

**De Marke**

Proefbedrijf voor  
Melkveehouderij en Milieu



**PR**

**CLM**

Centrum voor Landbouw en Milieu



**AB-DLO**

# **Milieuverantwoorde melkveehouderij op lichte zandgrond bij een gangbaar melkquotum**

**Technische resultaten van De Marke in de boekjaren 1993/94 en 1994/95**

H.F.M. Aarts (AB-DLO)

**Rapport no. 15**  
AB-DLO rapport 58  
Maart 1996

**Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR)**

## **Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR)**

De Marke  
Proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu  
Roessinkweg 2  
7255 PC Hengelo (Gld.)

Secretariaat De Marke:  
PR-Centraal  
Runderweg 6  
8219 PK Lelystad

tel. 0320-293211  
fax 0320-241584

De Marke, Proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu, is gestart in 1992. Doel is het ontwikkelen en demonstrenen van een zo rendabel mogelijk bedrijfssysteem voor grondgebonden melkveehouderij dat voldoet aan de toekomstige stringente milieunormen. De nadruk ligt op het vergaand terugdringen van mineralenverliezen.

In 1990 is de Stichting Proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu opgericht waarin De Marke is ondergebracht. Het bestuur werd gevormd door overheid en bedrijfsleven. De ministeries van LNV en VROM, het Landbouwschap en het Produktschap voor Zuivel financieren het onderzoek.

Per 1 januari 1995 valt De Marke bestuurlijk onder het Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR).

Het onderzoek valt primair onder de verantwoordelijkheid van AB-DLO, CLM en PR. Ook andere onderzoeksinstituten dragen bij aan het onderzoek.

De Marke draagt zijn resultaten uit door publicaties, voorlichting en demonstratie.

### **Colofon**

Uitgave: De Marke, Hengelo (Gld.)  
Druk: Drukkerij Cabri bv, Lelystad.  
Eerste druk: 1996, oplage 200.

**Dit rapport is verkrijgbaar door f 10,- over te maken op Rabo-rekening 33.76.98.465 te name van De Marke te Lelystad, onder vermelding van het rapportnummer en de hoofdtitel.**

ISSN 0928-2637

### **© De Marke 1996**

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van De Marke.

De Marke aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## **Referaat**

*Milieuverantwoorde melkveehouderij op lichte zandgrond bij een gangaar melkquotum.*  
Rapport nr. 15 De Marke, Rapport nr. 58 AB-DLO. 24 blz.

Het rapport beschrijft de technische resultaten in de boekjaren 1993/94 en 1994/95 van het proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu, De Marke. De resultaten suggereren dat ook op droge zandgrond en bij een 'gangbaar' melkquotum binnen korte tijd voldaan kan worden aan stringente milieunormen ten aanzien van verliezen van stikstof (nitraat en ammoniak) en ophoping van fosfaat. De aanvoer van nutriënten met aangekocht voer kon met ruim 50% worden beperkt ten opzichte van de aanvoer van een gangbaar bedrijf. Het gebruik van kunstmest-N kon worden beperkt met 74% in vergelijking met de gangbare praktijk en er kon worden afgezien van het gebruik van kunstmest-P.

Trefwoorden: melkveehouderij, milieu, mineralen, nutriënten, stikstof, fosfor

ISSN 0928-2637

Adres:  
AB-DLO  
Bornsesteeg 65  
Postbus 14  
6700 AA Wageningen  
tel. 0317 - 47 57 00  
fax 0317 - 42 31 10

# Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	
1. Inleiding	1
2. Doel project De Marke	1
3. Onderzoekmethode	2
4. Proefbedrijf De Marke	3
5. Het experimentele bedrijfssysteem De Marke	4
5.1. De component vee	5
5.2. De component bodem/gewas	6
6. Nutriëntenstromen	10
6.1. Bedrijfsniveau	10
6.2. Component vee	11
6.3. Component mest	12
6.4. Component bodem/gewas	13
6.5. Component voer	14
7. Het lot van het nutriëntenoverschot	15
7.1. Stikstof	15
7.2. Fosfor	17
8. Discussie en conclusies	17
Literatuur	19
Bijlagen	21

## Samenvatting

Op het gemiddelde melkveebedrijf op de lichtere zandgronden is de aanvoer van nutriënten met meststoffen en voer veel groter dan de afvoer met melk en vlees. Het verschil - het overschot - belast het milieu vroeg of laat. Het project De Marke richt zich niet op extensiveren als oplossing voor dit probleem - omdat die oplossing in de regel duur is - maar op de vraag in hoeverre het optimaliseren van het nutriëntenmanagement mogelijkheden biedt.

In het onderzoek is de methode 'prototyping' toegepast. Allereerst zijn bedrijfssystemen berekend die in theorie voldoen aan de gestelde doelen. Uit die verzameling systemen is één van de technisch en economisch meest aantrekkelijke in 1992 op proefbedrijf De Marke geïmplementeerd en sindsdien verder ontwikkeld. Het functioneren van het systeem wordt zo volledig mogelijk kwantitatief in beeld gebracht door de stof- en nutriëntenstromen waar mogelijk te meten.

De tot nu toe behaalde resultaten suggereren dat ook op droge zandgrond en bij een 'gangbaar' melkquotum binnen korte tijd voldaan kan worden aan stringente milieunormen ten aanzien van verliezen van stikstof (nitraat en ammoniak) en ophoping van fosfaat. De nitraatconcentratie in het bovenste grondwater nam binnen enkele jaren af met 75% tot iets onder de norm van 50 mg nitraat/l, per ha ging 22 kg N als ammoniak verloren en de aanvoer van fosfor met voer lag in de buurt van de afvoer met melk en vee. De binnen het bedrijfssysteem gerealiseerde nutriëntenstromen bleken goed overeen te komen met de waarden die op grond van bestaande kennis waren berekend. De opname van N en P door het vee was echter beduidend hoger dan verwacht. Niettemin kon de aanvoer van nutriënten met aangekocht voer met ruim 50% worden beperkt ten opzichte van de aanvoer van een gangbaar bedrijf in het midden van de jaren tachtig.

Door een goede benutting van de dierlijke mest en lagere bemestingsniveau's kon het gebruik van kunstmest-N worden gereduceerd met 74% in vergelijking met de huidige praktijk en kon worden afgezien van het gebruik van kunstmest-P.

Bij het berekenen van het jaarlijkse stikstofoverschot van het bedrijf zou in principe ook rekening moeten worden gehouden met de verandering in de bodemvoorraad. Die verandering kan echter niet nauwkeurig genoeg worden gemeten. Naarmate de vochtvoorziening beter is, is de snelheid van afbraak van het organisch materiaal hoger waardoor een groter deel van de organische stikstofvoorraad vrijkomt (mineralisatie). Als de verandering in de bodemvoorraad buiten beschouwing wordt gelaten kan in een droog jaar een hoog stikstofoverschot minder milieubelastend zijn dan een veel lager overschot in een nat jaar.

Door het lage P-overschot daalde de fosfaatbeschikbaarheid voor het gewas. Op een aantal percelen traden daardoor problemen op tijdens de jeugdgroei van maïs. Mogelijk zijn die problemen in de toekomst voldoende te beperken door drijfmest na het ploegen toe te passen en dan bij voorkeur in de gewasrijen, zodat de wortels van de planten de P in de drijfmest sneller kunnen bereiken.

Voor betrouwbare resultaten moet het onderzoek nog geruime tijd worden voortgezet, omdat het systeem moet stabiliseren, de bodemvoorraden en de bodemvruchtbaarheid traag reageren op veranderingen en er sprake is van wisselende weersomstandigheden. Er zijn geen redenen aan te nemen dat op korte termijn grote problemen gaan ontstaan.

## 1. Inleiding

Op het gemiddelde melkveebedrijf op de lichtere zandgronden is de aanvoer van nutriënten met meststoffen en voer veel groter dan de afvoer met melk en vlees (Van Eck, 1995; Oenema & Van Dijk, 1994). Het verschil - het overschot - belast het milieu vroeg of laat. Door af- en uitspoeling van nitraat en fosfaat raken oppervlakte- en grondwater verontreinigd. Atmosferische depositie van ammoniak kan leiden tot verzuring en draagt bij aan eutrofiëring. Ecosystemen kunnen daardoor ontregeld raken en cultuurhistorisch erfgoed beschadigd. Het overheidsbeleid is er op gericht de verliezen van nutriënten te beperken tot milieuhygiënisch aanvaardbare niveaus. De veehouder zal proberen de kosten die voortvloeien uit het overheidsbeleid zo laag mogelijk te houden. Daarvoor moet hij beschikken over voldoende en betrouwbare informatie. Het landbouwkundig onderzoek moet ervoor zorgen dat de veehouder tijdig over de benodigde informatie kan beschikken. Het project De Marke levert daaraan een bijdrage.

## 2. Doel project De Marke

Een melkveebedrijf kan aan de milieunormen van de overheid voldoen door te extensiveren, dus door minder melk per hectare te produceren (Weissbach & Ernst, 1994). Bij een gelijkblijvend bedrijfsquotum is dan meer grond nodig, die vooral in de zandgebieden schaars en dus duur is. Vrijkomende grond wordt in Nederland bij voorkeur bestemd voor natuurontwikkeling en stedelijke uitbreiding. Bij extensiveren zonder grondaankoop daalt de melkproductie van het bedrijf, hetgeen in de regel leidt tot een sterke daling van het inkomen. Bovendien is het de vraag of bij een extensiever grondgebruik en een afname van het areaal cultuurgrond de groeiende wereldbevolking in de nabije toekomst nog wel voldoende voorzien kan worden van hoogwaardig voedsel. De komende decennia wordt een verdubbeling van de voedselproductie noodzakelijk geacht. Het project De Marke richt zich daarom niet op extensiveren als oplossing voor het milieuprobleem, maar op de vraag in hoeverre het optimaliseren van het nutriëntenmanagement van melkveebedrijven mogelijkheden biedt de melkproductie per ha te handhaven.

