benadering nog 25 kg hoger dan de afvoer (door gewasonttrekking én verliezen). Bij krappe N voorziening vindt dus nog geen uitmijning plaats van N voorraden in de bodem, maar de nul accumulatie wordt steeds dichter benaderd. Afname van de N-mineralisatie in de bodem was niet waarneembaar. Ook dit wijst erop dat de strategie van krappe N-voorziening die nodig is om N-overschotten te beperken, niet leidt tot uitmijning van N-voorraden in de bodem.

Op zeer uitspoelingsgevoelige grond bleek afname van het N-overschot van 129 kg N ha^{-1} naar 82 kg N ha^{-1} niet voldoende te zijn om de nitraatuitspoeling te beperken tot lager dan de norm (50 mg l^{-1}).

De nitraatuitspoeling reageerde in vijf jaar vrijwel niet op de afname van het N-overschot op de bodembalans. Hiervoor zijn verschillende verklaringen te geven.

- i) het N-overschot nam af in grasland en minder in de voedergewassen (met name maïs) terwijl juist de teelt van voedergewassen het meest gevoelig zijn voor uitspoeling;
- ii) bij lage N-overschotten vertaalt verdere afname zich slechts deels in minder nitraatuitspoeling doordat bij afname van het overschot waarschijnlijk een relatief steeds groter deel van het overschot wordt gedenitrificeerd.

De strategie van P evenwichtsbemesting had geen waarneembare nadelige gevolgen voor de gewasproductie. Naar verwachting zal de fosfaattoestand na langdurig doorgaan met evenwichtsbemesting dalen, met name door afname in de percelen waarvan de fosfaattoestand nu nog hoog is. Op percelen met de fosfaattoestand die op lange termijn te verwachten is (P-AL 30-40 en Pw 20), was de gewasopbrengst niet of nauwelijks lager dan op percelen met een hoge fosfaattoestand. Maïs was in latere jaren beter dan in het begin bestand tegen een lage Pw-toestand. Vermoedelijk komt dat door een toegenomen bijdrage van P uit mineralisatie van organische stof (wisselbouweffect). P evenwichtsbemesting kan bij de omstandigheden op 'De Marke' dus worden voortgezet zonder dat de gewasopbrengst daaronder leidt.

Op 'De Marke' ging op percelen met een hoger dan gemiddelde fosfaattoestand ongeveer 12 kg P ha^{-1} verloren naar diepere bodemlagen; de verliezen op percelen met een lage fosfaattoestand waren verwaarloosbaar. Om P verliezen te voorkomen, is nivellering van de fosfaattoestand gunstig.

De N-efficiëntie van de veestapel nam toe van 23% in 1993-1999 naar 24% in 2000-2005. Het nagestreefde niveau van N-efficiëntie in de veestapel (25%) werd niet bereikt. Dit werd vermoedelijk veroorzaakt door een niet optimale vertering van ruwvoer waardoor vee meer energie en eiwit opnemen dan volgens modellen nodig is. Als gangbare inzichten worden toegepast wordt vooral een tekort in de voorziening van eiwit (en daarmee N en P) aangevuld, terwijl een nadere analyse uitwijst dat er eerder sprake is van een energietekort. Door de energievoorziening te verhogen of het eiwitaanbod te verlagen kan de efficiëntie verder worden verhoogd tot naar verwachting 26%. Mogelijkheden hiertoe liggen in het verbeteren van de verteerbaarheid van het zelfgeeteelde ruwvoer. Nader onderzoek moet uitwijzen hoe groot de mogelijkheden zijn.

Door een lagere beweidingintensiteit in 2000-2005 dan in 1993-1999, werd een groter deel van de dierlijke mest als drijfmest uitgereden en werd een kleiner deel als weidemest uitgescheiden. Van de N-opbrengsten van gras kon worden afgeleid dat deze maatregel tot een hogere N-benutting uit dierlijke mest leidde. Mestvergisting heeft op 'De Marke' geen aantoonbaar effect op de mineralenbenutting in het bodem en gewas systeem.

In de overgang van de bouwlandfase naar de graslandfase werd in plaats van maïs een (zomer)graan geteeld als laatste bouwlandgewas. Het graan kon vroeger geoogst worden dan de maïs die het verving. Hierdoor kon tijdelijk gras vroeger in het groeiseizoen van het laatste bouwlandjaar gezaaid worden, waardoor de bodem in de winter van het overgangsjaar van bouwland naar grasland beter bedekt was. Dit had een gunstig effect op de N-efficiëntie. Wintergraan (Triticale) bleek niet geschikt als laatste jaars bouwlandgewas, omdat het een grotere bijdrage aan de nitraatuitspoeling bleek te leveren dan maïs.

11.2 Mogelijkheden voor verdere verbetering

Bij intensieve melkveeproductie vergt efficiënt mineralengebruik een zo hoog mogelijke benutting van N en P in dierlijke mest. In dergelijke productiesystemen is er weinig ruimte voor gebruik van N en P uit kunstmest. De verhouding van N en P in dierlijke mest sluit in veel gevallen niet goed aan bij de gewasbehoefte. Zolang de N- en P-verhouding in dierlijke mest vastligt, zijn de sturingsmogelijkheden beperkt om gewassen op maat te bemesten met dierlijke mest. Scheiden van mest in een fractie met een relatief hoog N-gehalte en een fractie met een relatief hoog P-gehalte kan dit oplossen. De aanvoer van N en P zou niet alleen kunnen worden afgestemd op de gewasbehoefte, maar ook op verschillen in N- en P-levering uit de bodem. Zo zou de P-aanvoer op fosfaatrijke percelen verlaagd kunnen worden zonder dat dit tot een N-tekort van de gewassen leidt. Het is aan te bevelen de bedrijfsmatige mogelijkheden op 'De Marke' te onderzoeken.

