

M.Q. van der Veen
H.F.M. Aarts
J. Dijk
N. Middelkoop
C.S. van der Werf

Onderzoekverslag 112

STOFSTROMEN IN DE NEDERLANDSE LANDBOUW

Deel 1

Nutriëntenstromen op melkveebedrijven in Gelderland

Juli 1993



SIGN: L28-114
EX. NO: B
MLV:

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)
Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek-DLO (CABO-DLO)

581115

REFERAAT

STOFSTROMEN IN DE NEDERLANDSE LANDBOUW

DEEL 1: NUTRIËNTENSTROMEN OP MELKVEEBEDRIJVEN IN GELDERLAND

Veen, M.Q. van der, H.F.M. Aarts, J. Dijk, N. Middelkoop, C.S. van der Werf
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), 1993

Onderzoekverslag 112

ISBN 90-5242-219-2

151 p., fig., tab., bijl.

Doel van het stofstromenproject is om een rekenmodel te ontwikkelen waarmee stofverliezen vanuit de Nederlandse landbouw naar het milieu kunnen worden gekwantificeerd. Met dit stofstromenmodel moeten ook de economische en milieutechnische gevolgen kunnen worden aangegeven van maatregelen die er op gericht zijn de stofverliezen te verminderen.

Het stofstromenproject is in fasen opgedeeld. Dit rapport is een verslag van de eerste fase, waarin de nutriëntenstromen op sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgebieden worden gemodelleerd.

Het ontwikkelde stofstromenmodel berekent nutriëntenbalansen voor individuele bedrijven uit de Landbouwtelling en aggregiert deze tot regionale balansen. Op deze balansen zijn de aanvoer, de afvoer in landbouwprodukten en de verliezen van stikstof, fosfor en kalium aangegeven. Het model maakt gebruik van gewasgroeimodellen die ontwikkeld zijn op het CABO-DLO en van (gedrags-)relaties die geschat zijn op data van bedrijven die in het LEI-boekhoudnet zijn opgenomen. Met het model zijn maatregelen ter beperking van de verliezen doorgerekend, met het doel om aan te geven hoe het model werkt. Het model wordt in de toekomst uitgebreid tot een model dat het gehele Nederlandse zandgebied bestrijkt en uiteindelijk heel Nederland.

Melkveebedrijven/Nutriënten/Nutriëntenbalansen/Gelderland

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Stofstromen

Stofstromen in de Nederlandse landbouw. - Den Haag :

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)

D1. 1: Nutriëntenstromen op melkveebedrijven in Gelderland

/ M.Q. van der Veen ... [et al.]. - Fig., tab. - (Onderzoek-
verslag / Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) ; 112)

ISBN 90-5242-219-2

NUGI 835

Trefw.: landbouw en milieubeleid.

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

INHOUD

	Blz.
WOORD VOORAF	7
SAMENVATTING	9
1. INLEIDING	15
1.1 Algemeen	15
1.2 Doel en aanpak	16
1.2.1 De stofstromenbenadering	16
1.2.2 Begrippen	18
1.2.3 Nutriëntenstromen op gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten	18
1.3 Eisen aan het model	19
1.4 Opbouw van het rapport	19
2. OPZET VAN HET BEDRIJFSMODEL	21
2.1 Inleiding	21
2.2 Het melkveebedrijf als landbouwsysteem	21
2.3 De grenzen van het systeem	22
2.4 Beschikbaarheid van data	22
2.5 Het melkveebedrijf als informatiesysteem	25
2.5.1 Algemeen	25
2.5.2 Activiteiten en stromen in het bedrijfs- model	25
2.5.3 De bedrijfskringloop	26
2.5.4 De kringloop doorbroken	27
2.5.5 Stroomschema bedrijf	29
3. SPECIFICATIE VAN HET BEDRIJFSMODEL	34
3.1 Voorlopige mestproduktie en mestaanwending	34
3.2 Kunstmestgift	36
3.3 De voederproduktie en de stikstofverliezen die daarbij optreden	36
3.3.1 De algemene rekenprocedure voor mais en gras	36
3.3.2 Snijmais	38
3.3.2.1 De droge-stofopbrengst	38
3.3.2.2 Stikstofstromen	40
3.3.3 Gras	46
3.3.3.1 Droge-stofopbrengst	46
3.3.3.2 Stikstofstromen	48
3.3.3.3 Verschillen tussen de werkelijke en veronderstelde veebezetting en melkproduktie	52
3.4 De voederbehoefte en voedervoorziening	53
3.4.1 De voeding van jongvee	54
3.4.2 De voeding van vleesvee	54

3.4.3	De voeding van melkvee	55
3.4.4	De totale voederbehoefte	56
3.4.4	De voeding van varkens en kippen	57
3.5	De samenstelling van voeders	57
3.6	Voedervertering	58
3.7	Stalemissie	58
3.8	Mestaanwending	59
3.9	Nutriëntenbalansen	59
3.10	Kosten en opbrengsten	60
3.11	IJking van het model	63
3.11.1	Inleiding	63
3.11.2	Voederbehoefte en gewasproductie	63
3.11.3	Jaarinvloeden bij de ijking	68
4.	MODELUITKOMSTEN	70
4.1	Inleiding	70
4.2	De populatie	70
4.2.1	De populatie in relatie tot andere bedrijfstypen	70
4.2.2	Beschrijving van de populatie	71
4.2.3	Regionale spreiding binnen de populatie	74
4.3	Beschrijving van de nutriëntenstromen in 1988 (basisrun)	74
4.3.1	Inleiding	74
4.3.2	Gemiddelde stikstofbalansen	75
4.3.3	Gemiddelde P- en K-balansen	79
4.3.4	Spreiding in de posten op de stikstofbalans	80
4.3.5	Regionale spreiding in de posten op de mineralenbalans	80
5.	ONZEKERHEIDSANALYSE	84
5.1	Inleiding	84
5.2	Onzekerheden in de veevoeding en de gewasproductie	84
5.3	Onzekerheden in de bemesting	86
5.4	Conclusie	89
6.	VARIANTEN	90
6.1	Inleiding	90
6.2	Keuze van door te rekenen varianten	90
6.3	Resultaten	93
6.3.1	Inleiding	93
6.3.2	Stikstofverliezen op de gemiddelde bedrijfsbalans en de gewasbalansen	94
6.3.3	De fosfor- en kaliumverliezen per hectare op de bedrijfsbalans	99
6.3.4	Economische gevolgen van de maatregelen	100
6.3.5	Milieurendement van de maatregelen	103

	Blz.
7. DISCUSSIE	104
7.1 Inleiding	104
7.2 Vergelijking met de bestaande LEI-mest- en ammoniakmodellen	104
7.2.1 Vergelijkbaarheid modellen	104
7.2.2 De nutriëntenuitscheiding per dier	105
7.2.3 Kunstmestgift	106
7.2.4 Conclusies	108
7.3 Voordelen van de benadering op bedrijfsniveau	108
7.4 Aansluiting stofstromenmodel met GRASMOD	111
7.5 Vergelijking van de uitkomsten met een IKC-studie	113
7.6 Dynamiek	115
7.7 Overige discussiepunten	116
8. CONCLUSIES	117
8.1 Inleiding	117
8.2 De mogelijkheid om een stofstromenmodel te bouwen	117
8.3 De positionering van het stofstromenmodel	119
8.4 De ijking van het model	121
8.5 Leemtes in kennis	122
8.6 Gedragsrelaties uit het LEI-boekhoudnet	123
8.7 Vergelijking van gegevensbronnen	124
8.8 Resultaten van het model	125
LITERATUUR	127
BIJLAGEN	131
1. Kunstmestgiften in het model	132
2. Verschillen in de berekende en werkelijke kVEM-opbrengsten	137
3. Aankopen van ruwvoer volgens het LEI-boekhoudnet	140
4. Vergelijking van twee graslandmodellen	143
5. Correctie van meetingsgegevens op basis van boekhoudnetinformatie	146
6. Bruikbaarheid van quotumgegevens als invoer voor het stofstromenmodel	151

WOORD VOORAF

De milieuvraagstukken in de Nederlandse landbouw worden in sterke mate bepaald door het overschot aan nutriënten en door de aard en omvang van nutriëntenverliezen. In het stofstromenonderzoek worden de nutriëntenverliezen gekwantificeerd door een expliciete modellering van de nutriëntenstromen op landbouwbedrijven. Het onderzoek draagt bij aan de onderbouwing en de evaluatie van het milieubeleid.

In de eerste fase van het stofstromenonderzoek is een model ontwikkeld voor de kwantificering van nutriëntenstromen op gespecialiseerde melkveebedrijven in de zandgebieden van Gelderland. Van dit onderzoek wordt verslag gedaan.

Het stofstromenproject is uitgevoerd door LEI-DLO en CABO-DLO. In het project wordt gebruik gemaakt van gewasgroeimodellen van het CABO-DLO en van data uit onder andere het LEI-boekhoudnet. Deze samenwerking heeft geleid tot integratie van technische en economische kennis.

Het onderzoek is medegefinancierd door het FOMA (Financierings- Overleg Mest- en Milieuproblematiek) en het Additioneel Verzuringsprogramma 2.

Het onderzoek is begeleid door een commissie, bestaande uit de volgende personen:

Ir P.J.M. van Boheemen (IKC-Veehouderij en Milieu, voorzitter)

Drs M.M. van Eerd (CBS)

Ir A.W.A. Erkens (Ministerie LNV)

Ir N.J.P. Hoogervorst (RIVM-MTV)

Ir C. Roest (Staring Centrum, SC-DLO)

Drs H. van der Wal (Ministerie VROM)

Ing P. Witlox (Produktschap voor Zuivel)

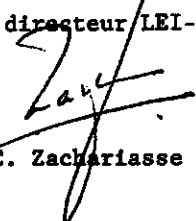
Inmiddels is de tweede fase van het project van start gegaan, waarin het model wordt uitgebreid naar alle landbouwbedrijven in het gehele zandgebied (exclusief de Veenkoloniën).

De directeur CABO-DLO,



J.H.J. Spiertz

De directeur LEI-DLO,



E.C. Zachariasse

Wageningen/Den Haag, juli 1993

SAMENVATTING

1. Inleiding

Het beleid van de Nederlandse overheid om nutriëntenverliezen vanuit de landbouw terug te dringen, richt zich op steeds meer onderdelen van de nutriëntenkringloop op landbouwbedrijven. Naast een expliciete normering voor het gebruik van fosfaat uit dierlijke mest, zijn nu ook maatregelen genomen en beleidsdoelstellingen geformuleerd voor fosfaat uit kunstmest, voor ammoniakvervluchtiging en nitraatuitspoeling.

Het stofstromenproject beoogt een bijdrage te leveren aan de onderbouwing en evaluatie van dit beleid. Doel van het stofstromenproject is om de stofverliezen vanuit de Nederlandse landbouw naar het milieu te kwantificeren door de stofstromen op de bedrijven integraal te beschrijven. In eerste instantie wordt een rekenmodel ontwikkeld voor de nutriëntenstromen en -verliezen. Daarna wordt onderzocht of het mogelijk is om andere stoffen in het model onder te brengen.

In de eerste fase van het stofstromenproject is een rekenmodel ontwikkeld dat tot doel heeft:

- het kwantificeren van de omvang, aard en ruimtelijke verdeling van emissies van nutriënten;
- het kwantificeren van de gevolgen voor kosten en emissies van in bedrijfsverband genomen maatregelen;
- het signaleren van leemtes in data en inzichten.

De eerste fase van het project beperkt zich tot de nutriëntenverliezen op sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in gemeenten met overwegend zandgrond in Gelderland. Deze inperking is gemaakt om een tussentijdse evaluatie van het project mogelijk te maken.

2. Opzet van het bedrijfsmodel

Het bedrijfsmodel is de kern van het stofstromenmodel. Het berekent voor ieder bedrijf uit de Landbouwtelling een nutriëntenbalans, waarop de aanvoer en afvoer van nutriënten staan. Het in het model beschreven landbouwsysteem omvat de door de boer beïnvloedbare ruimte. Dit houdt bijvoorbeeld in dat het bedrijf aan de onderkant wordt begrensd door de onderkant van de wortelzone.

Op sterk gespecialiseerde melkveebedrijven bestaat een kringloop van nutriënten: de dierlijke produktie gaat gepaard met mestproduktie. Deze wordt aangewend bij de gewasproduktie. De ge-

produceerde gewassen worden weer als veevoer gebruikt. Om de berekeningen uit te voeren moet binnen deze kringloop van nutriënten een startpunt worden gekozen. In het stofstromenmodel wordt begonnen met de bepaling van het aanbod van dierlijke mest en kunstmest aan de gewassen. Vervolgens wordt de gewasproductie berekend. Deze vormt het voeraanbod van het vee. De voerbehoefte van het vee wordt vastgesteld op basis van de melkproductie per dier. Dan wordt er in het model een voerbalans opgesteld, afhankelijk waarvan er ruwvoer wordt aangekocht of verkocht. Daarnaast wordt de werkelijke mestsamenstelling van het vee berekend. Deze wordt vervolgens weer aan de gewassen toegerekend. De berekening van de voerproductie etc. begint dan weer opnieuw, totdat dit drie maal is gedaan. Bij de vaststelling van de gewasproductie worden ook de omvang en aard van de verliezen bepaald.

Het stofstromenmodel maakt gebruik van een aantal databronnen, waaruit data van 1988 gebruikt worden. Deze bronnen zijn:

- de landbouwtelling;
- het LEI-boekhoudnet;
- een melkquotumbestand;
- een bestand met bodemkundige informatie.

3. Specificatie van het bedrijfsmodel

De voorlopige dierlijke-mestproductie wordt vastgesteld met behulp van de wettelijke normen voor de mestproductie. Voor stikstof zijn er geen wettelijke normen en is de voorlopige mestproductie gebaseerd op literatuurgegevens. Met behulp van gegevens van steekproefbedrijven uit het LEI-boekhoudnet is een verband gezocht tussen de huidige kunstmestgift en bedrijfskenmerken. Voor stikstof op grasland blijkt een verband te bestaan tussen de gift en de grootte van het bedrijf, uitgedrukt in het aantal koeien. Voor de stikstofgift op mais en de fosfaat- en kaliumgift op grasland en mais is de gemiddelde gift per hectare van de steekproefbedrijven gehanteerd.

Bij de berekening van de ruwvoerproductie is verondersteld dat deze afhankelijk is van de hoeveelheden beschikbare stikstof en het vochtleverend vermogen van de grond. De berekening van de ruwvoerproductie is gebaseerd op de gewasgroeimodellen van het CABO-DLO. Deze modellen berekenen ook de omvang en de aard van de nutriëntenverliezen.

De voerbehoefte van melkvee is afhankelijk van de melkgift per dier. De voerbehoefte wordt berekend met een formule die is afgeleid van het melkveemodel van het PR. Ook voor jongvee zijn rekenregels van het PR gebruikt. De voerbehoefte van varkens en pluimvee is gebaseerd op de studie van Coppoolse e.a. (1990). De retentie van nutriënten door de dieren is aan dezelfde studie ontleend.

Economische gegevens als kosten en opbrengsten zijn gebaseerd op gegevens uit het LEI-boekhoudnet.

Over de uitrijvolgorde van dierlijke mest over grasland en mais is weinig bekend: hiervoor zijn aannamen gemaakt en gevoeligheidsanalyses uitgevoerd.

Het model is geijkt door na te gaan of het gemiddelde saldo van de voeraankopen en -verkoop (in kVEM) dat het model berekent voor de steekproefbedrijven, in overeenstemming is met het gemiddelde saldo dat op de betreffende bedrijven in 1988 is geregistreerd. Daarbij is verondersteld dat de registratie van voeraankopen in het boekhoudnet betrouwbaar is en de steekproef representatief.

Allereerst blijkt dat de geregistreeerde krachtvoeraankopen op deze bedrijven 12% hoger zijn dan de berekende krachtvoeraankopen. De krachtvoergiften zijn daarom voor ieder bedrijf met 12% verhoogd. Nader onderzoek in de tweede fase van het stofstromenproject moet uitwijzen of de verschillen tussen de berekende en de in het boekhoudnet geregistreeerde krachtvoergift te verklaren zijn uit bepaalde bedrijfskenmerken.

Vervolgens blijken de geregistreeerde ruwvoeraankopen hoger te liggen dan de berekende. Hiervoor zijn drie mogelijke oorzaken aan te geven: in de praktijk is de ruwvoerproductie lager dan het model berekent, de voergift per dier is hoger of de voederverliezen zijn hoger dan in het model is aangenomen.

Omdat geen aanwijzingen zijn gevonden die één van deze factoren aanwijzen als de oorzaak van het verschil tussen de berekende en geregistreeerde voeraankopen en om toch het niveau van de verliezen goed te schatten, zijn alle drie factoren met een ijkingsfactor aangepast.

Het verschil tussen berekende en geregistreeerde aankopen van zowel ruwvoer als krachtvoer blijkt in 1987 en 1989 anders te zijn dan in 1988, onder andere vanwege andere weersomstandigheden. Wanneer het model met een ander basisjaar wordt doorgerekend dan 1988, moet het dus opnieuw geijkt worden of moeten de gebruikte gewasmodellen rekening houden met de specifieke weersituatie in het betreffende jaar.

4. Presentatie van modeluitkomsten

Met het stofstromenmodel zijn 3919 sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten doorgerekend. Deze bedrijven hebben gemiddeld 17,4 hectare grond, waarvan 15,0 hectare gras en 2,3 hectare mais. Er zijn gemiddeld 52 grootveeëenheden, waarvan 37 melkkoeien. Het melkquotum bedraagt in 1988 gemiddeld 204 duizend kg melk.

Voor ieder bedrijf worden meerdere nutriëntenbalansen opgesteld. Eén balans voor het gehele bedrijf, één voor stallen en dieren, één voor grasland en één voor mais. De balans op bedrijfsniveau wordt uitgedrukt per bedrijf en per hectare. Deze balansen kunnen geaggregeerd worden voor verschillende ruimtelijke eenheden: grids, gemeenten, provincies, en dergelijke. Ook

kunnen zij geaggregeerd worden naar bedrijfstype. Tenslotte kan de variatie die er tussen bedrijven bestaat inzichtelijk gemaakt worden. De balans van het kwartiel bedrijven met de laagste nutriëntenoverschotten kan vergeleken worden met die van het kwartiel bedrijven met de hoogste nutriëntenoverschotten.

Na aggregatie kan per ruimtelijke eenheid of per bedrijfstype ook de variatie van de uitkomsten worden aangegeven: zo kan per grid worden aangegeven hoeveel hectare een bepaalde uitspoeling heeft.

Tabel 1 Gemiddelde berekende N-balans op bedrijfsniveau, uitgedrukt in kg N/ha met tussen haakjes de bijbehorende standaardafwijkingen

Input			Output		
Aankoop:			Verkoop:		
Krachtvoer rundvee	100	(38)	Rundvee/melk	80	(31)
Krachtvoer int. vee	42	(86)	Int. vee	12	(25)
Mais	21	(31)	Mest	2	(0)
Overig ruwvoer	30	(45)	Voorraad ruwv.	13	(28)
Kunstmest	305	(51)	Denitrificatie	56	(15)
Depositie	49	(0)	Uitspoeling	153	(41)
Mineralisatie	175	(4)	Vervluchtiging	119	(46)
			Ophoping	287	(60)
Totaal	722	(168)	Totaal	722	(168)

De aanvoer van stikstof op deze bedrijven bedraagt gemiddeld 722 kg per hectare, waarvan 224 kg via depositie en mineralisatie (tabel 1). Exclusief deze factoren is de aanvoer 498 kg stikstof. De afvoer van stikstof in melk, vlees, ruwvoer en mest bedraagt 107 kg per ha. Er blijft dus $(722-107 =)$ 615 kg stikstof per hectare over. Daarvan wordt 287 kg vastgelegd in de bodem. De bodemvoorraad neemt dus netto toe met $(287-175)$ 112 kg stikstof. De overige stikstof (328 kg) spoelt uit als nitraat (NO_3) of vervluchtigt als ammoniak (NH_3) of als stikstofgas (N_2) of lachgas (N_2O).

De fosfor- en de kaliumbalansen zijn in dit rapport uitsluitend op gewasniveau weergegeven. Van het saldo wordt niet aangegeven of het zich ophoopt of uitspoelt. Het saldo op de fosforbalans, dat is het fosforoverschot, bedraagt 40 kg voor grasland en 117 kg voor snijmais. Het saldo op de kaliumbalans (het kaliumoverschot) bedraagt 49 kg voor grasland en 702 kg voor snijmais. Deze verdeling van saldi over de gewassen wordt sterk bepaald door de gekozen uitrijvolgorde voor dierlijke mest.

De nitraatuitspoeling van de doorgerekende bedrijven aan de onderkant van de wortelzone per hectare cultuurgrond is in de gemeenten rond het Veluwemeer lager dan in de overige delen van Gelderland. Dit lijkt samen te hangen met het feit dat deze bedrijven weinig snijmais hebben. In de Achterhoek, waar relatief veel snijmais geteeld wordt, is de nitraatuitspoeling hoger. De ammoniakemissie is het hoogst op de melkveebedrijven in de gemeenten Ede en Eibergen. Dit hangt onder meer samen met de hoge veedichtheid op melkveebedrijven in deze gemeenten.

5. Onzekerheidsanalyse

Voor drie aannamen in het model, die met onzekerheid zijn omgeven, is een onzekerheidsanalyse uitgevoerd:

- de berekende voeraankopen;
- de stikstofkunstmestgift op grasland;
- de uitrijvolgorde voor dierlijke mest.

De gevoeligheid van de uitkomsten van het model voor deze aannamen is onderzocht. De aannamen over de oorzaak van het verschil tussen werkelijke en berekende voeraankopen blijken in beperkte mate invloed te hebben op de gemiddelde nitraatuitspoeling en de ophoping van stikstof. Dat geldt ook voor de wijze van modelleren van de stikstofkunstmestgift en voor de uitrijvolgorde van dierlijke mest. In de tweede fase van het onderzoek wordt hier verder aandacht aan besteed.

6. Varianten

Met het model zijn enkele varianten doorgerekend om te laten zien hoe het model werkt en welke resultaten te verwachten zijn.

De varianten omvatten: voeren en bemesten volgens landbouwkundige normen, ammoniakemissiebeperkende maatregelen, vermindering van de stikstofgift, veranderingen in melkproduktie per koe en melkquota, vervanging van mais door gras.

Uit deze exercitie blijkt dat het effect van een maatregel op verschillende vormen van stikstofverliezen goed duidelijk wordt. Daarnaast blijkt dat de effecten van fosfaatmaatregelen op de stikstofproblematiek (en omgekeerd) duidelijk worden. Voorts blijkt dat een gedegen analyse vooraf over de reactie van de veehouder op een maatregel nodig is om deze goed te kunnen evalueren. Tenslotte kan het economisch en milieurendement van verschillende maatregelen onderling worden vergeleken.

7. Discussie

In de tweede fase van het onderzoek zal een aantal zaken worden verbeterd.

De aansluiting tussen het stofstromenmodel en het model GRASMOD van het CABO-DLO behoeft in de toekomst meer aandacht. Mogelijk moet het laatstgenoemde model in het stofstromenmodel worden geïncorporeerd. De modellering van de veevoeding is nu nog vrij globaal. In de tweede fase is het zinnig om de die verder te detailleren. Er zou nog een onzekerheidsanalyse voor kosten en opbrengsten uitgevoerd moeten worden.

Bij het doorrekenen van varianten worden zgn. "tweede-orde-effecten" zoals een wijziging in de ruwvoer prijzen of in de landbouwstructuur niet automatisch meegenomen.

In vergelijking met de LEI-mest- en ammoniakmodellen levert het stofstromenmodel een grotere variatie in mestuitscheiding per dier en in kunstmestgift per gewas.

In vergelijking met berekeningen op gemeenteniveau levert het stofstromenmodel (met berekeningen op bedrijfsniveau) een grotere variatie in stikstofverliezen binnen een gemeente en een betere mogelijkheid om effecten van maatregelen op bedrijfsniveau door te rekenen.

8. Conclusies

Het is mogelijk gebleken een model te bouwen met een stevige empirische basis. Het stofstromenmodel neemt een unieke positie in binnen de modellen op het gebied van landbouw en nutriënten.

Dit wordt veroorzaakt door de combinatie van het beschrijvend karakter van het model, de integrale benadering van nutriëntenstromen en de ruimtelijke dimensie in de berekeningen. Nutriëntenmodellen op bedrijfsniveau kunnen in de toekomst nuttige informatie leveren over de te verwachten aanpassingen in de bedrijfsvoering of bedrijfsopzet die veehouders zouden kunnen doorvoeren als reactie op bepaalde maatregelen. Deze aanpassingen kunnen worden ingevoerd in het stofstromenmodel en de effecten van de aanpassingen op de omvang en regionale spreiding van de nutriëntenverliezen en op de kosten kunnen worden berekend.

De ijking van het model en de aannamen over onzekere factoren blijven in de vervolgstudie aandacht vragen.

De vergelijking van verschillende databronnen ten aanzien van een variabele levert interessante informatie op over de gebruiksmogelijkheden van deze bronnen.

1. INLEIDING

1.1 Algemeen

De verliezen van de nutriënten stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) uit de Nederlandse landbouw naar het milieu zijn dermate groot dat hierdoor milieuproblemen als verzuring en vermesing optreden. Het overheidsbeleid is er op gericht deze nutriëntenverliezen te verminderen (Plan van Aanpak Ammoniakemissie, Nationaal Milieubeleidsplan, Structuurnota Landbouw). Dit beleid heeft de afgelopen jaren geleidelijk gestalte gekregen en wordt steeds verder ontwikkeld.

De aandacht was aanvankelijk sterk gericht op de problematiek van de dierlijke mest. Zo zijn in de Wet op de Bodembescherming en de Meststoffenwet normen vastgelegd voor het gebruik en de produktie van fosfaat in dierlijke mest. In de toekomst (1995) geldt de fosfaatsnormering ook voor fosfaat uit kunstmest. Met deze maatregelen wordt beoogd zowel de stikstof- als de fosfaatbelasting van de bodem te verminderen. Later zijn ook beleidsdoelstellingen geformuleerd om de ammoniakemissie uit de veehouderij terug te dringen. Daarnaast wordt beleid geformuleerd dat er specifiek op is gericht, de totale stikstofbelasting van het milieu vanuit de verschillende sectoren in de landbouw te beperken.

Voor een goede onderbouwing van dit beleid is het noodzakelijk inzicht te hebben in de omvang en ruimtelijke verdeling van de emissies van nutriënten vanuit de landbouw naar het milieu. Daarnaast is het noodzakelijk kosten van maatregelen voor de landbouwbedrijven en de effecten van deze maatregelen op de omvang van de nutriëntenverliezen te kwantificeren. De resultaten van deze berekeningen kunnen het milieukundig onderzoek naar de nutriëntenstromen in milieucompartimenten buiten het landbouwsysteem (lucht, bodem, water) voeden.

Er is veel onderzoek verricht naar de omvang en plaats van de emissies van nutriënten uit de landbouw en de kosten van maatregelen om de emissies te beperken. De kennis kan worden vergroot met een model dat gebruik maakt van zoveel mogelijk (empirische) gegevens op landbouwbedrijfsniveau.

Het onderzoeksproject "Stofstromen in de Nederlandse landbouw" heeft tot doel de nutriëntenemissies vanuit de Nederlandse landbouw te kwantificeren op basis van kenmerken van individuele bedrijven. Dit project wordt gefaseerd uitgevoerd. In dit rapport wordt verslag gedaan van de eerste fase van het onderzoek, die betrekking heeft op de nutriëntenstromen op sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in gemeenten met overwegend zandgrond in Gelderland. In de volgende paragraaf worden de aanleiding en

doelstelling van het stofstromenproject nader aangegeven, zowel voor het hele onderzoeksproject als voor het eerste deelproject.

1.2 Doel en aanpak

1.2.1 De stofstromenbenadering

De ontwikkeling van rekenmodellen op het Landbouw-Economisch Instituut is min of meer synchroon verlopen met de beleidsontwikkeling. In het begin van de jaren tachtig zijn het mestoverschottenmodel en het mesttransport- en -verwerkingsmodel ontwikkeld (Wijnands en Luesink, 1984). Deze modellen berekenen de omvang van de produktie van (meerdere) nutriënten in dierlijke mest en de optimale afzet van mestoverschotten en worden veel ingezet bij de onderbouwing van het fosfaatbeleid. Bij de actualisering van deze modellen (Luesink en Van der Veen, 1989) is de mogelijkheid ingebouwd om normen op meerdere nutriënten te baseren. In 1989 kwam ook het ammoniakmodel gereed (Oudendag en Wijnands, 1989).

In deze rekenmodellen wordt de produktie van nutriënten in dierlijke mest berekend door per diersoort met een genormeerde, gemiddelde uitscheiding per dier te rekenen. Er is nog weinig aandacht besteed aan het hele traject dat de nutriënten op het bedrijf afleggen en de verliezen die daarbij optreden. De behoefte aan inzicht in de volledige stofbalans van bedrijven neemt toe. In een integrale benadering van de stofstromen op bedrijfsniveau wordt aandacht besteed aan N, P en K, en wordt nagegaan welke hoeveelheden van deze nutriënten het bedrijf binnenkomen en waar en in welke hoedanigheid en hoeveelheid zij het bedrijf verlaten.

Een integrale benadering van de nutriëntenstromen op het bedrijf is in de eerste plaats interessant omdat daarbij niet alleen rekening wordt gehouden met de produktie en het gebruik van dierlijke mest, maar ook met de aanvoer van nutriënten in de vorm van kunstmest en (kracht-)voer.

In de tweede plaats bestaat er met name bij grondgebonden landbouw veel variatie tussen bedrijven (van hetzelfde type) (Daatselaar e.a., 1990). Daardoor zijn er grote verschillen in nutriëntenverbruik, -benutting en -verliezen en deze kunnen met een model dat de nutriëntenstromen op het bedrijf beschrijft, goed worden weergegeven. Bovendien kunnen door die variatie bepaalde maatregelen op het ene bedrijf meer effect sorteren dan op het andere en deze effecten kunnen beter worden begroot wanneer de stofstromen integraal worden gemodelleerd.

Een derde aanleiding voor een integrale benadering is, dat overheidsmaatregelen de nutriëntenstromen binnen het bedrijf kunnen beïnvloeden. Zo kunnen maatregelen om de ammoniakemissie te beperken leiden tot een grotere uitspoeling van nitraat. Daarnaast kunnen maatregelen gericht op één van de van de nutriënten uit dierlijke mest de stromen van de andere nutriënten beïnvloeden. Een fosfaatsnormering beïnvloedt ook de stikstofbelasting van

de bodem. Dergelijke effecten kunnen met een model dat de stofstromen op het bedrijf volledig beschrijft worden begroot.

Een vierde aanleiding voor een integraal model is dat nieuwe kennis over de omvang van de verschillende verliesposten, zoals denitrificatie van stikstof, nitraatuitspoeling en dergelijke hierin direct kan worden geïncorporeerd. Bij het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO) is de laatste jaren veel aandacht besteed aan het kwantificeren en verklaren van stof- en nutriëntenstromen op perceels- en bedrijfsniveau, ook in verband met de opzet van het nieuwe proefbedrijf voor melkveehouderij en milieu "De Marke", te Hengelo (Gld).

De gemiddelde nutriëntenuitscheiding per dier verandert in de loop van de tijd onder invloed van voersamenstelling, productiviteitsstijging, produktiewijzen en dergelijke. Het is daarom moeilijk om goede cijfers te ontwikkelen omtrent de gemiddelde nutriëntenuitscheiding per dier. Een model dat het voortraject van de nutriëntenuitscheiding beschrijft en tegelijkertijd goede ijkingsmogelijkheden heeft ten aanzien van de aanvoerposten van nutriënten, kan daarom een beter inzicht geven in de omvang van de problematiek.

Het berekenen van de omvang van de emissie van nutriënten uit de landbouw naar het milieu is geen doel op zich. Uiteindelijk zal men geïnteresseerd zijn in de effecten van de emissies op het (a)biotisch milieu. Na emissie door de landbouw, zal de route die de stoffen door de verschillende milieucompartmenten maken worden bepaald door factoren als bodemgesteldheid, gronden en oppervlaktewaterstroming en dergelijke. Deze factoren hebben een ruimtelijke dimensie. Het is daarom ook gewenst de ruimtelijke dimensie van de stofverliezen te bepalen.

Het stofstromenproject integreert technische en economische kennis. Voor een goede koppeling is het noodzakelijk dat de gegevens die vanuit de verschillende disciplines bijeen worden gebracht, goed op elkaar zijn afgestemd. Het bijeenbrengen van deze disciplines kan duidelijk maken waar zich leemtes in kennis bevinden.

Deze overwegingen vormen de aanleiding voor het stofstromenproject. Om de stofstromen van een groot aantal individuele bedrijven te kwantificeren, is een rekenmodel ontwikkeld: het stofstromenmodel.

Doel van dat model is:

1. het bepalen van de aard, omvang en ruimtelijke verdeling van de emissies van stoffen vanuit landbouwbedrijven naar het milieu;
2. het kwantificeren van de gevolgen voor kosten en uitstoot van stoffen van in bedrijfsverband genomen maatregelen;
3. het signaleren van leemtes in data en inzichten.

1.2.2 Begrippen

Het stofstromenproject heeft tot doel emissies van stoffen te kwantificeren. Stoffen zijn chemische verbindingen. Dat kunnen in principe allerlei chemische verbindingen zijn. Interessant zijn in dit geval die verbindingen die ongewenste milieu-effecten hebben, zoals bestrijdingsmiddelen en nutriënten. Voorlopig wordt in het stofstromenproject de aandacht gericht op de nutriënten N, P en K. Deze nutriënten kunnen in verschillende hoedanigheden/verschijningsvormen voorkomen. Stikstof kan bijvoorbeeld voorkomen als eiwit in veevoer of in dieren, als ammoniak, nitraat en dergelijke. In het stofstromenproject wordt steeds gesproken over de chemische elementen stikstof, fosfor en kalium in deze stoffen. Hoeveelheden hebben daarop betrekking.

Er is sprake van emissies of verliezen, wanneer de nutriënten uit het landbouwsysteem verdwijnen en dus systeemgrenzen overschrijden (zie paragraaf 2.3: systeemgrenzen).

1.2.3 Nutriëntenstromen op gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten

Het ontwikkelen van een stofstromenmodel waarin alle Nederlandse landbouwbedrijven worden doorgerekend, vergt de nodige onderzoekscapaciteit. Teneinde een tussentijdse evaluatie van het project mogelijk te maken, is besloten het project in fasen onder te verdelen. In de eerste fase van het project wordt het computermodel ontwikkeld en wel zo, dat daar in latere fasen direct op aangesloten kan worden.

De eerste fase beperkt zich tot:

- het ontwikkelen van een stofstromenmodel voor de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in gemeenten met zandgrond in de provincie Gelderland.
- het beschrijven van de mogelijkheden van een dergelijk model door het simuleren van een aantal maatregelen, gericht op de vermindering van stikstofemissies. Daarbij worden ook de fosfor en kaliumemissies geregistreerd.

Overwegingen om voor deze inperking te kiezen zijn geweest:

- op melkveebedrijven vindt zowel dierlijke als plantaardige productie plaats. Beide produktierichtingen worden gemodelleerd. Dit vergemakkelijkt uitbreiding naar andere landbouwsectoren in latere fasen van het onderzoek.
- op sterk gespecialiseerde melkveebedrijven (EG-bedrijfstype 411) vinden weinig andere agrarische activiteiten plaats. Dit zorgt ervoor dat het model zich concentreert op alle activiteiten voor de melkveehouderij en dat andere activiteiten (bijvoorbeeld varkenshouderij) voorlopig globaal gemodelleerd kunnen worden.
- over gewasgroei op zandgrond zijn, in vergelijking met andere grondsoorten, de meeste gegevens beschikbaar waar het

gaat om stikstofopname door de gewassen, nitraatuitspoeling en dergelijke. Op zandgrond spelen problemen als nitraatuitspoeling ook sterker dan elders.

- om de ruimtelijke dimensie van de uitkomsten nauwkeurig te modelleren wordt gerekend met oppervlakte-eenheden (grids). Alle bedrijven moeten daarom in deze grids worden ingedeeld. Om er voor te zorgen dat de totale oppervlakte niet te groot zou worden, is gekozen voor een geografische begrenzing: de provincie Gelderland. Dit had in feite elke provincie kunnen zijn, waarin een redelijke oppervlakte zandgrond voorkomt.

1.3 Eisen aan het model

Een model is een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid. Deze weergave kan verschillende vormen hebben. Een kwalitatief model is bijvoorbeeld een beschrijving in woorden. Kwantitatieve modellen kunnen er uitzien als een beschrijving in rekenregels of wiskundige vergelijkingen. Deze kunnen weer worden omgevormd tot een computermodel dat er voor zorgt dat de rekenregels onder bepaalde voorwaarden in een bepaalde volgorde worden uitgevoerd.

Het stofstromenmodel is een kwantitatief model, waarvan in dit rapport de rekenregels worden beschreven en waarvan een computermodel bestaat dat de berekeningen uitvoert.

De eisen die aan dit model worden gesteld, hangen samen met de doelstelling van het model:

- het model moet de aan- en afvoerposten van de nutriënten op landbouwbedrijven beschrijven en de geografische ligging daarvan registreren;
- het model moet kosten en baten kunnen berekenen van maatregelen die op bedrijfsniveau aangrijpen en die gericht zijn op een beperking van de nutriëntenemissies;
- het model maakt zoveel mogelijk gebruik van de beschikbare praktijkgegevens van de bedrijven;
- het model moet berekeningen op bedrijfsniveau uitvoeren om het mogelijk te maken de effecten van maatregelen per bedrijf te bepalen. De modeluitkomsten moeten op verschillende manieren geaggregeerd kunnen worden, bijvoorbeeld per stof, per bedrijfstype of per regio. Daarom moet het model bestaan uit een bedrijfs onderdeel en een aggregatie-onderdeel.
- het model dat in de eerste fase van het stofstromenproject wordt ontwikkeld, moet zo opgezet zijn, dat uitbreiding naar andere bedrijfstypen en gebieden goed mogelijk is.

1.4 Opbouw van het rapport

De eerste fase van het stofstromenproject beslaat twee onderdelen: de bouw van het computermodel en het doorrekenen van

maatregelen met dit model, zodat kan worden aangegeven welke mogelijkheden het model biedt.

In hoofdstuk 2 en 3 van dit rapport worden de methode en uitgangspunten voor het bedrijfsmodel beschreven.

Hoofdstuk 4 gaat in op de wijze van aggregatie van de uitkomsten van het bedrijfsmodel. In hoofdstuk 5 wordt een onzekerheidsanalyse uitgevoerd. Daarbij wordt nagegaan in hoeverre de modeluitkomsten gevoelig zijn voor aannamen waarover onzekerheid bestaat.

In hoofdstuk 6 worden emissiebeperkende maatregelen geformuleerd en worden de modeluitkomsten besproken.

Het doorrekenen van stofstromen voor individuele bedrijven vereist dat invoergegevens voor het model op bedrijfsniveau beschikbaar zijn.

In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op, onder meer, de voordelen van een dergelijke benadering boven één waarbij met regionale gegevens wordt gewerkt. Daarnaast worden de modelresultaten van het stofstromenmodel vergeleken met die van andere modelstudies op dit terrein. Tenslotte worden in hoofdstuk 8 conclusies getrokken.

2. OPZET VAN HET BEDRIJFSMODEL

2.1 Inleiding

Het bedrijfsmodel is de kern van het stofstromenmodel. Het bedrijfsmodel berekent voor ieder individueel bedrijf dat in de databank (zie paragraaf 2.4) is opgenomen de nutriëntenstromen en schrijft de resultaten van de berekeningen weg ter aggregatie per ruimtelijke eenheid (bijvoorbeeld per grid of per gemeente).

In dit hoofdstuk wordt uiteengezet hoe het bedrijfsmodel is opgebouwd. Eerst wordt de algemene opzet van het bedrijfsmodel besproken en vervolgens worden de afzonderlijke modules van het model behandeld. Hoofdstuk 3 geeft een meer gedetailleerde specificatie van het model.

2.2 Het melkveebedrijf als landbouwsysteem

In tegenstelling tot andere sectoren houdt de melkveehouderij zich zowel met dierlijke als met plantaardige produktie bezig. Dierlijke mest en ruwvoer vormen de schakels daartussen: dierlijke mest wordt door de veestapel geproduceerd en als grondstof gebruikt bij de plantaardige produktie, ruwvoer wordt door de gewassen geproduceerd en is nodig bij de dierlijke produktie. Bij de bemesting van de gewassen wordt bovendien gebruik gemaakt van kunstmest. Gras en mais zijn verreweg de belangrijkste ruwvoerprodukten. In het algemeen is de hoeveelheid ruwvoer die het vee maximaal kan opnemen, onvoldoende van kwaliteit om volledig te kunnen voldoen aan de voedingsbehoeften van het vee. Daarom wordt krachtvoer aangekocht. Op de intensievere bedrijven met een hoge melkproduktie per hectare is bovendien de ruwvoerproduktie te gering, zodat daar ook ruwvoer moet worden aangekocht. Door de uitwisseling van mest en ruwvoer tussen de onderdelen plantaardige produktie en dierlijke produktie van het systeem, doorlopen de nutriënten een cyclus. Nutriënten die door de gewassen uit de bodem zijn opgenomen, worden door het vee geconsumeerd en voor het belangrijkste deel weer met urine en faeces uitgescheiden. Via bemesting keren de nutriënten dan terug naar de bodem, voor zover ze niet tussen produktie en aanwending verloren zijn gegaan.

Bij het doorlopen van de nutriëntencyclus treden op verschillende plaatsen en tijdstippen emissies op. Als gevolg daarvan kunnen de effecten van maatregelen, genomen met het doel nutriëntenverliezen te beperken bij bijvoorbeeld het onderdeel dierlijke produktie, leiden tot extra verlies bij het onderdeel plantaardige produktie. Een voorbeeld: het afdekken van een mest-silo zal de ammoniakemissie daaruit beperken, maar als de mest oppervlakkig wordt uitgereden zal de ammoniak alsnog vervluchtigen. Het inwerken van mest zal de ammoniakemissie aanzienlijk re-

duceren, maar zal ook leiden tot een verhoogde nitraatuitspoeling als de input van kunstmeststikstof niet wordt beperkt. Daarom moet een strategie, bedoeld om verliezen te beperken, rekening houden met alle componenten van het systeem, inclusief het gedrag van de veehouder.