Kenmerkend voor de melkveehouderij is de combinatie van plantaardige en dierlijke productie binnen één bedrijf. Dierlijke mest en ruwvoer vormen de schakels tussen de dierlijke en plantaardige component van het bedrijf. Voor zover nutriënten niet worden afgevoerd - met melk en dieren - of verloren gaan, doorlopen ze een kringloop: nutriënten in het voer worden door de dieren in de vorm van faeces en urine uitgescheiden, deze mest wordt gebruikt bij de teelt van gewassen, nutriënten in de mest worden door het gewas opgenomen en vervolgens opnieuw door het vee geconsumeerd. De hoeveelheden met melk en dieren afgevoerde nutriënten en de hoeveelheden nutriënten die uit de cyclus verloren gaan worden gecompenseerd door de aanvoer van nutriënten in meststoffen en veevoer.

Nutriëntenstromen kunnen worden beïnvloed door management, waardoor verliezen kunnen worden beperkt. Op de meeste bedrijven neemt het vee veel meer stikstof op dan voedingstechnisch noodzakelijk is. Daarom zal verlaging van het stikstofgehalte in het rantsoen in eerste instantie geen gevolgen hebben voor de melkproductie, maar wel leiden tot geringere hoeveelheden stikstof in de urine. In de regel zullen de verliezen daaruit dan afnemen. Het is belangrijk dat maatregelen in verschillende delen van de cyclus elkaar waar mogelijk ondersteunen en afgestemd worden op de specifieke mogelijkheden en beperkingen van het bedrijf. Daarbij is kostenbeheersing een belangrijk criterium.

Het doel van het onderzoek is een bedrijfssysteem te ontwerpen, te toetsen en verder te ontwikkelen dat als vertrekpunt kan dienen voor de ontwikkeling van melkveebedrijven op de drogere zandgronden met een gemiddelde melkproductie/ha (ongeveer 12.000 kg). Het bedrijfssysteem moet voldoen aan stringente milieunormen, afgeleid uit beleidsnotities. Dat houdt in dat het grondwater slechts 50 mg nitraat per liter mag bevatten - op lichte zandgronden nu vaak meer dan 200 mg/l (Boumans & Van Drecht, 1995) - en dat de ammoniakemissie uit faeces en urine moet worden beperkt tot 30 procent van de gemiddelde emissie in 1980. Dat is een jaarlijks verlies van maximaal 30 kg N-NH<sub>3</sub>/ha. Het P-overschot - nu jaarlijks ongeveer 30 kg/ha - mag niet meer dan 1 kg/ha bedragen (Oenema & Van Dijk, 1994). In verband met de verdrogingsproblematiek moet het grondwaterverbruik worden beperkt tot het meest noodzakelijke. Er mag daarom alleen worden berekend om beweiding gedurende een deel van de dag mogelijk te maken (uit welzijnsoverwegingen) of om te voorkomen dat gewassen door droogte voortijdig afsterven, hetgeen nadelig kan zijn voor de benutting van reeds toegediende meststoffen (milieuoverwegingen), en de aankoop van grotere hoeveelheden voer noodzakelijk maakt (kosten- en milieuoverwegingen). Er wordt vanuit gegaan dat er niet meer mest wordt geproduceerd dan op het eigen bedrijf verantwoord kan worden afgezet.

### 3. Onderzoekmethode

In het onderzoek is de methode 'prototyping' toegepast. Allereerst zijn met behulp van bestaande en voor dit doel ontworpen of aangepaste rekenprogramma's input-outputrelaties vastgesteld voor de dierlijke en plantaardige bedrijfscomponenten. Dit betrof onder meer het verband tussen de melkproductie per dier per dag en de daarvoor noodzakelijk hoeveelheden energie, eiwit en fosfor en tussen gewasopbrengst en de daarvoor noodzakelijke hoeveelheden meststoffen en water (Aarts et al., 1992; Biewinga et al., 1992). Deze relaties zijn gebruikt voor de synthese van een aantal bedrijfssystemen die in theorie voldoen aan de gestelde doelen.

Uit die verzameling theoretisch aanvaardbare systemen is één van de technisch en economisch meest aantrekkelijke en onderzoekstechnisch meest interessante in 1992 op proefbedrijf De Marke geïmplementeerd en sindsdien verder ontwikkeld richting gestelde doelen. Het functioneren van het systeem - eveneens 'De Marke' genoemd - wordt sindsdien

zo volledig mogelijk kwantitatief in beeld gebracht door de stof- en nutriëntenstromen waar mogelijk te meten. Bovendien worden op een aantal vaste plekken gedetailleerde waarnemingen verricht om het inzicht te vergroten in de processen die zich in de bodem afspelen, met name rond water, organische stof, stikstof en fosfor.

De gekozen onderzoeksmethode heeft enkele belangrijke voordelen. De wetenschappelijke benadering van produktiesystemen vindt plaats op bedrijfsniveau, het niveau waarop het management opereert. Het geïntegreerde effect van processen wordt in beeld gebracht en het overdragen van vergaarde kennis wordt vergemakkelijkt omdat men het systeem met eigen ogen kan aanschouwen. Door een brug te slaan van theorie naar experimentele toetsing wordt voorkomen dat achter het bureau te veel aandacht wordt besteed aan elementen die in de praktijk minder relevant blijken of - andersom - dat te weinig aandacht wordt besteed aan zaken die later belangrijk blijken. Prototyping heeft ook nadelen. Het experimentele systeem moet vrij subjectief gekozen worden uit verschillende mogelijkheden en een betrouwbare vergelijking met andere systemen is niet mogelijk omdat slechts één systeem in praktijk wordt gebracht, dat zich bovendien ontwikkelt. De resultaten kunnen daardoor niet statistisch worden getoetst. Deze nadelen kunnen deels worden ondervangen door een uitgekiend monitoringprogramma en aanvullend (inter)disciplinair onderzoek, waardoor causale verbanden kunnen worden afgeleid die het gedrag van het systeem verklaren, en die gebruikt kunnen worden om de consequenties van alternatieven te verkennen. Prototyping is ook duur. Het experimentele systeem op proefbedrijf De Marke vergde een investering van 10 miljoen gulden en de jaarlijkse onderzoekskosten bedragen ongeveer 1 miljoen. De ministeries van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV) en Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) en het landbouwbedrijfsleven financieren het onderzoek. Het Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO), het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM) en het Praktijkonderzoek voor de Rundveehouderij, Paardenhouderij en Schapenhouderij (PR) zijn initiatiefnemers en uitvoerders van het project.

## **4. Proefbedrijf De Marke**

Om het theoretisch aanvaardbare bedrijfssysteem te kunnen toetsen werd in De Achterhoek 55 ha grond aangekocht. Het proefbedrijf heeft daardoor bijna twee keer zoveel grond ter beschikking als het gemiddelde bedrijf in de zandgebieden. Dat grotere areaal is nodig uit onderzoeksoverwegingen. Voor voldoende betrouwbare resultaten zijn meer dieren nodig dan op een gangbaar bedrijf en de voederverzorging daarvan vraagt dus meer grond.

De grond van proefbedrijf De Marke is waarschijnlijk rond de eeuwwisseling ontgonnen uit heide. Een bovenlaag van 25 tot 30 cm dik met een organische stofgehalte van gemiddeld 4,9% ligt op vrijwel humusloos zand. Grondwater bevindt zich op de meeste plaatsen op een zodanige diepte dat het de wortelzone niet kan bereiken. Het vochtleverend vermogen is daardoor minder dan 50 mm voor 60% van het areaal cultuurgrond en varieert voor de rest



tussen 50 en 100 mm. Daarmee behoort de grond van de Marke tot de droogste 10% van de zandgronden in Nederland.

De percelen van De Marke zijn afkomstig van verschillende eigenaren. Daardoor hebben ze een verschillende historie met betrekking tot de toediening van dierlijke mest, wat heeft geleid tot aanzienlijke verschillen in de bodemvruchtbaarheid, met name ten aanzien van fosfaat. De meeste grond werd verworven in 1989. Tot het experimentele systeemonderzoek in het voorjaar van 1992 van start ging werden de gewassen licht bemest met uitsluitend kunstmest. Beweiding en beregening heeft in die jaren niet plaatsgevonden.

## **5. Het experimentele bedrijfssysteem De Marke**

De belangrijkste kengetallen van het experimentele bedrijfssysteem zijn samengevat in de Tabellen 1 en 2. Een vergelijking wordt gemaakt tussen de verwachte kengetallen (prognose) - de resultaten van de modelberekeningen die aan de bedrijfsopzet ten grondslag liggen - en de gerealiseerde resultaten in de boekjaren (1 mei tot 1 mei) 1993/1994 en 1994/1995. Het experimentele systeem is in het voorjaar van 1992 van start gegaan, maar omdat in het eerste jaar de veestapel nog niet op sterkte was - waardoor er onvoldoende dierlijke mest van het eigen bedrijf beschikbaar was en het grasland relatief vaak werd gemaaid - worden de resultaten van het eerste boekjaar buiten beschouwing gelaten. Een gangbaar bedrijf uit het midden van de jaren tachtig is als referentie genomen (verder aangeduid met 'het gangbare bedrijf') omdat in die tijd een omslagpunt lag: door de melkquotering was een verdere stijging van de nationale melkproductie niet meer mogelijk en bedrijven kregen te maken met overheidsmaatregelen gericht op het terugdringen van de nutriëntenverliezen.