Om N-overschotten te beperken, werd de N-voorziening in gras verlaagd. Hierdoor nam het N-gehalte in gras af en werd het gras mogelijk slechter verteerbaar. Het is de vraag of de veranderde graskwaliteit ten koste gaat van de mineralenefficiëntie in de veestapel. Om dit te bepalen, zal de verteerbaarheid van het ruwvoer bij een 'krappe N-voorziening' preciezer bepaald moeten worden. Het is onzeker of de huidige voederwaarde bepalingen hiervoor adequaat zijn.

Als door toename van de N- en P-efficiëntie van de veestapel de aanvoer van N en P met voer verder beperkt kan worden, is dit gunstig voor het beperken van overschotten. Voor het realiseren van een laag overschot van N en P op het bedrijf is het van belang dat gewasproductie, voer en veestapel zo goed mogelijk op elkaar afgestemd zijn. Al deze componenten bieden aanknopingspunten voor het verbeteren van de afstemming. Tot nog toe hebben we een zwaar accent gelegd op het vinden van een gewasproductie (en bijbehorend teeltplan) waarin N en P goed wordt benut en die goed past bij de voerbehoefte van de veestapel. Omdat de aansluiting van gewas en vee niet optimaal leek te zijn (wat tot uiting kwam in een lagere veestapel efficiëntie dan gewenst), hebben we nu vooral gekeken naar de relatie tussen de aangeboden rantsoenen en de nutriëntenbehoefte van het vee. Vastgesteld werd dat de verhouding tussen energie- en eiwitvoorziening te ruim was voor een efficiënte mineralenbenutting. Dit komt deels doordat een deel van de energie in ruwvoer niet goed verteerd wordt. Gezocht wordt naar mogelijkheden om door aanpassing van de krachtvoersamenstelling te verbeteren. Het is van belang om deze aanpassingen in de praktijk uit te testen. Tegelijk ligt het voor de hand te verkennen wat de bijdrage kan zijn van de volgende maatregelen:

- bewerken van het eigen voer zodat het beter benut kan worden door het vee en
- kiezen voor vee dat beter in staat is om het geproduceerde voer te benutten.

Het vanggewas dat in de bouwlandfase wordt toegepast in de winters wordt nu in het voorjaar ondergeploegd. De N-opbrengst van gewassen zou verhoogd kunnen worden door vanggewas te oogsten met als gevolg een lager N-overschot op de bodembalans. Bezien zou moeten worden of de kwaliteit van het materiaal daarvoor geschikt is of geschikt gemaakt kan worden.

Nitraatuitspoeling kan mogelijk 'vanzelf' afnemen door afnemende nalevering. Dat neemt niet weg dat naar maatregelen gezocht moeten worden om de nitraatuitspoeling in de meest gevoelige onderdelen te beperken. Maatregelen moeten vooral gezocht worden in de meest voor nitraatuitspoeling gevoelige onderdelen van het gewassysteem: de beweiding en de overgang van de grasland- naar de bouwlandfase in de vruchtwisseling. Omdat de resultaten met betrekking tot de effecten van beweiding niet consistent zijn, is hiervoor meer aandacht nodig. Ten aanzien van de vruchtwisseling kan gezocht worden naar manieren om de nalevering van N uit de ondergeploegde graszode in eerstejaars maïs beter te laten samenvallen met de N-behoefte van eerstejaars maïs. Mogelijke maatregelen zijn:

- Later in het voorjaar onderploegen van de graszode en oogsten van gras voordat het wordt ondergeploegd;
- Lichter bemesten van het laatste jaar tijdelijk gras (om de mest te kunnen blijven plaatsnemen zal dan echter meer bemest moeten worden op jonger grasland of zal het graslandareaal moeten toenemen);
- Verkorten van de graslandfase (zodat minder Norg wordt opgebouwd en de mineralisatie in het begin van de bouwlandfase lager wordt).

Er is nog onduidelijkheid over de bijdrage van de beweiding aan nitraatuitspoeling. De resultaten van verschillende onderzoeken zijn niet consistent. De analyse na correctie voor 'natuurlijke variatie' wijst op een zeer aanzienlijke bijdrage, zelfs bij beperkt weiden maar in de trendanalyse is dit effect niet terug te vinden. Verheldering is nodig, mede gezien het aanzienlijke effect dat voortkwam uit de eerstgenoemde analyse. Een mogelijkheid is beweiding te laten plaatsvinden op percelen waarvan vakken zijn afgezet. Het nitraatgehalte in grondwater zou vervolgens op de percelen en in de vakken kunnen worden bepaald, zodat vastgesteld kan worden of zich verschillen voordoen. Door deze aanpak wordt verstoring van perceelseffecten op de uitkomsten beperkt.