2.3 De grenzen van het systeem

Alvorens een systeem rekenkundig te beschrijven, te modelleren, is het noodzakelijk af te spreken waardoor het systeem wordt begrensd. Immers dan pas is het mogelijk aan te geven welke stoffen het systeem binnen komen of verlaten en welke processen zich wel of niet binnen het systeem afspelen. Het te modelleren systeem is het gespecialiseerde melkveebedrijf op zandgrond.

In horizontaal opzicht wordt een bedrijf begrensd door andere bedrijven, wegen, sloten of bossen. De oppervlakte cultuurgrond is een goede maat voor de horizontale uitgestrektheid. Verticaal wordt het bedrijf ergens begrensd in de atmosfeer en bodem. De verticale grenzen zijn moeilijker te trekken dan de horizontale. In principe kunnen het deel van de lucht en het deel van de grond waarin zich landbouwkundige activiteiten voltrekken en waarop de melkveehouder dus grip heeft, tot het systeem gerekend worden. Nutriënten die zich in de bewortelbare zone van de bodem bevinden, kunnen nog worden opgenomen door de gewassen. In welke mate dat gebeurt hangt vooral af van de maatregelen die de veehouder neemt met betrekking tot teelt en bodemgebruik. Als na maïs bijvoorbeeld een groenbemester wordt geteeld kan minerale stikstof worden omgezet in organisch gebonden stikstof en daarvoor voor uitspoeling worden behoeft.

Verticaal wordt de ondergrens van het systeem daarom gelegd op het niveau waar de wortelactiviteit onbelangrijk wordt, voor zandgrond is dat in de regel aan de onderkant van de laag "zwarte grond". Nutriënten die deze laag verlaten kunnen als verloren worden beschouwd, nutriënten in die laag als potentieel opneembaar. De verticale bovengrens wordt gelegd op gewashoogte. Zowel horizontaal als verticaal komen stoffen het bedrijf binnen en verlaten het weer: horizontaal bijvoorbeeld door aanvoer van meststoffen en veevoer, afvoer van melk en dieren, verticaal door depositie, vervluchtiging en uitspoeling.

2.4 Beschikbaarheid van data

Ten behoeve van het stofstromenproject is een databank gecreëerd.

In de databank zijn bedrijfsgegevens samengebracht vanuit verschillende bronnen (tabel 2.1).

Alle gegevens in deze databank hebben betrekking op de situatie in 1988. De reden om voor 1988 te kiezen is geweest, dat dit

bij de start van het onderzoek het meest recente jaar was waarvoor in alle bronnen gegevens beschikbaar waren.

Van alle landbouwbedrijven in Nederland is een groot aantal gegevens over de veestapel en het bouwplan beschikbaar. In de jaarlijkse Landbouwtelling worden deze gegevens geregistreerd. De individuele bedrijfsgegevens van de Landbouwtelling 1988 zijn in principe beschikbaar voor gebruik in het stofstromenmodel. Uit de gegevens van de Landbouwtelling is een selectie gemaakt. De gegevens 1-21 uit tabel 2.1 zijn afkomstig uit de Landbouwtelling.

Via de postcode/huisnummercombinaties van de bedrijven in de Landbouwtelling is de locatie (gridcoördinaten) van de bedrijven opgevraagd bij de PTT. De postcode/huisnummercombinaties van de bedrijven in de zandgemeenten in Gelderland zijn voor dit onderzoek beschikbaar gesteld door de Directie Uitvoering Regelingen van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. De gridcoördinaten geven aan in welk vierkant van 500 * 500 meter een bepaald bedrijfsadres ligt (gegeven 22 uit tabel 2.1).

De gridcoördinaten zijn gebruikt om een indicatie te verkrijgen van het vochtleverend vermogen van de bodem en van de grondwatertrap op een bedrijf (gegevens 23 en 24 uit tabel 2.1). Dat was mogelijk met behulp van een databestand dat door het Staringcentrum (SC-DLO) geleverd werd (De Vries en Denneboom, 1991). Dit data-bestand bevat de dominante bodemkenmerken per vierkant van 500 bij 500 meter voor de zandgemeenten in Gelderland. De vierkanten werden aangegeven met gridcoördinaten die corresponderden met de coördinaten die de PTT geleverd had.

Een laatste bron van bedrijfsgegevens vormen de gegevens over melk- en vetquotum over melkjaar 1988, die voor onderzoeksdoeleinden beschikbaar zijn bij LEI-DLO (gegevens 25 en 26 uit tabel 2.1).

Naast deze set van gegevens voor alle bedrijven die in de Landbouwtelling zijn geregistreerd, beschikt het LEI-DLO over een uitgebreide dataset voor een steekproef van bedrijven. Dit LEI-boekhoudnet omvat één procent van het totaal aantal bedrijven in de populatie. De steekproef heeft betrekking op bedrijven die groter of gelijk zijn aan 79 sbe (1 koe = 2,5 sbe, 1 ha grasland = 2,1 sbe, 1 ha mais = 2,9 sbe).

In principe zou met de steekproefbedrijven een goed beeld kunnen worden gegeven van de huidige stofstromen op landbouwbedrijven, omdat veel gegevens beschikbaar zijn (onder andere aankopen van kunstmest, krachtvoer, ruwvoer, mest en verkopen van melk, vlees, mest en voer). Het aantal steekproefbedrijven is in het algemeen echter vrij klein, zeker als bepaalde deelgebieden/deelgroepen afzonderlijk worden bekeken. Door de grote variatie

tussen bedrijven - ook waar het gaat om stofstromen - kunnen uitkomsten dan snel aan betrouwbaarheid inboeten.

Een meer vruchtbare benadering is dan om uit te gaan van alle landbouwbedrijven en de ontbrekende gegevens (bijvoorbeeld krachtvoergif) voor de (99%) niet-steekproefbedrijven te schatten, door middel van relaties die geschat worden op basis van de gegevens van steekproefbedrijven.

De relaties die het verband aangeven tussen bijvoorbeeld bepaalde Landbouwtellingsgrootheden en bepaalde stofstromen, hoeven niet noodzakelijkerwijs geschat te worden op grond van de gegevens van alleen de steekproefbedrijven in het betreffende jaar of in het betreffende gebied. Het is bijvoorbeeld mogelijk om gegevens van meerdere jaren te gebruiken of van alle bedrijven op zandgronden.

Tabel 2.1 Bedrijfsgegevens die in de databank van het stofstromenmodel zijn opgenomen

-
- (1) Gemeentennummer
 - (2) Negtype
 - (3) Oppervlakte cultuurgrond gemeten maat
 - (4) Oppervlakte grasland
 - (5) Oppervlakte maisland
 - (6) Oppervlakte overige akkerbouw
 - (7) Staltype
 - (8) Aantal kalveren (jonger dan 1 jaar)
 - (9) Aantal pinken + vaarzen (1-2 jaar + vanaf 2 jaar)
 - (10) Aantal koeien (melk- en kalf)
 - (11) Aantal stieren (vanaf 1 jaar)
 - (12) Aantal stuks vleesvee (0-1 jaar, 1-2 jaar, vanaf 2 jaar)
 - (13) Aantal vleeskalveren
 - (14) Aantal biggen
 - (15) Aantal vleesvarkens
 - (16) Aantal fokvarkens
 - (17) Aantal slachtkuikens
 - (18) Aantal leghennen
 - (19) Aantal moederdieren
 - (20) Aantal paarden
 - (21) Aantal schapen
 - (22) Gridcoördinaten
 - (23) Vochtleverend vermogen bodem
 - (24) Grondwatertrap
 - (25) Melkquotum
 - (26) Vetquotum
-

Opm: geiten, konijnen, nertsen en kalkoenen zijn in de eerste fase niet meegenomen. In de tweede fase zullen deze diersoorten wel in de modellen worden opgenomen.

Ook kan het LEI-boekhoudnet gebruikt worden om na te gaan of bepaalde technische relaties - bijvoorbeeld die tussen melkgift en krachtvoergift - die in de literatuur te vinden zijn, overeenstemmen met de praktijk op de landbouwbedrijven. In hoofdstuk 4 wordt daar nader op ingegaan.

Een reden waarom niet volstaan wordt met het doorrekenen van alleen de huidige nutriëntenstromen op LEI-steekproefbedrijven, is dat er stofstromen voor alternatieve scenario's moeten worden bepaald. Daarvoor is het nodig om een model te bouwen waarin via technische en gedragsrelaties berekend kan worden hoe externe "schokken" (bijvoorbeeld overheidsmaatregelen, technische vooruitgang) doorwerken in de stofstromen in de landbouw. Is dat model eenmaal beschikbaar, dan ligt het voor de hand om - waar de invoergegevens voor het model beschikbaar zijn voor alle bedrijven - ook alle bedrijven afzonderlijk door te rekenen. Voor de bedrijven die kleiner zijn dan 79 sbe, zijn modelberekeningen op basis van de Landbouwtelling sowieso een vereiste.

2.5 Het melkveebedrijf als informatiesysteem

2.5.1 Algemeen

Het systeem "landbouwbedrijf" zal in kaart gebracht moeten worden. Dat houdt in dat een beschrijving wordt gegeven van de belangrijkste kenmerken (toestandsvariabelen) van het bedrijf (oppervlakte, bouwplan, aantallen dieren, arbeidskrachten, quota, bodem-kenmerken) en van de relaties tussen de toestandsvariabelen en de output-variabelen (dat zijn uiteindelijk de nutriëntenverliezen). De waarden van de bedrijfskenmerken komen beschikbaar via de Landbouwtelling en het Staringcentrum (SC-DLO) en zijn vastgelegd in de databank (tabel 2.1).

Duidelijk moet worden hoe de waarden van de outputvariabelen voortvloeien uit de waarden van de toestandsvariabelen, dat wil zeggen via welke relaties en welke hulp- of tussenvariabelen.

2.5.2 Activiteiten en stromen in het bedrijfsmodel

Een bedrijf wordt gekenmerkt door toestandsvariabelen. Het gedrag van (de ondernemer op) een bedrijf wordt bepaald door de waarden van deze toestandsvariabelen en de externe randvoorwaarden die voor het bedrijf gelden. Het gedrag van een bedrijf houdt in dat er bepaalde activiteiten worden ontplooid. Deze activiteiten houden in dat er stromen (goederen, stoffen, geld) het bedrijf binnenkomen en dat er stromen het bedrijf verlaten. Het model moet behulpzaam zijn bij het beantwoorden van de vraag hoe verschillende randvoorwaarden (overheidsmaatregelen) de input- en outputstromen beïnvloeden.

Alle stromen zijn in principe gekoppeld aan activiteiten. Niet alle activiteiten hebben te maken met elk van de mogelijke

soorten stromen. Mest-excretie gaat bijvoorbeeld niet gepaard met een geldstroom. Ammoniakemissie gaat niet direct gepaard met een goederenstroom.

Binnen een bedrijf volgen verschillende activiteiten elkaar op. Iedere activiteit transformeert voorraden (goederen, geld, stoffen) tot andere voorraden. Een hoeveelheid veevoer bijvoorbeeld wordt door de activiteit "dierlijke productie" getransformeerd in mest en dierlijke produkten.

2.5.3 De bedrijfskringloop

Er is sprake van een kringloop van activiteiten op een bedrijf: veevoeding -> dierlijke productie -> mest-excretie -> mestverwerking -> bemesting -> plantaardige productie -> veevoeding -> ... Dat bemoeilijkt de modellering. In een LP-model (bijvoorbeeld) is het wel mogelijk om tegelijkertijd de dierlijke en plantaardige productie te bepalen. Maar gezien het feit dat de modelberekeningen voor grote aantallen bedrijven uitgevoerd moeten worden, ligt het niet voor de hand om voor ieder bedrijf afzonderlijk optimalisaties uit te voeren. (Model-) optimalisaties uit andere studies kunnen wel dienen als hulpmiddel bij het vormen van rechttoe-rechtaan rekenregels in het te ontwikkelen model.

De activiteiten op een bedrijf nemen in het model de vorm aan van modules. Deze modules zetten waarden van variabelen om in waarden van andere variabelen. De modules samen vormen een keten die begint bij de toestandsvariabelen en eindigt bij de outputvariabelen. Een module baseert zijn berekeningen op:

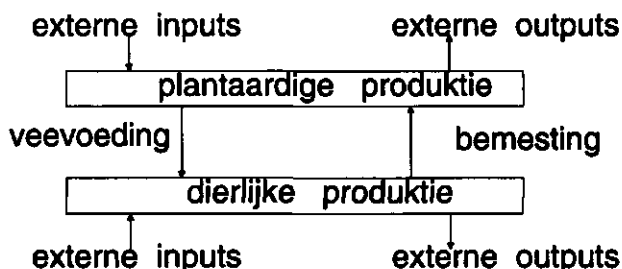
- 1) de waarde van de toestandsvariabelen;
- 2) de waarde van (hulp-)variabelen uit vorige modules;
- 3) de waarde van de exogene variabelen (overheidsmaatregelen, emissies van buiten de landbouw, enz.).

Een module bevat de technische en gedragsrelaties die gelden voor een bepaalde activiteit. Deze relaties (in de vorm van wiskundige vergelijkingen, coëfficiënten of tabellen) geven aan of een bepaalde activiteit wordt ondernomen (bijvoorbeeld aankoop van dierlijke mest), in welke mate deze activiteit ondernomen wordt, en hoe deze activiteit de waarden van hulp- en outputvariabelen beïnvloedt.

Belangrijk is hoe een model ontworpen kan worden waarin de berekeningen kunnen plaatsvinden door het achtereenvolgens doorlopen van een aantal modules, zonder dat er kringlopen in het model zitten.

De twee hoofdactiviteiten "plantaardige productie" en "dierlijke productie" staan niet los van elkaar maar beïnvloeden elkaar over en weer. De belangrijkste links zijn:

- 1) een deel van de plantaardige produktie (namelijk de voeder-
gewassen) wordt gebruikt als input voor de dierlijke produk-
tie;
- 2) een deel van de dierlijke produktie (namelijk mest) wordt
gebruikt als input voor de plantaardige produktie.



Figuur 2.1 De stofstromen op het melkveebedrijf

In principe vormt een tekortschietende produktie van voeder-
gewassen een rem op de voortbrenging van dierlijke produkten en
vormt een tekortschietende produktie van mest een rem op de
voortbrenging van plantaardige produkten. In de loop van de tijd
is er echter een situatie ontstaan tussen de plantaardige en
dierlijke produktie waardoor wederzijdse belemmeringen niet zo
snel zullen voorkomen. Daarbij komt dat het volop mogelijk is om
de betreffende inputs (mest, voedergewassen) van buiten het be-
drijf aan te voeren of te vervangen door substituten (kunstmest,
krachtvoer). Daarom kan gesteld worden dat, hoewel dierlijke en
plantaardige produktie onderdeel zijn van een cirkel van met el-
kaar verbonden activiteiten, ze toch min of meer los van elkaar
bekeken kunnen worden.

2.5.4 De kringloop doorbroken

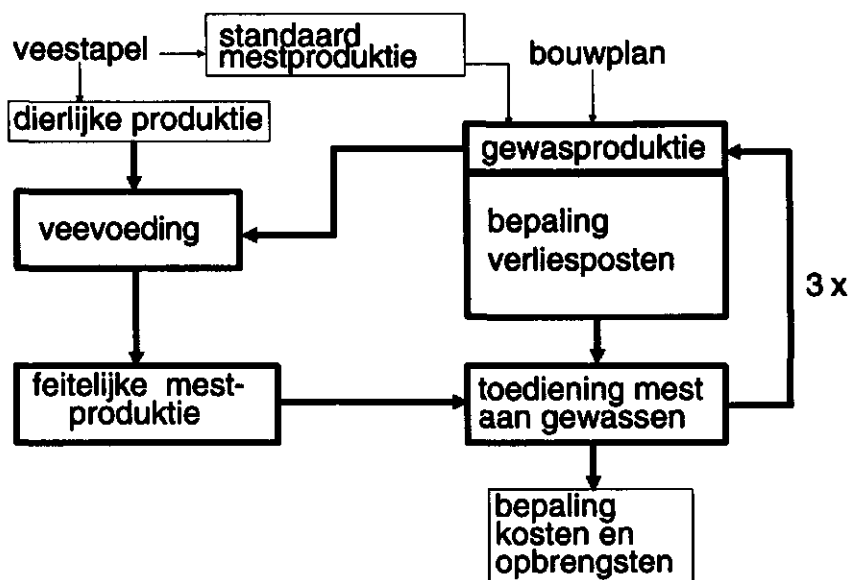
Als startpunt voor het model wordt de plantaardige produktie
genomen. Deze bepaalt in belangrijke mate het rantsoen voor de
dieren. Daarvoor moet wel de dierlijke mestproduktie bekend zijn,
maar die kan in eerste instantie worden berekend door het aantal
dieren te vermenigvuldigen met een standaard mestproduktie met
een standaard samenstelling per dier. Deze mest wordt met een be-
paalde mestuitrijvolgorde op het land uitgereden. Vervolgens
wordt het kunstmestgebruik berekend op grond van schattingen op
basis van gegevens uit het LEI-boekhoudnet. Het aanbod van (op-
neembare) stikstof is dan bekend en de gewasproduktie wordt be-
paald. Er is dus een lichte afhankelijkheid tussen de gewasgroei
en de dierlijke mestproduktie en uitrijvolgorde. Hiervoor is uit-
drukkelijk gekozen, omdat dit de mogelijkheid biedt om extensieve
bedrijven met een laag aanbod aan dierlijke mest, een niet-maxi-

male gewasproduktie te geven. Naar verwachting sluit dat aan bij de praktijk.

Als de plantaardige produktie bekend is, dan kan de aandacht verder worden gericht op de dierlijke produktie. Hierbij kan er van uit worden gegaan dat een bepaald produktieniveau realiseerbaar is, ongeacht de omvang van de eigen ruwvoerproduktie. Gegeven de veestapel, de voerbehoefte per dier (in samenhang met het produktieniveau per dier), de beschikbare hoeveelheden ruwvoer, en dergelijke, wordt het voederrantsoen bepaald.

Het voer leidt naast de produktie van dierlijke produkten tot de produktie van mest. Daarvan kan nu de feitelijke samenstelling worden bepaald. Deze mest wordt op een bepaalde manier uitgereden en de mestoverschotten worden afgevoerd.

Nu de werkelijke samenstelling van de mest bekend is, wordt er teruggekoppeld naar de gewasproduktie. Daar wordt opnieuw bepaald welke gewasproduktie er met het bedrijfsspecifieke aanbod van opneembare stikstof wordt gerealiseerd. Vervolgens wordt het programma weer doorlopen, totdat er een evenwicht is ontstaan tussen het aanbod van dierlijke mest en de gewasproduktie. Dat blijkt in de praktijk na ongeveer 3 iteraties het geval te zijn. Het programma gaat dan verder met de definitieve bepaling van de verliezen en van de kosten.



Figuur 2.2 Schema van de modules: de dik omlijnde modules worden drie maal doorlopen

Dit plaatje moet uiteraard niet als een volgtijdelijke reeks van activiteiten worden gezien (mestproduktie en dierlijke productie gaan samen, terwijl veevoeding eraan vooraf gaat; bemesting gaat vooraf aan gewasproduktie), maar als een reeks activiteiten die zodanig samenhangen dat de ene activiteit de andere impliceert. Uiteraard moeten aan het plaatje nog activiteiten als "bepaling plaatsbare hoeveelheid" en "mest-management" worden toegevoegd, maar het gaat er hier in de eerste plaats om, hoe de plantaardige en dierlijke productie in het model aan elkaar zijn gekoppeld.

Figuur 2.2 wordt omgezet in een rekenmodel. Dat houdt in dat er variabelen gedefinieerd worden, evenals relaties tussen die variabelen. Per activiteit is een deel-model (module) gemaakt. Deze modules worden onder figuur 2.3 kort besproken.

2.5.5 Stroomschema bedrijf

In figuur 2.3 wordt het stroomschema van het bedrijfsmodel weergegeven. Dit is een verdere uitwerking van het voorgaande schema.

Het nummer in de rechter bovenhoek van de modules geeft de volgorde aan waarin zij worden doorgerekend.

Voorlopige-mestproduktiemodule

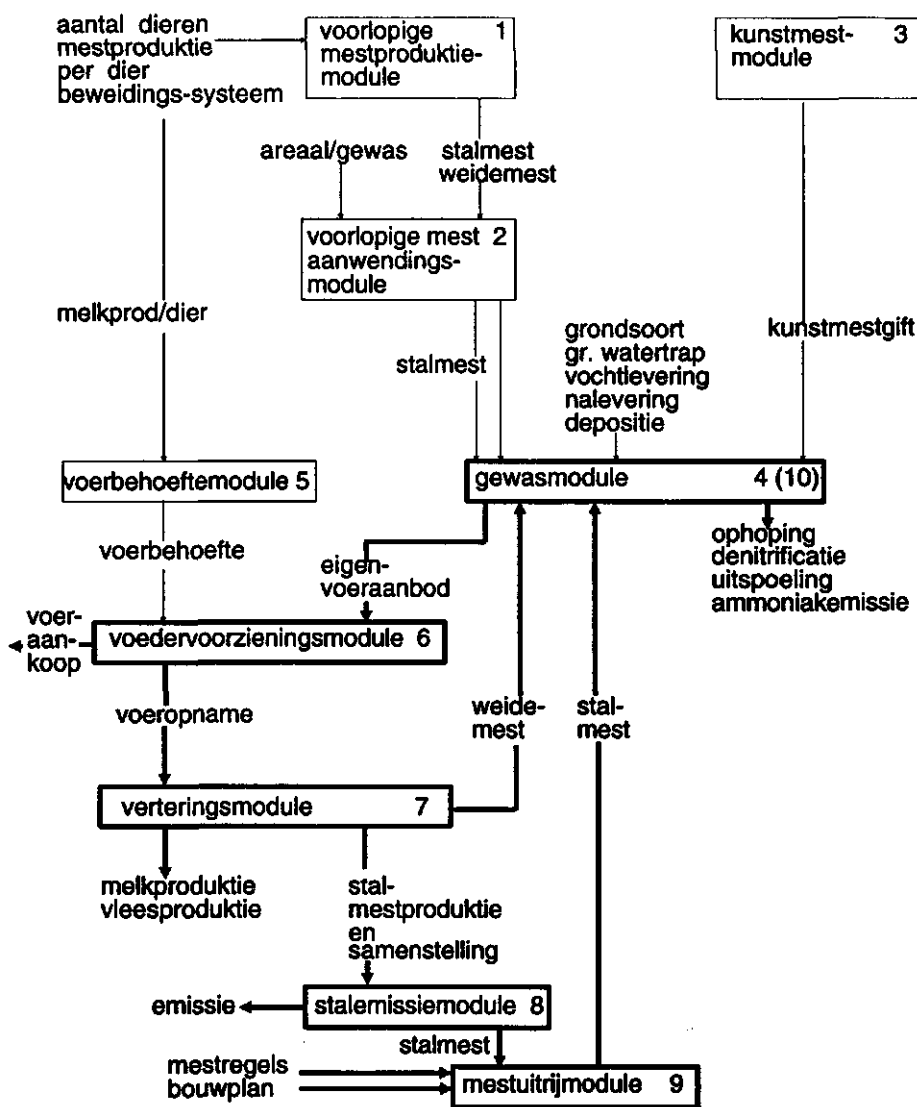
De module "voorlopige mestproduktie" is het beginpunt van de berekeningen op bedrijfsniveau. In deze module wordt de voorlopige dierlijke-mestproduktie berekend. Deze module is nodig om, samen met de module "voorlopige mestaanwending" en de module "kunstmestgift", de mestgift op grasland en mais te berekenen. Zo kan een eerste schatting worden gemaakt van de gras- en maisproduktie. De weidemestproduktie wordt bepaald met de CABO-grasland-modellen (zie de gewasmodule).

Voorlopige-mestaanwendingsmodule

In de "voorlopige-mestaanwendingsmodule" wordt de voorlopige mestproduktie in een bepaalde volgorde toegewezen aan de gewassen.

Kunstmestmodule

In deze module wordt de kunstmestgift (in kg per ha en kg per bedrijf) bepaald. De stikstof-kunstmestgift bepaalt mede het aanbod van opneembare stikstof in de bodem.



Figuur 2.3 Stroomschema van het bedrijfsmodel (exclusief de balansen en kostenmodule). Het dikomlijnde deel wordt 3x doorlopen

Gewasmodule

Grasproduktie

In deze module wordt de grasproduktie per hectare en per bedrijf bepaald. De produktie is voor een groot aantal bedrijfs-situaties vooraf berekend met het graslandmodel GRASMOD van CABO-DLO. De produktie is afhankelijk van een aantal bedrijfskenmerken: het vochtleverend vermogen van de bodem, de opneembare hoeveelheid stikstof, het op het bedrijf gehanteerde beweidingssysteem (zomerstalvoeding, dag en nacht weiden of alleen overdag weiden), het masipcentage, de mestaanwendingsmethode, de hoeveelheid drijfmest, kunstmest en weidemest en de hoeveelheid stikstof die door mineralisatie vrijkomt. Naast de droge-stofproduktie worden ook de stikstofopname door het gras, de nitraatuitspoeling, de ammoniakvervluchtiging, de denitrificatie, de stikstof in mest die via beweiding op het land komt, de N in urine die via beweiding op het land komt en de N in drijfmest die via bemesting op het land komt berekend.

GRASMOD wordt voor een groot aantal verschillende bedrijfs-situaties doorgerekend en schrijft de berekende gegevens weg naar een tabel. Het stofstromenmodel leest, op basis van de bedrijfskenmerken de bijbehorende waarden voor de grasproduktie en de voorlopige verliesposten in.

De grasmodule is de eerste module uit de loop in het programma. Het gedeelte vanaf de grasmodule tot en met het uitrijden van de werkelijke mestproduktie wordt drie maal doorlopen, namelijk totdat er een evenwicht is bereikt tussen de berekende mest-samenstelling en de gewasproduktie.

Maisproduktie

In deze module wordt de maisproduktie per hectare en per bedrijf berekend, afhankelijk van de vochttoestand van de bodem. Evenals bij gras worden tegelijkertijd de verliezen aan N berekend.

Voerbehoeftemodule

In deze module wordt, bij gegeven melkproduktie van het bedrijf, de voederbehoefte van het melkvee bepaald.

Te zamen met de voederbehoefte van het overig vee, wordt hieruit de totale voederbehoefte per bedrijf berekend, door de voederbehoefte per dier te vermenigvuldigen met het aantal dieren op het bedrijf.

Voedervoorzieningsmodule

In deze module wordt de voerproduktie geconfronteerd met de voerbehoefte (op jaarbasis). Wanneer de voerbehoefte groter is dan de voerproduktie, wordt er voer aangekocht, andersom wordt voer verkocht. De eigen voerproduktie bestaat uit gras en mais. Deze wordt in een bepaalde volgorde aan het vee aangeboden.

Verteringsmodule

In deze module wordt de nutriëntenuitscheiding per diersoort na de voedervoorziening gegeven. De stikstof, fosfor en kalium in de mest is het verschil tussen input en retentie.

Onder de input wordt verstaan: gras, mais en overig ruwvoer van het eigen bedrijf en aankoop van gras, mais, overig ruwvoer en krachtvoer. In deze module wordt de werkelijke mestsamenstelling berekend, verdeeld over stalmest en weidemest.

Stalemissiemodule

In deze module wordt de ammoniakemissie in stal en opslag bepaald. Ook wordt berekend hoeveel stikstof in de mest achterblijft.

Mestaanwendingsmodule

In deze module wordt de werkelijke mestproduktie verdeeld over de gewassen. De samenstelling van de mest kan afwijken van de samenstelling die bij de eerste module is gehanteerd. In die module werd immers uitgegaan van een standaard mestsamenstelling. Hierdoor kunnen de verliezen aan N, P en K afwijken van de verliezen die berekend zijn in de gewasproductiemodules op basis van de CABO-gewasmodellen.

Wanneer de berekende produktie afwijkt van de voorlopig aangenomen produktie, dan wordt een correctie toegepast op de verliezenposten.

Deze module is de laatste die in de loop is opgenomen. Nadat deze module voor de eerste keer is doorlopen wordt er teruggekoppeld naar de module grasproduktie. Wanneer dat drie keer is gebeurd, wordt de balansen-module aangeroepen.

Balansenmodule

In deze module worden de verschillende (eind-)balansen van de stofstromen door het bedrijf gemaakt. Er is een balans waarin het hele bedrijf wordt beschreven, een balans voor het dier en een bodembalans per gewas. Deze balans kan pas worden opgebouwd, nadat alle modules van het bedrijfsmodel zijn aangeroepen.

Kostenmodule

Eén van de doelstellingen van het stofstromenmodel is om de economische gevolgen (kosten en opbrengsten) te kwantificeren van maatregelen die de nutriëntenstromen op het bedrijf beïnvloeden. De economische gevolgen van een maatregel worden bepaald door het verschil te berekenen tussen de kosten en opbrengsten van de bedrijfsactiviteiten in de variant met de betreffende maatregel en die in de uitgangssituatie.

Een aantal kostenposten is direct verbonden met de nutriëntenbalans op een bedrijf. Dit geldt bijvoorbeeld voor de kosten voor voer- en mest aankopen. Deze kosten zijn af te leiden uit de nutriëntenbalans op bedrijfsniveau; daarin staan immers de aankopen van voer en meststoffen.

Andere kosten worden veroorzaakt door de wijze van mestbehandling op het bedrijf. Het gaat daarbij om kosten voor mestuitrijden, injectie, opslag en dergelijke. Deze kosten zijn niet direct af te leiden uit de nutriëntenbalans.

Nog weer andere kosten of opbrengsten ontstaan als er een maatregel wordt genomen waardoor bedrijven de omvang van de vee-stapel aanpassen of van het ene gewas op een ander gewas overschakelen. In dat geval veranderen de variabele, en op termijn de vaste toegerekende kosten. De toegerekende kosten voor het houden van vee en telen van gewassen worden daarom ook in het model opgenomen.

Wanneer alleen de kosten van nutriëntenaan- en afvoer zouden worden meegenomen, dan zou het niet nodig zijn om een aparte kostenmodule te maken; de waarde van de aan- en afvoerposten kan immers als een eigenschap van de aan- of afvoerpost worden meegenomen. Het feit dat de mestbehandling op het bedrijf kosten met zich meebrengt en dat er maatregelen moeten kunnen worden doorerekend die het aantal dieren en de gewasoppervlaktes veranderen, noopt tot het ontwikkelen van een kostenmodule.

3. SPECIFICATIE VAN HET BEDRIJFSMODEL

3.1 Voorlopige mestproduktie en mestaanwending

Er zijn twee redenen waarom de voorlopige mestproduktie wordt berekend. In de eerste plaats moet van ieder bedrijf de fosfaatproduktie in dierlijke mest worden berekend, om te bepalen of een bedrijf een wettelijk mestoverschot heeft. Wanneer dat het geval is, dan moet er een bepaalde hoeveelheid mest van het bedrijf worden afgevoerd. Dat betekent dat niet alle mest op het bedrijf wordt uitgereden. Daarmee moet rekening worden gehouden wanneer we het aanbod van stikstof bepalen voor de gewasgroei.

De mest- en fosfaatproduktie moet in dit geval worden berekend op grond van de forfaitaire normen die daarvoor in de Meststoffenwet zijn gegeven. Deze zijn vermeld in tabel 3.1. Bedrijven die aan het Mineralen Aanvoer Registratie Systeem (MARS) deelnemen, kunnen een lagere fosfaatproduktie realiseren en hoeven ook minder fosfaat af te voeren. Dit is echter voor gespecialiseerde melkveebedrijven nog niet relevant. In de tweede fase van het stofstromenproject worden ook intensieve veehouderijbedrijven gemodelleerd. Dan zal nagegaan worden met welke fosfaatproduktie op die bedrijven gerekend moet worden.

Tabel 3.1 Mestproduktie (1) en forfaitaire fosfaatscheiding per gemiddeld aanwezig dier (2) (Honderd en van der Peet, 1990), de stikstofscheiding per gemiddeld aanwezig dier in 1988 (3) (Luesink, 1993) en het stikstofgehalte in de mest (4)

Diersoort	(1) mest ton	(2) P2O5 kg	(3) N kg	(4) N-gehalte %
Jongvee 0-1 jaar	5,00	10,50	33,55	0,67
Jongvee 1-2 jaar	9,50	20,00	63,90	0,74
Melkvee	21,60	41,00	131,00	0,61
Vleesvee	9,50	20,00	63,90	0,67
Vleeskalveren	3,50	5,25	10,20	0,29
Vleesvarkens	1,70	7,40	16,40	0,97
Fokvarkens	5,60	20,30	32,75	0,59
Leghennen	0,064	0,50	0,80	1,25
Slachtkuikens	0,010	0,24	0,54	5,40

In de tweede plaats moeten de voorlopige produktie en de aanwending van dierlijke mest worden berekend om per gewas het

aanbod van stikstof te kunnen schatten, teneinde de gewasproductie te kunnen bepalen. Het is daarom noodzakelijk dat er voorlopige aannamen worden gedaan over de stikstofuitscheiding per dier. Hierbij is het niet noodzakelijk om de (voorlopige) fosfaat- en kaliumproductie te weten. Het aanbod van deze nutriënten speelt immers in het model geen rol bij de vaststelling van de gewasproductie. De werkelijke fosfaat-, stikstof- en kaliumproductie worden in een later stadium berekend op grond van de gehalten in de veevoeding en de retentie per dier. Dan worden ook de nutriëntenbalansen per gewas opgesteld.

De stikstofuitscheiding wordt gecorrigeerd voor stal- en opslagemissie. Dan is de stikstofinhoud van de uit te rijden mest bekend. Omdat GRASMOD werkt met een standaard-stikstofinhoud van 0,5% N (zie paragraaf 3.3.3.1), worden de tonnen mest per hectare gecorrigeerd. Als er 25 ton mest met een stikstofgehalte van 0,4% per hectare wordt uitgereden, dan wordt de grasproductie bepaald bij een drijfmestgift van 20 ton mest (met een N-inhoud van 0,5%). Het is niet bekend hoe in de praktijk op bedrijven de mest over de gewassen wordt verdeeld. De verdeling van de mest over de gewassen is als volgt verondersteld: eerst komt de weidemest op grasland. Vervolgens wordt eerst 15 ton stalmest per hectare grasland toegewezen. Wanneer er dan nog stalmest over is, wordt dit aan snijmais toegewezen, totdat de wettelijke bemestingsnorm (tabel 3.2) is opgevuld, of totdat de stalmest op is. Eventueel resterende stalmest gaat dan weer naar grasland totdat de wettelijke norm is opgevuld of de mest op is. Wanneer er dan nog mest over is, dan wordt dit op overig bouwland gebracht. Bij de onzekerheidsanalyse (hoofdstuk 5) worden ook andere verdelingen doorerekend.

Tabel 3.2 De wettelijke normen voor fosfaatbemesting uit dierlijke mest (weide- en stalmest) in 1988 (in kg fosfaat/ha)

Gewas	Fosfaatnorm
Grasland	250
Mais	350
Overig bouwland	125

Er wordt in deze fase van het stofstromenproject geen mest-aan- of -afvoer voorondersteld. Wel kan mestafvoer resultaat zijn van de berekeningen, namelijk op die bedrijven die een mestoverschot hebben. Bij de uitbreiding van het model naar andere bedrijfstypen, zal dat wel gebeuren. In het LEI-boekhoudnet wordt de aan- en afvoer van dierlijke mest geregistreerd. Deze blijken klein te zijn (tabel 3.3).

Tabel 3.3 Gemiddelde aan- en afvoer van dierlijke mest (in tonnen per bedrijf) op basis van de boekhoudnetgegevens van sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in de zandgebieden in Gelderland (1988 en 1989) en in de zandgebieden van Nederland (1988)

	Gelderland		Nederland
	1988	1989	1988
Aanvoer mest	35,8	47,8	82,8
Afvoer mest			
w.v. rundveedrijfmest	34,3	80,5	28,9
rundvee vaste mest	0	23,4	0,9
fokvarkensmest	5,2	0,0	4,6
vleesvarkensmest	4,9	11,7	2,6
slachtkuikensmest	8,8	0,0	2,1
Totaal afvoer mest	53,2	115,6	28,9

3.2 Kunstmestgift

Met behulp van de boekhoudgegevens is het verband tussen de kunstmestgift in 1988 en overige bedrijfskenmerken onderzocht. Het verslag van die exercitie is weergegeven in bijlage 1.

In het model is de volgende relatie opgenomen:

Kunstmeststikstofgift per ha grasland =

$$97,2 * \ln(\text{aantal melkkoeien per bedrijf}) - 26$$

Er wordt verder verondersteld dat er per hectare mais en per hectare overig bouwland 90 kg stikstof wordt bemest. Zowel gras, mais als overig bouwland krijgen 35 kg P en 35 kg K per hectare toegekend (zie bijlage 1).

3.3 De voederproduktie en de stikstofverliezen die daarbij optreden

3.3.1 Algemene rekenprocedure voor mais en gras

Melkveebedrijven produceren een deel van het benodigde voer zelf. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de mest die de eigen vee-stapel produceert, eventueel van het mestoverschot van andere bedrijven en van kunstmest. De hoeveelheid en de kwaliteit van het voer zijn van een aantal factoren afhankelijk. De belangrijkste zijn de arealen van de verschillende gewassen, de vochtvoorziening, de natuurlijke bodemvruchtbaarheid en de bemesting. Bij grasland speelt bovendien de gebruikswijze een belangrijke rol: maaien voor vers gebruik (zomerstalvoeding) of voor conserve-

ring, beweiden of een combinatie daarvan. De voederproduktie gaat gepaard met stikstofverliezen. De factoren die de produktie van gewassen beïnvloeden hebben ook invloed op de N-verliezen. Bovendien is het tijdstip en de manier waarop dierlijke mest wordt aangewend van grote invloed.

Bij de berekeningen wordt verondersteld dat de produktie van de gewassen alleen afhankelijk is van de hoeveelheden opneembare stikstof en vocht. De fosfor- en kaliumvoorziening worden op zandgrond dus geacht niet beperkend te zijn voor de groei. Ziekten, plagen en onkruiden spelen in de weide- en voederbouw in de regel een ondergeschikte rol of worden effectief bestreden. Om de voederproduktie en de stikstofverliezen die daarbij optreden te kwantificeren zijn modellen gemaakt die deze kengetallen per hectare berekenen. In die modellen wordt allereerst een relatie gelegd tussen de beschikbare hoeveelheid vocht en de opbrengst aan droge stof bij een optimale stikstofvoorziening.

Daarbij is gebruik gemaakt van een transpiratiecoëfficiënt: de hoeveelheid water die nodig is voor de produktie van een kg droge stof inclusief stoppels en wortels. Aannemelijk is dat die relatie op zandgrond rechtlijnig is tot het niveau bereikt wordt waarop de klimaatsfactoren licht en temperatuur groei limiterend worden (Aarts en Van Keulen, 1990). Deze maximale produktie wordt berekend voor gronden die verschillen in de hoeveelheid vocht (mm per seizoen) die de bodem het gewas kan leveren door het vochtbufferend vermogen van de grond en door capillaire nalevering van grondwater. De maandelijkse neerslag wordt verondersteld overeen te komen met de gemiddelde neerslag over de laatste 30 jaar in de zandgebieden van Gelderland. De maximaal oogstbare hoeveelheid droge stof wordt verkregen door de berekende produktie te korten voor weefsel dat voor de oogst reeds verloren gaat, onder andere door bladval, en door de resterende droge stof te verdelen over oogstbare delen enerzijds en stoppels en wortels anderzijds, met behulp van gewasspecifieke coëfficiënten.

De hoeveelheid stikstof die voor het gewas beschikbaar is, wordt berekend uit de mestgift, de mineralisatie in de bodem en de neerslag. Naarmate er meer stikstof beschikbaar is, wordt deze relatief slechter opgenomen en wordt per eenheid opgenomen stikstof minder droge stof gevormd, waardoor het N-gehalte in de droge stof stijgt. De relatie tussen de hoeveelheid opneembare stikstof en de hoeveelheid opgenomen stikstof en die tussen de hoeveelheid opgenomen stikstof en de oogstbare droge-stofproduktie worden beschreven met hyperbolische functies, met de eerder berekende maximale oogstbare opbrengst als variabele. Aangenomen is dat de minerale stikstof, die niet door het gewas wordt opgenomen, voor een deel denitrificeert en voor de rest de bouwvoor verlaat door uitspoeling in de vorm van nitraat. Een deel daarvan zal alsnog in de ondergrond denitrificeren, de mate waarin dat gebeurt is onder meer afhankelijk van de grondwaterstand. Dit proces speelt zich echter buiten de grenzen van het bedrijf af, en wordt dus niet met het bedrijfsmodel gekwantificeerd. Wel

wordt aangegeven op welke manier deze denitrificatie kan worden berekend. De aanvoer van stikstof op een perceel hoeft niet gelijk te zijn aan de afvoer omdat de bodem rijker of armer kan worden aan (organische) stikstof. De verandering in bodemvoorraad hangt onder andere af van de hoeveelheid dierlijke mest die gebruikt wordt en van de stikstof in gewasresten. In de regel is de voorraad organisch gebonden stikstof van oud grasland beduidend hoger dan die van oud bouwland door de grote hoeveelheden gewasresten die jaarlijks achterblijven en door de faeces van weidend vee. Wanneer bouwland wordt omgezet in grasland zal ophoping van stikstof optreden. Als grasland wordt omgezet in bouwland komt de opgeslagen stikstof weer vrij. De ophoping gaat in de regel trager dan de afname na scheuren van oud grasland.

De ammoniakemissie uit mest is afhankelijk gesteld van de methode van aanwending, van de samenstelling van het rantsoen en het beweidingssysteem. Bovengrondse aanwending van mest leidt procentueel tot grotere verliezen dan ondergrondse. De samenstelling van het rantsoen is medebepalend voor het gehalte van stikstof in de mest en het beweidingssysteem bepaalt de verdeling van de mestexcretie over stal en weide.

De bovenstaande procedures zijn uitvoerig beschreven in de CABO-verslagen nr 131 (Aarts en Middelkoop, 1990), 139 (Aarts en Van Keulen, 1990) en nr 144 (Middelkoop en Aarts, 1991). De procedures met betrekking tot grasland zijn niet direct in het stofstromenmodel verwerkt. Een gewasmodel voor grasland GRASMOD (Van der Ven, 1992) genereert tabellen waaruit het stofstromenmodel de benodigde data kan inlezen.