De praktijk is sinds het midden van de jaren tachtig veranderd, ondermeer als gevolg van milieuwetgeving. Het vergelijken van de resultaten van De Marke met de resultaten van een gangbaar bedrijf uit het midden van de jaren tachtig heeft daardoor beperkte waarde. Daarom zijn de meest relevante ontwikkelingen die zich in de praktijk hebben voorgedaan in de tekst vermeld.

### 5.1. De component vee

Het melkquotum van het gangbare bedrijf was iets hoger dan dat van De Marke, maar kortingen in de tweede helft van de jaren tachtig leidden tot een vergelijkbaar quotum aan het begin van de jaren negentig. Modelberekeningen suggereren dat de voederbehoefte van een bedrijf bij een gegeven melkquotum afneemt naarmate de melkproductie per koe stijgt, omdat per kg melk minder energie nodig is voor de onderhoudsbehoefte van het dier en er minder jongvee nodig is om koeien te vervangen (bij een gelijkblijvende levensduur). Het streven van De Marke was daarom gericht op een beduidend hogere melkproductie per koe dan die op het gangbare bedrijf. Dat hogere niveau bleek realiseerbaar en leidde tot een veel lagere veebezetting. Intussen is de melkproductie ook in de praktijk op veel bedrijven gestegen tot boven de 7.000 kg/koe.

Tabel 1. Kengetallen van de component vee van een gangbaar bedrijf in het midden van de jaren tachtig (referentiesituatie), de prognoses bij de start van De Marke en de gerealiseerde kengetallen in de boekjaren 1993/1994 en 1994/1995.

	gangbaar	De Marke		
	1983/86	prognose	1993/94	1994/95
werkelijke melkproductie (kg/ha)	12.798	11.890	12.047	11.664
meetmelkproductie (kg/ha)*	13.161	12.487	12.681	12.288
melkkoeien/ha	2,31	1,47	1,45	1,43
meetmelk/koe (kg)	5.697	8.495	8.720	8.467
jongvee/koe	0,76	0,57	0,81	0,70
aankoop krachtvoer (kg ds/ha)	4.047	1.377	1.544	1.542
aankoop ruwvoer (kg ds/ha)	2.136	0	251	693
voeropname vee (kg ds/ha)	16.158	11.240	12.726	11.495
voeropname vee (kg ds/kg meetmelk)	1,23	0,90	1,00	0,94

\* melkproductie met standaard eiwit- en vetgehalten

De hogere melkproductie heeft niet zoveel besparing op voer opgeleverd als op grond van de modeluitkomsten werd verwacht. De energieopname (kVEM) van het melkvee bleek duidelijk hoger dan volgens de voedernormen, zonder dat vervetting van de dieren optrad (Meijer, 1994). Het produktietraject waarvoor de modellen oorspronkelijk ontworpen zijn loopt tot ongeveer 6.500 kg/koe (pers. med. A. Meijer, PR). Het lijkt er dus op dat de voederbesparing bij een hoog produktieniveau minder groot is dan op grond van modeluitkomsten werd verwacht.

Het aantal stuks jongvee per melkkoe bleek groter dan in het bedrijfsplan was voorzien en gemiddeld ongeveer gelijk aan dat op het gangbare bedrijf in het midden van de jaren tachtig. Het laatste boekjaar is het aantal stuks jongvee op De Marke duidelijk afgenomen. In de

praktijk is het aantal stuks jongvee per melkkoe in de zandgebieden gestegen tot 1 op 1 (Leneman et al., 1996). De hoofdoorzaak van de hogere jongveebezetting in het boekjaar 1993/1994 was het feit dat De Marke bezig was met de opbouw van haar veestapel, waardoor extra selektiemogelijkheden gewenst waren. Het aantal jonge dieren zal daarom in komende boekjaren vermoedelijk afnemen. Door de vergeleken met de norm hoge energiebehoefte van het melkvee en het grote aantal jonge dieren was de drogestofopname per eenheid melk in het eerste jaar 11% hoger dan de prognose maar nog steeds aanzienlijk lager dan op het gangbare bedrijf. In het tweede jaar was de voeropname slechts 4% hoger dan de prognose.

Bij de samenstelling van het rantsoen werd gestreefd naar minimale eiwit- en fosforgehalten. De consequenties daarvan voor de hoeveelheden N en P in dierlijke mest worden later beschreven (6.2 en 6.3). Het weideseizoen eindigt op De Marke één maand eerder dan gebruikelijk en de duur van de dagelijkse weidegang is beperkt. In de zomer worden de koeien gedurende de middag en nacht opgestald en bijgevoerd met snijmais. In het eerste jaar werd alleen 's nachts opgestald maar de perioden van eiwitrijke (overdag beweiding) en eiwitarme voeding ('s nachts maïs) bleken te lang en leidden tot voedingsstoornissen bij het hoogproductieve vee. Het melkvee wordt elke 2 dagen omgeweid, waarna het perceel verder wordt afgegraasd door het jongvee. Het beperken van de beweiding leidt tot minder urine- en mestplekken. Stikstof in deze plekken gaat voor een groot deel verloren, zeker als de plekken laat in het seizoen ontstaan. Door het beperken van de beweiding wordt een groter deel van de faeces en urine op stal geproduceerd. De nutriënten daarin zijn veel beter te benutten.

Omdat mest alleen wordt uitgereden tussen begin maart en half augustus is de benodigde opslagcapaciteit op De Marke beduidend hoger dan op het gangbare bedrijf, dat in het midden van de jaren tachtig nog onbelemmerd mest mocht uitrijden. De periode waarin op zandgrond mest mag worden uitgereden is intussen beperkt tot de periode tussen 1 februari en 15 september waardoor de benodigde opslagcapaciteit ook bij de gangbare landbouw is toegenomen.

## **5.2 De component bodem/gewas**

De arealen van de verschillende gewassen die als veevoer kunnen dienen zijn compromissen tussen het producerend vermogen van gewassen onder de condities van De Marke, de waarde van hun producten in het rantsoen en de mogelijkheden om dierlijke mest op een efficiënte manier te benutten.

Het aandeel gras is op De Marke lager dan op het gemiddelde bedrijf in het midden van de jaren tachtig, en het aandeel maïs hoger (Tabel 2). Een belangrijke argument daarvoor is de behoefte aan energierijk voer met een laag stikstofgehalte om de vrij hoge stikstofgehalten in grasprodukten in het rantsoen te kunnen compenseren. Daardoor wordt de uitscheiding van stikstof in urine en faeces beperkt. Bijvoeding met maïs fungeert als een energiebuffer en verlaagt in de weideperiode bovendien de kans op kopziekte. Snijmais is rijker aan energie

dan kuilgras, waardoor in de winterperiode minder krachtvoer nodig is. Bovendien heeft gras per eenheid oogstbare drogestof veel meer water en meststof nodig dan maïs of bieten (Aarts & Grasshof, 1993). De beschikbaarheid van water is op De Marke veelal beperkend voor de gewasgroei en dus voor de opbrengst. De Marke wil zo weinig mogelijk grondwater gebruiken voor beregening, vooral omdat grondwater een schaarse grondstof is maar ook omdat voor beregening energie en arbeid nodig zijn. Niettemin is het areaal grasland ook op De Marke groter dan het areaal bouwland. Belangrijke redenen daarvoor zijn de hogere opbrengsten aan N en P (de aanvoer van deze elementen met aangekocht voer mag niet te groot worden), de mogelijkheid tot beweiden en de ruimere mogelijkheden om dierlijke mest te benutten. Grasland zorgt bovendien voor een betere voorziening van de bodem met organische stof en daardoor indirect voor een betere vochtvoorziening. Intussen is ook het aandeel maïs op gangbare bedrijven sterk gestegen en is een situatie als die op De Marke geen echte uitzondering meer. In het boekjaar 1992/93 was de verhouding tussen de arealen grasland en snijmaïs op bedrijven met rundvee in de zandgebieden ongeveer 3 : 1 (Leneman et al., 1996).

Tabel 2. Kengetallen van de component gewas van een gangbaar bedrijf in het midden van de jaren tachtig, de prognoses bij de start van De Marke en de gerealiseerde kengetallen in de boekjaren 1993/1994 en 1994/1995

	gangbaar	De Marke		
	1983/86	prognose	1993/1994	1994/1995
arealen (% totaal):				
- grasland	90	56	55	60
- maïs	10	33	34	32
- voederbieten	0	11	11	8
kunstmest (kg/ha):				
- N	331	67	52	96
- P	15	6	2	0
- K	30	25	38	0
N-binding klaver (kg/ha)	0	30	12	5
netto opbrengst*(kg ds/ha):				
- gras	9.942	9.276	9.409	8.792
- maïs	10.274	11.167	10.657	9.276
- bieten (inclusief blad)	-----	14.133	16.583	10.064
- gemiddelde van bedrijf	9.975	10.436	10.615	9.046

\* netto opbrengst is de opbrengst na aftrek van beweidings-, oogst-, conserverings- en vervoederingsverliezen en is dus gelijk aan de opname door het vee.

Voederbieten zijn in de gangbare praktijk nauwelijks meer van betekenis, maar op De Marke kunnen ze een deel van het benodigde krachtvoer vervangen. Bovendien zijn de drogestof- en energieopbrengsten per ha in de regel zeer hoog en is de stikstofopnamecapaciteit groter dan

van maïs waardoor bieten als eerste gewas na een graslandperiode veiliger geacht werd dan maïs. Omdat grote hoeveelheden bieten in het rantsoen bij hoogproductief vee tot voedingsstoornissen bleken te leiden, werd na het eerste jaar de gift in de winter verlaagd en werd een deel van de bieten met maïs ingekuild, zodat ze ook 's zomers konden worden gevoederd. Een belangrijk nadeel is dat de bieten daarvoor vroeg moeten worden geoogst, dus bij een lagere opbrengst, en de teelt van een nagewas noodzakelijk wordt (om stikstof die na de oogst mineraliseert vast te leggen). Ondanks het gevoederen in de zomer bleek het oorspronkelijk areaal bieten (6 ha) te groot om op een verantwoorde manier te kunnen worden gevoederd. Het is daarom in 1994 teruggebracht tot 4 ha.