3.3.2 Snijmais

3.3.2.1 Droge-stofopbrengst

Uit berekeningsonderzoek is gebleken dat mais voor de produktie van een kg droge stof ongeveer 200 liter water verbruikt. Dat is weinig, vergeleken met de transpiratie van de meeste andere gewassen uit de gematigde streken. Mais heeft relatief hoge temperaturen nodig voor kieming en groei. Daarom duurt het lang voor het gewas zich zodanig ontwikkeld heeft dat het licht volledig wordt onderschept. De droge-stofproduktie komt daarom vooral tot stand vanaf eind juni. Na september stopt de groei. Van de produktie gaat ongeveer 15% vóór de oogst verloren (afgestorven wortels en bladeren) en van het resterende deel blijft 14% op het perceel achter in de vorm van stoppels en wortels. Wat dan resteert is de oogstbare hoeveelheid droge stof. Verondersteld wordt dat 13% van de oogstbare droge stof niet bijdraagt aan de voeding van het vee, door verliezen bij conservering (8%) en vervoeding (5%). De opbrengsten (oogstbare droge stof) die haalbaar zijn bij een optimale nutriëntenvoorziening, voor gronden die verschillen in vochtleverend vermogen, zijn vermeld in tabel 3.4.

Volgens het CBS (CBS, 1988) bedroeg de droge-stofopbrengst van snijmais in het Centraal Zandgebied in 1988 13 duizend kg en in 1989 13,5 duizend kg droge stof per ha. Dit komt overeen met de haalbare opbrengst bij een vochtleverend vermogen van 75 tot 100 mm (tabel 3.4).

Tabel 3.4 Oogstbare droge stof (kg/ha/jaar) van snijmais op zandgronden ingedeeld naar vochtleverend vermogen (mm/jr), in een jaar met een gemiddelde maandelijkse neerslag en een optimale nutriëntenvoorziening

	Vochtleverend vermogen bodem (mm)				
	25	75	125	175	225
Oogstbare droge stof	11.150	12.941	14.805	15.317	15.317

Bij een suboptimale stikstofvoorziening is de droge-stofproductie afhankelijk van de hoeveelheid opgenomen stikstof. De berekening van de hoeveelheid stikstof die een gewas opneemt wordt in de volgende paragraaf behandeld.

De vergelijking voor de hyperbool, die gebruikt wordt voor de berekening van de droge-stofproductie van snijmais op basis van de hoeveelheid opgenomen stikstof, luidt als volgt:

$$1) \quad Y_r = -(Nop + E) + \sqrt{(Nop + E)^2 - (4 \cdot D \cdot F \cdot Nop)} / -2 \cdot D$$

Y_r = oogstbare droge stof (kg/ha.jr)

Nop = opgenomen N in oogstbare delen (kg/ha.jr; voor berekening zie paragraaf 3.3.2.2)

D, E, F = parameters: (tabel 3.5)

F bepaalt het maximum van de hyperbool;

E/F bepaalt de beginhelling van de curve;

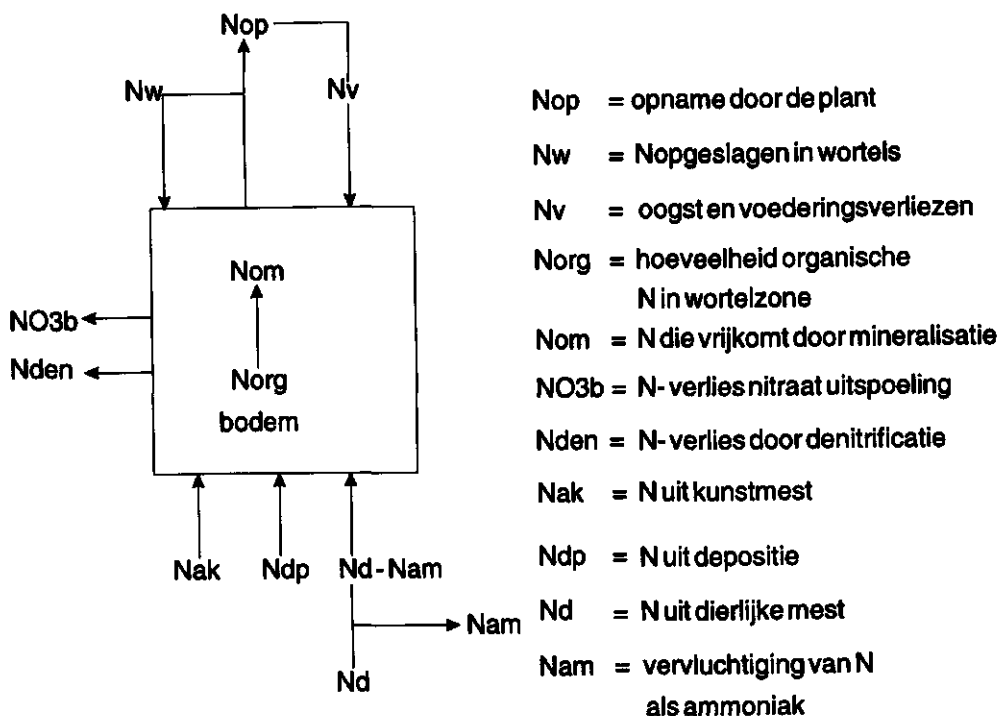
D bepaalt de kromming van de curve.

Tabel 3.5 Parameters behorend bij vergelijking 1

Parameter	Vochtleverend vermogen bodem (mm)				
	25	75	125	175	225
D	8,51	8,51	8,51	8,51	8,51
E	112,90	130,20	148,20	153,20	153,20
F	12,48	14,39	16,38	16,93	16,93

3.3.2.2 Stikstofstromen

Een perceel mais kan worden beschouwd als een systeem met een voorraad organische gebonden stikstof (Norg) en inkomende en uitgaande stikstofstromen (figuur 3.1). Het verschil tussen aan- en afvoer is gelijk aan de verandering van Norg. Het systeem wordt bovengronds begrensd op stoppelhoogte en ondergronds door de wortelzone. Er zijn ook interne stikstofstromen die wel het functioneren van het systeem beïnvloeden, maar geen directe consequenties hebben voor de stikstofbalans van het systeem. Bijvoorbeeld het vastleggen van minerale bodemstikstof in stoppels en wortels veroorzaakt geen mutaties in de hoeveelheid stikstof in het systeem. Wel zal dit proces invloed hebben op de hoeveelheid minerale stikstof na de oogst van het gewas in de grond aanwezig, en dus ook op de nitraatuitspoeling. Verondersteld wordt dat verliezen van stikstof uit oogstbare delen terugkomen op het veld. In de praktijk is dat wel het geval met oogstverliezen, maar komen vervoederingsverliezen in de mestput terecht en belanden zij bij het uitrijden van de mest weer op het land. In het model komen beide soorten verliezen direct op het land.



Figuur 3.1 Stikstofstromen van een perceel snijmais

Deze figuur is ook weer te geven in een balans waarop de aanvoer van stikstof naar het gewas aan de éne kant en de afvoer aan de andere kant wordt neergezet (tabel 3.6).

Eenzelfde balans wordt ook voor gras opgesteld (paragraaf 3.3.3.2). Deze balansen of posten daarvan worden in volgende hoofdstukken vaak gebruikt bij het beschrijven van resultaten van varianten.

De posten bodemleverantie en voorraadvorming houden op langere termijn verband met elkaar. In 1988 was de (netto) ophoping van stikstof op het gemiddelde landbouwbedrijf in Nederland 287 kg N per hectare. Als de bruto ophoping van stikstof gedurende een lange periode steeds groter is dan de bodemleverantie, dan neemt de voorraad organische stof in de bodem toe en dan zal de bodemleverantie door mineralisatie uiteindelijk ook toenemen. De grootte van deze toename is moeilijk in te schatten. Het verband tussen ophoping en bodemleverantie is in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

Ook is er een verband tussen de ammoniakemissie en de depositie. Bij een afname van ammoniakemissie in een gebied neemt de depositie af. Dit speelt zich echter voornamelijk buiten het te modelleren systeem af. De depositie is in deze fase van het stofstromenonderzoek constant gehouden.

Tabel 3.6 De stikstofbalans voor mais

Input			Output
Bodemleverantie	Nom	Opname door plant	Nop
Depositie	Ndp	Nitraatuitspoeling	NO ₃ b
Kunstmestgift	Nak	Ammoniakvervluchtiging	Nam
Drijfmestgift (Nd)		Denitrificatie	Nden
Nm	Nm	Voorraadvorming (Nrest)	
Ne	Ne	Wortels	Nw
Nr	Nr	Nr	Nr
		Veldverliezen	Nv
Veldverliezen	Nv		
Totaal		Totaal	

Stikstofinput

De stikstofinput wordt gevormd door de bodemleverantie (Nom), de depositie (Ndp, ongeveer 49 kg N/ha/jr), de stikstof in de kunstmest (Nak), de drijfmest (Nm, Ne, en Nr, inclusief de ammoniak) en de oogst- en vervoederingsverliezen (Nv). De stikstof in de drijfmest bestaat uit drie fracties. Een deel van de stikstof is bij uitrijden in minerale vorm aanwezig (Nm-fractie) en

is daardoor in principe direct opneembaar door het gewas. Van deze stikstof zal een deel bij uitrijden vervluchtigen als ammoniak (Nam). Een deel van de stikstof in drijfmest is weliswaar organisch gebonden maar zal binnen een jaar mineraliseren (Ne-fractie). De rest van de drijfmest-N is zo sterk organisch gebonden dat deze stikstof pas na lange tijd vrij komt (Nr-fractie). Voor runderdrijfmest is een verhouding tussen de fracties Nm, Ne en Nr van 2:1:1 verondersteld (Lammers, 1984). Dit is een versimpelde weergave van de werkelijkheid. In werkelijkheid is de verdeling van de N-fracties afhankelijk van de samenstelling van het rantsoen. Dit wordt in de tweede fase van het stofstromenonderzoek gedetailleerd uitgewerkt. De hoeveelheden Nm, Ne en Nr in de mest kunnen we als volgt aangeven:

$$2) \quad Nm = nm * Nd$$

$$3) \quad Ne = ne * Nd$$

$$4) \quad Nr = nr * Nd$$

waarin:

Nm, Ne, Nr = de hoeveelheid minerale, organisch gebonden, respectievelijk sterk organisch gebonden stikstof in de mest

nm, ne, nr = de fractie minerale, organisch gebonden, respectievelijk sterk organisch gebonden stikstof in de mest

Nd = de totale hoeveelheid stikstof in dierlijke mest voor het uitrijden (ongeveer 5 kg/ton mest)

De input van stikstof uit drijfmest moet gecorrigeerd worden voor ammoniakverliezen (Nam) uit de hoeveelheid Nm bij uitrijden.

$$5) \quad Nam = Cl * Nm$$

$$6) \quad \text{input N in de vorm van drijfmest} = Nd - Nam = Nd - Cl * Nm$$

Cl = deel van Nm dat vervluchtigt als NH_3 (afhankelijk van methode uitrijden drijfmest, tabel 3.7). In het model wordt 0,50 gebruikt, tenzij anders is aangegeven.

Het deel van het geoogste gewas dat niet aan de veevoeding bijdraagt (veldverliezen), vormt de laatste post van stikstofinput. Deze bedraagt 13% (zie paragraaf 3.2.2.1).

Tabel 3.7 Deel van de Nm dat vervluchtigt als NH₃ (C1) bij verschillende aanwendungsmethoden voor mest (naar Korea-vaar, 1990)

Aanwendungsmethode	C1
- In een werkgang uitbrengen en inwerken	0,05
- Uitrijden tijdens beregenen of verdund verregen	0,15
- Binnen een dag beregenen of onderwerken	0,20
- Geen maatregelen, oppervlakkige aanwending	0,50

7) $N_v = C_v * N_{op}$

waarin:

N_v = de hoeveelheid stikstof van het oogstbare gewas dat als veld- en vervoederingsverlies weer op het land komt.

C_v = de fractie van het oogstbare gewas dat verloren gaat

N_{op} = de hoeveelheid N in geoogst gewas.

Stikstofoutput

De stikstofoutput van het systeem wordt gevormd door de N in oogstbaar gewas (N_{op}), het nitraatoverschot (NO_3b , niet door gewas opgenomen nitraat dat door uitspoeling de wortelzone verlaat), de ammoniakemissie (N_{am}) uit drijfmest, de emissie naar de lucht na denitrificatie (N_{den}) en de vastlegging van stikstof in de bodem.

De hoeveelheid N die in het oogstbaar gewas (N_{op}) terecht komt is een functie van de hoeveelheid opneembare stikstof in de bodem, gesommeerd over het groeiseizoen (N_{tot}) en heeft de vorm van een niet-orthogonale hyperbool:

8) $N_{op} = -(N_{tot} + B) + \sqrt{(N_{tot} + B)^2 - (4 * A * C * N_{tot})} / -2 * A$

A, B, C = parameters: (tabel 3.8)

C bepaalt het maximum van de hyperbool;

B/C bepaalt de beginhelling van de curve;

A bepaalt de kromming van de curve.

Tabel 3.8 Parameters bij vergelijking 8

Parameter	Vochtleverend vermogen bodem (mm)				
	25	75	125	175	225
A	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
B	268,00	308,60	351,20	362,90	362,90
C	200,00	230,30	262,10	270,80	270,80

De stikstof in kunstmest is in zijn geheel opneembaar, omdat het anorganisch is en de bemesting kort voor of tijdens het groeiseizoen plaats vindt. Voor dierlijke mest ligt dat anders. Soms wordt die op een zodanig tijdstip uitgereden dat een deel van de minerale stikstof daarin, of een deel van de stikstof die mineraliseert, al verloren is gegaan voor het gewas gaat groeien en de stikstof kan opnemen. Dat deel is dus niet echt opneembaar. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij het uitrijden van mest voor maart.

Van de mineraliserende bodemstikstof en de stikstof in neerslag zal een deel niet voor het gewas opneembaar zijn, omdat het tijdstip van vrijkomen buiten het groeiseizoen ligt. In formule kan de totale hoeveelheid opneembare stikstof als volgt beschreven worden:

$$9) \quad N_{tot} = N_{ak} + C2 \cdot (N_m - N_{am}) + C3 \cdot N_e + C4 \cdot N_{om} + C5 \cdot N_{dp}$$

N_{om} = jaarlijkse mineralisatie van organische stikstof bodem (ongeveer 2% van N_{org} , die ongeveer 7.000 kg N/ha bedraagt).

$C2$ = opneembaar deel van N_m na ammoniakemissie (afhankelijk van tijdstip uitrijden mest). In het model wordt uitgegaan van aanwending in oktober.

$C3$ = deel van N_e mineraliserend in groeiseizoen (afhankelijk van het tijdstip mest uitrijden).

$C4$ = deel N_{om} mineraliserend op een zodanig tijdstip, dat de vrijgekomen stikstof door het gewas kan worden opgenomen.

$C5$ = deel depositie (N_{dp}) die plaatsvindt in groeiseizoen.

Tabel 3.9 Waarden voor de coëfficiënten $C2$, $C3$, $C4$ en $C5$ uit vergelijking 9 (Aarts en Middelkoop, 1990)

Omschrijving	$C2$	$C3$	$C4$	$C5$
Bij mestaanwending in:				
Oktober	0,15	0,76		
November	0,15	0,82		
December	0,23	0,86		
Januari	0,43	0,88		
Februari	0,63	0,89		
maart	1,00	0,90		
april	1,00	0,90		
Onafhankelijk van mestaanwending			0,87	0,72

Een deel van de minerale stikstof zal in de wortelzone denitrificeren. Verondersteld wordt dat deze denitrificatie (N_{den})

ongeveer 10% bedraagt van de stikstof die op enig moment van het jaar in minerale vorm in de wortelzone aanwezig is:

$$10) \quad N_{den} = [N_{ak} + (N_m - N_{am}) + N_e + N_{om} + N_{dp}] * 0,1$$

De minerale stikstof die niet wordt geoogst (N_{op}), niet wordt vastgelegd in stoppels en wortels (N_w) en niet denitrificeert (N_{den}), verlaat de wortelzone door uitspoeling (NO_{3b}):

$$11) \quad NO_{3b} = [N_{ak} + (N_m - N_{am}) + N_e + N_{om} + N_{dp}] * 0,9 - N_{op} - N_w$$

De hoeveelheid stikstof die in wortels en stoppels wordt vastgelegd bedraagt ongeveer 30 kg/ha. Met behulp van een nagewas, gras of rogge, kan een deel van de minerale stikstof die na de oogst van de mais in de grond resteert of alsnog mineraliseert, alsnog worden omgezet in organisch gebonden stikstof. In de uitgangssituatie wordt daarmee niet gerekend.

De ophoping van stikstof in de bodem (N_{rest}) is gelijk aan de toevoer van sterk organisch gebonden stikstof in de drijfmest (N_r) plus de vastlegging van minerale stikstof in stoppels en wortels (N_w) plus de stikstof in de verliezen (N_v):

$$12) \quad N_{rest} = N_r + N_w + N_v$$

Wanneer de stikstofleverantie (N_{om}) verschilt van de ophoping (N_{rest}), dan verandert de bodemvoorraad stikstof (N_{org}). Op termijn kan deze verandering merkbare gevolgen hebben voor de hoeveelheid stikstof die door mineralisatie jaarlijks vrij komt. Deze is immers een functie van de bodemvoorraad organische stikstof.

Emissies op grondwaterniveau

De nitraatuitspoeling op grondwaterniveau (NO_{3gw}) kan eenvoudig worden benaderd door de nitraatuitspoeling van de bouwvoor (NO_{3b}) te corrigeren voor denitrificatie in de ondergrond op basis van de grondwatertrap:

$$13) \quad NO_{3gw} = NO_{3b} * C_6$$

C_6 = deel van nitraat dat niet denitrificeert in ondergrond

De totale denitrificatie (N_{dent}) is dan de denitrificatie in de bouwvoor (N_{den}) plus de denitrificatie in de ondergrond:

$$14) \quad N_{dent} = N_{den} + NO_{3b} * (1 - C_6)$$

Omdat het stofstromenmodel slechts reikt tot de onderkant van de wortelzone worden NO_{3gw} en N_{dent} niet berekend.

Tabel 3.10 Waarden voor coëfficiënt C6 (naar Beugelink e.a., 1989)

Grondwatertrap	C6
II	0,05
III	0,20
IV	0,40
V	0,50
VI	0,60
VII	0,90

3.3.3 Gras

3.3.3.1 Droge-stofopbrengst

Gras heeft voor de produktie van één kg droge stof ongeveer 250 liter water nodig, 50 liter meer dan mais. Bovendien wordt een groter deel van de produktie van gras geïnvesteerd in stoppels en wortels (bij mais 14% en bij gras ongeveer 40% van de droge stof). Bij een beperkte vochtvoorziening zal gras daarom een geringere hoeveelheid oogstbare droge stof kunnen produceren dan snijmais. Bij een optimale vochtvoorziening kan gras daarentegen profiteren van een langere groeiperiode, waardoor de produktie van mais kan worden overtroffen. In tegenstelling tot mais is er in het voorjaar al snel een dusdanige bodembedekking dat het licht volledig kan worden onderschept. In principe kan het gewas tussen begin april en begin november volop groeien, behalve kort na maaien of beweiden omdat eerst een nieuw bladapparaat moet worden gevormd. Door verschillen in oogstfrequentie en zodebeschadiging is de jaarlijkse opbrengst bij beweiden en maaien verschillend. In tabel 3.11 zijn de oogstbare hoeveelheden droge stof weergegeven bij beweiden en maaien van grasland, bij optimale nutriëntenvoorziening, op gronden die verschillen in vochtleverend vermogen.

Bij een suboptimale stikstofvoorziening is de droge-stofproduktie vooral afhankelijk van de hoeveelheid opneembare stikstof. Omdat bij beweiding een groot deel van de stikstof, die het gewas heeft opgenomen, tijdens het groeiseizoen met urine en faeces op het grasland terugkeert en deels weer opneembaar is en dit erg plaatselijk gebeurt, is de relatie tussen opgenomen stikstof en produktie op perceelsniveau rekentechnisch ingewikkeld en daarom slechts met een daarvoor ontwikkeld graslandmodel GRASMOD (Van de Ven, 1992) te berekenen.

In de praktijk wordt een perceel grasland zowel beweid als gemaaid, maar de verhouding daartussen is sterk afhankelijk van de bedrijfssituatie. Bedrijven op goed vochthoudende gronden en een lichte veebezetting per ha grasland zullen vaker maaien dan bedrijven op droge grond met een zware veebezetting. Gemiddeld

Tabel 3.11 Oogstbare droge stof (kg/ha/jr) van gras, op zandgronden ingedeeld naar vochtleverend vermogen (mm/jaar), in een jaar met een gemiddelde maandelijkse neerslag en een optimale nutriëntenvoorziening (Middelkoop en Aarts, 1991)

	Vochtleverend vermogen bodem (mm)				
	25	75	125	175	225
Maaien	10.000	11.000	12.000	13.700	15.600
Beweiden	8.800	9.800	10.700	11.600	12.500

ligt bij de LEI-boekhoudnetbedrijven op zandgrond de maaifrequentie (voor wintervoeding) op ongeveer 175%. Dat betekent dat een perceel gemiddeld 1,75 keer per jaar gemaaid wordt. Het graslandmodel berekent eerst de droge-stofopbrengst die gehaald kan worden bij een gegeven bemesting en stikstofmineralisatie van de bodemvoorraad, en houdt dus in eerste instantie geen rekening met weidemest. De mineralisatie is gesteld op 180 kg/ha.jr, wat overeen komt met de gemiddelde mineralisatie van blijvend grasland. Het maaipcentage bepaalt vervolgens hoeveel gras ingekuild wordt. Wat resteert wordt door de koeien opgegeten. Hierdoor komt weer stikstof terug op het weiland, wat voor een extra groei zorgt op de plekken waar de stikstof terecht komt. Deze extra hoeveelheid gras wordt weer door de koeien gegeten, waardoor weer stikstof op het land terecht komt. Zo komt het model in een vicieuze cirkel terecht die na enkele keren doorlopen te zijn met een sprong verlaten wordt. Met behulp van het graslandmodel zijn de produkties berekend voor 6.300 verschillende situaties en de resultaten ervan weggeschreven in een tabel die voor het stofstromenmodel toegankelijk is, zodat een relatie gelegd kan worden tussen bedrijfskenmerken en grasproduktie. In welke opzichten situaties kunnen verschillen is vermeld in tabel 3.12.

Bij zomerstalvoeding (Z) staan de koeien ook in de zomer op stal, bij beperkt weiden (B4) lopen de koeien overdag buiten en worden - in GRASMOD - 's nachts op stal met snijmais bijgevoerd. Bij onbeperkt weiden (O4) lopen de koeien dag en nacht buiten. Bij beweiding worden de koeien iedere vier dagen in een vers perceel ingeschaard.

In de Landbouwtelling wordt niet geregistreerd welk beweidingssysteem wordt toegepast. Wel is bekend welk staltype op een bedrijf voorkomt. In het LEI-boekhoudnet zijn beide gegevens bekend. Van de bedrijven met een ligboxenstal blijkt 25% zomerstalvoeding (Z) toe te passen, 50% B4 en 25% O4. Van de bedrijven met een grupstal had 50% O4 en 50% B4. In het stofstromenmodel wordt eerst vastgesteld of het bedrijf (uit de Landbouwtelling) een ligboxen- of een grupstal heeft. De bedrijven met een grupstal krijgen om de beurt een O4 en een B4-systeem toegekend. Van

Tabel 3.12 Bedrijfskenmerken met betrekking tot grasland en de waarden die deze kunnen aannemen

Hoeveelheid kunstmest (kg N/ha/jaar)	0, 100, 200, 300, 400, 500
Hoeveelheid drijfmest (ton/ha/jaar)	0, 25, 50, 100, 150
Injecteren drijfmest	ja, nee
Maaipercantage (%) *)	0, 50, 100, 150, 200, 250, 350
Beweidingsstelsysteem	Z, 04, B4
Vochtleverend vermogen bodem (mm/jaar)	25, 75, 125, 175, 225

*) Uiteindelijk is slechts met een uniform maaipercantage gerekend, namelijk 175%.

elk 4 bedrijven met een ligboxenstal krijgt er 1 een Z-systeem, 1 een 04-systeem en 2 krijgen een B4-systeem.

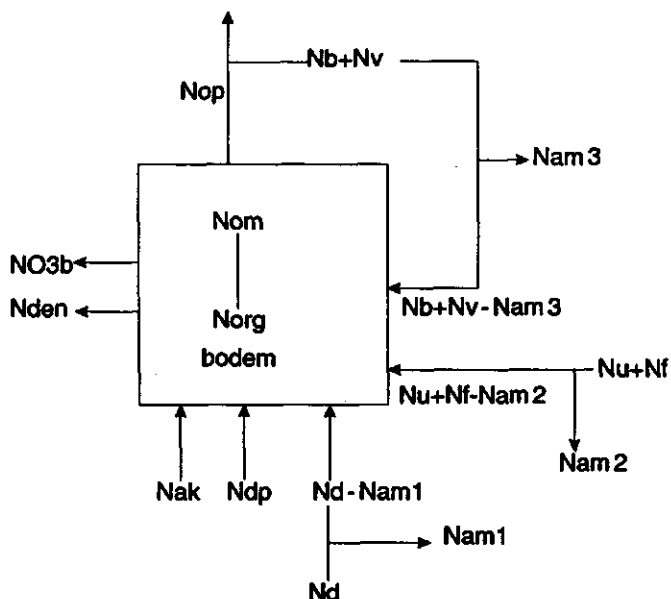
Het maaipercantage voor wintervoeding op de LEI-boekhoudbedrijven is gemiddeld 175%. Voor alle bedrijven is dit maaipercantage aangehouden. Het was dus achteraf gezien niet nodig geweest om 7 maaipercantages door te rekenen (tabel 3.12); er had met 900 situaties kunnen worden volstaan. In de tweede fase van het onderzoek moet worden bezien in hoeverre in bij de steekproefbedrijven kan worden vastgesteld of het maaipercantage afhangt van het beweidingsstelsysteem, de veedichtheid en dergelijke.

3.3.3.2 Stikstofstromen

Het stikstofstromendiagram van grasland is complexer dan dat van mais, omdat een deel van de stikstof in oogstbaar gras (Nop) al tijdens het groeiseizoen naar de bodem terugkeert en deels opnieuw kan worden opgenomen.

Die terugkerende stromen zijn de stikstof in urine en faeces (Nu en Nf) en die in beweidingsverliezen (Nb, deel van N in weidgras dat niet door het vee wordt geconsumeerd) en veldverliezen bij maaien (Nv, deel van N in oogstbaar kuilgras dat op het land achterblijft). Een deel van de stikstof uit deze stromen gaat verloren als ammoniak (Nam2, uit urine en faeces en Nam3 uit beweidings- en maai-verliezen). De rest komt in minerale of organische vorm weer op of in de bodem terecht.

Evenals bij de droge-stofopbrengsten geldt dat de stikstofstromen slechts gekwantificeerd kunnen worden met behulp van het graslandmodel. Dat is gebeurd voor de eerder genoemde 6.300 varianten in bedrijfskenmerken (tabel 3.12).



Nop = opname door de plant

Nb = beweidingsverliezen

Norg = hoeveelheid organische
N in wortelzone

Nden = N- verlies door denitrificatie

Ndp = N uit depositie

Nam = vervluchtiging van N
als ammoniak

Nu = N in urine

Nf = N in faeces

Nv = oogst en voederingsverliezen

NO3b = N- verlies door
nitraatuitspoeling

Nak = N uit kunstmest

Nd = N uit dierlijke mest

Nom = N die vrijkomt door
mineralisatie

Figuur 3.2 Stikstofstromen van een perceel grasland

Stikstofinput

De stikstofinput wordt net als bij mais gevormd door de bodemleverantie (Nom), de depositie (Ndp), de stikstof in kunstmest

Tabel 3.13 N-balans voor grasland

Input		Output	
Bodemleverantie	Nom	Opname door plant	Nop
Depositie	Ndp	Nitraatuitspoeling	NO ₃ b
Kunstmestgift	Nak	Ammoniakvervluchtiging	Nam
Weidemest	Nu+Nf	Denitrificatie	Nden
Drijfmestgift		Voorraadvorming	Nrest
Nm	Nm		
Ne	Ne		
Nr	Nr		
Weideverlies	Nb		
Maaiverlies	Nv		
Totaal		Totaal	

(Nak) en de drijfmest (Nd). Een extra input van stikstof wordt gevormd door de stikstof in urine (Nu) en faeces (Nf), uitgescheiden tijdens beweiding. Ook keert een gedeelte van de stikstof in oogstbaar gewas terug door veldverliezen bij maaien (Nv, gesteld op 17% van elke snede van 3.000 kg) en beweidingsverliezen (Nb). De grootte van het beweidingsverlies is afhankelijk van het toegepaste beweidingssysteem. Bij O4 is Nb per weidesnede 20% van de stikstof in het gras (Nop), bij B4 14% en bij Z 5%.

Een rekenvoorbeeld maakt duidelijk hoe de verliespercentages per snede zich laten vertalen naar verliespercentages over de gehele opbrengst.

Bij 1,75 maaissnede van 3.000 kilo droge stof per ha (dit is 5.250 kilo droge stof per ha per jaar) en een totale gewasopbrengst van 11.000 kilo droge stof, is het maaiverlies 17% van 5.250 kilo, dat is 892 kilo of 8,1% van de totale opbrengst. Het beweidingsverlies is bij een O4 systeem 20% van 5.750 kg ds, dat is 10,4% van de totale hoeveelheid droge stof, bij een B4 systeem 14% van 5.750 kg ds ofwel 7,3% en bij een Z-systeem 5% van 5.750 kg ds, dit is 2,6% van totale droge-stofopbrengst. Het beweidings- en maaiverlies samen zijn voor O4, B4 respectievelijk Z-bedrijven 18,5%, 15,4% respectievelijk 10,4% van de totale opbrengst. Bij de ijking van het model (paragraaf 3.11) komen we hierop terug.

Omdat de dieren in het model GRASMOD bij beweiding volgens een B4-systeem 's nachts op stal snijmais krijgen is het rantsoen relatief stikstofarm en wordt een groter deel van de mest op stal geproduceerd dan bij het O4-systeem. Er worden bij dit beweidingssysteem dus niet alleen minder urine- en faecesplekken in het grasland gevormd, vergeleken met O4, maar de urineplekken bevatten ook minder stikstof. In het stofstromenmodel is de voedervoorziening onafhankelijk van het beweidingssysteem en wordt de N-inhoud van de weidemest berekend door de samenstelling van de

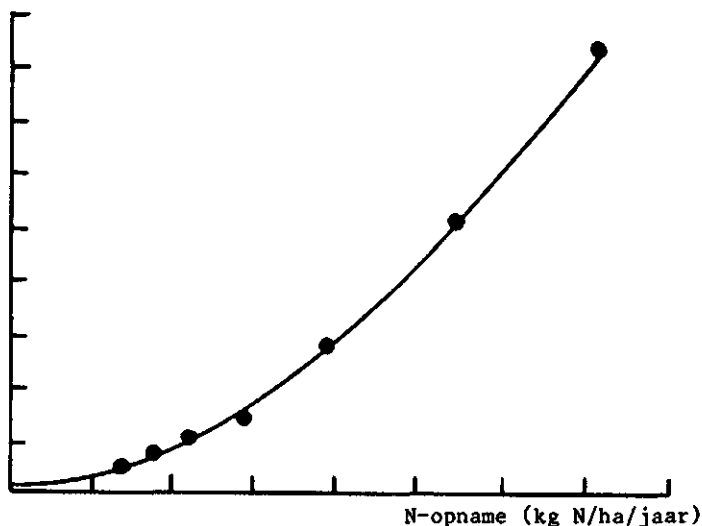
mest en het aandeel van de mest dat in de weide valt te berekenen. Eventuele verschillen tussen de weidemestproduktie volgens het stofstromenmodel en die volgens GRASMOD worden toegerekend aan de verschillende verliesposten (zie paragraaf 3.3.3.3).

Stikstofoutput

De stikstofoutput van grasland wordt gevormd door de N in oogstbaar gras (Nop) en in de emissies naar de lucht in de vorm van ammoniak (Nam) en als elementaire stikstof of distikstofoxiden na denitrificatie (Nden). Het deel van de stikstof dat vervluchtigt als NH_3 , is bij bovengronds uitrijden van drijfmest op 60% gesteld van de minerale stikstof in de mest, bij injecteren op 1% ervan. De ammoniakemissie uit urine en faeces die in de weideperiode op het land terechtkomen is gesteld op 13% en de emissie uit veldverliezen op 3% van de daarin aanwezige stikstof.

Daarnaast zal nitraat (NO_3b) door uitspoeling de wortelzone verlaten. Omdat het groeiseizoen voor gras langer is dan voor mais, kan een groter deel worden opgenomen van de stikstof die in de loop van het jaar vrijkomt door mineralisatie van de voorraad organische stikstof in de bodem en de organisch gebonden stikstof in de drijfmest.

Nitraatuitspoeling
(kg N/ha/jaar)



Figuur 3.3 Berekende nitraatuitspoeling als functie van de stikstof in het bodemprofiel minus de stikstofopname door het gras (voor rekenprocedure zie: Aarts en Middelhoop, 1990)

Verondersteld wordt dat 27% van de in de urine aanwezige N denitrificeert (Nden). Bovendien denitrificeert 10% van de mine-

rale stikstof in de bewortelbare zone die niet door het gewas wordt opgenomen. De nitraatuitspoeling (NO_3b) is afhankelijk gesteld van het verschil tussen de hoeveelheid stikstof in het bodemprofiel en de stikstofopname door het gewas (Nop). Deze relatie is weergegeven in figuur 3.3.

Het saldo op de balans

Het saldo op de balans (Nrest, de bruto toevoer van organische stikstof in de bodem) is het verschil tussen de inputs en outputs zoals aangegeven in tabel 3.13. In formule:

$$11) \quad \text{Nrest} = \text{Nak} + \text{Ndp} + \text{Nd-Naml} + \text{Nb+Nv-Nam3} + \text{Nu+Nf-Nam2} + \text{Nom} \\ - \text{Nop} - \text{NO}_3\text{b} - \text{Nden}$$

Dit is gelijk aan de toevoer van sterk organisch gebonden stikstof in de drijfmest en de faeces, vermeerderd met de vastlegging van minerale stikstof in stoppels, wortels en oogstresten.

Bij de berekeningen is verondersteld is dat door de afbraak van organische stof in de bodem 180 kg stikstof/ha/jaar vrijkomt. Op de langere termijn zal een verandering van de voorraad organische stof in de bodem tot een verandering van organische bodemstikstof leiden, maar daarmee is in deze versie van het model geen rekening gehouden.

Emissies op grondwaterniveau

De bepaling van deze emissies is mogelijk overeenkomstig de procedure die bij mais is beschreven (formule 13 en 14). De nitraatuitspoeling op grondwaterniveau ($\text{NO}_{3\text{gw}}$) kan worden berekend door de nitraatuitspoeling van de wortelzone (NO_3b) te corrigeren voor denitrificatie in de ondergrond op basis van de grondwatertrap. De totale denitrificatie is de denitrificatie in de bouwvoor (Nden) vermeerderd met de denitrificatie in de ondergrond. Omdat het bedrijfsmodel begrensd wordt door de onderkant van de wortelzone wordt de emissie op grondwaterniveau niet berekend.

3.3.3.3 Verschillen tussen de werkelijke en veronderstelde veebezetting en melkproduktie

Producties en emissies van grasland worden met een graslandmodel berekend, waarin is aangenomen dat beweid wordt met koeien die elk 6500 liter melk per jaar produceren en dat die produktie gelijkmatig is verdeeld over het jaar. Met jongvee of vleesvee wordt in het graslandmodel geen rekening gehouden. Daardoor wijken de volgens het graslandmodel geproduceerde hoeveelheden stikstof in mest en urine in de weideperiode af van die berekend op basis van de werkelijk aanwezige veestapel en de werkelijke melkproduktie. Daarom wordt in het stofstromenmodel op bedrijfsniveau de totale stikstofuitscheiding van de veestapel berekend uit de

voeropname en de produktie van melk en vlees. Op basis van de verhouding tussen de verblijftijd in stal en weide (tabel 3.14) wordt die stikstofuitscheiding verdeeld over stal en weide. Aangenomen wordt dat verschillen in de met het graslandmodel berekende hoeveelheid weidemest en de op bedrijfsniveau berekende hoeveelheid, dus de laatste eenheden weidemest, geen invloed hebben op de berekende droge-stofproduktie of stikstofopname van het gras. Om balansen kloppend te maken moet het verschil wel worden toegedeeld. Op basis van de samenstelling van de faeces en urine zijn de volgende veronderstellingen gemaakt. Verondersteld wordt dat 13% van het verschil in weidemestproduktie ontwijkt als ammoniak, 20% denitrificeert en 22% als organische N voor langere tijd in de bodem wordt vastgelegd. Het resterende deel, 45%, spoelt uit.

Tabel 3.14 Verondersteld aantal etmalen dat vee in de weide loopt

Diersoort en beweidingssysteem	Aantal etmalen
Jongvee 0-1 jaar	250
Jongvee 1-2 jaar	250
Melkvee O4	185
Melkvee B4	87
Melkvee Z	0
Vleesvee	0

3.4 De voederbehoefte en voedervoorziening

Voor melkproduktie, opfok van jongvee en groei van vleesvee is voer nodig. Een deel daarvan wordt op het bedrijf zelf geproduceerd door de "afdeling" weide- en voederbouw, het tekort wordt aangekocht in de vorm van ruwvoer en krachtvoer. Op de gespecialiseerde melkveebedrijven is het overgrote deel van het benodigde voer bestemd voor het melkvee. De samenstelling van het rantsoen van het melkvee is sterk afhankelijk van de voerproduktie op het bedrijf zelf. Bedrijven die veel snijmais telen, zullen een relatief groot deel van het rantsoen van melkvee uit snijmais laten bestaan. Met betrekking tot de voeding van het jong- en vleesvee kan verondersteld worden dat die op alle bedrijven vrijwel hetzelfde is. Fouten in die aanname hebben slechts een geringe invloed op de stikstofstromen.

In deze eerste fase van het stofstromenproject zijn voor alle dieren de voederbehoefte en de voedervoorziening op jaarbasis berekend. Er is geen onderscheid gemaakt tussen de weide en de stalperiode. Dit zal in de tweede fase van het stofstromenproject wel gebeuren. Ook wordt dan nagegaan hoe de DVE-normen (Darm-Verterbaar-Eiwit) dan kunnen worden ingebouwd.

3.4.1 De voeding van jongvee

Met behulp van het "jongveemodel" van het Proefstation voor de Rundveehouderij zijn de benodigde voedermiddelen voor de hele opfokperiode, die twee jaar duurt, berekend. De energiebehoefte is het eerste jaar ongeveer 30% van de totale behoefte. De verdeling 30:70 tussen eerste en tweede jaar is bij zowel gras(producten) als krachtvoer doorgevoerd (tabel 3.15). Zoals blijkt uit de tabel krijgt het jongvee geen snijmais.

Het blijkt dat in de praktijk minder ruwvoer beschikbaar is dan dat er berekend wordt met het PR-model "normen voor de voedervoorziening".

De ruwvoergift is daarom in de praktijk wat lager dan hier is aangegeven en de krachtvoergift wat hoger. Dat leidt er toe dat de stikstofuitscheiding van jongvee in de praktijk wat lager is dan die berekend in het stofstromenmodel (paragraaf 7.2.2).

*Tabel 3.15 De jaarlijkse voederbehoefte jongvee (per dier)
(Jongveemodel PR)*

Leeftijd (jaar)	kVEM	Krachtvoer (kg)	Gras(producten) (kg ds)	Mais (kg ds)
0 - 1	1.193	115	1.188	--
1 - 2	2.782	267	2.771	--

3.4.2 De voeding van vleesvee

Uit gegevens uit het Handboek voor de Rundveehouderij (Peller, 1988) is afgeleid dat de energiebehoefte van vleesvee het eerste, tweede en volgende jaar respectievelijk 1.953, 3.515 en 4.297 kVEM bedraagt. De eerste 4 maanden verorberen vleesstieren ongeveer 90 kg krachtvoer en 100 kg snijmais, daarna 2-3 kg krachtvoer per dag. In het eerste jaar wordt dan ongeveer 700 kg krachtvoer opgenomen. In het tweede jaar ongeveer 1.000 kg. Dieren die ouder zijn dan twee jaar verbruiken ongeveer 2 kg krachtvoer/dag, dus ongeveer 800 kg per jaar. Verondersteld is dat de rest van de benodigde energie uit ruwvoer komt, in het eerste jaar uitsluitend uit mais (915 VEM/kg ds), en in het tweede jaar voor 80% uit mais en voor 20% uit gras (873 VEM/kg ds, dat is het gemiddelde van weidegras en kuilgras, respectievelijk 945 en 800 VEM). Vanaf een leeftijd van twee jaar komt 50% uit mais en 50% uit weidegras en kuilgras.

Voorlopig wordt aangenomen dat al het vleesvee op een bedrijf gevoerd wordt volgens de behoefte die geldt voor de leeftijdsklasse 1-2 jaar.

Tabel 3.16 De jaarlijkse voerbehoefte van vleesvee (per dier)

Leeftijd (jaar)	kVEM	Krachtvoer (kg)	Gras(produkten) (kg ds)	Mais (kg ds)
0 - 1	1.953	700		1.087
1 - 2	3.515	1.000	590	2.251
2 -	4.297	800	2.030	1.938

Overigens wordt het merendeel van het vleesvee niet ouder dan 16 maanden. Dat kan in de tweede fase van het stofstromenonderzoek aanleiding zijn de voederbehoefte van deze categorie te herzien.

3.4.3 De voeding van melkvee

Met het melkveemodel van het PR is de netto-energiebehoefte berekend bij uiteenlopende melkproduktieniveaus (tabel 3.17). Dit is de behoefte waarin vervoederingsverliezen niet zijn meegerekend.

**Tabel 3.17 De netto-energiebehoefte van melkvee (kVEM/jaar) *)
bij verschillende produktieniveaus in kg meetmelk per
koe per jaar**

Produktieniveau	Netto-energiebehoefte
5.833	4.840 (99,7)
6.431	5.067 (100)
6.860	5.265 (100)
6.880	5.294 (99,6)
7.509	5.579 (100)

*) Tussen haakjes is vermeld in hoeverre de met formule (12) berekende behoefte procentueel overeen komt met die uit de tabel.

Uit de gegevens in tabel 3.17 is de volgende relatie af te leiden:

$$12) \text{ kVEM-behoefte/jr} = 2.006 + 0,4751 \cdot \text{meetmelk/jr}$$

Op verzoek heeft A. Meijer (PR) met het melkveemodel de krachtvoerbehoefte van melkkoeien berekend bij twee melkproduktieniveaus, daarbij veronderstellend dat de melkgift redelijk over het jaar is verdeeld en dat de koeien 's nachts 4 kg droge stof in de vorm van snijmais opnemen.

In de praktijk liggen de krachtvoergiften veelal hoger. In de berekeningen met het stofstromenmodel wordt daarom veronder-

Tabel 3.18 De krachtvoerbehoefte in kg/koe/jaar bij twee produktieniveaus in kg meetmelk per koe per jaar

Kg meetmelk/ koe/jaar	Krachtvoerbehoefte	
	kg krachtvoer/koe/jaar	kg krachtvoer/liter melk
4.979	1.200	0,240
8.049	1.797	0,225

steld dat per liter melk 0,25 kg krachtvoer noodzakelijk is, ongeacht de melkgift (Dit wordt in de tweede fase van het stofstromenproject opnieuw bekeken). Deze hoeveelheid is gelijk aan 0,235 kVEM. De rest van de benodigde energie moet dus uit ruwvoer komen, als verondersteld wordt dat niet meer krachtvoer wordt vervoederd dan noodzakelijk. Dat kan economisch wenselijk zijn omdat ruwvoer (snijmais) veelal goedkoper kan worden aangekocht dan krachtvoer. De energiebehoefte uit ruwvoer wordt dan:

$$13) \text{ kVEM-behoefte ruwvoer/jr} = 2.006 + 0,2401 * (\text{liters meetmelk/jr})$$

Verondersteld wordt dat eerst al het ruwvoer van eigen bedrijf wordt vervoederd, en dat bij een tekort vooral snijmais wordt aangekocht (zie bijlage 3).

3.4.4 De totale voederbehoefte

Na deze rekenprocedure is bekend hoeveel kg droge stof gras, graskuil, mais, overig ruwvoer en krachtvoer wordt geconsumeerd door de veestapel. Ook is bekend hoeveel eiwit zich in dit voer bevindt. De hoeveelheid eiwit in het voer moet gemiddeld zo'n 15% van de droge stof bedragen. Het meest gebruikte krachtvoer heeft een eiwitgehalte van 16%. In het stofstromenmodel wordt nog geen rekening gehouden met de mogelijkheid het eiwitgehalte van het rantsoen te corrigeren door middel van het krachtvoer. Er wordt altijd "standaard" krachtvoer aangekocht. Een verbetering zou zijn het aan te kopen krachtvoer af te stemmen op het eiwitgehalte van het rantsoen, door ervan uit te gaan dat als het gemiddelde eiwitgehalte in de droge stof lager is dan 15% er extra eiwitrijk krachtvoer wordt aangekocht. Bij een eiwitgehalte in het rantsoen van meer dan 15% zou eiwitarm krachtvoer kunnen worden aangekocht.

Het afstemmen van het eiwitgehalte van het krachtvoer op de behoefte wordt in de tweede fase van het stofstromenproject in het model meegenomen.

3.4.5 De voeding van varkens en kippen

Varkens en kippen worden gevoerd met mengvoer. De hoeveelheid aangekocht mengvoer per gemiddeld aanwezig dier is vermeld in tabel 3.19. De mengvoeraankopen per gemiddeld aanwezig dier zijn ontleend aan Coppoolse e.a. (1990). In de tweede fase wordt onderzocht of deze gegevens overeenstemmen met de cijfers uit het LEI-boekhoudnet. De hoeveelheden gelden per geregistreerd dier in de Landbouwtelling. Daarin is de leegstand verwerkt.

Tabel 3.19 Mengvoeraankopen voor varkens en kippen in kg per gemiddeld aanwezig dier per jaar (Coppoolse, e.a., 1990 op basis van cijfers van 1988)

Diersoort	Mengvoeraankoop
Vleesvarkens	750,0
Fokvarkens	1.852,0
Leghennen	41,5
Slachtkuikens	25,4

3.5 De samenstelling van voeders

De stikstofgehalten van het gras en de maïs die op het eigen bedrijf worden geteeld worden berekend met behulp van de formules

Tabel 3.20 VEM-gehalten (VEM/kg droge stof), stikstof-, fosfor- en kaliumgehalten (gram/kg droge stof) in ruw- en krachtvoerders (Bron: Coppoolse e.a., 1990 en Daatse-laar, 1990)

Voersoort	VEM	N	P	K
Eigen produktie				
Graskuil	870	-	3,7	30,2
Snijmaïs	945	-	2,5	15,0
Aangekocht ruwvoer *)				
Snijmaïs	945	13,6	2,5	15,0
Overig ruwvoer	273	10,0	10,0	10,0
Krachtvoer				
Rundvee	1.044	27,7	5,5	16,4
Vleesvarkens	-	26,9	5,0	12,2
Fokvarkens	-	27,0	6,0	13,6
Leghennen	-	27,2	6,3	7,9
Slachtkuikens	-	34,4	6,1	10,3

*) Zie bijlage 3.

uit paragraaf 3.3 en 3.4. Om een nutriëntenbalans voor het vee op te stellen moet echter ook de fosfor- en kaliumgehalten bekend zijn. Ook de stikstof-, fosfor- en kaliumgehalten van aangekochte ruw- en krachtvoerders moeten bekend zijn. Hiervoor zijn standaardgehalten gebruikt (tabel 3.20).

3.6 Voedervertering

In de module voedervertering wordt de samenstelling van de mestproduktie berekend. In feite wordt er een nutriëntenbalans van de dieren gemaakt. De hoeveelheid nutriënten in de mest is gelijk aan de hoeveelheid nutriënten in het voer minus de retentie, dit is de nutriëntenhoeveelheid in de geproduceerde hoeveelheid melk en vlees.

Tabel 3.21 Vastlegging van N, P en K in kg per gemiddeld aanwezige dier per jaar (Coppoolse, e.a., 1990) en in kg per 1000 kg melk

Diersoort	N	P	K
Jongvee 0-2 jaar	12,040	3,820	0,960
Melkvee	1,990	0,590	0,150
Vleesvee	10,000	2,980	0,710
Vleeskalveren	11,17	2,75	0,71
Vleesvarkens	5,58	1,20	0,48
Fokvarkens	13,51	2,86	1,28
Leghennen (inclusief eieren)	0,35	0,037	0,021
Slachtkuikens	0,364	0,062	0,021
Melk	5,4	0,9	1,6

3.7 Stalemissie

In de stal en de mestopslag treedt emissie van ammoniak op. De gehanteerde percentages zijn vermeld in tabel 3.22. Door stalaanpassingen kan de emissie verminderd worden.

Tabel 3.22 Percentage van de in de mest aanwezige stikstof dat vervluchtigt in stal en opslag (Bron: Oudendag, 1989 en van Horne, 1990) a)

Diersoort	Stal		Opslag	
	zonder aanpas-sing	met aanpas-sing	zonder afdekken	met afdekken
Jongvee 0-1 jaar	13,0	4,0	0,8	0,1
Jongvee 1-2 jaar	13,0	4,0	0,8	0,1
Melkvee	13,0	4,0	0,8	0,1
Vleesvee	13,3	4,0	0,8	0,1
Vleeskalveren b)	15,0	15,0	-	-
Vleesvarkens	21,0	14,0	1,3	0,1
Fokvarkens	16,0	4,8	-	-
Leghennen	8,7	1,0	2,5	-
Slachtkuikens	9,5	1,1	2,7	-

a) De emissiecoëfficiënten wijken nogal sterk af van die van Monteny (1991). In de tweede fase van het stofstromenproject worden de coëfficiënten geactualiseerd; b) Bij vleeskalveren worden geen stalaanpassingen verondersteld.

3.8 Mestaanwending

Bij de berekening van de definitieve mestgift per gewas worden dezelfde tonnages mest per gewas uitgereden als bij de berekening van de voorlopige mestaanwending (zie paragraaf 3.2). Het enige verschil is, dat er nu met berekende bedrijfsspecifieke N-, P- en K-gehalten wordt gerekend en niet met standaardgehalten. In hoofdstuk 5 staan de resultaten van een onzekerheidsanalyse met betrekking tot de uitgangspunten bij het uitrijden van mest.

3.9 Nutriëntenbalansen

Nadat de dierlijke mest over de gewassen is uitgereden, worden de verliesposten herberekend. Wanneer er meer weidemest is geproduceerd dan verondersteld is bij de bepaling van de graslandproduktie, dan wordt aangenomen dat 13% van de extra N uit de weidemest vervluchtigt als ammoniak, 20% denitrificeert, 22% zich in de bodem ophoopt en 45% uitspoelt (zie ook paragraaf 3.3.3.3).

Wanneer er, na drie iteraties waarin de werkelijke drijfmestgift is berekend, meer drijfmest is uitgereden dan in de module voor de voorlopige mestaanwending is berekend, dan wordt het de extra N gift uit drijfmest op dezelfde manier verdeeld. Daarna worden er voor het doorgerekende bedrijf nutriëntenbalansen opgesteld. Per nutriënt worden vier balansen gemaakt: een balans voor

het gehele bedrijf, één voor stal en dieren, één voor gras (zie tabel 3.12) en één voor mais (tabel 3.6). De balansen van gras en mais en stal en dieren tellen op tot de bedrijfsbalans.

3.10 Kosten en opbrengsten

Beleids- of bedrijfsmaatregelen om de nutriëntenemissies te beperken kunnen onder andere gericht zijn op:

- a. het verminderen van de inputs (mestgift of voergift);
- b. het aanpassen van de mestbehandeling (stal, opslag, uitrijden);
- c. het telen van andere gewassen of het veranderen van de productie-omvang leidend tot een betere nutriëntenbenutting.

Van al deze maatregelen moet worden aangegeven welke kosten en opbrengsten zij veroorzaken ten opzichte van de uitgangssituatie.

In varianten van het type a ontstaat een kostenvermindering bij de aankoop van kunstmest of voer. Er kan ook een opbrengstvermindering optreden door een verlaging van de gewasgroei. De prijs van meststoffen en voer en die van de gewasopbrengsten en dierlijke produkten moeten dus in het model worden opgenomen.

Varianten van het type b vragen om investeringen in stallen, opslag en machines. Daardoor zijn er extra kosten (rente, afschrijving, exploitatie en onderhoud). Opbrengsten van deze maatregelen zijn veelal een betere benutting van de stikstof in de mest. Deze komen in het model tot uiting in de hogere gewasopbrengst. De kosten van stalaanpassingen, van het afdekken van opslag en van het injecteren of onderwerken van mest moeten dus ook in het model worden opgenomen.

Varianten van het type c kunnen inhouden dat de melkproductie per koe stijgt en dat bij gelijkblijvend melkquotum het aantal koeien op het bedrijf wordt verkleind. Kostenverminderingen bestaan dan uit lagere kosten voor huisvesting, gezondheidszorg en dergelijke. De toegerekende kosten per dier moeten dus in het model worden opgenomen, exclusief de voerkosten en opbrengsten van melk en omzet en aanwas; die worden immers al apart berekend.

Ook een omzetting van snijmais naar grasland en andersom kan binnen dit type varianten worden doorgerekend. Voor een dergelijke variant is het noodzakelijk om de toegerekende kosten voor mais en grasland in het model op te nemen, exclusief de kosten voor bemesting, want die hangen af van het in de variant gekozen bemestingsniveau.

In deze paragraaf wordt de hoogte van de beschreven kosten- en opbrengstenposten gegeven. Daarbij wordt eerst ingegaan op de kosten van de nutriënten die het bedrijf binnen komen, dan op de opbrengsten van de produkten die het bedrijf verlaten, vervolgens op de kosten van de activiteiten die de stroom van nutriënten op het bedrijf beïnvloeden en tenslotte op de overige kosten verbou-

den aan de produktie van dieren en gewassen. De kosten en opbrengsten die in het model gebruikt zijn, gelden op bedrijfsniveau en zijn derhalve inclusief belastingen (BTW). Het zijn geen nationaal-economische grootheden.

De eigen arbeid van het bedrijf is niet in de kosten meegenomen. De reden daarvoor is dat er in de varianten ten opzichte van de nulrun kleine verschuivingen in de arbeidsbehoefte zullen optreden. Deze zullen er niet toe leiden dat de veehouder meer of minder arbeid buiten het bedrijf zal gaan verrichten. De waardering van arbeid tegen bijvoorbeeld het CAO-loon zou daarom te hoog zijn. Daar komt nog bij dat er geen inschattingen zijn van de extra arbeidsbehoefte in uren van de verschillende maatregelen.

De kosten van nutriënten die het bedrijf binnenkomen bestaan uit:

- kosten van bemesting;
- kosten van aankoop van voer.

Vee dat wordt aangekocht wordt indirect meegenomen, door bij de verkoop van vee de aankoopwaarde af te trekken. Anders gezegd: de

Tabel 3.23 Aankoop- en verbruikersprijzen van meststoffen en voer

Produkt	Eenheid	Prijs	Bron
Kunstmest			
N	gld/kg stikstof	1,24	1
P	gld/kg fosfaat	0,99	1
K	gld/kg kalium	0,66	1
Krachtvoer			
Rundvee	gld/kg	0,40	2
Vleesvarkens	gld/kg	0,51	2
Fokvarkens	gld/kg	0,48	2
Legpluimvee	gld/kg	0,56	2
Slachtpluimvee	gld/kg	0,66	2
Snijmais	gld/kg produkt	0,097	2
Overig ruwvoer	gld/kg produkt	0,070	2

Bronnen: 1= BEF 88/89; 2= Landbouwcijfers 1990.

groei per dier krijgt een bepaalde opbrengstwaarde. In tabel 3.23 zijn de aankoopsprijzen vermeld.

De opbrengstgegevens zijn vermeld in tabel 3.24. De opbrengsten van verkoop van vee zijn geschat aan de hand van de normale groei per dier per jaar, die ook is gebruikt bij het vaststellen van de retentie.

Tabel 3.24 Opbrengsten (omzet en aanwas) per gemiddeld aanwezig dier per jaar

Diersoort	Opbrengst	Bron
Jongvee 0-1 jaar	1.066,-	1
Jongvee 1-2 jaar	1.264,-	1
Melkvee	-22,-	1
Vleesvee	1.170,-	1
Vleeskalveren	1.782,-	2
Fokvarkens	2.195,-	2
Vleesvarkens	626,-	2
Leghennen	29,-	2
Slachtkuikens	24,20	2
Melk (gld/kg)	0,78	3

Bronnen 1 LEI, Sectie Prognoses, Rentabiliteit en Financiering, mondelinge mededeling H. Dröge; 2 berekend naar Coppoolse, (1991); 3 BEF, 1990 gebaseerd op cijfers 1988/89.

Tabel 3.25 Kosten van mestbehandeling (naar Baltussen, e.a. 1990)

Activiteit	Eenheid	Kosten in gld
Uitrijden van dierlijke mest		
Zonder injectie	per ton	3,30
Met injectie	per ton	6,40
Emissiearme stal		
Jongvee	per dier	0,-
Melkvee		150,-
Vleesvee		150,-
Fokvarkens		2,-
Vleesvarkens		10,-
Leghennen		0,-
Slachtkuikens		0,13
Afdekken mestopslag	gld/ton/jaar	2,-

Overige kosten, verbonden aan het houden van vee of telen van een gewas zijn opgenomen in tabel 3.26. De kosten voor de overschothefving zijn in deze fase van het stofstromenproject nog niet meegenomen, omdat ze in de uitgangssituatie nauwelijks een rol spelen en in de doorgerekende varianten niet veranderen.

Tabel 3.26 Overige toegerekende kosten in gulden per gemiddeld aanwezig dier per jaar of per hectare gewas per jaar (exclusief kosten van eigen arbeid, van meststoffen en van veevoer)

Activiteit	Kosten
Het houden van vee	
Jongvee 0-1 jaar	139,-
Jongvee 1-2 jaar	169,-
Melkvee	446,-
Vleesvee	267,-
Het telen van een gewas	
Grasland	1.557,-
Mais	2.308,-

Bron: LEI, Sectie Prognoses, Rentabiliteit en Financiering, mondelinge mededeling H. Dröge.

3.11 IJking van het model

3.11.1 Inleiding

Het stofstromenmodel is een beschrijvend model, dat gebruik maakt van gegevens die op landbouwbedrijven zijn verzameld en zo min mogelijk met normatieve onderzoeksgegevens werkt. Daarom is bij de specificatie van het model gebruik gemaakt van gegevens die ontleend zijn aan het LEI-boekhoudnet.

Niet alle gegevens die nodig zijn om een stofstromenbalans op te stellen zijn echter op deze manier af te leiden en er moeten voor een aantal onderdelen algemene aannamen en algemene rekenregels worden toegepast. De vraag is dan, of met deze aannamen en rekenregels goede resultaten worden gevonden.

3.11.2 Voederbehoefte en gewasproductie

De belangrijkste ontbrekende empirische gegevens in het kader van het stofstromenmodel zijn de vervoederde hoeveelheden ruwvoer en de geproduceerde hoeveelheid en kwaliteit van het ruwvoer. Er is echter wel informatie over de aangekochte hoeveelheden ruwvoer en krachtvoer aanwezig in het LEI-boekhoudnet. Deze "afgeleide" grootheden zijn de aanknopingspunten voor de ijking van het model op het punt van de gewasproductie en de vervoeding van gewassen. Immers, indien de door het model berekende voeraankopen afwijken van de aankopen die geregistreerd zijn in het LEI-boekhoudnet, dan zijn er op de een of andere manier verschillen tussen model en realiteit. Die verschillen kunnen betrekking hebben op de gewasproductie of op de vervoeding van

gewassen of op factoren die niet in het model zijn opgenomen (bijvoorbeeld de weerssituatie).

Door één van beide, met behulp van correctiefactoren in het model, aan te passen, kunnen model en realiteit meer met elkaar in overeenstemming worden gebracht.

Ook kan worden nagegaan of het voor de modeluitkomsten uitmaakt, of de correctiefactor vooral gezocht wordt bij de gewasproductie of bij de vervoeding. Daarbij gaat het uiteraard vooral om de invloed van de correctiefactoren op de hoogte van de nutriëntenverliezen. Hierop wordt bij de onzekerheidsanalyse (hoofdstuk 5) ingegaan.

De ijking is uitgevoerd voor de 39 gespecialiseerde melkveebedrijven in het gebied, die in het boekhoudnet zijn opgenomen. Er is uitgegaan van de situatie in 1988. In dit jaar was de weerssituatie zodanig dat de gewasproductie zowel kwantitatief als kwalitatief gemiddeld was.

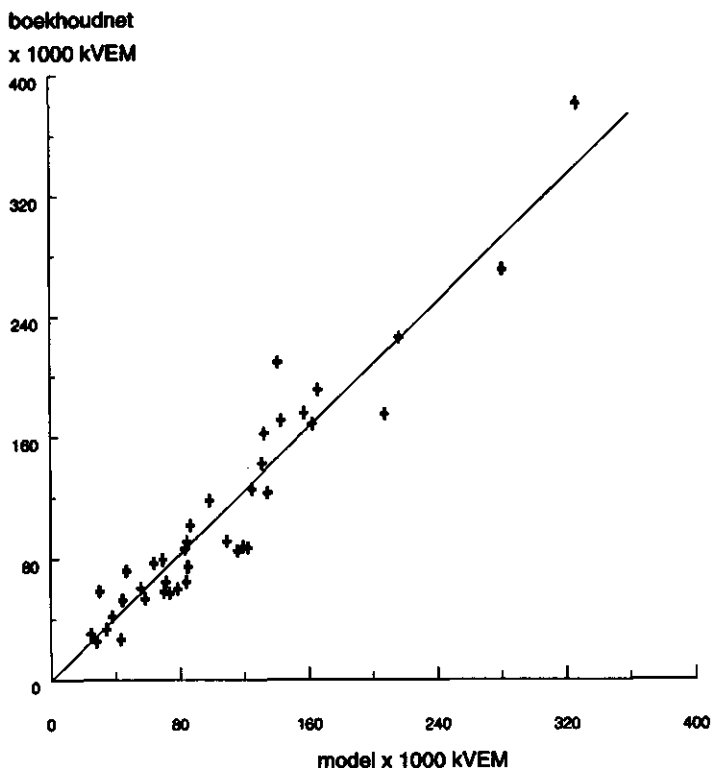
Bij de ijking is niet naar overeenstemming van individuele bedrijven gestreefd. Dan zou voor ieder bedrijf een aparte ijkingfactor moeten worden berekend. Voor de boekhoudbedrijven kan dat wel, maar de ijkingfactoren moeten in een later stadium ook worden toegepast op de bedrijven waarvan alleen meetellingsgegevens beschikbaar zijn. Het zou alleen zin hebben wanneer de ijkingfactoren een verband zouden vertonen met bepaalde bedrijfskenmerken. Dit bleek niet duidelijk het geval te zijn (zie bijlage 2).

Bij de ijking van het model met betrekking tot de productie en consumptie van ruwvoer, wordt gestart bij het vergelijken van de totale aangekochte hoeveelheid krachtvoer volgens het model en die volgens het LEI-boekhoudnet. In laatstgenoemde bron is niet bekend hoeveel krachtvoer er per diersoort wordt aangekocht. Alleen de totale hoeveelheid aangekocht krachtvoer binnen de rundveehouderij is bekend. In het model wordt gewerkt met normen voor de krachtvoergift per diersoort. De gegevens van het LEI-boekhoudnet wijzen uit dat er in 1988 12% meer krachtvoer is gevoerd op de Gelderse bedrijven dan het model berekent. De Haan en De Hoop (1991) komen bij een soortgelijke vergelijking voor de melkveehouderij in Nederland veel hoger uit, maar zij gaan uit van een lagere norm per dier.

In het model zijn de aanvankelijk veronderstelde krachtvoergiften met 12% verhoogd. Figuur 3.4 geeft aan wat de verschillen tussen model en werkelijkheid zijn voor de individuele bedrijven in het LEI-boekhoudnet, na deze uniforme correctie met 12%.

In tabel 3.27 is aangegeven welke verschillen er bestaan in voeraan- en verkopen tussen het model en de boekhouding nadat de krachtvoergift met 12% is verhoogd (en de totale voergift niet is gewijzigd).

Uit de tabel blijkt dat de aankopen voor krachtvoer nadat de modeluitkomsten met 12% zijn verhoogd overeen komen met de aankopen in het boekhoudnet.



Figuur 3.4 *Vergelijking krachtvoergiften (kVEM) in model en in LEI-boekhoudnet voor de 39 bedrijven in Gelderse zandgemeenten*

Het saldo van de aan- en verkopen van ruwvoer ligt in het model gemiddeld lager dan in de boekhouding. Dit kan verschillende oorzaken hebben:

- de werkelijke gewasgroei kan lager zijn dan het model berekent;
- de beweidings- of voederwinningsverliezen kunnen hoger zijn dan is aangenomen;
- de voergiften kunnen hoger zijn dan is aangenomen.

Met het model zijn berekeningen uitgevoerd om na te gaan wat de gevolgen zijn voor de modeluitkomsten, indien één van deze drie mogelijkheden als oorzaak van de verschillen tussen model en praktijk wordt aangewezen. Ook is een combinatie van de drie mogelijkheden doorgerekend.

Tabel 3.27 Gemiddelde voerbefoefte en voeraankopen per bedrijf in het model en in het LEI-boekhoudnet na verhoging van de krachtvoergift in het model met 12%

	LEI-boekhoudnet	Model
Voerbefoefte (kVEM)		207.027
Krachtvoeraankopen (kg)	86.309	86.069
Ruwvoeraankopen (kVEM) a)	35.359	18.028
Ruwvoerverkopen (kVEM) b)	8.801	16.020
Saldo ruwvoeraankopen c) (kVEM)	26.558	2.009

a) Zie bijlage 3; b) Voor het LEI-boekhoudnet berekend door het ontvangen bedrag voor verkoop ruwvoer te delen door f 0,30; c) Het saldo is het verschil tussen de ruwvoeraankopen en de ruwvoerverkopen. In dit rapport wordt ook de term "netto ruwvoeraankopen" gebruikt als synoniem voor "saldo ruwvoeraankopen".

Het gaat er om dat door aanpassingen in het model de gemiddelde (netto) ruwvoeraankopen in het model gelijk worden aan die in het LEI-boekhoudnet. Dat blijkt te kunnen door:

- variant 1: de voederwinningsverliezen (weide- en maaiverliezen) op alle bedrijven te verhogen van gemiddeld 15% naar 27%;
- variant 2: de totale voedergift (in kVEM) van alle dieren met 8,5% te vergroten;
- variant 3: de grasproduktie per hectare met 11,5% te verminderen, evenals de N-inhoud van de produktie. Er is van uitgegaan dat de maisproduktie correct gemodelleerd is en dat eventuele verschillen tussen model en praktijk zijn toe te schrijven aan de modellering van grasland.
- variant 4: de voederwinningsverliezen te verhogen van gemiddeld 15% naar 18%, de totale voergift te verhogen met 2,5% en de grasproduktie te verlagen met 5%.

Het model is met elk van deze vier varianten geijkt. De resultaten daarvan staan in tabel 3.28. De laatste regel van de tabel geeft aan dat in alle varianten per saldo vrijwel evenveel voer wordt aangekocht als in het LEI-boekhoudnet.

Er is uiteindelijk een keuze gemaakt voor variant 4 omdat deze het meest realistisch lijkt te zijn. In die variant wordt er in de eerste plaats van uitgegaan dat de voedergift 2.5% hoger ligt dan in hoofdstuk 3 is aangenomen. Dat kan onder andere verklaard worden uit het feit dat bij de berekening van de voerbefoefte van melkkoeien is uitgegaan van het melkquotum per koe en niet van de - enkele procenten hogere - melkproduktie per koe. Ook een niet-totale verdringing van ruwvoer door extra krachtvoer kan leiden tot een iets hogere totale voedergift. Een 8,5% hogere voergift (variant 2) lijkt echter onwaarschijnlijk.

Tabel 3.28 Gemiddelde voerbehoefte, aankopen, verkopen en saldo per bedrijf volgens het LEI-boekhoudnet en bij vier ijkingsvarianten

	LEI boek- houdnet	Ijkingsvarianten *)			
		var. 1	var. 2	var. 3	var. 4
Voerbehoefte (kVEM)	-	207.027	224.624	207.027	212 203
Aankopen					
krachtvoer (kg)	86.309	86.069	86.069	86.069	86.069
ruwvoer (kVEM)	35.359	32.553	34.370	32.900	33.136
Verkopen					
ruwvoer (kVEM)	8.801	6.480	7.993	6.367	6.878
Saldo aankopen					
ruwvoer (kVEM)	26.558	26.073	26.337	26.533	26.258

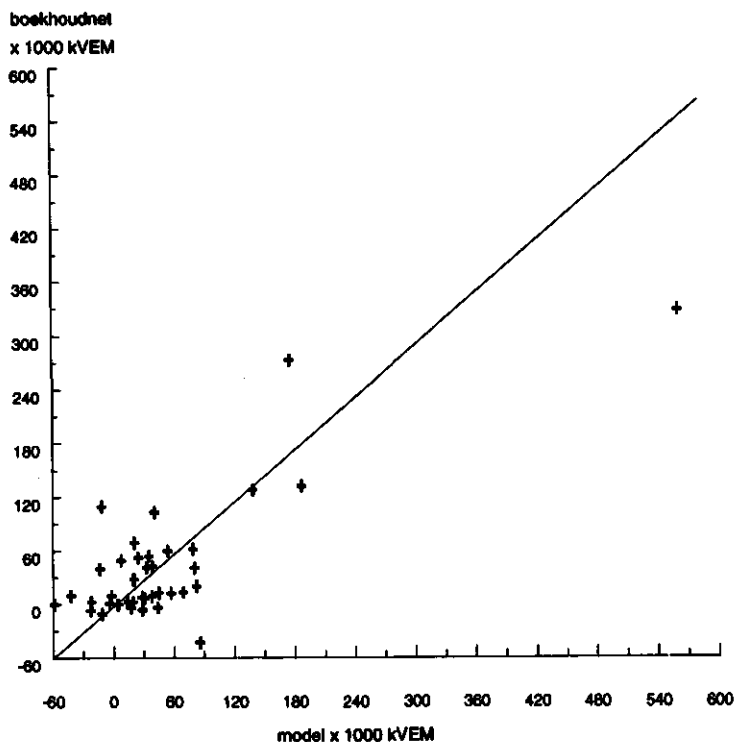
*) var 1: voederwinningsverliezen 27% in plaats van 15%;
var 2: 8,5% hogere voedergift;
var 3: 11,5% lagere voederproduktie;
var 4: combinatie: voederwinningsverliezen 18% (in plaats van 15%), 2,5% hogere voedergift, 5% lagere voederproduktie.

Een 11,5% lagere voederproduktie (variant 3) is voor 1988 niet voor de hand liggend, evenmin als voederwinningsverliezen van 27%. Het was een jaar met een gemiddelde gewasgroei en gemiddelde oogstomstandigheden. Uitgaande van een 2,5% hogere voedergift, moet de netto beschikbare grashoeveelheid met 8% worden teruggebracht. Er is gekozen voor een combinatie van een 5% lagere produktie en 3% extra voederwinningsverliezen.

Bij het doorrekenen van maatregelen zal de onzekerheid op dit punt steeds onder de aandacht moeten blijven. In hoofdstuk 5 wordt een onzekerheidsanalyse uitgevoerd, waarbij onder andere wordt nagegaan welke gevolgen de keuze van de ijkingsvariant heeft voor de gemiddelde nutriëntenbalansen van de bedrijven. Uit tabel 5.1 blijkt onder andere dat een ijkking waarbij alle verschillen worden toegeschreven aan een lagere gewasproduktie een 50% grotere uitspoeling tot gevolg heeft dan een ijkking waarbij alle verschillen worden toegeschreven aan extra voederwinningsverliezen. Bij deze laatste variant wordt een groter deel van de verliezen opgehoopt. De opgehoopte nutriënten komen later weer vrij en kunnen dan, afhankelijk van het tijdstip van vrijkomen, worden opgenomen door het gewas of uitspoelen.

Figuur 3.5 geeft aan in hoeverre de gekozen modellering ook voor individuele bedrijven een goede aansluiting geeft tussen model en realiteit. Bijlage 2 gaat nog een stap verder en probeert

een dergelijke vergelijking ook uit te voeren voor de gewasproductie per hectare.



Figuur 3.5 *Vergelijking netto ruwvoeraankopen (kvEM) in model en in LEI-boekhoudnet voor de 39 bedrijven in Gelderse zandgemeenten*

3.11.3 Jaarinvloeden bij de ijking

In de vorige paragraaf is het model voor 1988 geijkt door de netto-voeraankopen in het model te laten overeenkomen met de netto-voeraankopen die in het LEI-boekhoudnet zijn geregistreerd.

Uitgaande van de relaties en coëfficiënten in hoofdstuk 3 met betrekking tot voederbehoefte en gewasproductie- en verliezen, bleek dat de krachtvoergift die in eerste instantie was aangenomen met 12% moest worden verhoogd. Bij een aanname van een 2,5% hogere voedergift dan de behoefte waar in eerste instantie van was uitgegaan, moest de netto voerproductie met 8% verminderd worden.

Voor de jaren 1987 en 1989 is een soortgelijke exercitie als voor 1988 uitgevoerd. Het bleek dat de krachtvoergift in 1987 24%

hoger was dan in eerste instantie in het model werd aangenomen. Voor 1989 was dit percentage 6% (zie tabel 3.29).

Tabel 3.29 *Krachtvoergift en netto-grasproduktie in het LEI-boekhoudnet procentueel ten opzichte van de modeluitkomsten (op basis van hoofdstuk 3) voor sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten*

	Boekjaar		
	1987	1988	1989
Krachtvoergift	+24%	+12%	+ 6%
Netto grasproduktie	-15%	- 8%	- 3%

In de sombere en natte zomer van 1987 (Poppe, 1989) blijkt de netto-grasproduktie (gewasopbrengst minus verliezen) 15% lager te zijn dan op basis van de relaties in hoofdstuk 3 berekend is. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn doordat de gewasverliezen in dat jaar hoog waren. In het warme jaar 1989 werd door de droogte iets minder ruwvoer gewonnen, maar deze was van een uitstekende kwaliteit (Poppe, 1991). De verschillen tussen model en LEI-boekhoudnet op het punt van de netto-grasproduktie blijken in dat jaar vrij gering te zijn. Het jaar 1988 blijkt een tussenpositie in te nemen. Het was een jaar met een zeer nat voorjaar, met daarna een groeizame zomer (Poppe, 1990).

In alle jaren is de krachtvoergift hoger dan de normen die daarvoor zijn aangehouden in hoofdstuk 3. Wel zijn de krachtvoergiften hoger naarmate de grasproduktie of graskwaliteit lager is.

In het stofstromenmodel wordt geen rekening gehouden met berekening van grasland. In de Landbouwtelling zijn daarover geen recente gegevens beschikbaar. Van de steekproefbedrijven uit het LEI-boekhoudnet is wel bekend of er berekening wordt toegepast. Analyse van de gegevens lijkt er op te wijzen dat de kVEM-productie op bedrijven met berekening door het stofstromenmodel wordt onderschat en dat de kVEM-productie op deze bedrijven hoger is dan op bedrijven die geen berekening toepassen.

Uit bovenstaande gegevens blijkt dat bij toekomstig gebruik van het stofstromenmodel nadere aandacht gegeven zal moeten worden aan de invloed van het weer op de (netto) gewasproduktie. Dat geldt temeer omdat mineralenverliezen sterk samenhangen met de gewasproduktie (zie hoofdstuk 5).

4. MODELUITKOMSTEN

4.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken is aangegeven hoe per bedrijf een aantal berekeningen met betrekking tot stofstromen wordt uitgevoerd. Uiteraard vormen deze individuele bedrijfsberekeningen geen doel op zich. Ze zijn een tussenschakel voor de berekening van resultaten op een meer geaggregeerd niveau. Interessant zijn bijvoorbeeld cijfers over de verschillen in uitspoeling en emissies tussen gebieden en tussen verschillende typen bedrijven.

In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe de individuele bedrijfsgegevens worden geaggregeerd en welke informatie daaruit voortvloeit. In dit onderzoek is slechts een deel van de bedrijven in Nederland meegenomen. Paragraaf 4.2 geeft aan welk deel dat is. In de derde paragraaf van dit hoofdstuk wordt een beschrijving van de populatie gegeven in termen van nutriëntenstromen.

4.2 De populatie

4.2.1 De populatie in relatie tot andere bedrijfstypen

Het onderzoek beperkt zich tot de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in de 40 "zandgemeenten" in Gelderland. In de Landbouwtelling van 1988 werden 3.919 van dergelijke bedrijven geregistreerd. Het totaal aantal bedrijven in het Gelderse zandgebied bedroeg 14.308 bedrijven. Op de 27% sterk gespecialiseerd bedrijven komt 45% van het areaal cultuurgrond in het betreffende

Tabel 4.1 Procentuele verdeling van een aantal grootheden over zeven bedrijfstypen (Landbouwtelling, 1988)

	Cultuur- grond	Gras- land	Koeien	Mest- varkens
Akkerbouwbedrijven	6	1	0	0
Tuinbouwbedrijven	1	0	0	0
Sterk gespec. melkveebedrijven	45	53	67	9
Minder sterk gespec. melkveebedr.	13	15	16	11
Andere rundveebedrijven	12	13	3	4
Intensieve veehouderijbedrijven	5	3	1	47
Gecombineerde bedrijven	18	15	12	28
Alle bedrijven	100	100	100	100

gebied voor, 53% van het areaal grasland, 67% van het aantal melkkoeien, 16% van het aantal stuks vleesvee en 13% van het aantal schapen.

Het totale areaal cultuurgrond in het Gelderse zandgebied bedroeg in 1988 149.652 ha. Daarvan bestond 110.222 ha uit grasland. Op de bedrijven in dit gebied waren 218.846 koeien aanwezig, 264.455 fokvarkens en 1.262.490 vleesvarkens.

4.2.2 Beschrijving van de populatie

Het onderzoek richt zich op 3.919 bedrijven van het type "sterk gespecialiseerd melkvee" (NEG-type 4110) die geregistreerd werden in de Landbouwtelling van 1988.

Op deze bedrijven is de gemiddelde bedrijfsoppervlakte 17,4 ha, waarvan 15,0 ha gras en 2,3 ha snijmais. Er waren 52 grootveeëenheden (gve) aanwezig, waarvan 37 koeien, 13 kalveren, 14 pinken, 1 stier, 2 stuks vleesvee, en 1 schaaap.

Daarnaast komen er gemiddeld 5 biggen, 30 vleesvarkens, 2 fokzeugen, 16 slachtkuikens en 40 leghennen voor.

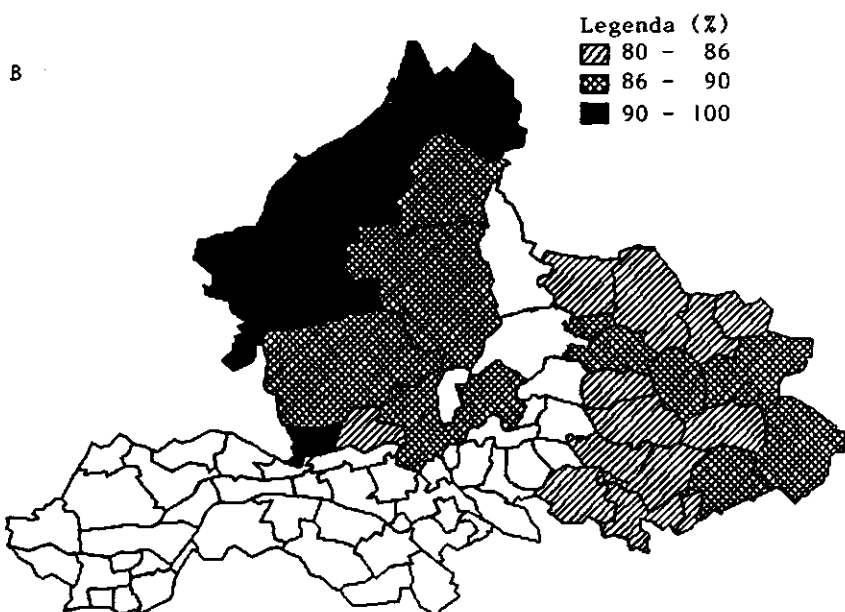
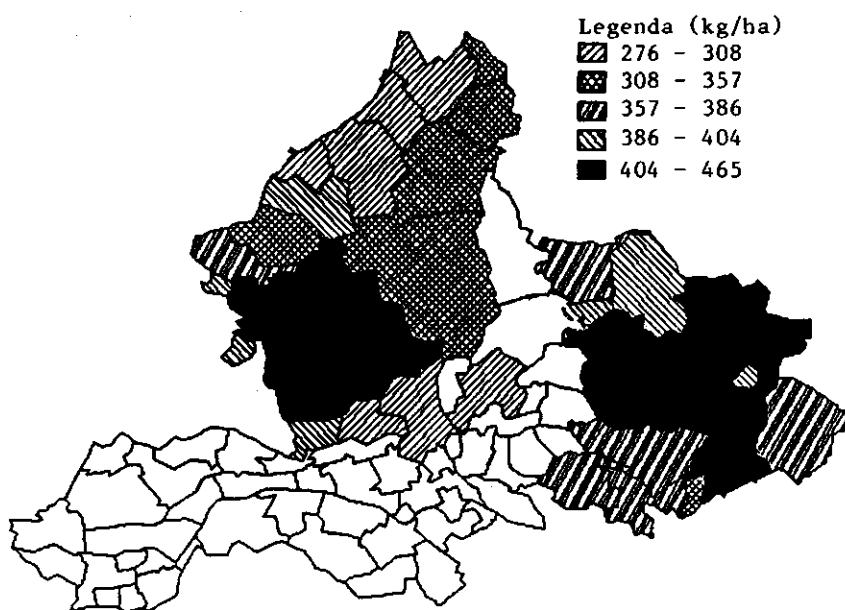
De gemiddelde bedrijfsgrootte is 155 sbe, de ondernemer is gemiddeld 52 jaar en 50% van de bedrijven is in het bezit van een ligboxenstal.

Van 97,3% van de bedrijven is de situering van de bedrijfsgebouwen (gridcodes) bekend op basis van gegevens van de DUR en de PTT (zie paragraaf 2.4). Voor deze bedrijven kan gebruik gemaakt worden van de gegevens van het Staringcentrum over de bodem. Daarbij blijkt dat 37,3% van de bedrijven in een grid (500*500 meter) ligt waarin een hoog vochtleverend vermogen (> 200 mm) domineert, 21,0% in de vochtklasse 150-200 mm en 36,5% in de klasse 100-150 mm. Slechts 3,8% valt in de klasse 50-100 mm en 1,3% in de klasse < 50 mm.