Een deel van de maïs wordt op De Marke geoogst als maïskoivensilage (MKS) dat zeer rijk is aan energie en vooral bestemd is als krachtvoervanger voor de meest productieve dieren. Het maïsstro wordt ook geoogst en wordt gebruikt als absorberende onderlaag voor de vrij natte grassilage in het najaar. De kuil wordt vervolgens afgedekt met bietenblad. De inhoud van deze kuil bleek zeer geschikt voor de voeding van jongvee en droogstaande koeien. Ook in de gangbare praktijk wint MKS aan betekenis maar het stro wordt (nog) niet geoogst. De praktijk hoeft minder najaarsgras te kuilen omdat de beweiding in de regel een maand langer doorgaat.

Van de 31 ha grasland ligt 22 ha in wisselbouw en is 9 ha blijvend. Wisselbouw zorgt voor een betere bodemvruchtbaarheid van het bouwland. Permanent akkerbouw leidt uiteindelijk tot een lager organisch stofgehalte van de bodem dan wisselbouw, waardoor de grond van De Marke nog droogtegevoeliger wordt. Bekend is dat de maïsoopbrengst bij wisselbouw hoger is dan bij continue teelt - zeker als nog geen continue teelt heeft plaatsgevonden - en dat de kansen op lastige onkruidvegetaties (door selectie of resistentieopbouw) in ieder geval kleiner zijn. Bovendien kunnen tijdens de grasperiode herbiciden worden afgebroken die bij de akkerbouwmatige teelten worden gebruikt. Een gras/klavermengsel werd steeds direct na de oogst van het laatste maïsgewas ingezaaid. Klaver ging daardoor in een kiemplantstadium de winter in en bleek dan erg gevoelig voor vorstperioden waardoor de klaverbezetting na de meeste winters sterk was gereduceerd en de stikstofbinding door klaver in beide boekjaren duidelijk minder was dan verwacht. Inzaaien in het voorjaar kan dit probleem verhelpen. Het gras wordt na drie jaar in het vroege voorjaar gescheurd. Daarna worden voederbieten geteeld - omdat die de stikstof uit de verterende graszode bijzonder goed kunnen benutten - en vervolgens twee (huiskavel) of vier jaar (veldkavel) maïs. Uit aanvullend onderzoek op De Marke is intussen gebleken dat de teelt van maïs na drie jaar gras ook verantwoord is als de maïs onbemest blijft: de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem werd niet verontrustend groot en de kwaliteit van het grondwater was niet afwijkend van dat onder andere percelen.

Het bemestingsniveau is perceelsspecifiek en gebaseerd op de opnamecapaciteit van de gewassen. Daarbij wordt rekening gehouden met het vochtleverend vermogen van de bodem en de plaats van het gewas in het bouwplan. Voor fosfor geldt in principe dat niet meer wordt toegediend dan het gewas onttrekt. Tijdens de graslandfase krijgt de bodem meer P toegediend dan het gewas onttrekt, tijdens de bouwlandfase minder. In een

wisselbouwsituatie kan een groter deel van de N-behoefte van het grasland worden gedekt door drijfmest omdat bij grasland de hoeveelheid P in drijfmest eerder limiterend is dan de hoeveelheid N en er op tijdelijk grasland meer P mag worden toegediend. Bij continu bouwland zal de hoeveelheid N in de mest in de regel limiterend zijn voor de hoeveelheid uit te rijden drijfmest en kan aanvulling met kunstmest-P noodzakelijk zijn. Door het wisselbouwsysteem kon de fosforbehoefte van de gewassen vrijwel geheel worden gedekt met de op stal geproduceerde mest. Gemiddeld over de twee boekjaren kon De Marke met 74 kg N uit kunstmest/ha volstaan, dat is ongeveer een kwart van het kunstmestgebruik op een gangbaar bedrijf rond 1985. Op het gangbare bedrijf is het kunstmest-N gebruik intussen met ongeveer 40 kg/ha gedaald door de betere werking van drijfmest als gevolg van emissiearme aanwending, waardoor het verschil tussen De Marke en praktijkbedrijven iets kleiner is geworden.

Blijvend grasland werd in 1993 en 1994 gemiddeld bemest met 47 ton runderdrijfmest/ha en 136 kg kunstmest-N/ha (samen 237 kg werkzame N/ha). Tijdelijk grasland kreeg 75 ton drijfmest/ha toegediend en 123 kg kunstmest-N/ha (samen 289 kg werkzame N/ha). Maïs en bieten werden bemest met respectievelijk 27 en 34 ton drijfmest/ha (65 en 85 kg werkzame N/ha). De drijfmest werd in loonwerk op grasland uitgereden met een zodebemester, op bouwland werd de mest geïnjecteerd.

Tussen de rijen maïs werd in juni Italiaans raaigras gezaaid om stikstof vast te leggen die tijdens de afrijping van de maïs en na de oogst door mineralisatie vrij zou komen. In alle jaren bleek de teelt van dit vanggewas een bedrijfszekere en effectieve methode. In het voorjaar van 1995 werd het gras afgegraasd door jongvee. In de jaren daarvoor werd het ondergeploegd.

Grasland wordt alleen beregend als dat nodig is om beweiding ook in droge perioden mogelijk te maken of om herinzaai te voorkomen. Bieten en maïs worden alleen beregend als ze voortijdig dreigen af te sterven. Beregening zal daardoor nooit leiden tot het volledig voorkomen of opheffen van een vochttekort. De veldkavel van het bedrijf - 29 % van de oppervlakte met relatief veel bouwland - wordt nooit beregend. In droge jaren - zoals 1994 - werd gemiddeld over het hele areaal van het bedrijf zo'n 50 mm/ha grondwater verregend. Het beregeningswater werd voor 90% gebruikt op grasland en voor 10% op maïsland.

Het groeiseizoen 1993 (boekjaar 1993/94) had een warm en droog voorjaar en een natte zomer. In dat jaar werd gemiddeld slechts 9 mm water verregend (alleen op grasland). Het voorjaar in 1994 was koud en nat en werd gevolgd door een zeer droge zomer. In Tabel 2 zijn de netto opbrengsten van de gewassen vermeld. Bij maïs, bieten en grassilage werd de opbrengst aan drogestof bij inkuilen op de weegbrug bepaald. Er is verondersteld dat bij conservering en vervoeding nog 7% verlies optrad. De hoeveelheid opgenomen weidegras is bepaald door bij in- en uitscharen de hoeveelheid gras visueel te schatten en een dagelijkse bijgroei van 50 kg drogestof/ha te veronderstellen. Deze berekende opname bleek in 1993 6%

hoger te zijn dan de berekende voederbehoefte minus de opname op stal en in 1994 2% lager.

De netto drogestofopbrengst van grasland lag in beide boekjaren rond de prognose voor een gemiddeld jaar. In 1993 lag de opbrengst van maïs iets eronder. In 1994 is de opbrengst van maïs sterk beperkt door droogte. De opbrengst van de bieten was in het groeiseizoen 1994 duidelijk lager dan in het jaar daarvoor, toen de opbrengst duidelijk hoger was dan de prognose voor een gemiddeld jaar. De lagere opbrengst werd niet alleen veroorzaakt door droogte (de bieten werden niet beregend) maar ook door aantasting door rhizoctonia en een vroege oogst omdat een deel van de bieten met maïs werd ingekuuld. De verwachte opbrengstverschillen tussen gewassen bleken aanwezig. Hoewel de opbrengsten van gras en maïs gemiddeld lager waren dan die van 'gangbaar' is de gemiddelde bedrijfsopbrengst vrijwel gelijk door een hoger aandeel voederbieten en maïs in het bouwplan. Uit analyses, uitgevoerd door het bedrijfslaboratorium 'Oosterbeek', bleek dat de voederwaarden van de producten gemiddeld iets hoger waren dan de gemiddelden van praktijkmonsters.

## **6. Nutriëntenstromen**

De belangrijkste stikstof- en fosforstromen in de twee boekjaren worden eerst voor het bedrijf als geheel besproken en vervolgens per bedrijfscomponent. De gemiddelde N- en P-kringlopen van de twee boekjaren van het proefbedrijf en die van het gangbare bedrijf in het midden van de jaren tachtig zijn weergegeven in de bijlagen 1a t/m 1d.

### **6.1. Bedrijfsniveau**

De N- en P-balansen van het bedrijf zijn weergegeven in Tabel 3. De prognose was dat het overschot op de bedrijfsbalans zou afnemen van 487 kg N/ha en 32.0 kg P/ha (overschot op gangbare bedrijven) tot 122 kg N en 0.0 kg P. Het N-overschot in het boekjaar 1993/1994 (140 kg N/ha) lag dicht bij de verwachte waarde, maar was het jaar daarna duidelijk hoger (198 kg N/ha) als gevolg van het hogere gebruik van kunstmest en het interen op de voorraad drijfmest. Het overschot aan P was in 1994/1995 lager dan het jaar daarvoor maar nog steeds positief. Als de veranderingen in de mestvoorraad buiten beschouwing worden gelaten is het P-overschot in 1994/1995 licht negatief, dus er is in dat boekjaar iets meer P van het bedrijf afgevoerd met melk en vee dan aangevoerd met kunstmest en veevoer. Omdat de aanvoer van P met voer groter bleek dan verwacht, werd vanaf voorjaar 1994 geen kunstmest-P meer gebruikt. Door autonome ontwikkelingen (vooral door de verplichting mest onder te werken en door een stijgende melkproductie/koe) is op het gangbare bedrijf het N-overschot intussen met ongeveer 80 kg N/ha gedaald (17%) en komt daardoor op zo'n 400 kg N/ha (Van Eck, 1995). Het P-overschot is vrijwel gelijk gebleven (30 kg P/ha; Oenema & Van Dijk, 1994).