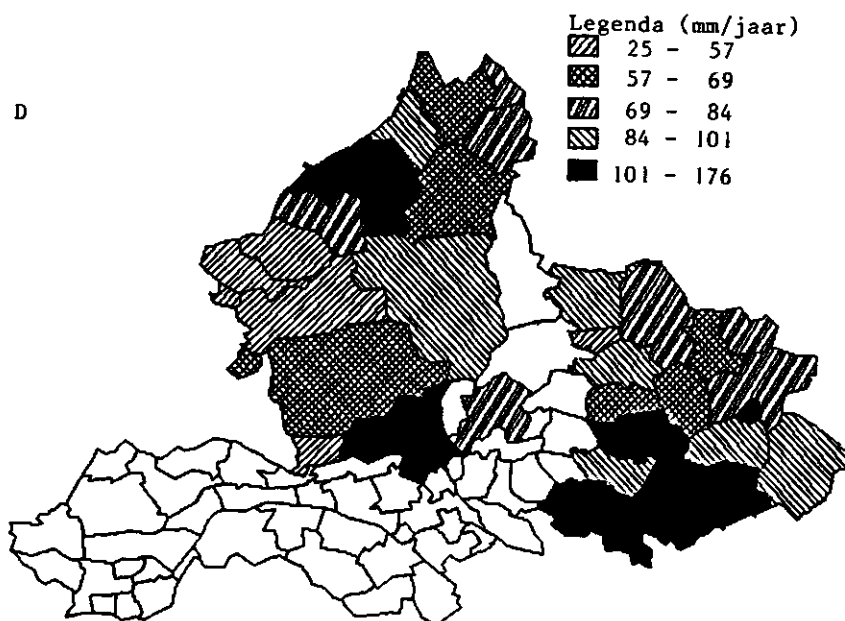
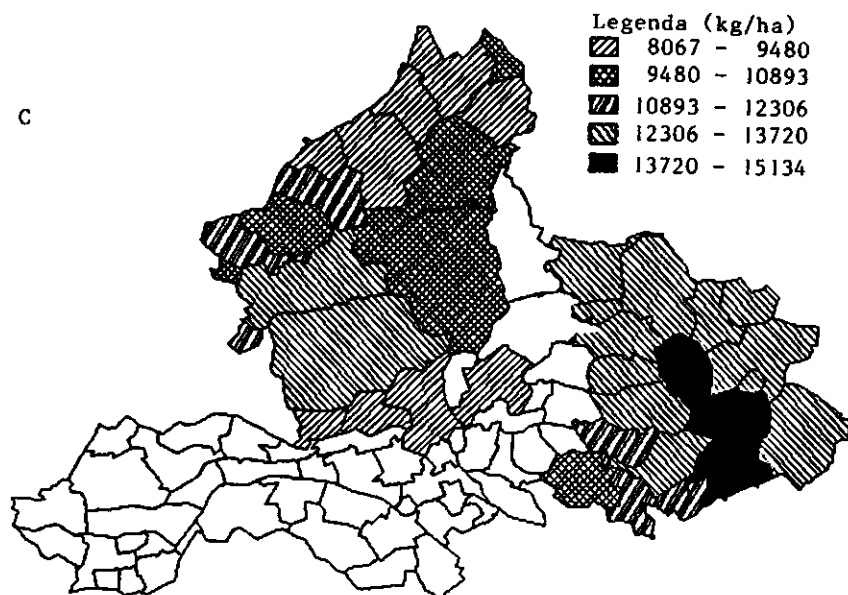
Voor de circa 100 bedrijven waarvoor de vochtklasse niet bepaald kon worden omdat de situering niet te achterhalen was via DUR/PTT, is aangenomen dat deze liggen in een grid met vochtklasse 150-200 mm.

Van 90,8% van alle bedrijven in de populatie is het melkquotum bekend. Op deze bedrijven - waarop 89,9% van de melkkoeien in de populatie voorkwamen - was het gemiddelde melkquotum in melkjaar '88/'89 204.163 kg. Het vetquotum bedroeg 8.684 kg (4,25%). Het quotum per koe bedroeg ruim 6.000 kg (zie bijlage 6).

Voor de bedrijven waarvoor het quotum niet bekend was, is aangenomen dat het melkquotum per koe 6.500 kg bedroeg met 4,2% melkvet. Een aantal bedrijven heeft een melkquotum dat lager ligt dan 4.000 kg per koe. Aangenomen is dat dit een onjuiste registratie is. Bedrijven met een quotum per koe dat lager is dan 4.000 kg, worden in het model geacht een quotum van 6.000 kg per koe te hebben.



A De normatieve stikstofuitscheiding per hectare per gemeente
 B Het percentage gras in het bouwplan per gemeente



- C De melkproductie per hectare per gemeente
 D De vochtleverantie per hectare per gemeente

Figuur 4.1 Geografische spreiding van enige bedrijfskenmerken per gemeente voor de 3.919 gespecialiseerde melkveebedrijven

4.2.3 Regionale spreiding binnen de populatie

De kenmerken van de bedrijven die in de databank zijn opgenomen zijn bepalend voor de hoogte van de berekende nutriëntenverliezen.

Het gaat daarbij om bijvoorbeeld de vochtklasse, de melkproduktie per hectare, het aantal dieren, de oppervlakte en dergelijke.

In deze paragraaf wordt van enige kenmerken de regionale verdeling gegeven. Hiermee kan de regionale verdeling van de stofverliezen beter worden verklaard.

De normatieve N-uitscheiding in dierlijke mest per hectare kan worden beschouwd als maat voor de veedichtheid, waarbij rundvee, varkens en pluimvee bij elkaar worden opgeteld naar rato van de normatieve stikstofuitscheiding per dier (uit tabel 3.1). De regionale spreiding van de stikstofuitscheiding per hectare is aangegeven in figuur 4.1a.

Uit de figuur blijkt dat de N-uitscheiding per ha als maat voor de veedichtheid in de omgeving van Ede en in een aantal gemeenten in de Achterhoek hoog is, terwijl relatief lage veedichtheden voorkomen in het noorden van de Veluwe. Het verschil in stikstofuitscheiding tussen de gemeente met de laagste en die met de hoogste veedichtheid is 190 kg stikstof per hectare.

Het percentage gras in het bouwplan blijkt in het westen van de Veluwe hoog te zijn. In het zuiden van de Achterhoek komt tot 20% mais voor (figuur 4.1b).

De intensiteit van de melkveebedrijven wordt uitgedrukt door de melkproduktie per hectare (figuur 4.1c). Deze blijkt relatief hoog in de Achterhoek en de omgeving van Ede, terwijl die in het noorden van de Veluwe op een lager niveau ligt.

De gemiddelde vochtleverantie per hectare (figuur 4.1d) geeft een indicatie van de potentiële produktie van gras en mais. In Renkum en Arnhem en in het zuiden van de Achterhoek komen relatief natte zandgronden voor. Droger is het in het noorden van de Veluwe en de Achterhoek. Het is mogelijk dat de vochtvoorziening wordt overschat in verband met een daling van de grondwaterstand die nog niet in de SC-gegevens is verwerkt.

4.3 Beschrijving van de nutriëntenstromen in 1988 (basisrun)

4.3.1 Inleiding

Voor elk van de ruim 3.900 bedrijven komt een groot aantal model-uitkomsten beschikbaar. Voor ieder bedrijf worden bijvoorbeeld schattingen gemaakt van de gewasproduktie, de mestproduk-

tie, de (kunst-)mestaankopen, de mestaanwending, en de daarbij behorende stofstromen.

Het is duidelijk dat deze informatie moet worden ingedikt op een zodanige manier dat snel een overzicht over alle bedrijven gegeven kan worden, zonder dat er veel informatieverlies optreedt.

In de presentatie van uitkomsten op een geaggregeerd niveau bij het doorrekenen van maatregelen is er voor gekozen om eerst een gemiddelde situatie voor alle bedrijven te presenteren - meestal in de vorm van een nutriëntenbalans per hectare - waarna de spreiding in deze kengetallen wordt weergegeven.

De spreiding kan ook in de vorm van frequentie-verdelingen over bedrijven of over hectares worden weergegeven. Om aan te geven hoe de regionale spreiding van kengetallen is, worden kaartjes van Gelderland getekend.

4.3.2 Gemiddelde stikstofbalansen

Voor elk individueel bedrijf worden verschillende stikstofbalansen opgesteld. Naast een balans voor het gehele bedrijf is er een balans voor dieren en stal (inclusief mestopslag), een balans voor grasland en een balans voor maisland. De balansen zijn berekend over alle 3.919 bedrijven in de uitgangssituatie in 1988.

Eerst wordt een balans over het gehele bedrijf opgesteld. Daarin staan de aan- en afvoerposten op bedrijfsniveau geregistreerd. Het saldo van de bedrijfsbalans bestaat uit de verliezen en ophoping van nutriënten. De gemiddelde balans voor stikstof

*Tabel 4.2 Gemiddelde berekende N-balans per bedrijf (in kg) en tussen haakjes de bijbehorende standaardafwijkingen *)*

Input		Output	
Aankoop:		Verkoop:	
Krachtvoer rundvee	1818 (1201)	Rundvee/melk	1440 (997)
Krachtvoer int.vee	756 (1485)	Int. vee	213 (431)
Mais	374 (519)	Mest	50 (-)
Overig ruwvoer	544 (757)	Voorraad ruwvoer	238 (607)
Kunstmest	5534 (4008)	Denitrificatie	1015 (701)
Depositie	888 (530)	Uitspoeling	2577 (1912)
Mineralisatie	3171 (1869)	Ammoniakvervlucht.	2158 (1394)
		Bruto ophoping	5394 (3285)
Totaal	13085 (8150)	Totaal	13085 (8150)

*) Als de standaardafwijking niet is berekend, wordt dat weergegeven met -.

voor alle bedrijven staat in tabel 4.2. Tussen haakjes staan de standaardafwijkingen gegeven.

Op het gemiddelde bedrijf gaat ongeveer 13 duizend kilo stikstof om.

Daarvan wordt ongeveer 9 duizend kilo aangekocht. De overige 4 duizend kilo wordt via de lucht aangeleverd of komt door mineralisatie vrij. Ongeveer 2 duizend kilo stikstof verlaat het bedrijf in de vorm van verkopen. Van de overige 11 duizend kilo verlaat 5-6 duizend kilo het bedrijf in de vorm van verliezen of wordt 5 duizend kilo vastgelegd in organische stof.

Van de 13 duizend kilo inputs kan de boer er zo'n 9 duizend kilo door aankopen direct beïnvloeden. De efficiëntie over deze 9 duizend kilo is dan $2:9 = 22\%$. Wanneer de niet-beïnvloedbare hoeveelheid N ook wordt meegerekend, dan is de benutting ongeveer $2:13=15\%$. Met deze redenering wordt eigenlijk vooral duidelijk dat het bij het gebruik van de term benuttingsgraad zeer belangrijk is om aan te geven waarop die precies betrekking heeft.

Een aantal posten is moeilijk te meten. Dit geldt bijvoorbeeld voor de post ophoping en denitrificatie. Over de omvang van deze posten wordt verschillend gedacht: op het Staringcentrum-DLO berekent men hogere denitrificatie en lagere ophoping dan op het CABO-DLO (zie voor een specifiek geval bijlage 4).

De verliesposten zijn niet allemaal even schadelijk voor het milieu:

De post ophoping van 5.394 kilo op de balans vormt een aanvulling van de bodemvoorraad. Door mineralisatie wordt er gemiddeld 3.171 kilo door de bodem geleverd. De bodemvoorraad neemt dus gemiddeld per bedrijf met $5.394 - 3.171 = 2.223$ kilo toe ofwel met 112 kilo per hectare. De netto-opgehoopte stikstof kan, afhankelijk van het tijdstip waarop het vrij komt, weer door de plant worden opgenomen of uitspoelen. We kunnen dus hooguit spreken van een potentiële verliespost op langere termijn. Ook denitrificatie hoeft niet in zijn geheel tot milieuschade te leiden. Het N_2 -gas dat hierbij gevormd wordt is onschadelijk. Het N_2O -gas levert een bijdrage aan het broeikas effect. Onzeker is nog hoeveel N_2O -gas wordt gevormd.

De variantie in de posten van de balans is groot, zo blijkt uit de standaardafwijking. Hierin zit ook de variatie ten gevolge van verschillen in bedrijfs grootte (zie de post depositie).

De N-balans is ook opgesteld per bedrijf per hectare cultuurgrond. Daarmee wordt een deel van de variatie ten gevolge van de bedrijfs grootte geëlimineerd. De bedrijven hebben een gemiddelde omvang van ongeveer 18 hectare.

De balans op bedrijfsniveau uit tabel 4.2 wordt vervolgens verder uitgesplitst in deelbalansen: één deelbalans voor dieren en stal, één voor grasland en één voor snijmais. In de balans dier en stal wordt de input gevormd door de veevoeding, en de output door melk, vlees, mest en ammoniak. De mest vormt weer de input voor de balansen voor gras en mais.

Tabel 4.3 Gemiddelde berekende N-balans per hectare, uitgedrukt in kg N/ha, en bijbehorende standaardafwijkingen

Input			Output		
Aankoop:			Verkoop:		
Krachtvoer rundvee	100	(38)	Rundvee/melk	80	(31)
Krachtvoer int. vee	42	(86)	Int. vee	12	(25)
Mais	21	(31)	Mest	2	(-)
Overig ruwvoer	30	(45)	Ruwvoer	13	(28)
Kunstmest	305	(51)	Denitrificatie	56	(15)
Depositie	49	(0)	Uitspoeling	153	(41)
Mineralisatie	175	(4)	Vervluchtiging	119	(46)
			Ophoping	287	(60)
Totaal	722	(168)	Totaal	722	(168)

In tabel 4.4 is de tabel voor dieren en stal weergegeven, weer voor het gemiddelde bedrijf. De stikstofbenutting van het vee bedraagt 16%.

Tabel 4.4 Gemiddelde berekende N-balans voor dieren en stal (inclusief opslag) in kg N per bedrijf, en bijbehorende standaardafwijking

Input			Output		
Voergift uit			Dierlijke productie:		
Eigen produktie:			Melk		
Gras	5221	(3367)	Rundvlees	264	(188)
Mais	371	(535)	Vlees int. vee	213	(431)
Aankoop voer:			Stalmest (na vervl.)		
Krachtvoer rundvee	1818	(1201)	Rundvee	3615	(2538)
Krachtvoer int. vee	756	(1485)	Intens. Veeh.	432	(849)
Mais	374	(511)	Stalvervluchtiging	650	(456)
Overig ruwvoer	545	(757)	Opslagvervluchtiging	35	(25)
			Weidemest (voor vervl.)	2700	(1899)
Totaal	9085	(5674)	Totaal	9085	(5674)

Tabel 4.5 geeft tenslotte de stikstofbalans per gemiddelde hectare gras en tabel 4.6 per gemiddelde hectare mais. Op de 3.919 bedrijven komt gemiddeld 15,0 ha gras voor en 2,3 ha mais.

Op gras wordt gemiddeld 336 kg N uit kunstmest gegeven, naast 170 kg uit weidemest en 138 kg uit drijfmest (Nm+Ne+Nr). De

plant neemt 419 kg op in oogstbare delen; daarvan gaat echter weer 80 kg N retour naar de bodem in de vorm van weide- en maaiverliezen. Per saldo hoopt zich 110 kg N op in de bodem (voorraadvorming minus bodemleverantie). De rest spoelt uit, vervluchtigt bij het uitrijden, of denitrificeert.

Op maisland zijn de verliezen veel groter. Een drijfmestgift van ruim 800 kg N per hectare en een aanvullende kunstmestgift van 90 kg per hectare zorgen daarvoor. De plant neemt slechts 235 kg N op, waarvan ook nog eens 31 kg aan verliezen op het veld achterblijft. De berekende uitspoeling is bijna 350 kg en de vervluchtiging 200 kg. De netto-voorraadvorming bedraagt 120 kg (wortels + organische fractie drijfmest + veldverliezen - mineralisatie).

Tabel 4.5 Gemiddelde berekende N-balans per hectare grasland in kg N, en bijbehorende standaardafwijkingen

Input			Output		
Bodemleverantie	180	(0)	Opname door plant	419	(37)
Depositie	49	(0)	Nitraatuitspoeling	125	(40)
Kunstmestgift	336	(55)	Vervluchtiging	64	(37)
Weidemest	170	(71)	Denitrificatie	54	(17)
Drijfmest			Voorraadvorming	290	(61)
Nm (incl. ammoniak)	69	(60)	(incl. wortels)		
Ne	36	(32)			
Nr	33	(29)			
Weideverlies	45	(16)			
Maaiverlies	35	(3)			
Totaal	953	(159)	Totaal	953	(159)

Tabel 4.6 Gemiddelde berekende N-balans per hectare maisland in kg N, en bijbehorende standaardafwijkingen

Input			Output		
Bodemleverantie	140	(0)	Opname door plant	235	(15)
Depositie	49	(0)	Nitraatuitspoeling	349	(102)
Kunstmestgift	90	(0)	Vervluchtiging	201	(62)
Drijfmestgift			Denitrificatie	68	(12)
Nm	402	(123)	Voorraadvorming:		
Ne	202	(61)	Wortels	30	(0)
Nr	199	(62)	Nr	199	(62)
			Veldverliezen	31	(2)
Maaï- en voerverlies	31	(2)			
Totaal	1113	(248)	Totaal	1113	(248)

4.3.3 Gemiddelde P- en K-balansen

Voor P en K worden een balans per hectare grasland en een balans per hectare maisland gegeven (tabel 4.7 t/m 4.10). Deze balans wijkt enigszins af van de N-balans, omdat hier alleen een saldo op de balans wordt gegeven en niet wordt aangegeven of dit verliezen zijn naar het milieu.

Tabel 4.7 Gemiddelde berekende P-balans per hectare grasland in kg P, en bijbehorende standaardafwijkingen

Input		Output	
Depositie	1 (0)	Opname door plant	43 (4)
Kunstmestgift	35 (0)	Saldo	40 (20)
Weidemest	18 (8)		
Drijfmestgift	21 (19)		
Weideverlies	4 (2)		
Maaiverlies	4 (0)		
Totaal	83 (-)	Totaal	83 (-)

Tabel 4.8 Gemiddelde berekende P-balans per hectare maisland in kg P, en bijbehorende standaardafwijkingen

Input		Output	
Depositie	1 (0)	Opname door plant	37 (8)
Kunstmestgift	35 (0)	Saldo	117 (30)
Drijfmestgift	114 (30)		
Veldverlies	5 (0)		
Totaal	154 (-)	Totaal	154 (-)

Tabel 4.9 Gemiddelde berekende K-balans per hectare grasland in kg K, en bijbehorende standaardafwijkingen

Input		Output	
Depositie	4 (0)	Opname door plant	349 (29)
Kunstmestgift	35 (0)	Saldo	49 (131)
Weidemest	153 (66)		
Drijfmestgift	139 (123)		
Weideverlies	38 (14)		
Maaiverlies	29 (1)		
Totaal	398 (-)	Totaal	398 (-)

Tabel 4.10 Gemiddelde berekende K-balans per hectare maisland in kg K, en bijbehorende standaardafwijkingen

Input			Output	
Depositie	4 (0)	Opname door plant	225 (8)	
Kunstmestgift	35 (0)	Saldo	702 (250)	
Drijfmestgift	858 (251)			
Veldverlies	29 (1)			
Totaal	926 (-)	Totaal	926 (-)	

4.3.4 Spreiding in de posten op de stikstofbalans

In de vorige paragraaf is aangegeven dat de spreiding in de balansposten groot is. Bij wijze van voorbeeld wordt voor de post "nitraatuitspoeling per ha" (NO_3b) en de post "ammoniakemissie per ha" (NH_3) van het hele bedrijf de frequentie-verdeling gegeven die de spreiding weergeeft (figuur 4.2). Uit deze figuur blijkt dat verdeling van de nitraatuitspoeling om het gemiddelde vrij gelijkmatig is. De ammoniakemissie heeft vrijwel alleen afwijkingen boven de modulus.

4.3.5 Regionale spreiding in de posten op de mineralenbalans

Voor dezelfde posten als in de vorige subparagraaf is berekend wat de gemiddelde waarde op de mineralenbalans op gemeentenniveau is.

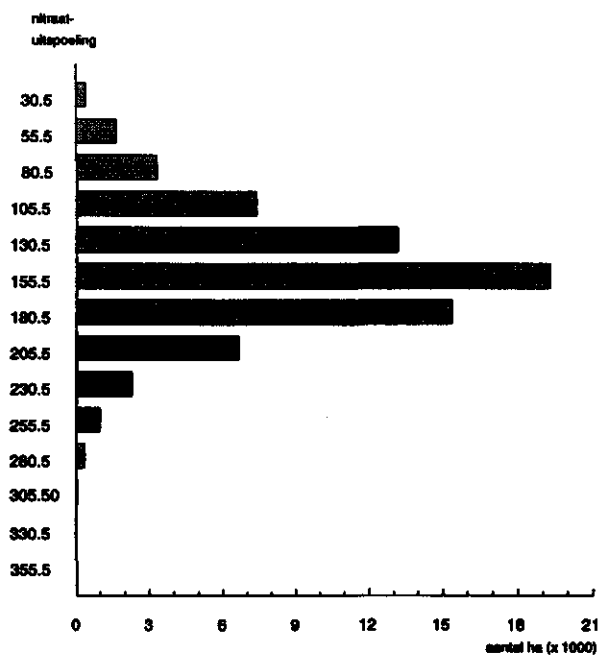
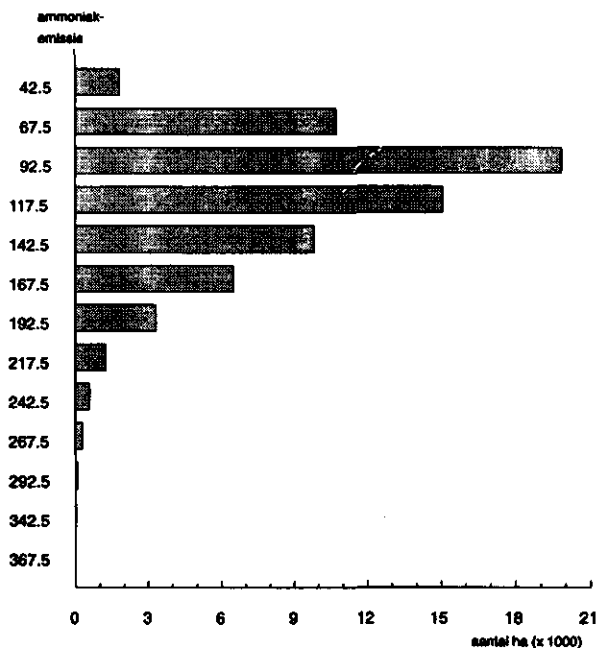
Figuur 4.3 geeft de spreiding in de gemiddelde waarden per gemeente voor respectievelijk NO_3b en NH_3 . Bedacht dient te worden dat het hier uitsluitend gaat om het areaal cultuurgrond op de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven. Soortgelijke kaartjes zijn te tekenen voor het areaal mais en gras.

In het Nationaal Milieubeleidsplan is gesteld dat in 2000 in gebieden waar drinkwater wordt gewonnen uit grondwater, het grondwater onder landbouwpercelen op 2 meter onder de grondwaterspiegel niet meer dan 50 mg nitraat per liter mag bevatten.

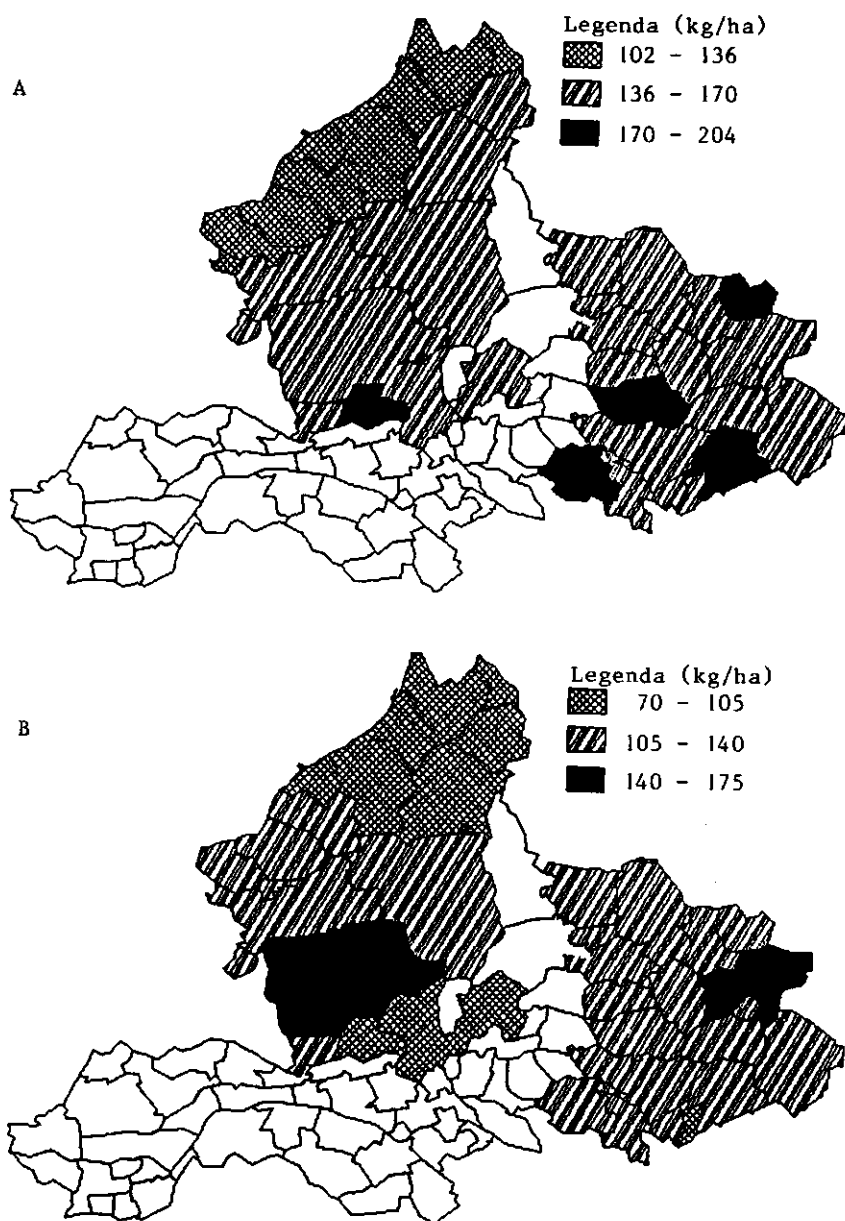
Het stofstromenmodel berekent de nitraatuitspoeling vanuit de wortelzone. In het traject tussen de wortelzone en de lijn van 2 meter onder de grondwaterspiegel treedt denitrificatie op, waarbij nitraat wordt omgezet in N_2 en N_2O . De nitraatconcentratie daalt daardoor.

In figuur 4.3 is de hoeveelheid stikstof weergegeven die in de vorm van nitraat uit de wortelzone spoelt. Deze hoeveelheid is vanwege de denitrificatie niet direct te vergelijken met de drinkwaternorm.

Wanneer er 34 kg stikstof per hectare uitspoelt, komt dat in een jaar met gemiddelde neerslag overeen met 50 mg nitraat per



Figuur 4.2 Frequentieverdeling van de nitraatuitspoeling en ammoniakemissie per hectare cultuurgrond(kg N/ha)



Figuur 4.3 De verdeling van de gemiddelde nitraatuitspoeling (A) en ammoniakemissie (B) in kg N per hectare cultuurgrond in gebruik bij gespecialiseerde melkveebedrijven per gemeente

liter neerslag-overschot. De klasse-indeling geeft daarom veelvouden van 34.

Uit de figuur blijkt dat de nitraatuitspoeling aan de noordwestrand van de Veluwe het laagst is, terwijl die in enige gemeenten in de Achterhoek en in Renkum het hoogst is. De totale N-uitscheiding per hectare op de gespecialiseerde melkveebedrijven in Renkum is laag in vergelijking met die in de gemeenten aan de noordwestrand van de Veluwe (figuur 4.1a). Op grond daarvan zou men niet verwachten dat de uitspoeling in Renkum zo hoog is. Een mogelijke verklaring voor de hoge uitspoeling van nitraat is, dat er in Renkum veel mais voorkomt (figuur 4.1b). De uitspoeling op mais is over het algemeen hoog. In het model wordt bovendien veel mest op mais uitgereden. Daarbij komt dat in Renkum het aandeel bedrijven met een (door het model toegewezen) O4 beweidingssysteem groot is. Daardoor treedt er veel nitraatuitspoeling op uit weidemest. De N-uitscheiding per hectare en de melkproduktie per hectare blijken zijn dus niet de enige factoren die bepalend zijn voor de hoogte van de nitraatuitspoeling.

De klassegrenzen bij de ammoniakemissie per hectare zijn een veelvoud van 14. Wanneer 14 kg stikstof in de vorm van (17 kg) ammoniak vervluchtigt, dan komt dat overeen met duizend zuurequivalenten. Het verband tussen emissie en depositie van ammoniak is echter te ingewikkeld om aan deze indeling consequenties te verbinden. Daarbij komt, dat depositiedoelstellingen voor relatief grote gebieden gelden en dat hier is gerekend met een klein deel van de oppervlakte uit een gebied, namelijk die van gespecialiseerde melkveebedrijven.

Uit figuur 4.3 blijkt dat de ammoniakemissie van de melkveebedrijven in twee gemeenten boven de 140 kilo N per hectare ligt. De totale N-uitscheiding in deze gemeenten is erg hoog. De emissie is juist laag in gemeenten in het noorden van de Veluwe, waar een lage N-uitscheiding per hectare is.

5. ONZEKERHEIDSANALYSE

5.1 Inleiding

Bij een gevoeligheidsanalyse wordt onderzocht in hoeverre veranderingen in uitgangspunten die in een model worden gehanteerd, invloed hebben op de resultaten van het model. Een onzekerheidsanalyse doet hetzelfde, maar dan voor de uitgangspunten waarover veel onzekerheid is.

Twee belangrijke onderdelen van het stofstromenmodel waarover onzekerheid bestaat, zijn de veevoeding/gewasproductie en de bemesting. Deze zijn in het model op een bepaalde manier ingevuld, waarna de resultaten zijn geconfronteerd met gegevens uit het LEI-boekhoudnet.

Bij de beschrijving van de ijking van het model op het punt van veevoeding/gewasproductie in paragraaf 3.11 is vastgesteld, dat het gemiddelde saldo van de voeraankopen en -verkopen in het model op verschillende manieren in overeenstemming te brengen is met het gemiddelde saldo in het boekhoudnet. Daarbij is een voorkeur uitgesproken voor die manier, waarbij correcties werden uitgevoerd op alle drie mogelijke oorzaken voor de afwijking tussen het saldo in het model en dat in de boekhouding (variant 4).

De onzekerheden in de bemesting gelden zowel voor de aannamen over de stikstofkunstmestgift als voor de uitrijvolgorde van dierlijke mest.

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe verschillende aannamen voor de veevoeding/gewasproductie en de bemesting doorwerken op de hoogte en de verschillen in de nutriëntenverliezen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de 3919 bedrijven in de veertig Gelderse "zand"-gemeenten.

5.2 Onzekerheden in de veevoeding en de gewasproductie

In paragraaf 3.11 zijn vier manieren beschreven waarop de netto voeraankopen van de bedrijven in het model in overeenstemming kunnen worden gebracht met die in het LEI-boekhoudnet. In tabel 5.1 zijn de gemiddelde stikstofverliezen op gras en mais bij deze varianten aangegeven.

Door de ijking gaat het gemiddelde totale verlies op grasland omhoog. De mate waarin dit verlies stijgt, verschilt per variant.

In variant 1 stijgen de N-verliezen (inclusief ophoping) op grasland. Dit komt omdat de extra voederwinningsverliezen op het grasland terecht komen en opgehoopt worden. De voederwinningsverliezen worden gecompenseerd door snijmais aan te kopen. Daardoor

is het N-gehalte in de mest lager. Dit leidt ertoe dat de overige verliesposten op gras en de totale verliezen op mais iets lager zijn dan die in de niet-geijkte variant.

In variant 2 is de voergift verhoogd. Dit leidt tot hogere N-gehalten in de mest, waardoor de verliezen stijgen. Omdat de mest voornamelijk op snijmais wordt uitgereden, stijgen de verliezen daar het sterkst.

In variant 3 is de grasproduktie lager. Er wordt minder stikstof door gras opgenomen. Deze stikstof spoelt uit. Daarom is de post uitspoeling fors hoger. Om de lagere grasproduktie te compenseren wordt extra snijmais aangekocht. Het stikstofgehalte van mais is lager dan dat van gras. Daardoor krijgt het vee via

Tabel 5.1 Gemiddelde N-verliezen bij de vier ijkingvarianten (in kg per hectare)

Verliespost	Variant				
	voor ijking	1	2	3	4
Grasland:					
Vervluchtiging	65	62	69	62	64
Uitspoeling	103	100	111	151	125
Denitrificatie	54	53	57	53	54
Subtotaal	222	215	237	266	243
Bruto ophoping	277	324	285	273	290
Totaal	499	539	522	539	533
Maisland					
Vervluchtiging	204	194	219	193	201
Uitspoeling	354	337	380	336	349
Denitrificatie	69	67	72	67	68
Subtotaal	627	598	671	596	618
Bruto ophoping	263	252	278	252	260
Totaal	890	850	949	848	878

variant 1: voederwinningsverliezen grasland 27% in plaats van 15%;

variant 2: 8,5% hogere voedergift;

variant 3: 11,5% lagere voederproduktie;

variant 4: combinatie: voederwinningsverliezen 18% (in plaats van 15%), 2,5% hogere voedergift, 5% lagere voederproduktie.

het voer minder stikstof, hetgeen leidt tot een lager stikstofgehalte in de mest. Deze mest wordt voor een belangrijk deel uitgereden op snijmais. Er komt dus minder stikstof op snijmais terecht en dat leidt tot lagere stikstofverliezen op mais.

Variant 4 is een combinatie van de varianten 1, 2 en 3. De verliezen op gras en mais liggen dan ook op een gemiddeld niveau.

De conclusie die getrokken moet worden is dat met name de uitspoeling nogal gevoelig is voor de uitgangspunten omtrent veevoeding en gewasproductie. In paragraaf 3.11 is aangegeven waarom gekozen is voor variant 4. Het blijft echter enigszins onzeker wat de meest realistische modellering is. Gezien de resultaten in tabel 5.1 is het van belang dat er op dit punt in de toekomst nader onderzoek gedaan wordt.

De spreiding van de verliesposten is vrij groot (zie hoofdstuk 4), maar verandert niet sterk ten gevolge van de ijking.

Bij beschouwing van de totale verliesposten van zowel fosfor als kalium (tabel 5.2), is duidelijk dat deze in dezelfde richting veranderen als het totale verlies bij stikstof.

Tabel 5.2 Gemiddeld saldo op de gewasbalansen van P en K in de verschillende ijkingvarianten (in kg per hectare)

Verliespost	Variant				
	voor ijking	1	2	3	4
P					
Grasland	36	41	39	41	40
Maisland	113	114	125	113	117
K					
Grasland	12	51	42	52	49
Maisland	676	674	767	697	702

5.3 Onzekerheden in de bemesting

In bijlage 1 wordt aangegeven dat de variatie in de N-kunstmestgift weliswaar groot is, maar dat het verband tussen de hoogte van de gift en bedrijfskenmerken vrij zwak en moeilijk te begrijpen is. Daarom is er een variant doorgerekend, waarbij aan de geschatte regressievergelijking een stochastische term wordt toe-

gevoegd 1). Deze variant wordt vergeleken met die waarin de kunstmestgift direct wordt bepaald met behulp van de (deterministische) relatie uit paragraaf 3.2.

Over de uitrijvolgorde van *dierlijke mest* bij de bedrijven in de onderzoekspopulatie is weinig bekend. Het gaat hier voornamelijk om niet-overschotbedrijven, waarvan geen mest behoeft te worden afgevoerd. Wanneer dat wel het geval zou zijn, dan zou minimalisering van het af te voeren overschot maatgevend voor de mestuitrijvolgorde kunnen zijn.

Er zijn berekeningen uitgevoerd voor twee manieren waarop de bemesting kan worden gerealiseerd. Bij de uitrijvolgorde "veel op mais" - die in hoofdstuk 3 als uitgangspunt is genomen - wordt eerst 15 ton op gras uitgereden en vervolgens wordt mais bemest tot de wettelijke norm. Wanneer er dan nog mest over is, dan wordt dit weer op grasland uitgereden. In de alternatieve variant "evenwichtig" wordt eveneens eerst 15 ton op gras uitgereden, maar wordt vervolgens 125 kg fosfaat per hectare mais geplaatst. Daarna ontvangt het grasland een gift van 125 kg fosfaat. Is er

Tabel 5.3 Gemiddelde N-verliezen (in kg per ha) op grasland en maisland bij verschillende modelleringen van de kunstmestgift (tussen haakjes de standaarddeviatie)

Verliespost	Kunstmestgift				Verschil
	deterministisch		stochastisch		
<i>Grasland</i>					
Vervluchtiging	64	(37)	64	(37)	0
Uitspoeling	126	(40)	132	(52)	-6
Denitrificatie	54	(17)	55	(19)	-1
Ophoping	290	(61)	290	(65)	0
Totaal	533		539		-6
<i>Maisland</i>					
Vervluchtiging	201	(62)	200	(63)	1
Uitspoeling	349	(102)	348	(104)	1
Denitrificatie	68	(12)	68	(13)	0
Ophoping	290	(63)	289	(65)	1
Totaal	908		905		3

- 1) Verondersteld is dat deze term een normale verdeling heeft met verwachting 0 en standaarddeviatie 80. Dit is de standaarddeviatie van de residuen van de geschatte regressievergelijking.

dan nog mest over, dan krijgt het maisland een bemesting tot de wettelijke norm (350 kg in 1988).

In de tabellen 5.3 en 5.4 wordt aangegeven wat de invloed van een gewijzigde modellering op de verschillende verliesposten is. In tabel 5.3 worden de stikstofverliesposten bij een deterministisch en een stochastisch bepaalde kunstmestgift vergeleken. Tabel 5.4 vergelijkt de uitrijvolgorde "veel op mais" met een uitrijvolgorde die tot een meer "evenwichtige" bemesting leidt.

Uit tabel 5.3 blijkt dat de modellering van de kunstmestgift niet veel invloed heeft op de gemiddelde N-verliezen. Zoals verwacht mocht worden, wordt de gemiddelde uitspoeling op grasland iets groter. Bovendien neemt de variatie in de uitspoeling op grasland toe. De totale N-gift ligt op een zodanig niveau dat één kg kunstmest meer of minder de gewasproductie nauwelijks beïnvloedt. Daardoor is er slechts een geringe verandering in de gemiddelde uitspoeling indien een grotere variatie in kunstmestgift wordt doorgerekend. Zou er een lagere totale N-gift zijn, dan zou het introduceren van een stochastische component een groter verschil met de standaard-modellering te zien geven.

Bij vergelijking van de N-verliezen bij de twee mestuitrijvarianten (tabel 5.4) blijkt dat er kleine verschillen in gemiddelde en standaardafwijking bij gras zijn en vrij grote verschillen bij mais.

Bij de volgorde "veel op mais" wordt 15 ton mest op gras uitgereden en daarna wordt mais tot de fosfaatnorm bemest. Een eventueel restant wordt op gras uitgereden. Dit leidt tot een gemiddelde N-drijfmestgift van 137 kg op grasland en 804 kg op maisland. Bij de volgorde "evenwichtig" wordt mais in eerste instantie slechts tot 125 kg fosfaat per hectare bemest. Dan komt grasland aan de beurt (tot 125 kg fosfaat per hectare) en een eventueel restant komt weer op maisland. Bij deze volgorde wordt er gemiddeld 159 kg N drijfmest op grasland uitgereden en 470 kg op maisland. Veel bedrijven komen qua fosfaatproductie per hectare niet uit boven 125 kg, waardoor het maisland op die bedrijven blijft steken op een gift van 125 kg fosfaat.

Bij grasland neemt de ammoniakemissie en de bruto ophoping toe bij een meer "evenwichtige" verdeling van de drijfmest. Bij maisland nemen alle verliesposten fors af door de lagere N-bemesting bij de "evenwichtige" uitrijvolgorde. Het relatief geringe aandeel van mais in het bouwplan (15%), leidt ertoe dat de afname bij maisland veel groter is dan de toename bij grasland.

De standaardafwijkingen worden bij de evenwichtige verdeling kleiner. Dat is een weerspiegeling van de meer evenwichtige verdeling van de mest. In de praktijk zullen de standaardafwijkingen echter groter zijn dan in deze tabel is aangegeven, omdat in het model steeds wordt uitgegaan van een uniforme uitrijvolgorde voor alle bedrijven.

Wordt naar het bedrijf als geheel gekeken - grasland en maisland - dan blijkt dat de uitrijvolgorde "evenwichtig" leidt

Tabel 5.4 Gemiddelde N-verliezen (in kg/ha) op gras en mais bij verschillende manieren van uitrusten van dierlijke mest (tussen haakjes de standaardafwijking)

Verliespost	Uitrijvolgorde				Verschil
	veel op mais		evenwichtig		
Grasland					
Vervluchtiging	64	(37)	71	(18)	-7
Uitspoeling	126	(40)	127	(37)	-1
Denitrificatie	54	(17)	55	(16)	-1
Bruto ophoping	290	(61)	301	(33)	-11
Totaal	533		554		-21
Maisland					
Vervluchtiging	201	(62)	118	(44)	83
Uitspoeling	349	(102)	222	(69)	127
Denitrificatie	68	(12)	52	(9)	16
Bruto ophoping	290	(64)	202	(43)	88
Totaal	908		594		314

tot een 14 kg lagere N-uitspoeling per hectare dan de uitrustvolgorde "veel op mais". De ammoniakemissie en de denitrificatie veranderen niet veel.

5.4 Conclusie

De conclusie die getrokken kan worden, is dat verschillende manieren van modelleren van de voeding/gewasproductie en de bemesting leiden tot verschillen in het niveau van en de spreiding in de verliesposten.

Er is op dit moment echter weinig informatie beschikbaar om de doorgevoerde modellering (grasproductie, ruwvoergift, uitrustvolgorde) beter te onderbouwen. Nader onderzoek naar grasproductie- en verliezen in de praktijk van het boerenbedrijf lijkt hier gewenst.

6. VARIANTEN

6.1 Inleiding

Het stofstromenmodel is ontwikkeld met het doel de nutriëntenverliezen van landbouwbedrijven te kwantificeren en de effecten van milieumaatregelen op de nutriëntenverliezen en op de kosten en opbrengsten te kunnen berekenen.

In hoofdstuk 4 zijn de nutriëntenstromen op de gespecialiseerde melkveebedrijven beschreven voor het basisjaar 1988.

In dit hoofdstuk wordt aangegeven op welke manier het model effecten van mogelijke milieumaatregelen berekent. Doel hiervan is om aan te geven welke mogelijkheden het model biedt en welk type resultaten men kan verwachten. Het is in de eerste fase van het stofstromenproject niet de bedoeling om de maatregelen zelf tegen elkaar af te wegen, noch om uitspraken te doen over de toekomstige nutriëntenverliezen vanuit de landbouw. Voor het doorrekenen van toekomstscenario's zou eerst nauwkeurig moeten worden vastgesteld hoe de gehanteerde uitgangspunten (zoals bijvoorbeeld de voerhoeveelheden en de retentie per dierplaats) zich in de toekomst zullen ontwikkelen.

In de tweede fase van het project (1993) zal dat wel gebeuren. Er zullen daarbij aannamen moeten worden gedaan over ontwikkelingen in de bedrijfsvoering en de landbouwstructuur.