Tabel 3. De N- en P-balans van een gangbaar bedrijf in het midden van de jaren tachtig, de prognoses bij de start van De Marke en de gerealiseerde waarden in de boekjaren 1993/1994 en 1994/1995 (kg/ha).

	gangb. bedrijf		De Marke					
	'83/86		prognose		1993/1994		1994/1995	
	N	P	N	P	N	P	N	P
<i>input:</i>								
kunstmest	330	15.0	67	6.0	52	1.8	96	0.0
voer	182	32.0	41	5.9	82	15.0	84	11.5
depositie	49	1.0	49	0.9	49	0.9	49	0.9
N-binding klaver	0	0.0	30	0.0	12	0.0	5	0.0
diversen	7	0.0	5	0.0	4	0.0	4	0.0
<i>som</i>	<i>568</i>	<i>48.0</i>	<i>192</i>	<i>12.8</i>	<i>199</i>	<i>17.7</i>	<i>238</i>	<i>12.4</i>
<i>output:</i>								
melk	68	12.0	62	10.6	65	10.5	64	10.6
vlees	13	4.0	8	2.2	10	3.0	9	2.7
voer	0	0.0	0	0.0	8	1.2	0	0.0
mutatie aantal dieren	0	0.0	0	0.0	0	0.2	0	-0.1
mutatie voorraad mest	0	0.0	0	0.0	11	-1.0	-50	-6.4
mutatie voorraad voer	0	0.0	0	0.0	-35	-2.3	17	0.8
<i>som</i>	<i>81</i>	<i>16.0</i>	<i>70</i>	<i>12.8</i>	<i>59</i>	<i>11.6</i>	<i>40</i>	<i>7.6</i>
<i>input - output*</i>	<i>487</i>	<i>32.0</i>	<i>122</i>	<i>0.0</i>	<i>140</i>	<i>6.1</i>	<i>198</i>	<i>4.8</i>

\* = ophoping in bodem en verliezen naar lucht en grondwater

## 6.2. Component vee

Het verschil tussen input en output in Tabel 4 is de excretie door de dieren. Op het gangbare bedrijf was dat meer dan 400 kg N/ha. Daar werd slecht 16% van de N die door het vee werd geconsumeerd omgezet in melk en vlees, en 84% in mest en urine uitgescheiden. De prognose was dat op De Marke de excretie zou kunnen worden gehalveerd door de benutting op te voeren tot ruim 25% door een eiwitarm rantsoen, een hoge melkproductie per koe en een sterke beperking van de jongveebezetting (jongvee benut N relatief slecht). De gerealiseerde benutting was 22% als gevolg van het hogere eiwitgehalte van het rantsoen van het melkvee - er werd ruim 18% meer eiwit opgenomen dan volgens de CVB-normen nodig was (Meijer, 1994) - en een zwaardere jongveebezetting. Ook de benutting van P was lager dan verwacht maar het verschil was minder groot dan bij N.



Tabel 4. Nutriëntenstromen van de component vee van een gangbaar bedrijf in het midden van de jaren tachtig, de prognoses bij de start van De Marke en de gerealiseerde waarden in de boekjaren 1993/1994 en 1994/1995 (kg/ha).

	gangb. bedrijf		De Marke						
	'83/86		prognose		1993/1994		1994/1995		
	N	P	N	P	N	P	N	P	
input:									
voer	496	74.0	278	40.1	336	47.1	330	43.8	
output:									
melk	68	12.0	62	10.6	65	10.5	64	10.6	
vlees	13	4.0	8	2.2	10	3.0	9	2.7	
mutatie veestapel	0	0.0	0	0.0	0	0.2	0	-0.1	
<i>input - output (=faeces+ urine)</i>	<i>415</i>	<i>58.0</i>	<i>208</i>	<i>27.3</i>	<i>261</i>	<i>33.4</i>	<i>257</i>	<i>30.6</i>	

### 6.3. Component mest

De hoeveelheden op stal geproduceerde N en P in faeces en zijn vastgesteld als volume maal gehalten. De hoeveelheden in faeces en urine die tijdens beweiding werden uitgescheiden zijn berekend door de opname met voer te verminderen met de afvoer met melk en vlees en de productie op stal. Aangenomen mag worden dat deze rekenprocedure een relatief grote fout kan opleveren in de verdeling van de faeces en urine over stal en weide.

Tabel 5. Nutriëntenstromen van de component mest van een gangbaar bedrijf in het midden van de jaren tachtig, de prognoses bij de start van De Marke en de gerealiseerde waarden in de boekjaren 1993/1994 en 1994/1995 (kg/ha)

	gangb. bedrijf		De Marke					
	'83/86		prognose		1993/1994		1994/1995	
	N	P	N	P	N	P	N	P
input:								
produktie faeces + urine weide	191	26.0	55	7.0	52	7.7	62	3.3
produktie faeces + urine stal	224	32.0	151	20.2	209	24.7	194	27.1
output:								
faeces + urine weide (na vervl.)	164	26.0	51	7.0	48	7.7	57	3.3
uitger. drijfmest (na vervl.)	146	32.0	137	20.2	181	25.8	227	33.5
mutatie voorraad mest	0	0.0	0	0.0	11	-1.0	-50	-6.4
<i>input - output (= ammoniak uit mest)</i>	<i>105</i>	<i>0.0</i>	<i>18</i>	<i>0.0</i>	<i>21</i>	<i>-0.1</i>	<i>22</i>	<i>0.0</i>

De hoeveelheden nutriënten in faeces en urine die meer werden geproduceerd dan op grond van modelberekeningen werd verwacht, lijken in de stal terecht te zijn gekomen. De mestproductie in de weide was conform de prognose. Door beperking van de beweiding op De Marke tot ongeveer 1/3 van 'gangbaar' was de uitscheiding van nutriënten in de weide gemiddeld slechts 22 % (N) en 17% (P) van het totaal. Bij de berekening van de resultaten van het gangbare bedrijf is verondersteld dat er dag en nacht beweid werd, waardoor 50% van de nutriënten in faeces en urine in de weide terecht komen. Ook in de tachtiger jaren stalde een belangrijk deel van de bedrijven het melkvee gedurende de nacht op, zodat gemiddeld een kleiner deel van de nutriënten in de faeces en urine direct in de weide zal zijn terecht gekomen dan Tabel 5 aangeeft. Momenteel stalt ruim de helft van de bedrijven op zandgrond het melkvee 's nachts op.

Het verschil tussen de input en output van stikstof in de component mest wordt veroorzaakt door de vervluchtiging als ammoniak uit de stal, in de weide, tijdens opslag en bij uitrijden. Ammoniakemissie is op De Marke nog niet gemeten en moest dus worden berekend. De procentuele verliezen van N uit mest zijn daarom conform de modeluitkomsten. Absoluut gezien waren de verliezen 3 a 4 kg/ha hoger omdat er meer stikstof door de dieren is uitgescheiden. Op een gangbaar bedrijf in het midden van de jaren tachtig werd de mest nog oppervlakkig uitgereden. In combinatie met een veel hogere N-excretie leidde dat tot een verlies van 105 kg N/ha als ammoniak. Door het verplicht inwerken van de mest zal de emissie op gangbare bedrijven momenteel met ongeveer 40 kg N/ha zijn afgenomen (Lekkerkerk et al., 1995). Van de ruim 20 kg ammoniak-N/ha - uit faeces en urine - ging 4 kg verloren tijdens beweiding (vervluchtiging 7,5% N-excretie), 4 kg na zodebemesting (5% ammoniak-N), 0 kg na bouwlandinjectie (1,25% ammoniak-N) en 14 kg uit de stal (7% N-excretie), die daarmee veruit de belangrijkste ammoniakbron was.

#### **6.4. Component bodem/gewas**

Hoewel de hoeveelheden N in faeces en urine op De Marke aanzienlijk geringer waren dan op een gangbaar bedrijf was de hoeveelheid N in drijfmest - na aftrek van ammoniakvervluchtiging - groter. Dat komt door de sterke beperking van het aandeel weidemest en door emissiebeperkende maatregelen rond drijfmest. Drijfmest was in beide jaren de belangrijkste meststof op De Marke (Tabel 6).

De totale toevoer naar de bodem kwam in het boekjaar 1993/1994 (met groeiseizoen 1993) vrijwel overeen met de prognose (355 kg N/ha en 37.2 kg P/ha). In 1994/1995 was de toevoer beduidend hoger doordat op grasland meer drijfmest en kunstmest werd toegediend als gevolg van een wijziging in de berekeningsmethode voor de benodigde hoeveelheid meststof. Er werd onvoldoende gecorrigeerd voor lage snedeopbrengsten als gevolg van droogte. De voorraad drijfmest nam in het boekjaar 1994/95 dan ook af. De methode is intussen opnieuw aangepast en verwacht mag worden dat in de volgende boekjaren de toevoer weer in

overeenstemming is met de prognose. De bijdrage van klaver aan de N-voorziening van het bedrijf was lager dan verwacht omdat de klaver kort na zaaien voor een groot deel uitwinterde.