De formulering en keuze van de door te rekenen maatregelen wordt beschreven in paragraaf 6.2. Daartoe worden eerst criteria geformuleerd waaraan de door te rekenen maatregelen moeten voldoen. Vervolgens worden enige maatregelen geformuleerd en doorgerekend. De resultaten van de varianten worden in paragraaf 6.3 besproken.

6.2 Keuze van door te rekenen varianten

Onder de term variant wordt een modelrun verstaan waarin een maatregel wordt doorgerekend, die tot doel heeft de nutriëntenverliezen van een bedrijf te beïnvloeden. Omdat het de bedoeling is om met de varianten inzicht te geven in de mogelijkheden van het stofstromenmodel, zal het belangrijkste criterium voor het vaststellen van de varianten zijn dat elk van de varianten een ander aspect van de potentie van het model laat zien.

Daarnaast moeten maatregelen die al zijn afgekondigd in het kader van de Mestwetgeving kunnen worden doorgerekend.

Met behulp van deze twee criteria zijn de volgende maatregelen geselecteerd:

1. Op de norm voeren

In de praktijk bestaan grote verschillen in voerverbruik per dier, die lang niet altijd op verschillen in produktie zijn terug te voeren. Voor de voederbehoefte zijn door onderzoek en voorlichting normen gesteld, die voor een deel van de bedrijven ook haalbaar blijken te zijn. Het op de norm voeren houdt in dat niet méér voer wordt verbruikt dan op grond van de aantallen dieren en hun produktie normatief nodig is (zie paragraaf 3.4). Deze maatregel doet vooral een beroep op het vakmanschap van de veehouder en is zowel economisch als milieuhygiënisch interessant vanwege de beperking in voer-input.

2. Beperking van de stikstofbemesting op de gewassen

Als de nitraatuitspoeling moet worden beperkt zal het huidige bemestingsniveau moeten worden verlaagd. Vooral de laatste eenheden stikstof dragen sterk bij aan de nitraatuitspoeling. Variant 2a beperkt de bemesting tot 400 kg werkzame stikstof (dierlijke mest en kunstmest) per ha grasland en 200 kg werkzame stikstof voor mais. Daarbij is aangenomen dat de veehouder, bij het vaststellen van de mestgift, de werking van stikstof uit weidemest op nul stelt. De beperking is waarschijnlijk nog onvoldoende om het nitraatgehalte van het grondwater te reduceren tot het gewenste niveau van minder dan 50 mg/l (drinkwaternorm), maar zal de nitraatuitspoeling wel sterk reduceren. Naar verwachting is deze maatregel financieel weinig bezwaarlijk omdat de laatste eenheden stikstof weinig extra produktie opleveren. Variant 2b gaat verder en beperkt de werkzame-stikstofgift tot 300 kg werkzame stikstof per hectare grasland, eveneens zonder weidemest als bron van werkzame stikstof mee te nemen. Variant 2c tenslotte gaat uit van de werkzame-stikstofgift van 200 kilo per hectare grasland. De werkzame-stikstofgift op mais blijft steeds op 200 kg per hectare staan. Een beperking van de stikstofgift op mais tot 150 kg stikstof zou overigens beter hebben aangesloten bij de huidige inzichten: in volgende fasen wordt dat meegenomen.

3. Aanscherping van de fosfaatnormen

Eén van de maatregelen uit de mestwetgeving is, dat de normen voor het gebruik van dierlijke mest zijn aangescherpt.

De normen voor mais, gras en overig bouwland zijn in 1992: 250 kg, 200 kg en 125 kg per hectare per jaar. Het effect van deze maatregel op de nutriëntenstromen wordt doorgerekend.

4. Beperking van ammoniakemissies uit drijfmest

Een groot deel van de stikstofverliezen is het gevolg van ammoniakemissies uit drijfmest tijdens bewaring en uitrijden. Het is daarom verplicht gesteld de mestopslag af te dekken en de mest op zandgrond emissiearm toe te dienen. Bovendien is verondersteld dat in de toekomst de stallen emissiearm moeten zijn. Deze drie aanpassingen worden als één variant beschouwd. Door het emissiearm aanwenden van drijfmest neemt de werking van stikstof uit de mest toe. Van den Ham en Van der Hoek (1990) schatten de werking van extra stikstof uit rundveedrijfmest op grasland bij emissiearm aanwenden op 0,9 kilo stikstof per ton. Daarom kan verwacht worden dat veehouders bij emissiearm aanwenden van mest minder kunstmest zullen gebruiken. Het effect van emissiebeperkende maatregelen is daarom twee keer doorgerekend. In variant 4a zijn emissiebeperkende maatregelen opgenomen zonder aanpassing van de stikstofgift. Deze variant is vergelijkbaar met de basisrun, maar geeft wat milieu- en economische effecten betreft een pessimistische inschatting. In variant 4b is aangenomen dat er emissiebeperkende maatregelen worden doorgevoerd waarbij bovendien de werkzame-stikstofgift uit dierlijke mest en kunstmest wordt beperkt tot 400 kilo. Deze variant kan het best vergeleken worden met de variant 2a (400 kilo werkzame stikstof).

5. Vervanging van mais door gras

Op maisland zijn in het verleden grote hoeveelheden dierlijke mest aangewend, terwijl de nutriëntenbehoefte van het gewas vergeleken met gras lager is. Dit heeft geleid tot een hoge nitraatuitspoeling en fosfaatverzadigde bodems. In variant 5 wordt alle mais door gras vervangen. Dit is op twee manieren doorgerekend. In variant 5a wordt het graslandbeheer niet veranderd ten opzichte van dat in de basisrun. De mestgift blijft daardoor op grasland vrij hoog. Deze variant is dan weliswaar goed vergelijkbaar met de basisrun, maar is wat tweeslachtig: de teeltkeuze wordt aangepast, maar de teeltwijze niet. Daarom wordt ook de variant 5b doorgerekend waarbij de werkzame-stikstofgift (exclusief weidemest) op grasland op 400 kilo wordt gezet. De resultaten van deze variant zijn te vergelijken met variant 2a.

6. 's Nachts opstallen van vee

Het 's nachts opstallen maakt het mogelijk een groter deel van de mest op te vangen en weer als drijfmest te gebruiken. Hierdoor worden de nutriënten in faeces en urine beter over het land verdeeld dan bij uitscheiding in de weide. Bovendien vindt uitscheiding in de weide ook in het najaar plaats, als de opnamecapaciteit van het gras gering is, zodat de nitraatuitspoeling hoog is. Daar staat tegenover dat de ammoniakemissie bij een 04-

systeem lager is, omdat de weide-emissie lager is dan de som van de stal- en uitrij-emissie bij oppervlakkig aanwenden. In variant 6 krijgen alle bedrijven die een O4-systeem hadden een B4-systeem. De bedrijven met zomerstalvoeding houden dit systeem.

7. Extensivering door het melkquotum te verlagen

Verlaging van het melkquotum en daarmee de melkproduktie per ha zal leiden tot lagere stofverliezen, als tenminste de vleesproduktie niet toeneemt. In variant 7 wordt extensivering doorgerekend door het aantal dieren met 10% te verminderen en de melkgift per dier gelijk te houden. De voederbehoefte per dier blijft hierdoor gelijk, maar omdat het aantal dieren vermindert, is de voerbehoefte van het bedrijf als geheel lager. Een aanpassing van de kunstmestgift is bij deze variant niet verondersteld. Daardoor ontstaat een verhoogde afvoer (verkoop) van ruwvoer.

8. Verhoging van de melkproduktie per koe

De melkproduktie per koe wordt in deze variant met 10% verhoogd. Omdat het melkquotum gelijk is verondersteld, wordt plm. 10% van de koeien afgestoten. De voederbehoefte van de overblijvende koeien is hoger.

6.3 Resultaten

6.3.1 Inleiding

In deze paragraaf worden de resultaten van de enkelvoudige maatregelen vergeleken met die van de basisrun uit hoofdstuk 4. Het doel van het doorrekenen van de varianten is aan te geven hoe het model werkt. De nadruk zal daarom liggen op de uitleg van de uitkomsten.

In paragraaf 6.3.2 worden eerst de stikstofverliezen op de gemiddelde bedrijfsbalans per gewasgroep behandeld. Vervolgens worden in paragraaf 6.3.3 de fosfor- en kaliumbalansen behandeld. In paragraaf 6.3.4 wordt ingegaan op de economische gevolgen van de maatregelen. Tenslotte worden de milieu-effecten en de kosten met elkaar vergeleken (paragraaf 6.3.5).

In deze paragrafen worden steeds resultaten vermeld van de nutriëntenbalans van het gemiddelde bedrijf per hectare (zie paragraaf 4.3.2). Er wordt niet ingegaan op (geografische) spreiding in de nutriëntenbalansen, noch op verschillen tussen bijvoorbeeld intensieve en extensieve bedrijven. Deze mogelijkheid bestaat overigens wel. In de tweede fase zal hieraan meer aandacht worden besteed.

In de tweede fase van het stofstromenproject wordt het model gebiedsdekkend gemaakt voor het Nederlandse zandgebied. Dan zal

het interessanter zijn om aandacht aan geografische spreiding en aan verschillen tussen bedrijfstypen te geven. Uiteindelijk is het de bedoeling dat gegevens omtrent nutriëntenbelasting van de bodem input vormen voor meer technische modellen waarmee de grond- en oppervlaktewaterbelasting kan worden berekend.

6.3.2 Stikstofverliezen op de gemiddelde bedrijfsbalans en de gewasbalansen

In tabel 6.1 zijn de belangrijkste stikstofverliezen per hectare gegeven: de nitraatuitspoeling, ammoniakemissie en denitrificatie. Daarnaast is ook de netto ophoping van stikstof in de bodem gegeven.

Dit is de bruto ophoping minus de mineralisatie. Deze laatste bedraagt gemiddeld voor gras- en maisland 175 kg N per ha. De netto ophoping geeft dus aan hoeveel de bodemvoorraad stikstof per saldo groter wordt.

De netto ophoping is strikt genomen geen verlies, omdat de stikstof het te modelleren systeem nog niet verlaten heeft (zie paragraaf 2.3). Een deel van deze stikstof zal door landbouwgewassen in een volgend jaar worden opgenomen. Een deel kan echter ook uitspoelen en/of denitrificeren.

Opgemerkt moet worden dat niet alle verliezen schadelijk zijn voor het milieu: het bij denitrificatie onder andere vrijkomende stikstofgas is bijvoorbeeld onschadelijk; het is echter wel een verlies omdat het het te modelleren systeem verlaat.

De nitraatuitspoeling is de uitspoeling aan de onderkant van de wortelzone. Een deel van het nitraat denitrificeert in onder-

Tabel 6.1 Verliesposten op de N-balans per hectare (in kg N/ha) voor het totale bedrijf

Variant	Nitraat	Ammoniak	Denitri- ficatie	Totaal	Netto ophoping
0 Basisrun	153	119	56	328	112
1 Voeren op norm	150	116	55	321	109
2a Mestgift op 400 kg *)	139	118	54	311	109
2b Mestgift op 300 kg *)	119	112	48	279	87
2c Mestgift op 200 kg *)	97	101	41	239	54
3 Fosfaatnormen scherper	147	120	56	323	116
4a NH ₃ emissie reductie	203	36	64	303	134
4b 4a + Mestgift op 400 kg	180	36	61	277	138
5a Gras ipv mais	131	134	54	319	156
5b 5a + Mestgift op 400 kg	121	133	52	306	155
6 Van o4 naar b4	148	126	51	325	112
7 Melkquotum -10%	146	112	54	312	102
8 Melkgift per koe +10%	148	114	54	316	104

*) De werkelijke werkzame-stikstofgift is lager, zie tabel 6.2.

grond. Dit kan oplopen van naar schatting 10 tot 95% afhankelijk van de grondwatertrap (zie tabel 3.10). Het is daarom niet juist de in tabel 6.1 vermelde nitraatuitspoeling direct te confronteren met de nitraatdoelstelling die geformuleerd is voor de uitspoeling op 1 meter beneden het maaiveld.

Wanneer er op de norm wordt gevoerd, wordt er minder voer gegeven dan in de basisrun, terwijl wordt aangenomen dat de melkproduktie van de dieren gelijk blijft. Dat leidt ertoe dat de uitscheiding van stikstof per dier afneemt en dat leidt tot een afname van de stikstofverliezen. Op snijmais wordt, bij de gekozen uitrijvolgorde, veel dierlijke mest aangewend. Omdat het stikstofgehalte in de mest in deze variant lager is, nemen vooral de verliezen op snijmais af. De verliezen op grasland veranderen daarentegen niet zo veel. In de hier beschreven variant treedt er ook een verandering op in de samenstelling van het voeraanbod. In de basisrun wordt 12% meer krachtvoer gegeven dan de norm. Daarnaast is de totale voergift 2,5% hoger dan de normatieve voederbehoefte.

In de variant "voeren op de norm" worden zowel ruwvoer als krachtvoer op de norm gevoerd. Dat betekent dat het vee 12% minder krachtvoer krijgt dan in de uitgangssituatie, maar ook dat er meer ruwvoer wordt gegeven. Omdat de stikstof/VEM-verhouding van het ruwvoer hoger is dan die van krachtvoer nemen de stikstofverliezen slechts licht af, van 328 naar 321 kg per hectare en de netto ophoping neemt met 3 kg N/ha af.

Bij een beperking van de werkzame-stikstofgift tot 400 kg op grasland en 200 kg op maisland nemen de verliezen af tot 311 kg stikstof. Verdere daling van de werkzame-stikstofgift tot 300 respectievelijk 200 kg leidt tot stikstofverliezen van 279 respectievelijk 239 kg stikstof per hectare. Er zijn twee oorzaken voor de afname van de verliezen.

In de eerste plaats wordt er minder stikstof uit kunstmest gegeven. Daardoor zijn de stikstofgehalten in het gras lager en dat veroorzaakt lagere stikstofgehalten in dierlijke mest. Dat leidt weer tot een lagere ammoniakemissie en tot een lager stikstofoverschot, zodat ook de nitraatuitspoeling en denitrificatie afnemen. Er circuleert dus minder stikstof op de bedrijven en dat leidt er toe dat er minder stikstofverliezen optreden. In de tweede plaats wordt de dierlijke mest beter over de gewassen verdeeld. Dat komt omdat de stikstofnorm voor mais meer beperkend is dan de fosfaatnorm. In de basisrun (bij de standaard uitrijvolgorde) mag op mais 350 kg fosfaat worden uitgereden, wat overeenkomt met circa 195 ton rundveedrijfmest. In variant 2 mag 200 kilo werkzame stikstof worden uitgereden, wat overeenkomt met circa 160 ton rundveedrijfmest (bij de gehanteerde 25% werkzaamheid). De overige dierlijke mest gaat naar grasland. Ook dat draagt er aan bij dat de kunstmestgift op grasland lager wordt.

De totale en werkzame-stikstofgiften per hectare grasland en mais zijn voor de basisrun en de varianten 2a tot en met 2c in tabel 6.2 weergegeven. De werkzame-stikstofgift is berekend door de drijfmestgift met 0,25 te vermenigvuldigen en de kunstmestgift daarbij te tellen. De weidemest blijft hierbij buiten beschouwing. Uit de tabel blijkt dat de gerealiseerde werkzame-stikstofgift lager is dan de vooraf opgegeven werkzame-stikstofgift. Dat komt door de werking van het model. De toegestane drijfmestgift wordt berekend met behulp van de normatieve stikstofgehalten in de mest. Wanneer de stikstofgehalten die vervolgens worden berekend op grond van de voerconsumptie en vastlegging van stikstof, lager zijn dan de normatieve, dan wordt dit teruggekoppeld naar de module gewasproductie. Vervolgens wordt de gewasproductie opnieuw berekend evenals het stikstofgehalte in de mest, totdat er een evenwicht ontstaat. De toegestane drijfmestgift wordt bij de terugkoppeling echter niet meer aangepast, en daardoor is dan de uiteindelijke werkzame-stikstofgift lager is dan de vooraf opgegeven werkzame-stikstofgift. Dit kan voorkomen worden door bij de terugkoppeling binnen het model de toegestane mestgift opnieuw te berekenen. Dat zal er toe leiden dat de verschillen tussen de varianten 2a-2c groter worden. De hoeveelheid stikstof uit weidemest neemt in de varianten 2a-2c ook steeds verder af. Ook dat wordt veroorzaakt door de lagere stikstofgehalten in de mest. De afname van de ammoniakemissie in variant 2c ten opzichte van variant 2a en 2b wordt veroorzaakt door de lagere drijfmestgift (zie tabel 6.2) en niet door een afnemend percentage voor de emissie uit weidemest bij lagere stikstofniveaus: dat percentage is constant verondersteld.

In tabel 6.3 zijn de aan- en verkopen van voer weergegeven voor de varianten 2a-2c en voor de basisrun. De aankopen van voer nemen in variant 2c pas enigszins toe. In die variant dalen de verkopen van voer. Dat betekent dat pas in deze variant de voerproductie op de bedrijven is afgenomen door een lage stikstofgift. In de varianten 2a en 2b is de mestgift nog voldoende om de voerproductie op hetzelfde peil te houden als in de basisrun.

Tabel 6.2 Mestgiften per gewas (kg N/ha) in de basisrun en de varianten 2a-2c en de werkzame-stikstofgift bij een werkzaamheid van 25%

Variant	Grasland				Maisland		
	kunst- mest	weide- mest	drijf- mest	werkzame stikstof	kunst- mest	drijf- mest	werkzame stikstof
Basis	336	170	137	370	90	803	291
2a	322	168	148	359	19	717	198
2b	257	157	140	292	19	673	187
2c	162	139	128	194	19	600	169

Tabel 6.3 Ruwvoeraankopen en -verkoop (kg N/ha) in de basisrun en de varianten 2a-2c

Variant	Aankoop	Verkoop	Saldo
Basis	50	13	37
2a	49	13	36
2b	50	11	39
2c	55	8	47

Aanscherping van de fosfaatnormen tot 250 kg fosfaat op mais en 200 kg fosfaat op grasland heeft op deze bedrijven vrijwel geen invloed. De mest wordt door deze maatregel gelijkmatiger uitgereden over mais en grasland (zie ook tabel 6.4). De verliezen nemen op grasland toe, terwijl ze op mais afnemen. Dit geldt vooral voor de uitspoeling op mais. Per saldo nemen de verliezen per bedrijf per hectare licht af.

Het beperken van de ammoniakemissie door mestinjectie en stalaanpassingen leidt weliswaar tot een reductie van de totale ammoniakemissie van 70%, maar de totale verliezen per hectare nemen slechts met 8% af. De stikstof die in de mest achterblijft leidt tot een hogere nitraatuitspoeling, denitrificatie en stikstofophoping in de bodem. Zo neemt de nitraatuitspoeling toe met 50 kg stikstof per ha of 33% ten opzichte van de basisrun. Dit kan voorkomen worden door de mestgift aan te passen. Variant 4b laat zien dat een beperkte aanpassing van de mestgift al leidt tot een behoorlijke afname van de nitraatuitspoeling ten opzichte van variant 4a. Deze aanpassing kan in principe groter zijn.

De hogere ophoping in variant 4a kan worden verklaard uit het feit dat de gewasgroei toeneemt, omdat de hoeveelheid opneembare stikstof toeneemt. Door deze hogere gewasgroei, worden de maai- en veldverliezen en de uitgescheiden hoeveelheid stikstof in de mest ook groter en dat leidt tot hogere ophoping.

Wanneer ook de mestgift wordt beperkt tot 400 kg werkzame stikstof (bij een werkzaamheid van 25%), dan treedt er wel een forse reductie (-16%) van stikstofverliezen op ten opzichte van de basisrun. Ook ten opzichte van variant 2a (400 kg stikstof) verminderen de verliezen sterk, namelijk met 14%. Daar staat tegenover dat de netto ophoping stijgt. De afname van de verliezen wordt veroorzaakt door het feit dat de stikstof die gegeven wordt door de emissiebeperking beter door de gewassen benut wordt. Zo wordt in variant 2a door mais 209 kg stikstof per ha opgenomen en in variant 4b 227 kg per ha. Bij grasland stijgt de gewasopname van 415 kg per ha in variant 2a tot 440 kg per hectare in variant 4b. Eigenlijk is de werkzaamheid van de stikstof in variant 4b dus hoger dan in variant 2a. De veehouders zullen dan minder kunstmest kunnen strooien dan hier in het model is verondersteld. In het model is de mestgift bepaald bij een werkzaamheid van

stikstof uit dierlijke mest van 25% en voordat de werkelijke samenstelling van de mest wordt vastgesteld. De situaties in variant 4b en variant 2a zijn dus toch niet goed te vergelijken. De werkzaamheid van stikstof zal in de tweede fase van het stofstromenproject beter in het model moeten worden opgenomen, zodat er een zuivere vergelijking gemaakt kan worden tussen variant 4b en 2a.

Een omzetting van mais in gras leidt tot een vermindering van de totale stikstofverliezen, maar ook tot een verhoging van de stikstofophoping in de bodem. Omdat de uitspoeling van nitraat bij mais over het algemeen hoger is dan die bij gras, neemt de nitraatuitspoeling bij een omzetting van mais in gras af. Daar staat echter tegenover dat er op grasland in vergelijking met maisland meer kunstmest wordt aangevoerd en dat de stikstofgehalten in gras hoger zijn dan die in mais. De uitscheiding per dier is daarom in deze variant hoger en daardoor stijgen de posten ammoniakemissie en stikstofophoping. Dit strookt met de gedachte dat de stikstofuitscheiding van vee kan worden verminderd door meer mais in het ruwvoerpakket op te nemen. In deze variant is verondersteld dat het graslandbeheer van de boer over de "nieuwe" hectares grasland gelijk is aan dat van het al bestaande grasland. Dat betekent dat de aanvoer van kunstmeststikstof op het bedrijf stijgt, omdat op grasland gemiddeld meer kunstmeststikstof wordt aangewend dan op snijmais.

Als het graslandbeheer wel wordt aangepast door de N-gift te beperken tot 400 kg werkzame stikstof, dan leidt dit vooral tot een vermindering van de nitraatuitspoeling (variant 5b ten opzichte van 5a). Deze vermindering is echter kleiner dan de som van de verminderingen van beide maatregelen afzonderlijk.

Wanneer bedrijven met een O4-systeem overschakelen op een B4-systeem, dan blijven de stikstofverliezen per hectare vrijwel gelijk. De ammoniakemissie stijgt echter, terwijl de nitraatuitspoeling daalt. Dit komt omdat er meer mest in de stal wordt geproduceerd en vervolgens wordt uitgereden. Daarbij vervluchtigt (bij de gehanteerde emissiecoëfficiënten) meer ammoniak dan wanneer de mest in de weide was gevallen. De uitspoeling van nitraat en de denitrificatie in de wortelzone dalen, als gevolg van een vermindering van urineplekken.

Een verlaging van het melkquotum met 10% leidt tot een vermindering van de stikstofverliezen. Doordat het aantal dieren afneemt, is de voerbehoefte lager, en dalen de voeraankopen. De afvoer van melk en vee van het bedrijf is vanzelfsprekend ook lager. Alle verliesposten dalen in deze variant iets.

Een verhoging van de melkgift per koe leidt er toe dat de voerbehoefte per dier toeneemt. Echter, bij een gelijkblijvend quotum moet dan het aantal dieren afnemen. In totaal nemen daarmee de verliezen per hectare af, zij het iets minder dan in de variant met het lagere melkquotum.

Tabel 6.4 Verliesposten op de N-balans per bedrijf per hectare gras en per ha mais (in kg N per hectare) b)

Variant	Nitraat	Ammoniak	Denitri- ficatie	Totaal	Netto ophoping
GRASLAND:					
0 basisrun	125	64	54	243	110
1 voeren op norm	123	63	53	239	108
2a mestgift op 400 kg a)	120	67	53	240	111
2b mestgift op 300 kg a)	99	63	47	209	88
2c mestgift op 200 kg a)	77	57	39	173	52
3 fosfaatnormen scherper	128	71	55	254	126
4a nh3 emissie reductie	149	25	59	233	132
4b 4a + mestgift op 400 kg	145	25	59	229	142
5a gras ipv mais	131	93	54	278	156
5b 5a + mestgift op 400 kg	121	93	52	266	150
6 van o4 naar b4	117	66	48	231	109
7 melkquotum -10%	118	59	52	229	100
8 melkgift per koe +10%	119	61	52	232	102
MAISLAND:					
0 basisrun	349	201	68	618	120
1 voeren op norm	341	196	67	604	114
2a mestgift op 400 kg a)	271	179	57	507	95
2b mestgift op 300 kg a)	257	169	55	481	83
2c mestgift op 200 kg a)	231	150	51	432	64
3 fosfaatnormen scherper	281	163	61	505	82
4a nh3 emissie reductie	582	23	94	699	147
4b 4a + mestgift op 400 kg	429	19	76	524	111
5a gras ipv mais	-	-	-	-	-
5b 5a + mestgift op 400 kg	-	-	-	-	-
6 van o4 naar b4	366	211	70	647	130
7 melkquotum -10%	342	196	67	605	114
8 melkgift per koe +10%	350	201	68	619	119

a) De werkelijke werkzame-stikstofgift is lager, zie tabel 6.2

b) In deze tabel komt, in tegenstelling tot tabel 6.2, geen ammoniakemissie uit stal en opslag voor. Daardoor is de ammoniakemissie uit tabel 6.4 niet gelijk aan die uit tabel 6.2.

In tabel 6.4 worden de verliesposten per hectare grasland en snijmais gegeven. De trends zijn vergelijkbaar met die van de balans van het totale bedrijf.

6.3.3 De fosfor- en kaliumverliezen per hectare op de bedrijfsbalans

Het saldo op de balansen van fosfor en kalium is de hoeveelheid die niet door de gewassen wordt opgenomen. Het saldo kan beschouwd worden als een potentiële verliespost. Er wordt niet na-

gegaan of deze hoeveelheden fosfor en kalium het te modelleren systeem verlaten, dan wel daarin worden opgeslagen.

Tabel 6.5 Saldo van fosfor en kalium op de nutriëntenbalans in kg per hectare grasland en snijmais

Variant	P		K	
	gras- land	mais- land	gras- land	mais- land
0 Basisrun	41	117	49	702
1 Voeren op norm	39	112	46	690
2a Mestgift op 400 kg *)	43	105	64	625
2b Mestgift op 300 kg *)	43	105	67	622
2c Mestgift op 200 kg *)	45	104	78	614
3 Fosfaatnormen scherper	44	93	72	537
4a NH ₃ emissie reductie	40	117	48	703
4b 4a + Mestgift op 400 kg	44	97	69	569
5a Gras ipv mais	51	-	138	-
5b 5a + Mestgift op 400 kg	52	-	141	-
6 Van o4 naar b4	41	117	49	702
7 Melkquotum -10%	38	115	30	682
8 Melkgift per koe +10%	39	118	37	706

*) De werkelijke werkzame-stikstofgift is lager, zie tabel 6.2.

Het saldo op de fosforbalansen van gras en mais samen verandert nauwelijks. Wel treden er bijvoorbeeld in variant 2a tot en met 2c verschuivingen op van mais naar gras. Dat komt omdat er in die varianten minder dierlijke mest op mais wordt uitgereden en meer op gras. Ditzelfde treedt op bij een aanscherping van de fosfaatnormen.

De K-verliezen zijn laag in de variant waarin het melkquotum wordt verlaagd. In die variant is de aanvoer van ruwvoer veel lager dan in de overige varianten. De ruwvoerders zijn over het algemeen rijk aan kalium. Dat zorgt ervoor dat de kaliumuitscheiding per dier sterk daalt en daarmee het verlies van kalium.

6.3.4 Economische gevolgen van de maatregelen

In hoofdstuk 3 is aangegeven dat kosten en opbrengsten van maatregelen ten dele voortkomen uit verandering van de inputs en outputs en ten dele uit veranderingen van mestbehandelingskosten en overige toegerekende kosten.

In deze paragraaf wordt aangegeven hoe de gemiddelde kosten en opbrengsten per bedrijf veranderen ten opzichte van de basisrun.

Tabel 6.6 Gemiddelde kosten en opbrengsten per bedrijf in de varianten ten opzichte van de basisrun (in guldens)

Variant	Kosten	Opbrengsten	Saldo	Saldo per ha
0 basisrun	0	0	0	0
1 voeren op norm	-2.956	-50	+2.906	+161
2a mestgift op 400 kg *)	-387	-12	+375	+21
2b mestgift op 300 kg *)	-1.376	-128	+1.248	+69
2c mestgift op 200 kg *)	-2.421	-513	+1.908	+105
3 fosfaatnormen scherper	-18	-9	+9	0
4a nh3 emissie reductie	+9.238	+75	-9.163	-506
4b 4a + mestgift op 400 kg	+8.840	+72	-8.768	-484
5a gras ipv mais	+284	+402	+118	+7
5b 5a + mestgift op 400 kg	-118	+383	+501	+28
6 van o4 naar b4	0	0	0	0
7 melkquotum -10%	-6.162	-16.214	-10.052	-555
8 melkgift per koe +10%	-3.243	499	+3.742	+207

*) De werkelijke werkzame-stikstofgift is lager, zie tabel 6.2.

Voeren op de norm leidt ten opzichte van de basisvariant tot een forse vermindering van kosten: er wordt immers minder krachtvoer aangekocht.

Wel wordt er meer ruwvoer aangekocht, maar in totaal dalen de kosten met bijna 3 duizend gulden per bedrijf. Op bedrijven met een ruwvoeroverschot wordt meer eigen ruwvoer vervoerd. Daarom wordt er gemiddeld minder ruwvoer verkocht en dalen de opbrengsten. Het saldo stijgt gemiddeld met ruim 2.900 gulden per bedrijf of 161 gulden per hectare.

Bij een daling van de mestgift tot 400 kg werkzame stikstof, dalen de kosten met zo'n 390 gulden per bedrijf. Door de lagere kunstmestgift zijn de kosten voor kunstmest lager. Daar staat tegenover dat de aankopen van ruwvoer iets groter zijn. Per saldo dalen de kosten echter. De opbrengsten dalen eveneens doordat de voerverkopen dalen. Het saldo stijgt met ongeveer 375 gulden per bedrijf of 21 gulden per hectare.

Een verdere verlaging van de mestgift tot 300 resp. 200 kg werkzame stikstof leidt tot een flinke daling van de kosten ten opzichte van de basisrun. Dat komt omdat de kosten voor meststoffen sterker dalen dan de kosten voor aankoop van extra ruwvoer stijgen. De opbrengsten dalen ook, door de lagere verkopen van ruwvoer. Het saldo stijgt in deze varianten. Gegeven de gebruikte fysieke opbrengsten en prijsverhoudingen lijkt het dus aantrekkelijk het laagste bemestingsniveau te kiezen.

Een aanscherping van de fosfaatnormen leidt tot een betere verdeling van de mest. Dit heeft tot gevolg dat de opbrengsten van gras stijgen terwijl die van mais iets dalen. Per saldo stijgen de geldopbrengsten van de gewassen iets. Ook de kosten dalen enigszins. Dat komt omdat er minder voer wordt aangekocht. Een betere verdeling blijkt de efficiëntie van het bedrijf licht te verbeteren.

Het beperken van de ammoniakemissie zorgt voor een kostenstijging. De stallen worden aangepast, de opslag afgedekt en de mest geïnjecteerd. De kosten stijgen met gemiddeld ruim 9200 gulden. De opbrengsten stijgen iets ten gevolge van de hogere gewasproductie. Wanneer de mestgift wordt teruggebracht tot 400 kg werkzame stikstof, dan is de kostenstijging iets lager omdat er minder kunstmest wordt aangekocht. De opbrengsten blijven op vrijwel het zelfde niveau als zonder de 400 kg N-beperking.

Het omzetten van mais naar gras verhoogt de kosten. De toegerekende kosten voor gras zijn weliswaar lager dan die van mais, maar omdat op grasland meer kunstmest wordt aangevoerd en omdat er meer ruwvoer wordt aangekocht, stijgen de kosten per saldo. De opbrengsten stijgen ook: de opbrengsten uit de verkoop van gras stijgen sterker dan die uit de verkoop van mais dalen. Dit heeft te maken met de prijs die voor gras en mais is ingerekend. Het saldo stijgt ligt ten opzichte van de basisrun. Wanneer de mestgift op grasland wordt beperkt tot 400 kg werkzame stikstof, dan dalen de kosten ten opzichte van de basisrun. Het saldo stijgt daarbij.

De overschakeling van O4-bedrijven naar een B4-systeem leidt niet tot wijzigingen in het saldo. De kosten dalen iets (minder voeraankopen door minder verliezen) en de opbrengsten stijgen iets (meer voerverkopen). Een B4-systeem vergt meer arbeid dan een O4-systeem. Doordat de kosten voor arbeid niet in het model zijn opgenomen, heeft de overschakeling van O4 naar B4 geen invloed op het saldo.

Een vermindering van het melkquotum met 10% leidt tot een verlaging van het aantal dieren en van de voeraankopen. De kosten nemen daardoor af met ruim 6 duizend gulden. De opbrengsten dalen met 16 duizend gulden zodat het saldo met 10 duizend gulden daalt.

Door een stijging van de melkproductie per koe dalen de kosten en stijgen de opbrengsten. De kostendaling wordt veroorzaakt door de afname van het aantal dieren op het bedrijf, waardoor de toegerekende kosten dalen. Per dier wordt er meer voer verbruikt, maar het totale voerverbruik op het bedrijf wordt lager. Daardoor wordt er minder voer aangekocht. De opbrengsten stijgen iets doordat de voerverkopen toenemen.

6.3.5 Milieurendement van de maatregelen

In paragraaf 6.3.2 zijn de gevolgen van de maatregelen voor de omvang van de N-verliezen beschreven. In paragraaf 6.3.4 zijn de veranderingen in het saldo weergegeven. In deze paragraaf worden milieu-effecten en kosten naast elkaar gezet, zodat de kosten per eenheid van vermindering van de stikstofverliezen kunnen worden berekend.

Tabel 6.7 Vermindering van N-verlies (kg/ha) en verandering van saldo (gld/ha) ten opzichte van de basisrun en de resulterende saldo-verandering per kg vermindering N-verlies per variant

Variant	Vermindering N-verlies (kg per ha)	Verandering saldo (gld/ha)	Saldo-veran- dering per kg vermindering N-verlies (gld/kg)
0 basisrun	0	0	-
1 voeren op norm	7	+161	+23,0
2a mestgift op 400 kg *)	17	+21	+1,2
2b mestgift op 300 kg *)	49	+69	+1,4
2c mestgift op 200 kg *)	89	+105	+1,2
3 fosfaatsnormen scherper	5	0	0
4a nh3 emissie reductie	25	-506	-20,2
4b 4a + mestgift op 400 kg	51	-484	-9,5
5a gras ipv mais	9	+7	+0,8
5b 5a + mestgift op 400 kg	22	+28	+1,3
6 van o4 naar b4	3	0	0
7 melkquotum -10%	16	-555	-34,7
8 melkgift per koe +10%	12	+207	+17,3

*) De werkelijke werkzame-stikstofgift is lager, zie tabel 6.2.

Een stijging van het saldo per hectare die gepaard gaat met een daling van de stikstofverliezen is natuurlijk zeer aantrekkelijk. Dit komt voor in de varianten 1, 2, 5 en 8. Varianten waarbij het saldo en de N-verliezen dalen, zijn variant 4: vermindering van de ammoniakemissie en variant 7: vermindering melkquotum. In de varianten 3 en 6 verandert er nauwelijks iets.

7. DISCUSSIE

7.1 Inleiding

In hoofdstuk 1 zijn een aantal voordelen van de stofstromenbenadering genoemd. In de volgende twee paragrafen van dit hoofdstuk zal worden nagegaan in hoeverre de gevolgde aanpak tot andere resultaten komt dan andere benaderingswijzen/modellen. Een eerste vergelijking die daarbij voor de hand ligt is die met de bestaande mest- en ammoniakmodellen van het LEI-DLO. Paragraaf 7.2 gaat hier op in. Een tweede vergelijking is die tussen de hier gevolgde benadering, waarbij uitgegaan wordt van individuele bedrijfsgegevens- en berekeningen, en een benadering waarbij gewerkt wordt met gegevens op gemeente-niveau. Dit wordt in paragraaf 7.3 uitgewerkt.

In de vierde paragraaf van dit hoofdstuk worden kanttekeningen gezet bij de manier waarop in het stofstromenmodel gebruik is gemaakt van het CABO-graslandmodel.

In paragraaf 7.5 worden de uitkomsten van het stofstromenmodel vergeleken met die van het IKC-rapport "Effecten van milieumaatregelen voor melkveebedrijven". Het hoofdstuk wordt afgesloten met enkele opmerkingen over de beperkingen in de huidige versie van het stofstromenmodel bij het doorrekenen van varianten.

7.2 Vergelijking met de bestaande LEI-mest- en ammoniakmodellen

7.2.1 Vergelijkbaarheid modellen

Op basis van de mest- en ammoniakmodellen van LEI-DLO worden regionale en nationale mestproductie-cijfers gegenereerd, uitgaande van uniforme mest- en mineralenproducties per diersoort. Op basis van wettelijke normen voor de aanwending van dierlijke mest, acceptatiegraden voor de aanvulling van een eventueel "tekort" aan mest, en een bepaalde uitrijvolgorde voor mestsoorten/gewassencombinaties, wordt per bedrijf in de Landbouwtelling berekend hoeveel mest van het bedrijf wordt afgevoerd, hoeveel mest wordt aangevoerd, en hoe de mest van de verschillende diersoorten over de verschillende gewassen verdeeld wordt. De N-kunstmestgift wordt bepaald door op de adviesgift de werkzame minerale N uit dierlijke mest in mindering te brengen.

De modellen gaan niet verder dan het berekenen van de bodembelasting. Het nieuwe van het stofstromenmodel ligt in het in beeld brengen van wat er met die bodembelasting gebeurt (gewasgroei, verliezen, ophoping) en hoe dat onderdeel is van de cyclus van nutriënten op het bedrijf. De twee modellen zijn dan ook slechts op die punten vergelijkbaar waar ze van dezelfde zaken een beschrijving geven.

Een vergelijking op het punt van de mestuitrij-volgorde is niet zo interessant, omdat zowel in het stofstromenmodel als in de mest- en ammoniakmodellen een bepaalde volgorde wordt verondersteld op basis van wat realistisch mag worden geacht.

Een vergelijking op het punt van de aanvoer van mest levert ook niet veel op, omdat in het stofstromenmodel - voor de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven - wordt verondersteld dat er geen aanvoer van mest van andere bedrijven is, terwijl de aanvoer in de mestmodellen wordt bepaald door de (vaak lage) acceptatiegraden voor grasland.

De samenstelling van de mest is wel een punt waarop een goede vergelijking mogelijk is. Beide modellen beschrijven de mestuitscheiding in termen van N-, P- en K-inhoud. Een tweede punt waarop vergelijking goed mogelijk is, betreft de kunstmestgift. De volgende twee subparagrafen gaan op deze punten in.

7.2.2 De nutriëntenuitscheiding per dier

De nutriëntenuitscheiding per dier varieert in het stofstromenmodel tussen de bedrijven. Dat wordt veroorzaakt door het feit dat de uitscheiding per individueel bedrijf wordt uitgerekend als het verschil tussen enerzijds de bedrijfsspecifieke hoeveelheid mineralen in het voer en anderzijds de bedrijfsspecifieke hoeveelheid mineralen in melk en vlees.

In tabel 7.1 zijn de gemiddelden en standaardafwijkingen van de nutriëntenuitscheiding per dier weergegeven.

Tabel 7.1 Gemiddelde berekende N-, P- en K-uitscheiding (kg/dier) voor sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten in 1988 (tussen haakjes de standaardafwijking)

Diersoort	Aantal dieren	N	P *)	K
Jongvee 0-1 jaar	49.575	44,2 (4,0)	4,0 (0,1)	40,0 (0,6)
Jongvee 1-2 jaar	53.270	104,1 (9,8)	10,0 (0,3)	92,7 (2,6)
Melk- en kalfkoeien	146.859	123,2 (19,5)	15,5 (2,3)	116,8 (16,0)

*) de hoeveelheid P205 wordt verkregen door de hoeveelheid P te vermenigvuldigen met 2,29.

Wanneer we deze cijfers vergelijken met normatieve cijfers voor de N en P-productie (tabel 7.2), dan blijkt dat jongvee in het stofstromenmodel een hogere N-uitscheiding heeft dan de genormeerde productie, terwijl melkvee juist een lagere uitscheiding heeft. Voor fosfor is de uitscheiding van jongvee van 0-1 jaar en van melkvee in het stofstromenmodel lager. Deze verschil-

len worden grotendeels verklaard door de hoeveelheid en de samenstelling van het voer per dier die in het stofstromenmodel wordt aangenomen (zie hoofdstuk 3).

Het door het model laten bepalen van de mineralenuitscheiding geeft niet alleen op een expliciete manier de huidige verschillen tussen bedrijven aan, maar is met name ook interessant voor het doorrekenen van varianten die gevolgen hebben voor de voersamenstelling.

De totale fosfor- en stikstofuitscheiding van het jongvee en de melk- en kalfkoeien van alle doorgerekende bedrijven bedraagt 3.007 ton fosfor en 25.830 ton stikstof. Als we de uitscheiding volgens de mestwetgeving gebruiken, dan is de totale uitscheiding 3.320 ton fosfor en 24.309 ton stikstof. Dat betekent dat de totale fosforuitscheiding in het stofstromenmodel 9,4% lager is dan die volgens de mestwetgeving. De stikstofuitscheiding daarentegen is 6,3% hoger.

Het bedrijfsspecifieke karakter van de excretie per dier komt duidelijk naar voren in de standaardafwijkingen in tabel 7.1. De standaardafwijking van de uitscheiding per dier is vooral groot voor melkvee. Daar bedraagt zij rond de 15% van het gemiddelde. Dat wordt veroorzaakt door de verschillen in voeraanbod en melkproductie per dier.

Tabel 7.2 Fosfaat-uitscheiding per gemiddeld aanwezig dier (Handleiding Mars, 1990) en de stikstofuitscheiding per dier in 1988 (Luesink, 1993) in kg

Diersoort	Nutriënt		
	N	P2O5	P
Jongvee 0-1 jaar	33,55	10,5	4,56
Jongvee 1-2 jaar	63,90	20,0	8,73
Melkvee	131,00	41,0	17,90

7.2.3 Kunstmestgift

Zowel in de bestaande LEI-mestmodellen als in het stofstromenmodel wordt geprobeerd om de kunstmestgiftten die in de praktijk worden waargenomen te benaderen. De manier waarop dat gebeurt is echter heel verschillend.