Tabel 6. Nutriëntenstromen van de component bodem/gewas van een gangbaar bedrijf in het midden van de jaren tachtig, de prognoses bij de start van De Marke en de gerealiseerde waarden in de boekjaren 1993/1994 en 1994/1995 (kg/ha).

	gangb. bedrijf		De Marke						
	'83/86		prognose		1993/1994		1994/1995		
	N	P	N	P	N	P	N	P	
input:									
faeces + urine weide (na vervl.)	164	26.0	51	7.0	48	7.7	57	3.3	
uitger. drijfmest (na vervl.)	146	32.0	137	20.2	181	25.8	227	33.5	
kunstmest	330	15.0	67	6.0	52	1.8	96	0	
depositie	49	1.0	49	0.9	49	0.9	49	0.9	
N-binding klaver	0	0.0	30		12		5		
oogstverlies	60	6.0	21	3.1	18	2.5	20	2.6	
output:									
oogstbaar gewas	398	48.0	276	37.3	275	35.2	270	34.5	
<i>input - output*</i>	351	32.0	79	-0.1	85	3.5	184	5.8	

\* = denitrificatie, nitraatuitspoeling en ophoping

De N- en P-hoeveelheden in oogstbaar gewas (bruto opbrengst) waren in beide jaren vrijwel gelijk aan de prognose, maar beduidend lager dan die van de praktijk. De naar verhouding veel hogere stikstofproductie van het gangbare bedrijf - 398 kg N/ha versus gemiddeld 276 op De Marke - werd veroorzaakt door een combinatie van een groter areaal grasland en een hoger bemestingsniveau van het grasland. Gemiddeld over de twee boekjaren werd per ha van de aangevoerde nutriënten 135 kg N en 4.7 kg P niet teruggewonnen als voer. Deze hoeveelheden zijn dus in de bodem vastgelegd, uit- of afgespoeld of gedenitrificeerd (alleen N). Veranderingen in de bodemvoorraad zijn pas over een lange periode vast te stellen omdat de bodemvoorraad groot is. De bouwvoor van De Marke bevat per ha gemiddeld ruim 7.000 kg N en ruim 3.100 kg P.

### 6.5. Component voer

Het deel van de nutriënten in oogstbaar gewas en aangekocht voer dat door de dieren werd opgenomen is naar verwachting en daarmee duidelijk groter dan op het gangbare bedrijf. De nutriënten in voer worden dus beter benut. Dat komt vooral door minder beweidingsverliezen - als gevolg van snel omweiden, 's nachts opstallen en een kort weideseizoen - , snel en

vakkundig inkuilen en het oogsten van maïsstro en bietenblad, produkten die de praktijk op het land achterlaat. De aanvoer van N en P met voer van buiten het bedrijf of uit voorraden was duidelijk hoger dan de prognose. Dat is deels veroorzaakt door het hogere voerverbruik als gevolg van een grotere veestapel. Bovendien werd meer N en P met voer aangekocht dan volgens de voedernormen strikt nodig was. Voer met 'aangepaste' gehalten is vrij duur en het is goedkoper de aanvoer van N en P op het bedrijf via de post kunstmest te beperken. Verschillen tussen jaren in het saldo van input en output zijn deels terug te voeren op onnauwkeurigheden bij het vaststellen van voorraden voer.

Tabel 7. Nutriëntenstromen van de component voer van een gangbaar bedrijf in het midden van de jaren tachtig, de prognoses bij de start van De Marke en de gerealiseerde waarden in de boekjaren 1993/1994 en 1994/1995 (kg/ha).

	gangb. bedrijf		De Marke						
	'83/86		prognose		1993/1994		1994/1995		
	N	P	N	P	N	P	N	P	
input:									
oogstbaar gewas	398	48.0	276	37.3	275	35.2	270	34.5	
aangekocht voer	182	32.0	41	5.9	82	15.0	84	11.5	
output:									
opgenomen voer	496	74.0	278	40.1	336	47.1	330	43.8	
verkocht voer	0	0.0	0	0.0	8	1.2	0	0.0	
mutatie voervoorraad	0	0.0	0	0.0	-35	-2.3	17	0.8	
<i>input - output*</i>	<i>84.00</i>	<i>6.00</i>	<i>39.00</i>	<i>3.10</i>	<i>48.00</i>	<i>4.20</i>	<i>7.00</i>	<i>1.40</i>	

\* = beweidings-, oogst, conserverings- en vervoederingsverliezen

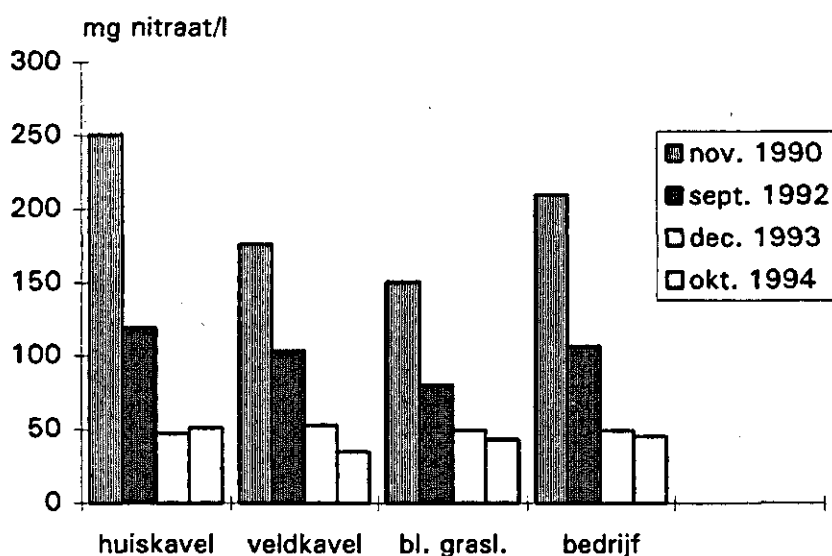
## 7. Het lot van het nutriëntenoverschot

### 7.1 Stikstof

Het stikstofoverschot van het bedrijf (Tabel 3) - in 1993/94 en 1994/95 respectievelijk 140 en 198 kg N/ha - is de som van ammoniakvervluchtiging, denitrificatie, af- en uitspoeling en verandering van de voorraad in de bodem. Afspoeling is niet van belang omdat op De Marke oppervlaktewater vrijwel ontbreekt. Slechts bij extreem veel neerslag wordt water via sloten afgevoerd. Zoals in paragraaf 6.2 aangegeven ging ongeveer 22 kg N als ammoniak uit mest verloren. Volgens berekeningen ging 2 kg ammoniak-N/ha uit gewasresten verloren. Het verlies van ammoniak uit ingekuilde produkten is niet bekend. Het totale verlies aan ammoniak-N bedraagt dan 24 kg plus een onbekende hoeveelheid uit ingekuilde produkten.

Door denitrificatie - een proces waarbij nitraat wordt omgezet in elementaire stikstof en distikstofoxiden - gingen jaarlijks hoogstens enkele tientallen kg N/ha uit bouwvoor of graszode verloren (Corré, 1996). Denitrificatie kan een belangrijke post zijn op perceelsgedeelten waar water stagneert (zuurstofgebrek) en voldoende gemakkelijk afbreekbare organische stof aanwezig is. Ook in diepere lagen kan nog denitrificatie optreden maar het belang daarvan wordt op De Marke op de meeste plaatsen vrij gering geschat vanwege de diepe grondwaterstand, de gering hoeveelheid organische stof in de ondergrond en de geringe hoeveelheid nitraat die uit de bouwvoor spoelt. In de verdere berekeningen is verondersteld dat in beide boekjaren de denitrificatie 25 kg N/ha heeft bedragen.

Figuur 1. De nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van De Marke



In Figuur 1 is het verloop van de nitraatgehalten in het bovenste grondwater weergegeven zoals door RIVM gemeten onder het blijvend grasland en onder de huis- en veldkavel. De resultaten zijn in de figuur ook weergegeven voor het bedrijf als geheel. De nitraatgehalten zijn sterk gedaald en waren bij de laatste meting gemiddeld iets beneden het niveau van 50 mg nitraat/l water. Het nitraatgehalte van het grondwater van De Marke voldeed daarmee aan de norm voor drinkwater, een harde doelstelling van het bedrijf. Uit onderzoek dat in het najaar van 1993 door De Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland werd uitgevoerd bleek dat de nitraatgehalten onder praktijkpercelen in de buurt van De Marke ongeveer vier keer zo hoog waren. Opvallend is dat door aanpassingen in de bedrijfsvoering binnen enkele jaren het doel 'schoon grondwater' lijkt te zijn bereikt. De verwachting was dat het langer zou duren voordat onder percelen waaraan in het recente verleden grote hoeveelheden dierlijke mest waren toegediend, voldaan zou kunnen worden aan de nitraatnorm, zeker als die percelen blijvend zouden worden bemest (Goossensen & Meeuwissen, 1990). De Marke heeft dergelijke percelen, herkenbaar aan relatief grote hoeveelheden fosfor en zware metalen in de bodem. Ook het grondwater van deze percelen voldeed aan de 50 mg-norm. Tussen

gewassen bleken geen duidelijke verschillen te bestaan. Ook kunstmatig beregenen had geen duidelijke invloed. De metingen geven momentopnamen van de nitraatgehalten van het grondwater en een ander tijdstip van bemonsteren zou een ander resultaat laten zien. Het is daardoor niet mogelijk de uitspoeling van nitraat nauwkeurig te kwantificeren. Op basis van het neerslagoverschot en de gemeten nitraatgehalten in het grondwater is de jaarlijkse uitspoeling op 50 kg N/ha geschat.

De som van ammoniak-N (exclusief die uit kuilvoer), denitrificatie en nitraatuitspoeling bedraagt 99 kg N/ha. Het gemiddelde overschot op de bedrijfsbalans is 169 kg N/ha. Het verschil tussen die twee waarden (70 kg N/ha) moet worden toegeschreven aan meetfouten, verliezen uit geconserveerd voer en mutaties in de bodemvoorraad organisch-N. Gemiddeld bleek de bodemvoorraad organisch-N tussen 1990 en 1995 jaarlijks met 17 kg/ha te zijn toegenomen, maar dat cijfer - in beide jaren gebaseerd op de analyse van één grondmonster per ha - is statistisch weinig betrouwbaar.

Op de Marke bleken tussen percelen en tussen jaren grote verschillen in netto mineralisatie te bestaan. In het algemeen geldt dat hoe natter de omstandigheden in het groeiseizoen hoe meer er van de bodemvoorraad stikstof wordt gemineraliseerd. In het natte jaar 1993 was de mineralisatie gemiddeld 90 kg N/ha meer dan in het droge jaar 1994 (Aarts, 1996). Dat kan betekenen dat - als de bodemvoorraad gemiddeld over een langere periode in evenwicht is - de voorraad in relatief natte jaren iets af- en in droge jaren iets toeneemt. Op de bedrijfsbalans wordt de post 'mutatie bodemvoorraad' niet in de berekening meegenomen. In droge jaren zal het overschot daarom aanmerkelijk hoger kunnen zijn zonder nadelige gevolgen voor het milieu.

## **7.2. Fosfor**

Het P-gehalte in het bovenste grondwater was bij de bemonstering in oktober 1994 slechts 0,13 mg/l. Dat is veel lager dan de streefwaarde voor zandgrond (0,4 mg/l; Willems & Fraters, 1995). Omdat er nauwelijks P uitspoelde is het aannemelijk dat het P-overschot in de bodem accumuleerde. Ondanks een licht positief P-overschot daalde de P-toestand van de bodem (PAI- en Pw-getal) met ongeveer 4% per jaar waardoor - in combinatie met het lage bemestingsniveau - op een aantal percelen problemen optraden tijdens de jeugdgroei van maïs (Aarts, 1995). Uit bodemanalyses blijkt dat de oplosbaarheid van P is afgenomen, vooral op plekken waar relatief veel ijzer en aluminium in de bodem aanwezig is (Schoumans, 1996). Tot nu toe heeft de dalende fosfaattoestand van de bodem en de daaraan gekoppelde tragere jeugdgroei van maïs nog niet geleid tot lagere eindopbrengsten, wel tot problemen bij de onkruidbestrijding en bij de timing van de onderzaai van Italiaans raaigras.

## 8. Discussie en conclusies

De tot nu toe behaalde resultaten suggereren dat ook op droge zandgrond en bij een 'gangbaar' melkquotum binnen korte tijd voldaan kan worden aan stringente milieunormen ten aanzien van verliezen van stikstof en ophoping van fosfaat. De binnen het bedrijfssysteem gerealiseerde nutriëntenstromen bleken goed overeen te komen met de waarden die op grond van bestaande kennis waren berekend. De opname van N en P door het vee was echter beduidend hoger dan verwacht, omdat het rantsoen te rijk was aan N en P (boven de voedingsnorm) en de jongveebezetting hoger dan voorzien. Niettemin kon de aanvoer van N en P met aangekocht voer met ruim 50% worden beperkt ten opzichte van de aanvoer van een gangbaar bedrijf in het midden van de jaren tachtig. Omdat de opname van N en P met voer hoger was dan verwacht, was ook de excretie in faeces en urine hoger. Dat leverde geen problemen op met de afzet van mest binnen het bedrijf, maar de (berekende) ammoniakemissie was hoger dan verwacht (voornamelijk uit de stal). Desondanks bleef de ammoniakemissie beneden de daarvoor gestelde norm (reductie 70% ten opzichte van 1980). Om de relatief hoge aanvoer van N en P met aangekocht voer te compenseren moest de aanvoer van kunstmeststoffen worden beperkt. Vanaf het voorjaar van 1994 gebruikt de Marke daarom geen kunstmest-P meer.

Gras, maïs en voederbieten konden zodanig worden geteeld dat aan de stringente milieunormen ten aanzien van nitraatverliezen kon worden voldaan. Door een betere benutting van de dierlijke mest en lagere bemestingsniveau's kon het gebruik van kunstmest-N worden gereduceerd met 74% t.o.v. de huidige praktijk. De nitraatconcentratie in het bovenste grondwater nam binnen enkele jaren af met 75% tot iets onder de norm van 50 mg nitraat/l, met slechts geringe verschillen tussen gewassen. Na het scheuren van driejarig grasland bleken zowel voederbieten als maïs in staat te zijn de uit de verterende graszode vrijkomende stikstof op te nemen. In principe is dan een wisselbouwsysteem met uitsluitend maïs en gras mogelijk. Dat is belangrijk omdat het niet mogelijk is gebleken de opbrengst van het areaal bieten (10% van de bedrijfsoppervlakte) op een bevredigende manier in de voeding te benutten. Het areaal bieten zal daarom worden ingekrompen.

De bijdrage van klaver aan de stikstofvoorziening van het grasland was geringer dan verwacht als gevolg van het uitwinteren van jonge klaver na inzaaien in de herfst. Niet uitgewinterde klaver bleek zich goed te kunnen handhaven. Verschuiven van het tijdstip van inzaaien naar het voorjaar zou kunnen betekenen dat in de toekomst op de hoeveelheid kunstmeststikstof kan worden bespaard.

Bij het berekenen van het jaarlijkse stikstofoverschot van het bedrijf zou in principe ook rekening moeten worden gehouden met de verandering in de bodemvoorraad. Jaarlijkse veranderingen kunnen echter niet nauwkeurig genoeg worden gemeten omdat die voorraad zo groot is. Bij berekening van het (gemiddelde) overschot over een langere periode kan de verandering van de bodemvoorraad wel worden meegenomen. Er zijn aanwijzingen dat de snelheden van verandering in de bodemvoorraad sterk samenhangen met de

vochtvoorziening (Hassink et al., 1996). Naarmate de vochtvoorziening beter is, is de snelheid van afbraak van het organisch materiaal hoger waardoor een groter deel van de organische stikstofvoorraad vrijkomt (mineralisatie). Als de verandering in de bodemvoorraad buiten beschouwing wordt gelaten kan in een droog jaar een hoog stikstofoverschot minder milieubelastend zijn dan een veel lager overschot in een nat jaar. De duur van het experiment is nog te kort om al iets te kunnen zeggen over de invloed van het bedrijfssysteem op het 'evenwichtsniveau' van de voorraad organische stikstof in de bodem. Dat gegeven is van belang bij het vaststellen van de milieuhygiënische betekenis van het bedrijfsoverschot over een langere periode.

Het bleek mogelijk de aanvoer van P in voer ongeveer in overeenstemming te brengen met de afvoer in melk en vlees. Het P-overschot op het bedrijf was slechts 18% van dat op een gangbaar bedrijf. Door dat lage overschot daalde de fosfaatbeschikbaarheid voor het gewas. Op een aantal percelen traden daardoor problemen op tijdens de jeugdgroei van maïs. Mogelijk zijn die problemen in de toekomst voldoende te beperken door drijfmest na het ploegen toe te passen en dan bij voorkeur in de gewasrijen, zodat de wortels van de planten de P in de drijfmest sneller kunnen bereiken. Daarvoor geschikte toedieningsapparatuur is in ontwikkeling.

Voor betrouwbare resultaten moet het onderzoek nog geruime tijd worden voortgezet, omdat het systeem enigszins moet stabiliseren, de bodemvoorraden en de bodemvruchtbaarheid traag reageren op veranderingen en er sprake is van wisselende weersomstandigheden. Er zijn na de twee boekjaren echter geen redenen aan te nemen dat op korte termijn grote problemen gaan ontstaan.

## **Literatuur**

- Aarts, H.F.M., 1996. De mineralisatie, bepaald volgens de veldincubatiemethode. In: Hack-ten Broeke & H.F.M. Aarts (red.). *Integrale monitoring van N-stromen in bodem en gewas; resultaten van proefbedrijf De Marke. De Marke verslag nr 14, AB-DLO rapport nr 57, 37 - 54*
- Aarts, H.F.M., 1995. De gevolgen van evenwichtsbemesting voor de fosfaattoestand van de bodem en de invloed daarvan op maïs. In: H.F.M. Aarts (ed.): *Weide- en Voederbouw op De Marke: op zoek naar de balans tussen produktie en emissie, 63-77*
- Aarts, H.F.M., E.E. Biewinga & H. van Keulen, 1992. Dairy farming systems based on efficient nutrient management. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 40, 285-299
- Aarts, H.F.M. & C. Grashoff, 1993. Voederproduktie op droogtegevoelige gronden bij beregeningsverboden. In: *Watervoorziening en Gewasproduktie, Agrobiologische thema's 8*, H.van Keulen & F.W.T. Penning de Vries (red.), 83-101
- Biewinga E.E., H.F.M. Aarts & R.A. Donker, 1992. Melkveehouderij bij stringente milieunormen. *De Marke rapport nr. 1, 284 bl.*



*Boumans, L.J.M. & G. van Drecht, 1995.* Nitraat in het bovenste grondwater bij landbouwgewassen, bos en heideveld in de zandgebieden van Nederland. RIVM, Rapport nr. 714901004. 35 bl.

*Corré, W.J., 1996.* Stikstofverlies door denitrificatie in blijvend grasland op De Marke. In: Hack-ten Broeke & H.F.M. Aarts (red.). Integrale monitoring van N-stromen in bodem en gewas, resultaten van van proefbedrijf De Marke. De Marke verslag nr 14, AB-DLO rapport nr 57, 65 - 76

*Eck, G. van, 1995.* Stikstofverliezen en stikstofoverschotten in de Nederlandse landbouw. Deelrapport nr 3 project verliesnormen. LNV/VRM, Den Haag, 115 bl..

*Goossensen, F.R. & P.C. Meeuwissen (red.), 1990.* Advies van de Commissie Stikstof. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 9. DLO, Wageningen, 93 bl.