In de mestmodellen wordt eerst de hoeveelheid werkzame stikstof in dierlijke mest bepaald. Dit wordt berekend door veronderstellingen te maken over de minerale fractie in de mest, de verdeling van het uitrijden over het jaar (voorjaar/zomer en herfst/winter), en de werkingscoëfficiënt van de mest per periode. De berekende werkzame stikstof wordt aangevuld met kunstmest tot de

adviesgift (voor grasland 400 kg N en voor maisland 200 kg N). Door te aggregeren over alle bedrijven kan de totale N-kunstmestgift voor geheel Nederland berekend worden. Het blijkt dat deze totale gift lager is dan uit nationale statistieken blijkt. Het model wordt vervolgens geijkt door de adviesgift iets hoger te stellen en/of de berekende werkzame stikstof uit dierlijke mest met een correctiefactor te vermenigvuldigen (Hoogervorst en Van der Hoek, 1992).

Voor berekeningen op basis van de Landbouwtelling 1990 corresponderen de uitkomsten van de mestmodellen met de kunstmeststatistieken indien wordt uitgegaan van een adviesgift van 425 kg N voor gras en van 200 kg N voor mais. Daarbij moest een werkingscoëfficiënt voor dierlijke mest van 25% worden verondersteld voor beide gewassen.

Worden de mest- en ammoniakmodellen doorgerekend 1) voor de 39 sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in het LEI-boekhoudnet in Gelderlandse zandgemeenten in 1988, dan blijkt de gemiddelde N-kunstmestgift op grasland volgens de modellen gelijk te zijn aan die welke gemeten is in het boekhoudnet indien wordt uitgegaan van een adviesgift van 425 kg N en een "werkingscoëfficiënt" van 50% van de totale N in dierlijke mest. De gemiddelde kunstmestgift van 90 kg N die in het LEI-boekhoudnet werd geregistreerd voor maisland, komt overeen met een "adviesgift" van 200 kg en een "werkingscoëfficiënt" van ongeveer 15%.

Het stofstromenmodel modelleert de kunstmestgift vooralsnog onafhankelijk van de dierlijke mest. Voor de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in het LEI-boekhoudnet was de invloed van de dierlijke mestproduktie per hectare op de kunstmestgift per hectare niet aantoonbaar. Deze laatste blijkt nogal sterk te variëren tussen bedrijven. Er is aangenomen dat de kunstmestgift enigszins stijgt met de bedrijfsgrootte. In de vorm van een regressievergelijking is deze in het model opgenomen. Kern van deze benadering is dat op basis van LEI-boekhoudnetgegevens geprobeerd wordt na te gaan wat er ten aanzien van de kunstmestgift in de praktijk gebeurt, dat wil zeggen welke factoren van invloed zijn op de hoogte van de gift. Daarbij is de aangewende dierlijke mest slechts één van de in aanmerking komende verklarende factoren.

Beide modellen geven een benadering van de N-kunstmestgift. De mest- en ammoniakmodellen doen dat op een globale manier, uitgaande van adviesgiften en aanvullende veronderstellingen. Het stofstromenmodel start bij praktijkwaarnemingen en relateert de N-kunstmestgift aan die kenmerken die er op van invloed zijn. De ijking kan per gewas, per bedrijfstype en/of per grondsoort gebeuren. In de mestmodellen wordt alleen de totale gift voor alle gewassen en alle bedrijfstypen samen geijkt.

1) Uitgaande van de uitrijregels die ook in het stofstromenmodel worden aangenomen.

In het stofstromenmodel is de variatie in de N-kunstmestgift voor grasland ook groter dan in de mestmodellen, ook zonder dat een stochastische term in de betreffende regressievergelijking wordt opgenomen. Doordat in de mestmodellen gerekend wordt met een lage werkingscoëfficiënt van dierlijke mest, komt het gros van de bedrijven in de buurt van de gemiddelde kunstmestgift terecht, dat wil zeggen zo'n 50 à 100 kg onder de adviesgift. Verschillen in veedichtheid tikken niet echt door in termen van werkzame stikstof.

Geconcludeerd kan worden dat de benadering die gevolgd is in de mestmodellen weliswaar tot goede gemiddelde N-kunstmestgiften leidt, maar dat de verschillen tussen gewassen en bedrijven minder goed tot hun recht komen dan in het stofstromenmodel.

7.2.4 Conclusies

In de bestaande mestmodellen wordt uitgegaan van een normatieve uitscheiding per dier en een N-kunstmestgift die de N-gift uit dierlijke mest aanvult tot het niveau van een adviesgift. Het stofstromenmodel berekent een meer bedrijfsspecifieke uitscheiding en kunstmestgift. In beide modellen verschilt de belasting van de bodem met nutriënten tussen de bedrijven. In de mestmodellen wordt die variatie veroorzaakt door verschillen in veebezetting en bouwplan. In het stofstromenmodel wordt deze variatie vergroot door verschillen in excretie per dier en verschillen in kunstmestgift per hectare die min of meer los staan van de gift uit dierlijke mest.

In de mestmodellen moeten aanpassingen in het voer of in de bemesting van de gewassen, buiten het model om vertaald worden in veranderingen in de excretie. Het stofstromenmodel geeft de mogelijkheid om het model zelf een aantal zaken te laten doorvertalen.

7.3 Voordelen van de benadering op bedrijfsniveau

In de voorgaande hoofdstukken zijn de methode en uitgangspunten van het stofstromenmodel beschreven. Daarbij is aangegeven dat voor elk bedrijf dat in de Meitelling is geregistreerd en dat aan bepaalde kenmerken voldoet (gevestigd in Gelderland, in een gemeente met overwegend zandgrond, van het type sterk gespecialiseerd melkveebedrijf) een stikstofbalans wordt opgesteld. De verliesposten van de stikstofbalans van al deze bedrijven die binnen een bepaalde ruimtelijke eenheid liggen worden geaggregeerd. Deze ruimtelijke eenheid kan een grid zijn met een bepaalde oppervlakte met bepaalde coördinaten, een gemeente, een provincie o.i.d. De resultaten van het stofstromenmodel voor elke ruimtelijke eenheid (bijvoorbeeld gemeente) en voor elke verliespost zijn dan:

- de totale verliespost in de gemeente;
- de gemiddelde verliespost per hectare in de gemeente;

- de spreiding van de verliespost in de gemeente, uitgedrukt in bijvoorbeeld het aantal hectare met een nitraatuitspoeling van 200 tot 300 kg, of in de standaardafwijking van de gemiddelde nitraatuitspoeling per hectare.

Aan het uitvoeren van berekeningen op bedrijfsniveau kleven enige bezwaren:

- men moet de beschikking hebben over de bedrijfsgegevens van individuele bedrijven en er voor zorgdragen dat individuele bedrijven niet herkenbaar zijn in de uitkomsten;
- de rekentijd van een model is relatief lang, omdat alle bedrijven voor elk scenario opnieuw moeten worden doorgerekend.

Het uitvoeren van berekeningen op bedrijfsniveau heeft echter ook grote voordelen ten opzichte van berekeningen die op een hoger aggregatieniveau worden uitgevoerd.

In de eerste plaats zijn de invoergegevens van het model niet altijd te aggregeren, zonder dat men over gedetailleerde individuele bedrijfsgegevens beschikt. Dit geldt bijvoorbeeld voor het staltype en het beweidingssysteem. Wanneer men uitgaat van een gemiddeld staltype in een gemeente, een gemiddeld beweidingssysteem en een bepaalde veestapel en gewasoppervlakte in een gemeente, dan verlopen de stofstromen mogelijk anders, dan wanneer men voor elk bedrijf de combinatie van het staltype, het beweidingssysteem, de veestapel en gewassen in de beschouwing betreft. Ook komt de variatie tussen bedrijven beter tot zijn recht bij een benadering op bedrijfsniveau.

Met het voorgaande hangt samen dat waar de modeluitkomsten samenhangen met bedrijfskenmerken, de ijking van het model het best kan plaatsvinden door confrontatie van het model met gegevens van individuele bedrijven of van homogene groepen bedrijven.

Een belangrijk punt is ook dat wettelijke maatregelen/normen aangrijpen op bedrijfsniveau. Wanneer er in een gemeente twee bedrijven zijn met een gemiddelde kunstmestgift van 200 kg per hectare, waarbij er één 400 kg per hectare geeft en de ander niets, dan is het effect van een maatregel die verbiedt dat er meer dan 200 kg kunstmest per hectare wordt gegeven bij de benadering op gemeenteniveau nihil, terwijl bij de benadering op bedrijfsniveau de gemiddelde gift terugloopt van 200 kg per hectare naar 100 kg per hectare.

Hieruit kan geconcludeerd worden dat berekening op bedrijfsniveau de omvang van nutriëntenverliezen en de verandering daarin ten gevolge van maatregelen beter weergeeft dan een berekening op gebiedsniveau. Hetzelfde geldt voor de spreiding in de nutriëntenverliezen.

Ter illustratie is voor de uitgangssituatie in 1988 het model doorgerekend met één gemiddeld bedrijf per gemeente. Daarbij is het gemiddeld aantal dieren, hectares enz. genomen, terwijl voor de variabelen staltype en vochtklasse de meest voorkomende klasse is gekozen als gemiddelde. Tabel 7.3 geeft de gemiddelde N-balans per hectare bij berekening via het gemeenteniveau. Deze is vergelijkbaar met de balans in tabel 4.5.

Bij de gemiddelde aan- en afvoerposten op de balans voor grasland bestaan er enkele verschillen met de balans in tabel 4.5. Er wordt iets minder kunstmest gegeven dan bij de modellering op individueel bedrijfsniveau. De niet-lineaire vorm van de kunstmestgift-relatie zorgt daarvoor. De drijfmestgift ligt ook lager (111 kg N in plaats van 138 kg N). Dat is verklaarbaar uit het feit dat meer drijfmest naar mais gaat, gegeven de mest-uitrijregels.

Tabel 7.3 Gemiddelde berekende N-balans per hectare grasland in kg N, met tussen haakjes de bijbehorende standaardafwijkingen, bij berekening per gemeente

Input		Output	
Bodemleverantie	180 (0)	Opname door plant	413 (14)
Depositie	49 (0)	Nitraatuitspoeling	119 (20)
Kunstmestgift	327 (20)	Vervluchtiging	57 (14)
Weidemest	172 (52)	Denitrificatie	54 (11)
Drijfmestgift		Voorraadvorming	277 (17)
Nm	55 (32)		
Ne	30 (17)		
Nr	26 (16)		
Weideverlies	46 (18)		
Maaiverlies	35 (3)		
Totaal	920 (43)	Totaal	920 (43)

Bij de verliesposten valt te constateren dat de uitspoeling lager is (6 kg minder), er minder ammoniak vervluchtigt (7 kg) en dat er minder wordt opgehoopt (13 kg). De totale N-verliezen (inclusief ophoping) zijn ruim 10% lager dan bij een berekening op bedrijfsniveau.

De standaardafwijkingen van de verschillende posten gaan drastisch omlaag bij doorrekening op gemeenteniveau. Voor de meeste posten is er sprake van een halvering of zelfs een nog sterkere daling. Deze sterke onderschatting van de variatie in de populatie ligt uiteraard voor de hand bij berekeningen op gemeenteniveau.

Voor maisland worden de verliezen ongeveer 16% groter bij berekeningen op gemeenteniveau. Een hogere drijfmestgift zorgt daarvoor (zie tabel 7.4). De standaardafwijkingen liggen hier evenals bij gras op een fors lager niveau.

Tabel 7.4 Gemiddelde berekende N-balans per hectare maisland in kg N, en bijbehorende standaardafwijkingen bij berekeningen per gemeente

Input		Output	
Bodemleverantie	140 (0)	Opname door plant	240 (6)
Depositie	49 (0)	Nitraatuitspoeling	409 (32)
Kunstmestgift	90 (0)	Ammoniakvervluchtiging	237 (18)
Drijfmestgift		Denitrificatie	76 (3)
Nm	475 (36)	Voorraadvorming:	
Ne	238 (17)	Wortels	30 (0)
Nr	237 (19)	Nr	237 (19)
		Veldverliezen	31 (1)
Veldverlies	31 (1)		
Totaal	1.260 (71)	Totaal	1.260 (71)

7.4 Aansluiting stofstromenmodel op GRASMOD

Het stofstromenmodel maakt voor het vaststellen van de grasproductie en de nutriëntenverliezen op grasland gebruik van het CABO-graslandmodel GRASMOD (Van de Ven, 1992). Met GRASMOD is een groot aantal situaties doorgerekend, waarvoor grasproducties en nutriëntenverliezen berekend zijn. Deze gegevens zijn in een tabel weggeschreven. In het stofstromenmodel wordt voor elk bedrijf bepaald welke van de met GRASMOD doorgerekende situaties op dat bedrijf van toepassing is. Bij tussenliggende situaties wordt er geïnterpoleerd.

De bedrijfssituaties die met GRASMOD zijn berekend, worden gekarakteriseerd door de volgende invoergegevens:

- de kunstmeststikstofgift;
- de stikstofgift uit (stal)drijfmest;
- het wel of niet injecteren van drijfmest;
- het beweidingssysteem;
- het maaipcentage;
- de vochtklasse.

Ondanks het feit dat er met GRASMOD een groot aantal situaties is doorgerekend, kunnen er in het stofstromenmodel situaties voorkomen die afwijken van de doorgerekende.

In GRASMOD is uitgegaan van een standaard melkproduktie per koe van 6.500 liter. De veedichtheid wordt door GRASMOD berekend afhankelijk van het voeraanbod in de zomer. Deze veedichtheid bepaalt ook de uitscheiding van weidemest en de verliezen daaruit. In GRASMOD is geen rekening gehouden met de uitscheiding en het weiden van jongvee.

In het stofstromenmodel wordt uitgegaan van het geregistreerde melkquotum per koe per bedrijf. Op basis van de werkelijke veebezetting (inclusief jongvee en vleesvee) wordt de voederbehoefte berekend. Het soort ruwvoer dat gegeven wordt, is mede afhankelijk van het bouwplan.

In eerste instantie wordt de mestproduktie berekend op basis van normen per dier. Dan worden de bemesting en de gewasproduktie berekend en worden de voergiften en voersamenstelling bepaald. Dat levert de uitscheiding per dier, op basis waarvan de totale mestproduktie berekend kan worden. Daarmee wordt opnieuw de bemesting bepaald, de gewasproduktie berekend, enzovoort. Zo wordt in het model een aantal malen geïtereerd tot de mestsamenstelling niet veel meer verandert.

De verschillen in samenstelling en hoeveelheid weidemest en de daarbij behorende verliezen tussen GRASMOD en stofstromenmodel, worden vervolgens gecorrigeerd door het verschil op basis van vaste percentages te verdelen over de verschillende verliesposten.

Hoewel dit alles bij elkaar tot een acceptabele werkwijze leidt - zeker voor "gemiddelde bedrijven" -, ligt het voor de hand om in de toekomst de veedichtheid directer mee te nemen als variabele bij de berekeningen van de gewasproduktie en de verliezen daarbij. Dan hoeft er minder geïtereerd en gecorrigeerd te worden in het stofstromenmodel. Alleen verschillen in voersamenstelling noodzaken daar dan nog toe.

Een ander punt van aandacht betreft de verdeling van de mest in N-fracties. Er wordt in GRASMOD impliciet gerekend met de N-fracties N_m , N_e en N_r in de mest. Deze worden constant verondersteld. Wanneer er door stalaanpassingen meer ammoniak (N_m) in de mest blijft zitten dan zou het percentage N_m moeten veranderen. Door de percentages in GRASMOD constant te laten zijn, ontstaan twee soorten fouten:

- de ophoping van stikstof wordt iets te hoog berekend, omdat er van uitgegaan wordt dat de N_r -hoeveelheid in de mest toeneemt;
- de effecten van emissiebeperking op de gewasgroei zijn te laag berekend, omdat de toename van opneembare stikstof te laag is verondersteld.

Deze effecten zijn weliswaar niet erg groot, maar het zou beter zijn de hoeveelheden N_m , N_r en N_e in GRASMOD expliciet mee te nemen.

De conclusie is dat een aantal variabelen in het stofstromenmodel exogeen bepaald zijn, terwijl die in GRASMOD endogeen zijn en andersom. Hoewel getracht is hiervoor te corrigeren in het stofstromenmodel, verdient de aansluiting tussen beide modellen in de volgende fase van het project meer aandacht.

7.5 Vergelijking van de uitkomsten met een IKC-studie

Door Van den Ham en Van der Hoek (1990) is een studie uitgevoerd naar de effecten van milieumaatregelen voor melkveebedrijven. In die studie, die wordt aangeduid als de IKC-studie, is met een rekenmodel op bedrijfsniveau nagegaan welke effecten milieumaatregelen hebben op het N-overschot, de nitraatuitspoeling, de ammoniakemissie, het fosforoverschot en de arbeidsopbrengst. Dit is gedaan voor een intensief en een extensief bedrijf.

In deze paragraaf worden de uitkomsten voor het intensieve bedrijf uit deze studie vergeleken met de gemiddelde uitkomsten van de bedrijven in het stofstromenmodel. Een dergelijke vergelijking gaat altijd ietwat mank: de bedrijfsgegevens van het voorbeeldbedrijf uit de IKC-studie verschillen van die van de ruim 3.900 bedrijven uit het stofstromenmodel. Ook de doorgerekende scenario's verschillen vaak iets van elkaar. Desalniettemin is een vergelijking nuttig om na te gaan of er geheel verschillende uitgangspunten en rekenregels zijn gehanteerd.

Het intensieve bedrijf uit de IKC-studie heeft een melkveebezetting van 2,34 melkkoe per hectare en 1,34 stuks jongvee per hectare. Gemiddeld hebben de bedrijven uit het stofstromenmodel 2,12 melkkoeien per hectare en 1,44 stuks jongvee per hectare. Daarnaast komen er gemiddeld 1,8 varken en 3 kippen per hectare voor.

In tabel 7.5 wordt de gemiddelde stikstofbalans van de bedrijven uit het stofstromenmodel vergeleken met die van het intensieve bedrijf uit de IKC-studie. Uit de tabel blijkt dat in beide studies ongeveer evenveel stikstof per hectare omgaat, namelijk 547 en 559 kg stikstof. In de IKC-studie wordt meer kunstmeststikstof per hectare gestrooid. De voeraankopen voor melkvee zijn vrijwel gelijk, ondanks het verschil in veebezetting. De afvoer van stikstof in vlees en melk van rundvee ligt in de IKC-studie hoger. Afvoer van mest en ruwvoer komt niet voor op het intensieve IKC-bedrijf. Mede door de hogere aanvoer van kunstmeststikstof ligt het totale stikstofoverschot in de IKC-studie op een hoger niveau. De efficiëntie van de stikstofomzetting is in de IKC-studie iets lager dan bij het stofstromenmodel. Dat lijkt vreemd: in de IKC-studie wordt met normen gerekend voor de voedervoorziening, terwijl in het stofstromenmodel op grond van de ijking boven de norm gevoerd wordt. Men zou dus verwachten dat de efficiëntie van de stikstofomzetting in de IKC-studie hoger

zou zijn. De oorzaak voor het efficiëntieverschil kan liggen in het feit dat de toegepaste normen voor de voedervoorziening toch niet gelijk zijn geweest, maar zal ook voor een deel verklaard worden uit de hoge kunstmestgift in de IKC-studie.

Tabel 7.5 De gemiddelde stikstofbalans van de bedrijven uit het stofstromenmodel en die uit de IKC-studie (in kg N per ha)

Input	STOF	IKC	Output	STOF	IKC
Kunstmest	305	366	Vlees en melk		
Krachtvoer			Melkvee	80	87
Melkvee	100		Int. vee	12	
Int. vee	42		Mest	2	0
Ruwvoer	51		Ruwvoer	13	0
Totaal voer		151	Overschot	440	472
Depositie	49	42	wv Ammoniak	(119)	(98)
			Nitraat	(153)	(119)
			Overige	(168)	(255)
Totaal	547	559	Totaal	547	559

Uit tabel 7.5 blijkt dat de nitraatuitspoeling in de IKC-studie hoger is dan in het stofstromenmodel. De nitraatuitspoeling wordt in de IKC-studie berekend op 1 meter beneden het maaiveld. Daarom is die niet goed te vergelijken met die uit het stofstromenmodel, dat de nitraatuitspoeling aan de onderkant van de wortelzone weergeeft. Deze laatste is altijd groter of gelijk aan de eerste, omdat er in het tussenliggende traject denitrificatie kan optreden.

Ook de ammoniakemissie is in de IKC-studie lager dan in het stofstromenmodel. Dat wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de emissiecoëfficiënt voor het oppervlakkig aanwenden van mest op grasland in het stofstromenmodel 60% van de Nm-fractie bedraagt, terwijl dat in de IKC-studie 50% is. Daarnaast is de stikstofuitscheiding van de dieren per hectare in het stofstromenmodel gemiddeld iets hoger dan in de IKC-studie.

Omdat de totale stikstofverliezen in de IKC-studie en in het stofstromenmodel vrijwel gelijk zijn en de ammoniakemissie en nitraatuitspoeling in het stofstromenmodel groter is dan in de IKC-studie, zijn de overige verliezen, bestaande uit ophoping van stikstof en denitrificatie, in de IKC-studie groter dan in het stofstromenmodel.

We kunnen daarom concluderen dat in de basissituatie de stikstofverliezen in het stofstromenmodel kleiner zijn dan in de IKC-studie. De verschillen worden ten dele veroorzaakt door ver-

schillen in de doorgerekende bedrijfssituaties. Daarnaast worden sommige verschillen veroorzaakt door een verschil in systeemgrenzen (nitraatsuitspoeling).

Het verschil in ammoniakemissie wordt bepaald door de hogere emissiecoëfficiënt voor oppervlakkig aanwenden op grasland in het stofstromenmodel.

Effecten van maatregelen op het stikstofoverschot zijn niet met elkaar vergeleken, omdat de maatregelen in de IKC-studie cumulatief zijn terwijl die in het stofstromenmodel enkelvoudig zijn.

Er lijkt een groot verschil te bestaan tussen het fosforoverschot per hectare in het stofstromenmodel en dat in de IKC-studie. In het stofstromenmodel is het fosforoverschot in de basissituatie 50 kg fosfor per hectare. In de IKC-studie is het fosforoverschot 11 kg per hectare. In de IKC-studie is echter de aanvoer van fosfor uit kunstmest buiten beschouwing gelaten. Deze aanvoer bedraagt in het stofstromenmodel 35 kg per hectare. Het fosforoverschot zou bij die aanvoer in de IKC-studie 46 kilo bedragen en dus iets lager zijn dan die in het stofstromenmodel.

Dit verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het hanteren van iets andere gehalten en mogelijk andere vlees- en melkproducties dan in het stofstromenmodel.

7.6 Dynamiek

Er kunnen nog enkele kanttekeningen geplaatst worden bij de werking van het model.

In de varianten is geen rekening gehouden met "tweede-orde"-effecten.

Wanneer bijvoorbeeld in de variant met een vermindering van de stikstof-gift de gemiddelde ruwvoeraankopen per bedrijf stijgen of wanneer de mestafzet buiten het bedrijf toeneemt, dan zal dat invloed hebben op de prijzen van ruwvoer en de kosten van mestafzet. De prijzen zullen stijgen. De kostenstijging voor voeraankopen en de opbrengstenafname voor voeraankopen is daardoor onderschat. In de toekomst moet daarmee rekening worden gehouden.

Het model is statisch van karakter: het gaat uit van een bepaalde bedrijfsstructuur. Onder invloed van autonome ontwikkelingen en milieumaatregelen zullen er in de toekomst veranderingen in de bedrijfsstructuur plaatsvinden. Het aantal bedrijven zal waarschijnlijk afnemen en de productie per bedrijf zal veranderen. In de tweede fase van het project wordt onderzocht op welke wijze met dergelijke veranderingen rekening gehouden kan worden.

7.7 Overige discussiepunten

Het model kan op een aantal punten verder gedetailleerd worden. In de tweede fase van het project wordt nagegaan of verdere detaillering mogelijk en noodzakelijk is.

Op dit moment is een uniform maaipercantage (voor wintervoer) aangehouden voor alle beweidingssystemen. Bij de steekproefbedrijven kan onderzocht worden of het maaipercantage afhankelijk is van het beweidingssysteem of andere bedrijfskenmerken.

De krachtvoergift per koe is in het model niet afhankelijk gesteld van het beweidingssysteem. Ook dit kan onderzocht worden in de LEI-boekhoudnetgegevens.

De verdeling van de krachtvoer- en ruwvoergift is nu nog onafhankelijk van de beschikbaarheid van ruwvoer. Ook dit wordt onderzocht voor de LEI-boekhoudnetbedrijven.

De samenstelling van het ruwvoerpakket is onafhankelijk van het beweidingssysteem. Bedrijven met een B4-systeem voeren niet per definitie 's nachts snijmais bij, maar kunnen ook kuilgras en overig ruwvoer bijvoeren. In GRASMOD wordt in dit geval alleen snijmais bijgevoerd. Ook dit is een aansluitingsprobleem.

Er is geen onderscheid gemaakt in de samenstelling van weide- en stalmest. Doordat het stikstofgehalte in weidemest over het algemeen hoger is dan in stalmest, kan dit tot een overschatting van de nitraatuitspoeling uit urineplekken leiden.

Er is in het model geen controle uitgevoerd op de hoeveelheid eiwit in het voer in verhouding tot de eiwitbehoefte. In de tweede fase van het stofstromenproject wordt de veevoeding meer gedetailleerd gemodelleerd.

De controle op eiwit in het rantsoen wordt dan ook in het model gebracht.

Er is nog geen onzekerheidsanalyse uitgevoerd voor de kosten en opbrengsten.

8. CONCLUSIES

8.1 Inleiding

Dit rapport is een verslag van de eerste fase van het stofstromenproject. Het doel van het stofstromenproject is om een rekenmodel te ontwikkelen, waarmee:

- de omvang, de aard en ruimtelijke verdeling van verliezen van nutriënten uit de Nederlandse landbouw worden gekwantificeerd;
- de gevolgen van maatregelen voor de omvang van de verliezen en de kosten van de bedrijven worden berekend;
- leemtes in kennis worden opgespoord.

Het doel van de eerste fase van het stofstromenproject is om een rekenmodel te ontwikkelen dat de nutriëntenverliezen op gespecialiseerde melkveebedrijven in zandgebieden in Gelderland beschrijft. In latere fasen van het stofstromenonderzoek moet dat model dan worden uitgebreid tot een landsdekkend model en tot meerdere stoffen.

In dit hoofdstuk worden conclusies getrokken. In paragraaf 8.2 worden conclusies getrokken over de vraag of en hoe het mogelijk is een stofstromenmodel te bouwen dat aan de doelstellingen voldoet.

In paragraaf 8.3 wordt het model gepositioneerd ten opzichte van andere modellen op het gebied van de nutriëntenverliezen. In paragraaf 8.4 worden conclusies getrokken over de ijking van het model. Paragraaf 8.5 gaat over de leemtes in kennis. Paragraaf 8.6 behandelt de gedragsrelaties uit het LEI-boekhoudnet. In paragraaf 8.7 wordt een vergelijking gemaakt van data uit verschillende bronnen. Tenslotte worden in paragraaf 8.8 conclusies getrokken over de hoogte van de verliezen.

8.2 De mogelijkheid om een stofstromenmodel te bouwen

Om nutriëntenverliezen te kwantificeren wordt de weg die nutriënten afleggen op een landbouwbedrijf kwantitatief beschreven. Eerst wordt nagegaan hoeveel nutriënten het bedrijf binnenkomen, dan wordt hun weg door het bedrijf gevolgd en tenslotte wordt nagegaan in welke vorm ze het bedrijf verlaten.

In het stofstromenmodel is verondersteld dat de stofstromen op een bedrijf met behulp van rekenkundige relaties afgeleid kunnen worden van een aantal kenmerken van het bedrijf. Een bedrijf wordt gekenmerkt door een aantal toestandsvariabelen (bijvoorbeeld: de omvang van de veestapel, het melkquotum van het bedrijf, het vochtleverend vermogen van de bodem). Deze toestandsvariabelen geven informatie over de activiteiten die op het be-

drijf worden ontplooid (bijvoorbeeld melkproductie, mestuitrijden, oogsten). Deze activiteiten brengen stofstromen op gang. De rekenkundige relaties omvatten:

- technische en gedragsrelaties over het verband tussen toestandsvariabelen en activiteiten;
- technische relaties over het verband tussen activiteiten en stofstromen;
- economische relaties tussen bepaalde activiteiten of stofstromen en kosten en opbrengsten.

Een groot aantal van de benodigde gegevens en relaties is beschikbaar op basis van databestanden en literatuur. Met behulp daarvan is het mogelijk gebleken een model te bouwen met een stevige empirische basis.

Er zijn daarbij uiteraard de nodige aanvullende veronderstellingen gemaakt. Door een confrontatie van modeluitkomsten met metingen van nutriëntenverliezen, zou het model verder gevalideerd kunnen worden voor wat betreft *omvang en aard van de verliezen*. Nu is getracht om zoveel mogelijk gebruik te maken van bestaande inzichten en van een groot aantal databronnen. Hierdoor is het mogelijk gebleken het model op een aantal punten te ijken. De conclusies over deze ijking worden in paragraaf 8.4 vermeld.

De bepaling van de omvang en aard van de verliezen (ammoniak, nitraat, ophoping, denitrificatie) is voor stikstof bepaald met gewasmodellen van het CABO-DLO. Deze modellen zijn waar mogelijk geijkt met empirische gegevens uit bemestingsproeven. De omvang van de denitrificatie lijkt met onzekerheid omgeven, maar hierbij geldt dat veranderingen in inzichten hieromtrent vrij eenvoudig in het model gebracht kunnen worden.

De *ruimtelijke verdeling* van de verliezen is in dit rapport op gemeenteniveau berekend en weergegeven. De verdere verfijning naar een gridniveau van 500 bij 500 meter is in principe mogelijk. Daarbij wordt verondersteld dat de grond van een bedrijf in dezelfde ruimtelijke eenheid ligt als het adres van de veehouder. Deze veronderstelling zal op gemeenteniveau vaker juist zijn dan op gridniveau. De kans op een onjuiste lokalisatie van verliezen is dus aanwezig en deze kans wordt groter bij een toenemende fijnmazigheid van grids.

Met behulp van enige voorbeelden is aangegeven dat het model de *gevolgen van maatregelen* voor de nutriëntenverliezen en kosten van de bedrijven kan doorrekenen. Voor deze doelstelling geldt echter dat validatie van de uitkomsten niet mogelijk is totdat de maatregelen genomen zijn. De kwaliteit van de uitkomsten hangt af van de kwaliteit van de het de gebruikte relaties en het traject waarover deze geldig zijn.

De uitkomsten kunnen in principe worden vergeleken met die van andere studies op dit terrein. Vergelijking met de IKC-studie (Van den Ham en Van der Hoek, 1990) bleek echter niet zonder meer mogelijk, omdat de varianten in de IKC-studie teveel afwijken van

de in dit rapport doorgerekende varianten. Er is geen vergelijking gemaakt met de PR-studie (Mandersloot, 1992), omdat deze studie werd uitgebracht na voltooiing van het concept-rapport. In de tweede fase van het onderzoek zal dit wel gebeuren.

Bij het doorrekenen van maatregelen moet eerst zorgvuldig worden nagegaan hoe de boer op een maatregel zal reageren. Deze (berekende) reactie moet dan in het model gebracht worden. Het technisch-economisch onderzoek op bedrijfsniveau kan behulpzaam zijn bij het aangeven van mogelijke gedragsveranderingen.

De economische gevolgen van bepaalde maatregelen komen tot uitdrukking in veranderingen in kosten en opbrengsten van het bedrijf. Het stofstromenmodel beperkt zich tot het maken van verschilberekeningen. Het beschrijft niet de absolute omvang van opbrengsten en kosten van het gehele bedrijf.

Op melkveebedrijven bestaat een kringloop van nutriënten: urine en faeces komen als meststof voor gewassen beschikbaar en het geproduceerde gewas wordt gevoerd aan het vee. In het stofstromenmodel wordt begonnen met het voorlopig vaststellen van het bemestingsniveau (dierlijke mest en kunstmest) van de gewassen. Het aanbod van dierlijke mest wordt daarbij vastgesteld door het aantal dieren te vermenigvuldigen met een genormeerde mestsamenstelling. Dan wordt eerst de gewasproductie doorgerekend en vervolgens de dierlijke productie, inclusief de productie van dierlijke mest. De berekende samenstelling van de dierlijke mest kan dan afwijken van de genormeerde mestproductie en -samenstelling die het model als startwaarde meekreeg. Daarom wordt de cyclus gewasproductie - dierlijke productie een paar keer doorgerekend.

Uit het onderzoek blijkt dat na drie keer doorrekenen van de cyclus de berekende mestsamenstelling niet meer verandert en derhalve consistent is met de gewasproductie en veevoeding.

Deze consistentie is vooral van belang bij scenario's met een lage mestgift. De startwaarde van het model voor de mestsamenstelling kan dan sterk afwijken van de berekende waarde op grond van de gewasproductie.

Leemtes in kennis worden behandeld in paragraaf 8.5

8.3 De positionering van het stofstromenmodel

Er zijn drie aspecten die samen de positie van het stofstromenmodel ten opzichte van andere modellen over landbouw en nutriëntenverliezen aangeven. Andere modellen op dit terrein zijn de mest- en ammoniakmodellen van LEI-DLO (Luesink en Van der Veen, 1989), de stikstofmodule van het Bedrijfsbegrotingsmodel van het PR (Mandersloot, 1992) en het bedrijfsmodel van het IKC (Van den Ham en Van der Hoek, 1990). Overigens hebben deze modellen andere doelstellingen dan het stofstromenmodel en beantwoorden zij andere vragen. Het doel van deze paragraaf is niet om deze modellen te beoordelen maar om de plaats van het stofstromenmodel aan te geven binnen deze groep van modellen.

In de eerste plaats is het stofstromenmodel *beschrijvend*. Dit beschrijvend karakter komt voort uit het feit dat wordt uitgegaan van bestaande bedrijfsopzetten, ontleend aan de Landbouwtelling. Ook wordt rekening gehouden met het melkquotum van het bedrijf en met de bodemeigenschappen. Daarnaast wordt het feitelijk gedrag van de veehouders gemodelleerd voorzover dat ontleend kan worden aan gegevens uit het LEI-boekhoudnet. Dit gebeurt zowel bij het opstarten van het model (bij het bepalen van de kunstmestgift), als bij het vergelijken van de toestandsvariabelen van het bedrijf (aantal dieren en gewasoppervlakte), als bij het ijken van het model (voeraankopen). De bedrijfsmodellen van PR en IKC gaan daarentegen vaak uit van exemplarische bedrijfsopzetten en een algemeen gedrag van de veehouders. De mest- en ammoniakmodellen van het LEI gaan weliswaar uit van gegevens uit de Landbouwtelling, maar hanteren normen waar het gaat om de mestproduktie per dier.

In de tweede plaats heeft het model een *integrale benadering van nutriëntenstromen*. Dat betekent dat alle aanvoer en afvoerposten worden meegenomen. Bij de aanvoer worden kunstmest, dierlijke mest, kracht- en ruwvoeraankopen meegenomen. In de inleiding van dit rapport zijn de voordelen van een integrale benadering beschreven.

In dit opzicht verschilt het stofstromenmodel vooral van de LEI-mest- en ammoniakmodellen. Deze richten zich vooral op dierlijke mest (met een genormeerde samenstelling) en in tweede instantie globaal op kunstmest. Voerproduktie en voeraankopen blijven buiten beschouwing. De bedrijfsmodellen van IKC en PR kennen eveneens een integrale benadering, die in sommige opzichten gedetailleerder is dan die in het stofstromenmodel.

In de derde plaats heeft het stofstromenmodel een *ruimtelijke dimensie*. Het is de bedoeling dat het model lands- en sectordekkend wordt. Dit leidt ertoe dat de uitkomsten van het model kunnen worden gebruikt in onderzoek dat zich richt op het bepalen van de nutriëntenbelasting van milieucompartimenten buiten de landbouw.

Wanneer het model landsdekkend is, zal het aantal ijkingsmogelijkheden toenemen, omdat het dan mogelijk wordt om de modeluitkomsten op meerdere punten te ijken met nationale statistieken (kunstmest, veevoer, en dergelijke).

Ook zullen dan mest- en ruwvoerbalansen informatie geven over de haalbaarheid van verschillende maatregelen.

De LEI-mest- en ammoniakmodellen zijn landsdekkend en hebben eveneens een ruimtelijke dimensie. Deze modellen maken de dierlijke-mestbalans van Nederland sluitend. De modellen op bedrijfsniveau hebben niet tot doel de ruimtelijke dimensie van de nutriëntenverliezen weer te geven: de aard en omvang van nutriëntenverliezen en de effecten van maatregelen worden op bedrijfsniveau gekwantificeerd.

Het aggregatieniveau van de invoergegevens ligt bij het stofstromenmodel op bedrijfsniveau: ieder bedrijf uit de Landbouwtelling wordt doorgerekend. De gegevens van de bedrijven uit de Landbouwtelling kunnen ook voorafgaand aan de berekeningen op gemeenteniveau worden geaggregeerd. Voor een aantal invoerparameters moet dan een gewogen gemiddelde worden gekozen, zoals voor het staltype, het beweidingssysteem en de vochtklasse. Uit dit rapport blijkt dat de verliezen in de standaardrun dan ongeveer 10% lager liggen dan de verliezen die op basis van individuele bedrijfsgegevens worden berekend. Verwacht wordt dat er nog grotere verschillen ontstaan bij het doorrekenen van varianten.

In het algemeen is het voordeel van het verminderen van het aantal door te rekenen bedrijven dat de rekentijd van het model afneemt. Het nadeel is, dat de variatie in bedrijfsopzet en bedrijfsvoering die er in werkelijkheid bestaat in het model minder wordt. Bijvoorbeeld: in principe kunnen uitsluitend bedrijven uit het LEI-boekhoudnet doorgerekend worden. Deze bedrijven zijn representatief voor een bepaald bedrijfstype. Een bijkomend voordeel is dat er van die bedrijven meer gegevens bekend zijn dan van de bedrijven in de Landbouwtelling. Het aantal bedrijven in het LEI-boekhoudnet is echter zo klein in vergelijking met de ruimtelijke eenheden in het model, dat een groot deel van de variatie binnen en tussen de ruimtelijke eenheden verloren zou gaan. Dit argument is doorslaggevend geweest bij de keuze voor het rekenen met bedrijven uit de Landbouwtelling. Wel is het bij uitbreiding van het model misschien wenselijk om de rekentijd te beperken. Dit kan door een steekproef te trekken uit de bedrijven uit de Meitelling, zodanig dat deze is afgestemd op gewenste omvang van de ruimtelijke eenheden voor weergave van de resultaten.

8.4 De ijking van het model

Bij toepassing van de technische relaties en de gevonden gedragsrelatie voor bepaling van de kunstmestgift op het bedrijf blijkt dat de voeraankopen op de LEI-steekproefbedrijven hoger liggen dan de door het model berekende voeraankopen voor deze bedrijven. Dit geldt zowel voor de krachtvoeraankopen als voor de ruwvoeraankopen.

De ijking van het model heeft beoogd de gemiddelde voeraankopen zoals die door het stofstromenmodel worden berekend in overeenstemming te brengen met de geregistreerde aankopen van de steekproefbedrijven uit het LEI-boekhoudnet.

De krachtvoeraankopen blijken gemiddeld bij de LEI-steekproefbedrijven in 1988 12% hoger dan de krachtvoeraankopen die vóór de ijking door het model worden berekend. Bij de ijking is de krachtvoergift per dier daarom met 12% verhoogd. Daarbij is aangenomen dat de krachtvoergift die ontleend is aan het LEI-boekhoudnet representatief en betrouwbaar is.

Ook de ruwvoeraankopen liggen op een hoger niveau bij de LEI-steekproefbedrijven. Deze ruwvoeraankopen zijn een resultante van de netto gewasproductie en de voerconsumptie door de dieren. Mogelijke redenen voor dit verschil kunnen de volgende zijn:

- de gewasproductie per hectare is lager dan wordt verondersteld in de technische relaties;
- de voergift ligt in de praktijk boven de technische norm;
- de voerverliezen zijn in de praktijk hoger dan in het model is aangenomen.

Onbekend is welke van deze mogelijke oorzaken de werkelijke oorzaak is voor het verschil in berekende en waargenomen voeraankopen. Het model is zo geijkt dat de voederverliezen zijn verhoogd van 15% naar 18%, de voergift per dier is verhoogd met 2,5% en de grasproductie per hectare is verlaagd met 5%.

Vooraf de uitspoeling van nitraat is gevoelig voor de wijze van ijking. De spreiding in de verliesposten op de nutriëntenbalans blijkt vrijwel onafhankelijk van de wijze van ijking.

De ijkingsfactoren blijken van jaar tot jaar sterk te verschillen. Dat betekent dat aan de ijking op andere jaren dan 1988 aandacht moet worden besteed.

In de toekomst is een ijking van berekende nutriëntenverliezen met gemeten waarden misschien mogelijk, wanneer de gegevens van een meetnet beschikbaar komen.

De ijking van het model kan in de toekomst verfijnd worden. De verschillen tussen de berekende voerproductie en een uit de boekhoudingen afgeleide voerproductie wijst erop dat de gewasproductie op gronden met een hoog vochtleverend vermogen wordt overschat. Ook lijkt het erop dat de gewasproductie op bedrijven met een ligboxenstal iets wordt overschat. Dit kan verder worden onderzocht wanneer het onderzoeksgebied groter is.

8.5 Leemtes in kennis

De in de vorige paragraaf beschreven ijkingsmethode geeft al een leemte in kennis: onduidelijk is welke oorzaak het verschil in berekende en gemeten voeraankopen heeft. Daarnaast zijn er nog enkele factoren waarover onzekerheid bestaat. In de onzekerheidsanalyse is nagegaan hoe groot de invloed van de aannamen hierover is op de modeluitkomsten.

De analyse is uitgevoerd voor:

- de stikstofgift uit kunstmest op grasland;
- de uitrijvolgorde van dierlijke mest.