*Hassink, J., H.F.M. Aarts, W.J. Corré & M.J.D. Hack-ten Broeke, 1996.* De interne stikstofstromen in het bodem/gewassysteem voor de zes waarnemingsplekken. In: Hack-ten Broeke & H.F.M. Aarts (red.). Integrale monitoring van N-stromen in bodem en gewas, resultaten van proefbedrijf De Marke. De Marke verslag nr 14, AB-DLO rapport nr 57, 93 - 106

*Meijer, A., 1994, 4.* Veehouderij. In: Tussenbalans 1992-1994. De Marke rapport nr 10, 4-37

*Lekkerkerk, L.J.A., G.J. Heij & M.J.M. Hootsmans, 1995.* Ammoniak, de feiten. Dutch priority programma on acidification, rapport nr 300-06 IKC/RIVM, 95 bl.

*Leneman, H., E.R. Boons, M.W. Hoogeveen, J.Dijk & H.F.M. Aarts, 1996.* Stofstromen in de Nederlandse Landbouw. Concept verslag AB-DLO en LEI-DLO

*Oenema O. & T.A. van Dijk, 1994.* Fosfaatverliezen en fosfaatoverschotten in de Nederlandse landbouw (Rapport van de technische projectgroep 'P-deskstudie'). LNV/VRM/V&W/Landbouwschap/CLO, 102 bl.

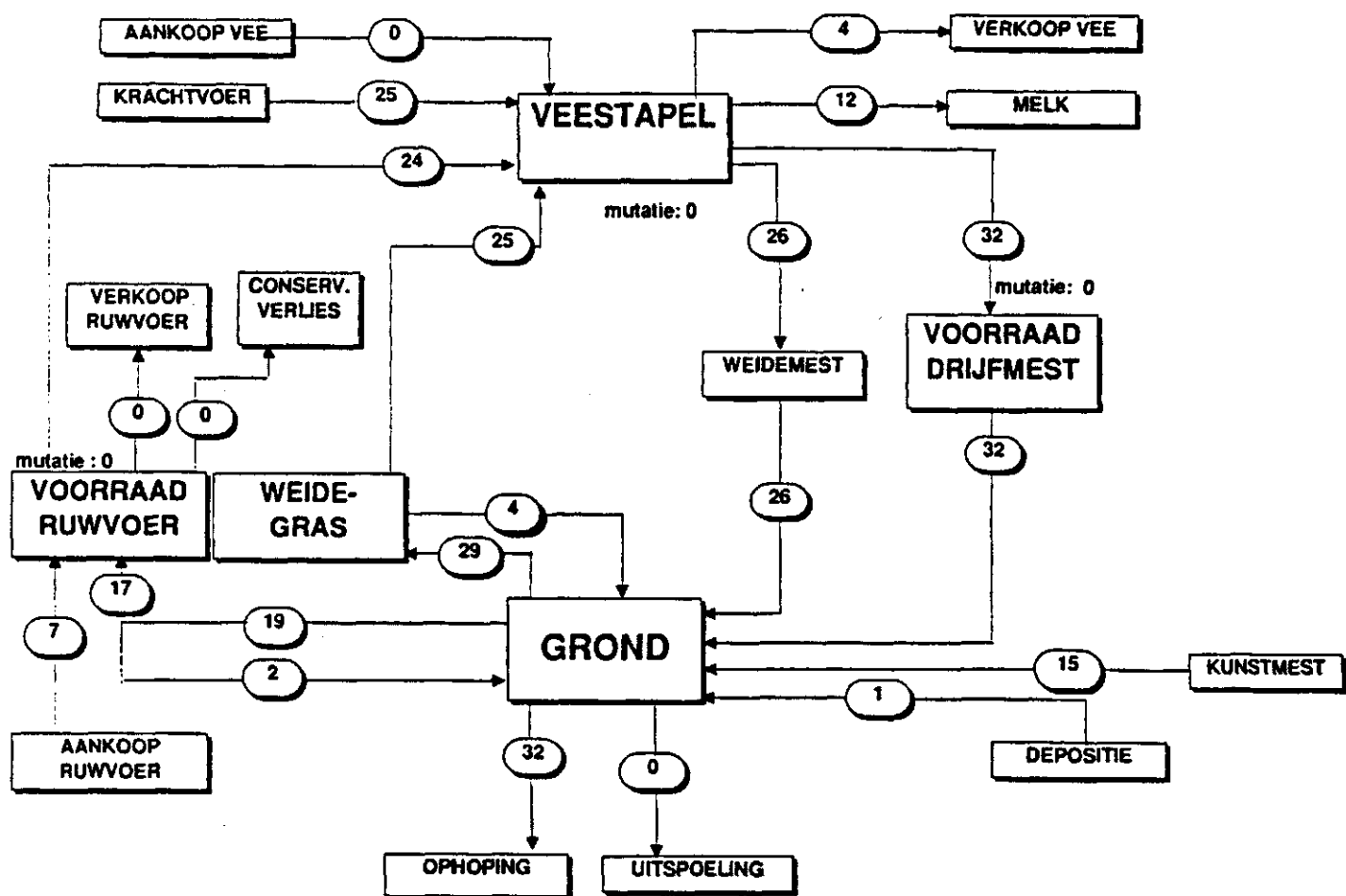
*Schoumans, O.F., 1996.* Analyse van evenwichtsbemesting op de fosfaattoestand van de bodem bij het proefbedrijf De Marke. SC-DLO rapport 380, 43 bl.

*Weissbach, F. & P. Ernst, 1994.* Nutrient budgets and farm management to reduce nutrient emissions. In: L. 't Mannetje & J. Frame (eds.), 1994. Grassland and Society. Wageningen Pers, 343-361

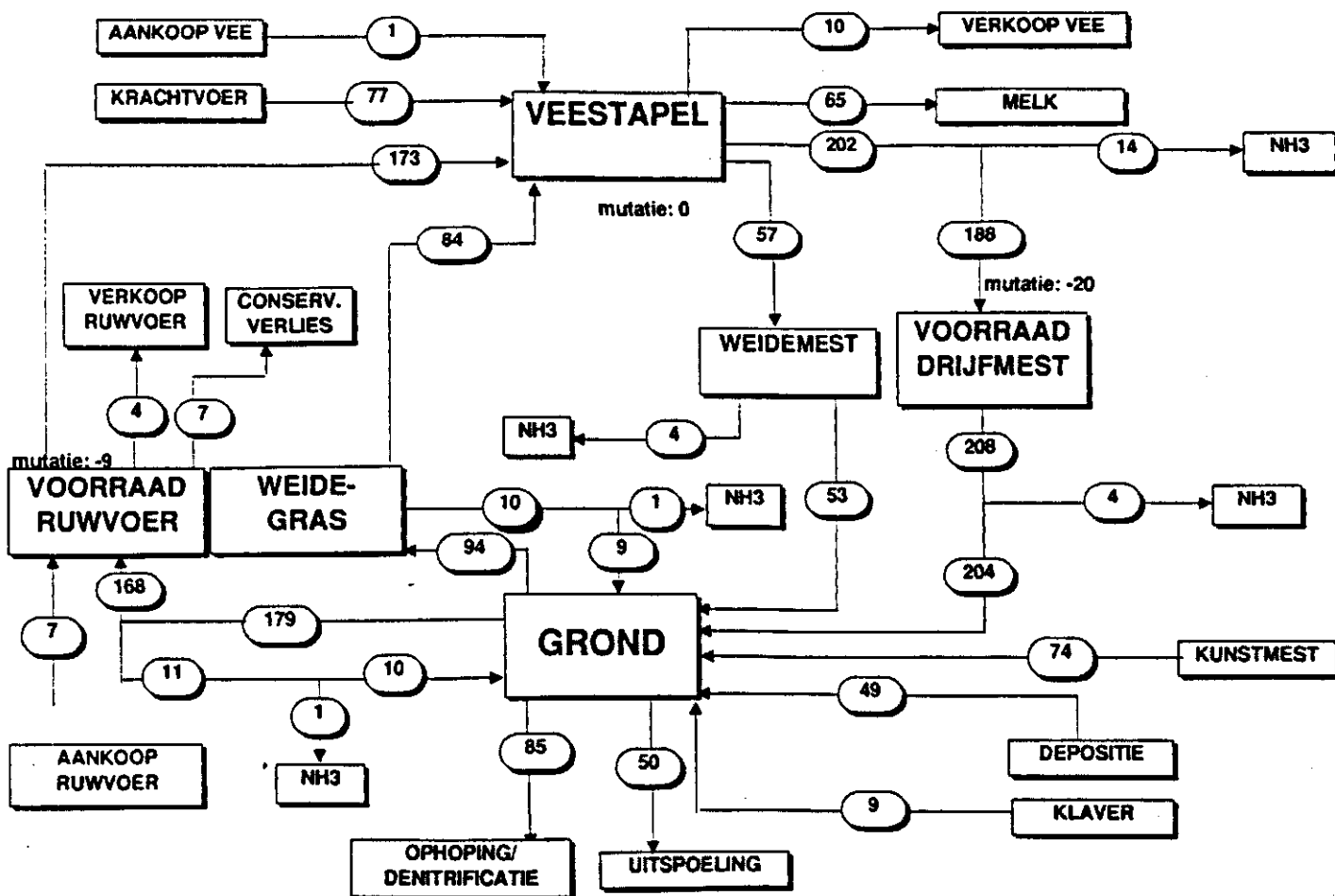
*Willems, W.J. & B. Fraters, 1995.* Naar afgestemde kwaliteitsdoelstellingen voor nutriënten in grondwater en oppervlaktewater. RIVM, Rapport nr. 714901003, 99 p



BIJLAGE 1b. De P-kringloop van een gangbaar melkveebedrijf op zandgrond in het midden van de jaren tachtig (kg/ha).



BIJLAGE 1c. De N-kringloop van De Marke (gemiddelde boekjaren 1993/94 en 1994/95; kg/ha)



BIJLAGE 1d. De P-kringloop van De Marke (gemiddelde boekjaren 1993/94 en 1994/95; kg/ha)