De geschatte relatie die het verband aangeeft tussen de kunstmeststikstofgift per hectare en het aantal koeien levert

weliswaar een grotere variatie op dan het hanteren van een gemiddelde gift, maar dat neemt niet weg dat daarmee slechts een deel van de variatie in beeld wordt gebracht. Omdat juist extreme giften bepalend zijn voor de verliezen, is het model ook een keer doorgerekend met een kunstmestgift die het zelfde gemiddelde en dezelfde variatie heeft als de stikstofgiften van de bedrijven uit het LEI-boekhoudnet. Dit wordt de "stochastische kunstmestgift" genoemd. Uit deze berekeningen blijkt dat de gemiddelde stikstofverliezen nauwelijks hoger liggen dan wanneer met de aangegeven relatie wordt gerekend. Alleen de nitraatuitspoeling ligt iets hoger. De variatie in uitspoeling is ook iets groter bij de stochastische kunstmestgift dan bij de deterministische. Omdat de verschillen klein zijn, is de deterministische kunstmestgift als basisvariant opgenomen. Bij varianten met een lager bemestingsniveau kan het verschil in stikstofverliezen tussen de deterministische kunnen de stochastische kunstmestgift toenemen. Dit is echter niet onderzocht.

De uitrijvolgorde voor dierlijke mest is op twee verschillende manieren doorgerekend: één waarbij veel mest op mais wordt uitgereden en één met een meer evenwichtige verdeling over grasland en mais. De nitraatuitspoeling is bij de variant evenwichtig gemiddeld 14 kg N lager dan bij de uitrijvolgorde "veel op mais". De overige verliezen verschillen nauwelijks. Voorlopig is de uitrijvolgorde "veel op mais" aangehouden.

8.6 Gedragsrelaties uit het LEI-boekhoudnet

Het LEI-boekhoudnet is in dit onderzoek gebruikt om verbanden te leggen tussen bepaalde variabelen, waarbij deze verbanden ook op bedrijven uit de Landbouwtelling kunnen worden toegepast.

De stikstofkunstmestgift op grasland is in het stofstromenmodel gebaseerd op een impliciete gedragsrelatie die ontleend is aan gegevens uit het LEI-boekhoudnet. De kunstmestgift wordt niet geregistreerd in de Landbouwtelling.

Een verband tussen de hoogte van de stikstofgift en de intensiteit van de bedrijfsvoering blijkt een lage verklaringsgraad te hebben. De verklaringsgraad is hoger bij een verband tussen de stikstofgift en de bedrijfsgrootte, weergegeven door het aantal koeien. Analyses voor de rest van Nederland en voor andere jaren laten een soortgelijk verband zien.

Het verband tussen het beweidingssysteem en het staltype is uit het boekhoudnet ontleend.

Op grond van de mestaan- en -afvoer van de betreffende boekhoudnet-bedrijven is besloten de door het model berekende aan- en afvoer niet aan te passen.

8.7 Vergelijking van gegevensbronnen

In het LEI-boekhoudnet zijn 39 gespecialiseerde melkveebedrijven opgenomen die in het onderzoeksgebied liggen. Van deze bedrijven is een groot aantal gegevens bekend, die ook in andere bronnen worden geregistreerd, maar dan bijvoorbeeld voor alle bedrijven (bijvoorbeeld: de Landbouwtelling, het bestand met melkquotagegevens).

In de eerste fase van het stofstromenproject zijn deze gegevens met elkaar vergeleken, om na te gaan of er grote verschillen zijn tussen de bronnen. Dit leidde tot de volgende conclusies:

Zowel in de Landbouwtelling als in het LEI-boekhoudnet wordt de totale oppervlakte cultuurgrond van de bedrijven geregistreerd.

De Landbouwtelling geeft een momentopname van de situatie op 1 mei. Het LEI-boekhoudnet geeft informatie over het verloop van een variabele door het jaar heen. De gemiddelde situatie over het boekjaar volgend op 1 mei uit het LEI-boekhoudnet is vergeleken met die op 1 mei uit de Landbouwtelling.

Uit de vergelijking van de oppervlakte cultuurgrond blijkt dat deze bij gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten in het LEI-boekhoudnet 7% hoger is dan de oppervlakte in de Landbouwtelling. Dat komt neer op 1 à 1,5 hectare per bedrijf. Het verschil zit vooral in de oppervlakte grasland. Het verschil wordt slechts voor een kwart verklaard door aankopen tijdens het boekjaar.

Voor het gehele zandgebied zijn voor dit bedrijfstype vergelijkbare cijfers gevonden.

In het stofstromenmodel worden de bedrijfsoppervlaktes uit de Landbouwtelling gebruikt. De oppervlakte grasland is daarbij voor elk van de bedrijven in het stofstromenmodel met 6% verhoogd.

Het aantal melkkoeien dat op de gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten (gemiddeld over het jaar heen) voorkomt, is in het LEI-boekhoudnet 3% lager dan het aantal dieren dat (op 1 mei) in de Landbouwtelling wordt geregistreerd. Dat wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de afname van het aantal koeien door het jaar heen. Deze afname doet zich voor bij een toenemende melkproductie per koe samengaan met een gelijk blijvend of verminderend melkquotum. Ook bestaat er een klein verschil tussen het aantal dieren in eigendom (LEI-boekhoudnet) en het aantal dieren verzorgd op eigen land (Landbouwtelling).

Op grond van deze overwegingen is het aantal dieren per bedrijf ongecorrigeerd overgenomen uit de Landbouwtelling.

De aantallen overige diersoorten liggen in het Boekhoudnet iets hoger dan in de Landbouwtelling. In de tweede fase van het stofstromenproject wordt daaraan meer aandacht besteed.

Het melkquotum per bedrijf wordt geregistreerd in het LEI-boekhoudnet en door het Produktschap voor Zuivel. De gegevens van het Produktschap blijken voor 1988 precies overeen te komen met de in 1988 geregistreerde quota in het LEI-boekhoudnet voor bedrijven die in beide bestanden voorkomen.

8.8 Resultaten van het model

Voor ieder bedrijf wordt een nutriëntenbalans opgesteld, waarop de aanvoer en afvoer van nutriënten wordt aangegeven. Deze balans wordt voor stikstof, fosfor en kalium gemaakt. De balans kan geaggregeerd weergegeven worden, voor alle bedrijven van een bepaald type, per grid, per gemeente. Ook kunnen de nutriëntenbalansen worden opgesteld en vergeleken voor efficiënte bedrijven en minder efficiënte bedrijven.

Per bedrijf worden nog enige deelbalansen opgesteld: een deelbalans voor stallen en dieren en deelbalansen per gewas.

In tabel 8.1 is de gemiddelde balans van de 3919 doorgerekende bedrijven gegeven.

De aanvoer van stikstof op deze bedrijven bedraagt gemiddeld 722 kg per hectare, inclusief depositie uit de lucht en mineralisatie van de bodem (tabel 8.1). Exclusief deze factoren is de aanvoer 498 kg stikstof. De afvoer in melk, vlees, ruwvoer en mest bedraagt 107 kg stikstof. Er blijft dus 391 kg stikstof per hectare over. Daarvan wordt 287 kg opgehoopt in de bodem. De overige stikstof spoelt uit als nitraat of vervluchtigt als ammoniak of als N_2 of N_2O .

De fosfor- en de kaliumbalansen zijn in dit onderzoek uitsluitend op gewasniveau weergegeven. Het saldo op de fosforbalans

Tabel 8.1 Gemiddelde berekende N-balans per hectare, uitgedrukt in kg N/ha, en bijbehorende standaardafwijkingen *)

Input				Output	
Aankoop:				Verkoop:	
Krachtvoer rundvee	100	(38)		Rundvee/melk	80 (31)
Krachtvoer int. vee	42	(86)		Intensief vee	12 (25)
Mais	21	(31)		Mest	2 (0)
Overig ruwvoer	30	(45)		Voorraad ruwv.	13 (28)
Kunstmest	305	(51)		Denitrificatie	56 (15)
Depositie	49	(0)		Uitspoeling	153 (41)
Mineralisatie	175	(4)		Vervluchtiging	119 (46)
				Bruto ophoping	287 (60)
Totaal	722	(168)	Totaal	722	(168)

*) Deze tabel is gelijk aan tabel 4.3.

bedraagt 40 kg voor grasland en 117 kg voor snijmais. Het saldo op de kaliumbalans bedraagt 49 kg voor grasland en 702 kg voor snijmais. Deze verdeling van saldi over de gewassen wordt uiteraard sterk bepaald door de gekozen uitrijvolgorde voor dierlijke mest.

LITERATUUR

Aarts, H.F.M. en H. van Keulen

De praktische gevolgen van verscherpte milieu-eisen voor de wei-
de- en voederbouw op zandgrond: een theoretische benadering
Wageningen, CABO-DLO, Verslag nr. 139, 31 pp., 1990

Aarts, H.F.M. en N. Middelkoop

De invloed van bodemeigenschappen en bemesting op de opbrengst
van maïs en de emissies van ammoniak en nitraat
Wageningen, CABO-DLO, Verslag nr. 131, 55 pp., 1990

Baltussen, W.H.M., J. van Os en H. Altena

Gevolgen van beperking van ammoniakemissie voor rundveebedrijven
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, Onderzoeksverslag 64,
115 pp., 1990

Beugelink, G.P., L.J.M. Boumans, W. van Duijvenbooden e.a.

De kwaliteit van het grondwater in Nederland
Bilthoven, RIVM, Rapport 728820001, 1989

CBS

Maandstatistiek van de landbouw

Den Haag, SDU, jaargang 36, nr.12, december 1988

Coppoolse, J., A.M. van Vuuren, J. Huisman, W.M.M.A. Janssen,
N.P. Lenis en P.C.M. Simons

De uitscheiding van stikstof, fosfor en kalium door landbouwhuishoud-
dieren, Nu en Morgen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakpro-
blematiek in de veehouderij nr. 5
Wageningen, DLO, 131 pp., 1990

Daatselaar, C.H.G, D.W. de Hoop, H. Prins, B.W. Zaalmink

Bedrijfsvergelijkend onderzoek naar de benutting van mineralen op
melkveebedrijven
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, Onderzoeksverslag 61, 89
pp., 1990

Haan, T. de en D.W. de Hoop

Scenario's voor voer- en kunstmestverbruik in de melkveehouderij
in het jaar 2000
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, Publikatie 3.148,
73 pp., 1991

Ham, A. van den en K.W. van der Hoek

Effecten van milieumaatregelen voor melkveebedrijven
Ede, IKC Veehouderij, Rapport nr. 15, 1990

- Honderd, H. en G.F.V. van der Peet, z.j.
Handleiding MARS (Mineralen Aanvoer Registratie Systeem
Den Haag, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
- Hoogervorst, N.J.P. en K.W. van der Hoek
Het landbouw-scenario in de nationale milieuverkenning 2; uitgangspunten en berekeningen
Bilthoven, RIVM, 1992
- Horne, P.L.M. van
Gevolgen van beperking van ammoniakemissie voor pluimveebedrijven
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, Onderzoeksverslag 63, 67 pp., 1990
- Korevaar, H.
Overzicht van mestbenuttingsmogelijkheden. In: Praktijkonderzoek; Mestbenutting op grasland
Lelystad, Jaargang 3 23-26 nr 3, PR, 1990
- Lammers, H.W.
Een berekende stikstofwerkingscoëfficiënt voor diverse dierlijke organische mestsoorten
Wageningen, De Buffer 30, 169-197. CAD Bodem, water en bemesting, 1984
- Luesink, H.H.
Infrastructurale voorzieningen in 2000 voor mestafzet. Capaciteiten en kosten van opslag, distributiemiddelen en verwerking
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), Onderzoeksverslag, 1993
- Luesink, H.H. en M.Q. van der Veen
Twee modellen voor de economische evaluatie van de mestproblematiek
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, Onderzoeksverslag 47, 176 pp., 1989
- Mandersloot, F.
Bedrijfseconomische gevolgen beperking stikstofverliezen op melkveebedrijven
Lelystad, PR Rapport nr. 138, 284 pp., 1992
- Middelkoop, N. en H.F.M. Aarts, 1991
De invloed van bodemeigenschappen, bemesting en gebruik op de opbrengst en de stikstofemissies van grasland op zandgrond
Wageningen, Verslag nr. 141, CABO-DLO, 78 pp., 1991

- Meer, H.G. van der
Stikstofbenutting en - verliezen van gras - en maisland. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij nr. 10.
Wageningen, pp 134, 1991
- Meer, H.G. van der en P.C. Meeuwissen
Emissie van stikstof uit landbouwgronden in relatie tot bemesting en bedrijfsvoering
Landschap 1, 19-32, 1989
- Oudendag, D.A. en J.H.M. Wijnands
Beperking van ammoniakemissie uit dierlijke mest. Een verkenning van mogelijkheden en kosten
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, Onderzoeksverslag 56, 1989
- Poppe, K.J. (red.)
Van bedrijfsuitkomsten tot financiële positie (BEF). Samenvattend overzicht van landbouwbedrijven
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, Periodieke rapportage 13, 1988 en 1991
- Tweede Kamer, Structuurnota landbouw
- Tweede Kamer, Nationaal Milieubeleidsplan
- Tweede kamer, Plan van aanpak Ammoniakemissie
- Ven, G.W.J. van der
GRASMOD, a grassland management model to calculate Nitrogen losses from grassland
Wageningen, CABO-DLO, Verslag 158, 1992
- Vries, F. de, en J. Denneboom
Globale statistiek van landhoedanigheden in de zandgebieden van de provincie Gelderland
Wageningen, SC-DLO, Rapport 109, 1991
- Wijnands, J.H.M en H.H. Luesink
Een economische analyse van transport en verwerking van mestoverschotten in Nederland
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, Onderzoeksverslag 12, 1984

BIJLAGEN

Bijlage 1 Kunstmestgiften in het model

B1.1 Inleiding

Er zijn verschillende manieren om te bepalen welke hoeveelheid kunstmest per hectare aangekocht en gestrooid wordt op elk van de bedrijven die voorkomen in de Landbouwtelling. In de eerste plaats kan worden uitgegaan van een hoeveelheid die gegeven de kenmerken van het bedrijf bedrijfseconomisch optimaal is. Met behulp van een LP-model zou een dergelijke norm per bedrijf berekend kunnen worden. Dat lijkt echter niet zo'n praktische oplossing, omdat er nogal wat rekenwerk mee gepaard gaat. Een iets simpeler oplossing zou zijn om uit te gaan van normen voor kunstmestgift per hectare die door andere onderzoekers (bijvoorbeeld FR) zijn berekend. Het kan dan gaan om gemiddelde normen (bijvoorbeeld 350 kg kunstmest op grasland op zandgrond) of om normen die globaal gerelateerd zijn aan bedrijfskenmerken (bijvoorbeeld aan de intensiteit van het bedrijf).

Het bezwaar van dergelijke benaderingen is dat voorbij gegaan wordt aan het feit dat in de praktijk vaak afgeweken wordt van de normen. Invulling van genormeerde giften in het stofstromenmodel levert dan geen goede beschrijving van wat er "werkelijk" op de bedrijven gebeurt, terwijl dat wel de bedoeling is van het model. Aan dit bezwaar zou tegemoet gekomen kunnen worden door bijvoorbeeld de optimale kunstmestgiften met een bepaald percentage op te hogen - immers in de praktijk wordt gemiddeld meer gegeven dan de normen - om zo de "werkelijke" kunstmestgiften te berekenen.

In de praktijk blijkt echter dat er een enorme variatie is tussen bedrijven als het gaat om hoeveelheden kunstmest per hectare. Deze variatie is vaak maar gedeeltelijk te koppelen aan verschillen in bedrijfsomstandigheden die leiden tot verschillen in een optimale gift per hectare. Daarom is er voor gekozen om helemaal af te stappen van een benadering op basis van normen.

B.1.2 Schatting op basis van LEI-boekhoudnet

Op basis van de gegevens van 39 steekproefbedrijven in het Gelderse zandgebied in het LEI-boekhoudnet is geprobeerd een (impliciet) verband te schatten tussen bedrijfskenmerken en de kunstmestgift per hectare.

De stikstofgift per hectare grasland (NHAGR) varieerde op de 81 bedrijven die in de boekjaren 1987/88 en 1988/89 deel uit maakten van het LEI-boekhoudnet van 68 tot 574 kg per hectare. Gemiddeld over alle hectaren op deze bedrijven werd 343 kg per hectare gegeven.

De volgende tabel geeft een beeld van het stikstofgebruik in 1987, 1988 en 1989 op basis van respectievelijk 42, 39 en 39 steekproefbedrijven die iets minder dan 4.000 bedrijven in de populatie vertegenwoordigen. Het gaat om gewogen gemiddelden waardoor ze geacht kunnen worden representatief te zijn voor de populatie. Tabel B1.2 geeft cijfers voor

de ongeveer 15.000 sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in alle zandgebieden in Nederland, op basis van ongeveer 195 steekproefbedrijven.

Tabel B1.1 Enkele cijfers over het kunstmestgebruik op sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in het Gelderse zandgebied (gemiddelde waarden) (1987-1989)

Variabele	1989	1988	1987
Kg zuivere stikstof	7.359	6.965	7.033
Kg zuivere stikstof op grasland	7.192	6.746	6.803
Kg zuivere fosfor	658	778	572
Kg zuivere kalium	552	746	678
Ha grasland	20,71	19,78	19,70
Ha bouwland	3,36	2,50	2,48
- Ha voedergewassen	2,86	2,37	2,41
Ha totaal	24,07	22,27	22,18
Kg zuivere stikstof per ha	306	313	317
Kg zuivere stikstof per ha gras	347	341	345
Kg zuivere stikstof per ha bouwland	50	88	93
Kg zuivere fosfor per ha	27	35	26
Kg zuivere kalium per ha	23	33	31

Tabel B1.2 Enkele cijfers over het kunstmestgebruik op sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in de zandgebieden (gemiddelde waarden) (1988-1989)

Variabele	1989	1988
Kg zuivere stikstof	7.599	7.779
Kg zuivere stikstof op grasland	7.211	7.388
Kg zuivere fosfor	1.072	1.168
Kg zuivere kalium	1.001	1.238
Ha grasland	21,35	21,27
Ha bouwland	5,14	4,53
- Ha voedergewassen	4,52	4,13
Ha totaal	26,50	25,80
Kg zuivere stikstof per ha	287	302
Kg zuivere stikstof per ha gras	338	347
Kg zuivere stikstof per ha bouwland	75	86
Kg zuivere fosfor per ha	40	45
Kg zuivere kalium per ha	38	48

Bron: LEI-boekhoudnet.

Het ligt voor de hand om te verwachten dat de hoogte van de kunstmestgift per hectare samenhangt met de intensiteit van het bedrijf. Een bedrijf met een hoge melkproduktie per hectare en mogelijk daarmee samenhangend veel vee per hectare zal waarschijnlijk meer kunstmest strooien dan een extensief bedrijf. Aan de andere kant zullen bedrijven met veel vee en daarmee veel dierlijke mest per hectare, naar verwachting minder kunstmest per hectare geven.

In eerste instantie is geprobeerd om de kunstmestgift per hectare grasland (NHAGR) te verklaren uit de intensiteit van het bedrijf. De verklarende variabele "grootveeëenheden per hectare" leverde geen bijdrage aan het verklaren van verschillen in kunstmestgift per hectare tussen de bedrijven ($R^2=0.00$). Het "melkquotum per hectare" leverde ook een lage verklaringsgraad ($R^2=0.10$) indien deze variabele alleen werd opgenomen in de regressievergelijking 1):

$$\text{NHAGR} = 0,008062 * \text{QUOTUMHA} + 246$$

(2,2) (5,2)

$$R^2 = 0.10$$

$$n = 39 \text{ (1988)}$$

waarbij

QUOTUMHA = kg melkquotum per hectare grasland en voedergewassen

n = aantal waarnemingen

R2 = adjusted coëfficiënt of determination

Toevoeging van het staltype leverde de volgende vergelijking:

$$\text{NHAGR} = 0,004073 * \text{QUOTUMHA} + 76 * \text{STAL} + 242$$

(1,1) (2,2) (5,3)

$$R^2 = 0,18$$

$$n = 39$$

waarbij STAL=1 indien een ligboxenstal aanwezig is en STAL=0 bij een grupstal.

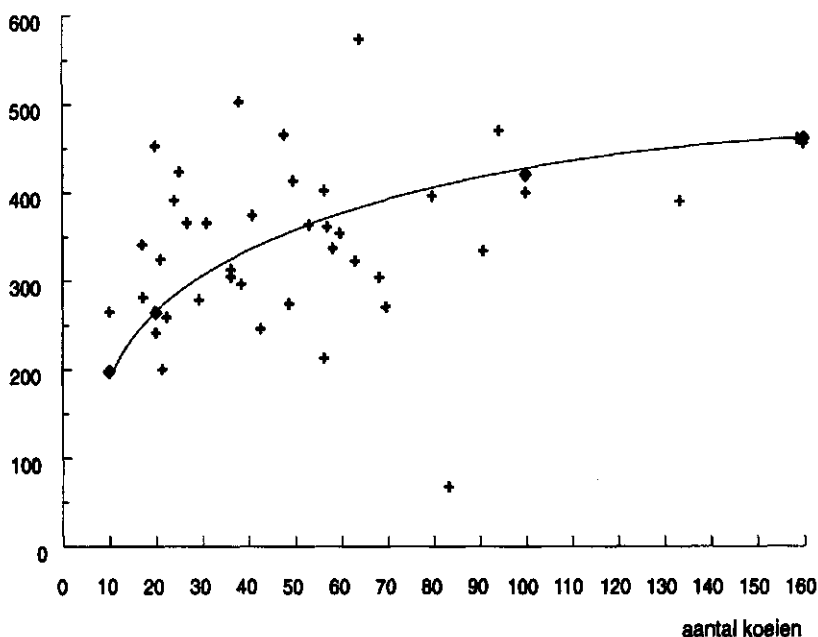
Door de hoge correlatie tussen QUOTUMHA en STAL ($r(\text{QUOTUMHA}, \text{STAL}) = 0.47$) verschuift in de laatste relatie een deel van het effect dat eerst werd toegeschreven aan QUOTUMHA naar STAL. Dat is in het algemeen een probleem bij het opnemen van gecorreleerde variabelen in een regressievergelijking: het afzonderlijke effect van een bepaalde variabele is niet meer te bepalen.

De melkgift per koe (MELKPK) blijkt sterker met de kunstmestgift per hectare (NHAGR) samen te hangen dan het quotum per hectare ($R^2 = 0.23$) maar deze twee verklarende variabelen zijn onderling gecorreleerd. Verder is er een lichte samenhang met het beweidingssysteem.

1) Tussen haakjes de t-waarden.

Verdere analyse van de gegevens in het LEI-boekhoudnet leert dat de bedrijfs grootte - uitgedrukt in het aantal koeien per bedrijf - de enige factor is die een aanzienlijk deel van de variatie in de kunstmestgift per hectare grasland kan verklaren. Het is weliswaar de vraag in hoeverre hier sprake is van een zelfstandige factor, omdat de bedrijfs grootte ook samenhangt met de melkgift per koe, het quotum per hectare, het staltype en het beweidingssysteem. Maar als "vangvariabele voor de verklaring" van de kunstmestgift per hectare is de bedrijfs grootte een goede maat. Het blijkt dat de kunstmestgift per hectare vrij sterk toeneemt als het bedrijf groter wordt, maar dat deze toename minder wordt naarmate de bedrijven groter worden (zie figuur B1).

kunstmestgift



Figuur B.1 Waarnemingen en de geschatte relatie van de stikstofkunstmestgift per hectare (kg/ha) grasland in relatie tot het aantal koeien op per bedrijf

Een logaritmisch verband tussen de kunstmestgift en aantal koeien lijkt meer voor de hand te liggen dan een lineair verband.

Op basis van gegevens voor 1988 is het volgende verband geschat:

$$\text{NHAGR} = 97,2 * \ln (\text{KOEIEN}) - 26,0$$

(4,0) (0,3)

$$R^2 = 0,28$$

$$n = 39$$

waarbij KOEIEN staat voor het gemiddeld aantal aanwezige melkkoeien tijdens het boekjaar. Deze vergelijking is voorlopig in het stofstromenmodel opgenomen. Hoewel daarmee natuurlijk geen theoretische onderbouwing van het feitelijke gedrag van de boer is gegeven, geeft deze vergelijking wel op een eenvoudige manier aan wat er in de praktijk gebeurt. Het alternatief voor het opnemen van deze vergelijking in het model, is uitgaan van een constante kunstmestgift per hectare grasland. Er is echter de voorkeur gegeven aan een enigszins kunstmatige relatie die tenminste nog iets van de verschillen tussen de bedrijven in beschouwing neemt.

Voor bouwland is wel een constante N-gift per hectare verondersteld, namelijk van 90 kg per hectare (zie tabel B1.1). Het gaat hier om een relatief kleine oppervlakte (voornamelijk mais) en geringe giften per hectare. Voor P en K is een gift van 35 kg per hectare aangenomen, ongeacht het gewas.

Analyses voor andere jaren en ook voor het totale zandgebied in Nederland, laten ongeveer dezelfde resultaten zien. Er zijn nauwelijks bedrijfsspecifieke kenmerken te vinden die een duidelijke relatie met de kunstmestgift per hectare hebben. De bedrijfsgrootte is meestal de "beste" grootheid voor de verklaring van de N-kunstmestgift.

Een kanttekening die verder nog gemaakt moet worden, is dat de analyse alleen is uitgevoerd op sterk gespecialiseerde melkveebedrijven. Gezien de aantallen varkens en kippen op deze bedrijven, was de invloed van de aanwezigheid van deze dieren (en van bijbehorende mestproductie) op de kunstmestgift niet significant aan te tonen. Waarschijnlijk is deze invloed op bedrijven met een groter aandeel intensieve veehouderij wel aanwezig.

Indien het stofstromenmodel in de toekomst uitgebreid wordt naar andere bedrijfstypen, dan zal moeten worden gezien of er één algemene kunstmestgift-relatie gehanteerd moet worden - waarin dan ook de invloed van de intensieve veehouderij wordt meegenomen, of dat er per bedrijfstype een specifieke relatie geldt.

B.1.3 Conclusies

Voor de bepaling van de kunstmestgift per hectare grasland is gekozen voor de berekening via een "impliciete gedragsrelatie" en niet voor een expliciete optimalisatie waarin een technisch/economisch optimum per bedrijf wordt bepaald. Op basis van LEI-boekhoudnetgegevens is een verband tussen de bedrijfsgrootte en de kunstmestgift per hectare gelegd. Daarmee wordt slechts 30% van de variatie tussen bedrijven verklaard, maar daarmee wordt de werkelijke kunstmestgift per hectare per bedrijf wel beter benaderd dan met een constante gemiddelde kunstmestgift, of met een normatieve kunstmestgift. Analyse op basis van gegevens uit 1987 of 1989 levert dezelfde conclusies als analyse op basis van 1988. In verband met wisselende weersomstandigheden is het wellicht goed om in de toekomst ook de invloed van het weer op de kunstmestgift in kaart te brengen. Schatting op basis van gegevens voor alle zandgebieden in Nederland ondersteunen de conclusies die voor Gelderland zijn getrokken.

Bijlage 2 Verschillen in de berekende en werkelijke kVEM-opbrengsten

In hoofdstuk 3 is het model geijkt door de gemiddelde netto voer-aankopen (in kVEM) in het model gelijk te maken aan die in het LEI-boek-houdnet. Dat is gedaan door alle bedrijven dezelfde correctie-factoren aan te brengen (5% minder grasproduktie, 18% gewasverliezen in plaats van 15%, 2,5% grotere voergift).

De mogelijkheid bestaat echter dat de verschillen tussen de berekende en de werkelijke netto 1) Kvem-opbrengsten per hectare en voer-giften per dier, verband houden met bepaalde bedrijfskenmerken. Deze bijlage gaat na in hoeverre er aanwijzingen zijn voor dergelijke verban-den op het punt van de kVEM-opbrengsten.

In tabel B2.1 staan de verschillen tussen de berekende netto kVEM-produktie per hectare in het model en de "werkelijke" netto kVEM-produk-tie (in de LEI-boekhouding). Onder de "werkelijke" kVEM-produktie wordt de produktie verstaan die er moet zijn geweest, indien de voederbehoefte zou overeenkomen met die in het model en uitgegaan wordt van de geregis-treerde krachtvoergift en de ruwvoeraankopen in het boekhoudnet. Dat wil zeggen: er wordt voor het gemak verondersteld dat alle verschillen tus-sen model en praktijk bij de gras- en maisproduktie liggen en niet bij de voeding.

De resultaten in deze tabel moeten met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Enerzijds omdat het gaat om kleine aantallen be-drijven, anderzijds omdat alle verschillen worden toegerekend aan de ge-wasproduktie. Het verschil van -4% bij ligboxenstalbedrijven en dat van +12% bij grupstalbedrijven kan bijvoorbeeld te maken hebben met het meer "boven de norm" voeren door ligboxenbedrijven dan door grupstalbedrij-ven, en niet (alleen) met de gewasproduktie.

Het negatieve verschil bij het B4-beweidingsstelsel hangt samen met dat bij ligboxenstallen. Opmerkelijk is dat - uitgaande van een identiek voedergiftpatroon bij alle bedrijven - bij het O4-stelsel ho-gere "werkelijke" netto gewasopbrengsten resulteren dan bij het B4-sys-teem. Overigens moet bedacht worden dat de cijfers in de tabel gemiddel-den zijn over mais en gras.

Er lijkt ook een verband te zijn tussen de netto gewasproduktie en de grondwatertrap. De produktie bij de lagere grondwaterstanden lijkt hoger te zijn dan in het model wordt aangenomen.

De modelberekeningen voor de bedrijven in vochtklassen met een groot vochtleverend vermogen lijken door het model te zijn overschat. In 1988 werd de hoogste netto kVEM-produktie behaald op bedrijven met een matig vochtleverend vermogen van de bodem.

Voor bedrijven die berekening toepassen is er sprake van een on-derschatting van de gewasproduktie. Dat is conform de verwachting.

1) Dat wil zeggen beschikbaar als voer (na aftrek van verliezen).

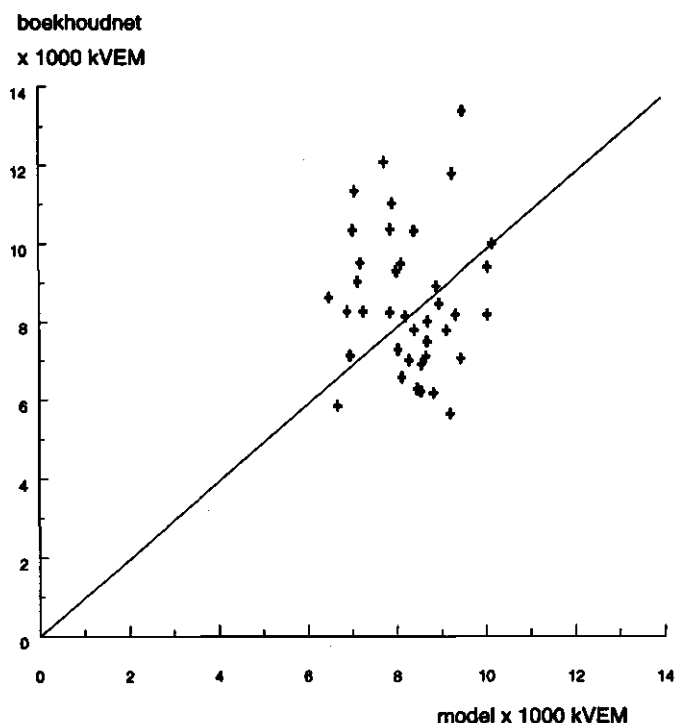
Nogmaals moet herhaald worden, dat alle berekeningen ervan uitgaan dat de voedergift goed gemodelleerd is in het model. Maar wanneer aangenomen zou mogen worden dat de voederstrategie op een bedrijf niet samenhangt met de onderzochte kenmerken (vochtklasse, grondwatertrap), dan geeft bovenstaande informatie wel degelijk aan in welke richting het model verbeterd zou kunnen worden.

Tabel B2.1 Verschillen in theoretische en werkelijke kVEM-productie per hectare (1988, 39 steekproefbedrijven)

Categorie bedrijven	kVEM-productie/ha		
	theoretische	werkelijke	verschil
1) Alle bedrijven	8.293	8.269	- 0%
2) Beweidingsstelsysteem			
Z	9.496	9.839	+ 4%
O4	7.873	8.195	+ 4%
B4	8.163	7.830	- 4%
3) Staltype			
Ligboxenstal	8.536	8.203	- 4%
Grupstal	7.553	8.472	+12%
4) Grondwatertrap			
Gt kode 1 I,II en II*	8.478	6.274	-26%
2 III,III*,V en V*	8.510	8.835	+ 4%
3 IV en VI	8.370	8.455	+ 1%
4 VII en VII*	7.537	9.159	+22%
5) Vochtleverend vermogen (mm)			
a) >200 mm.	8.609	7.567	-12%
b) 150-200 mm.	8.967	8.767	- 2%
c) 100-150 mm.	7.580	9.073	+20%
d) 50-100 mm.	6.916	7.811	+13%
6) Berekening			
a) geen berekening	8.436	7.983	- 5%
b) wel berekening	8.006	8.881	+11%

Voor de jaren 1987 en 1989 zijn dezelfde berekeningen uitgevoerd als voor 1988. Dat leidt tot ongeveer dezelfde conclusies als voor 1988. Het model geeft steeds een onderschatting voor grupstalbedrijven, voor bedrijven met een O4-beweidingssysteem, voor hoge grondwatertrappen, voor bedrijven met een laag vochtleverend vermogen en voor bedrijven die berekening toepassen. Vanwege verschillen in weersomstandigheden zijn de onder- en overschattingen in het ene jaar wat groter dan in het andere jaar.

In figuur B2.1 zijn de modelberekeningen en de "werkelijke" kVEM-gewasopbrengsten tegen elkaar uitgezet. Het is duidelijk dat - hoewel model en "werkelijkheid" gemiddeld aan elkaar gelijk zijn - er vrij grote verschillen voor de individuele bedrijven zijn te constateren. In een volgende fase van het stofstromen-project zal op basis van analyses zoals die in deze bijlage zijn beschreven, geprobeerd moeten worden om de modellering van de gewasproductie verder te ijken.



Figuur B2.1 Vergelijking tussen model en LEI-boekhoudnet van de netto kVEM-productie per hectare gras en mais

Bijlage 3 Aankopen van ruwvoer volgens het LEI-boekhoudnet

Voor enkele recente boekjaren is voor de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in het Gelderse zandgebied onderzocht wat de omvang en de samenstelling is van het aangekochte ruwvoer. Per jaar zijn er waar-

Tabel B3.1 Aangekocht ruwvoer gemiddeld per bedrijf (kg *) naar soort en jaar voor de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten

Soort ruwvoer	Jaar				
	1985	1986	1987	1988	1989
Snijmais	38.816	51.106	41.796	24.136	25.296
Natte vezels	46.144	12.735	3.335	11.322	18.998
Natte bostel	13.728	17.210	17.608	12.246	15.607
Hooi	5.886	6.225	3.230	2.393	2.334
Gras	10.044	7.579	4.237	5.229	2.378
Graskuil	115	3.847	0	264	60
Bietenblad	2.473	471	0	713	2372
Voeraardappelen	300	1.341	14.375	7.963	0
Perspulp	12.161	9.256	14.933	9.545	15.237
Overig	6.599	4.353	3.636	1.081	2.711

*) Voor mais en gras kg. droge stof.

Tabel B3.2 Aangekocht ruwvoer gemiddeld per bedrijf (kg *) naar soort en jaar voor de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven voor alle zandgebieden

Soort ruwvoer	Jaar		
	1987	1988	1989
Snijmais	31.747	25.864	21.880
Natte vezels	6.550	11.675	11.464
Natte bostel	18.468	16.400	13.215
Hooi	3.016	2.819	2.690
Gras	2.905	2.580	2.403
Graskuil	1.652	2.097	1.001
Bietenblad	0	159	966
Voeraardappelen	8.558	3.060	604
Perspulp	12.303	8.336	10.412
Overig	5.272	4.709	2.684

*) Voor mais en gras kg. droge stof.

nemingen voor circa 40 bedrijven die ruim 3.500 bedrijven in de populatie representeren. Ter vergelijking zijn ook cijfers over de bedrijven in alle zandgebieden weergegeven. Die zijn gebaseerd op ongeveer 200 steekproefbedrijven per jaar die gezamenlijk ruim 15.000 bedrijven representeren.

Bij het berekenen van de VEM- en vre-inhoud van het aangekochte ruwvoer (tabel B3.3 en B3.4) wordt uitgegaan van de volgende normen 1):

	VEM per kg	Zds	vre per kg
Snijmais (ds)	895	100	50
Hooi	630	83	83
Gras (ds)	800	100	104
Graskuil	400	40	60
Natte vezels	101	18	5
Natte bostel	216	22	15
Bietenblad	141	16	19
Voeraardappelen	231	22	13
Perspulp	208	20	12
Wortelen	129	18	7
Graanstro	400	85	6
Erwtendoof	100	25	22
Maïsglutenvoer	442	43	64

De VEM- en vre-gehalten zijn die welke gebruikt worden in het LEI-voederanalyseprogramma "WIELING" voor de deelnemers aan het LEI-boekhoudnet. De droge-stofpercentages zijn ontleend aan Daatselaar (1990).

Tabel B3.3 Samenvatting ruwvoeraankopen 1987-1989 gemiddeld per bedrijf van de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten

Jaar	Aankoop ruwvoer (kg b))	Idem (ds)	Prijs per kg ds	% mais (ds)	VEM- waarde a)	vre- waarde	VEM/ vre
1987	103.150	61.776	0,34	68	880 (850)	71	12
1988	74.892	41.987	0,28	57	842 (771)	69	12
1989	84.993	41.082	0,30	62	864 (813)	69	13

a) Tussen haakjes de VEM-waarde van het ruwvoer exclusief mais; b) Bij mais en gras gaat het om kg. droge stof.

1) Bij mais en gras gaat het om kg. droge stof.

Tabel B3.4 Samenvatting ruwvoeraankopen 1987-1989 gemiddeld per bedrijf van de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in alle zandgebieden

Jaar	Aankoop ruwvoer (kg b))	Idem (ds)	Prijs per kg ds	% mais (ds)	VEM- waarde a)	vre- waarde	VEM/ vre
1987	90.470	50.149	0,34	63	872 (833)	73	12
1988	77.700	41.845	0,29	62	863 (812)	73	12
1989	67.320	35.611	0,28	61	864 (815)	71	12

a) Tussen haakjes de VEM-waarde van het ruwvoer exclusief mais; b) Bij mais en gras gaat het om kg. droge stof.

Tabel B3.5 De nutriëntinhoud (%) van het aangekochte ruwvoer voor sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten

Jaar	N	P	K
1987	2,77	0,38	1,53
1988	3,10	0,43	1,57
1989	2,82	0,35	1,15

Tabel B3.6 De nutriëntinhoud (%) van het aangekochte ruwvoer voor sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in alle zandgebieden

Jaar	N	P	K
1987	2,77	0,38	1,38
1988	2,92	0,40	1,37
1989	2,82	0,36	1,33

Daaraan zijn ook de N-, P- en K-gehalten van de verschillende soorten ruwvoer ontleend, op basis waarvan de gemiddelde nutriëntinhoud van het aangekochte ruwvoer kan worden bepaald (tabel B3.5 en B3.6).

Bijlage 4 Vergelijking van twee graslandmodellen

In deze bijlage worden de uitkomsten van het graslandmodel van het stofstromenproject vergeleken met die van het model ANIMO van het Staringcentrum. Het model dat voor het stofstromenproject gebruikt wordt, is het model GRASMOD van G. van de Ven (CABO). Dit model is aangepast aan de eisen en vraagstelling van het stofstromenproject; wanneer hier sprake is van het model GRASMOD wordt deze aangepaste versie bedoeld. Beide modellen berekenen de N-opname en de N-emissie door vervluchtiging, uitspoeling en denitrificatie. Met beide modellen is een voorbeeldberekening uitgevoerd, waarbij getracht is dezelfde invoergegevens te gebruiken. Allereerst worden de resultaten van deze berekeningen gepresenteerd, waarna de verschillen die aanwezig zijn tussen de invoergegevens en tussen de resultaten besproken worden.

Voorbeeldberekening met het model GRASMOD

Invoergegevens:

- Beperkt omweiden met mais en krachtvoergift op stal.
- Injectie van drijfmest, 31 ton of 156 kg N/ha/jaar.
- Kunstmestgift 315 kg N/ha/jaar.
- Melkproductie 6.500 kg/koe/jaar.
- Depositie 44 kg N/ha/jaar.
- Vochtleverend vermogen 175 mm.
- Stikstof ten gunste van mineralisatie 180 kg/ha/jaar.

Tabel B4.1 Stikstofbalans voor grasland (kg/ha)

Input		Output	
Bodemleverantie	180	Opname door plant	466
Depositie	44	Nitraatuitspoeling	90
		Ammoniakemissie	25
Drijfmestgift	156	Denitrificatie	55
Kunstmestgift	315	Vorraadvorming	291
Weidemest	169		
Weideverlies	63		
Maasiverlies	0		
Totaal	927	Totaal	927

Voorbeeldberekening met het model ANIMO.

Invoergegevens:

- Beperkt omweiden met mestuitscheiding van ca 90 kg N/ha.jaar.
- Injectie van drijfmest, 156 kg N/ha.jaar.
- Kunstmestgift 315 kg N/ha.jaar.
- Depositie 44 kg N/ha.jaar.

- Vervluchtiging 25 kg N/ha.jaar.
- Grondwatertrap 6.

Input		Output	
Depositie	44	Gewasopname	463
Gewasverl + min	117	Uitspoeling	83
Kunstmest	315	Vervluchtiging	25
Drijfmest	156	Denitrificatie	151
Mestuitscheiding	90		
Totaal	722		722

Verskil tussen GRASMOD en ANIMO

Verskil in invoergegevens:

GRASMOD voert de melkkoeien op stal bij met mais en krachtvoer, dit geeft een extra N-input. Ook ANIMO zal de dieren 's nachts te eten moeten geven, maar er is niet aangegeven of dit met mais of gras gebeurt. Deze input van stikstof staat tegenover een output van stikstof in de drijfmest die in de stal achterblijft.

GRASMOD geeft aan hoeveel N via mineralisatie vrij komt en hoeveel er weer vastgelegd wordt in het surplus. ANIMO beschouwt de gewasverliezen (+min) als input. Dit is waarschijnlijk het nettoresultaat van mineralisatie en vastlegging.

ANIMO rekent voor een Gt 6, terwijl GRASMOD de denitrificatie en uitspoeling van de wortelzone berekent, min of meer onafhankelijk van de Gt. De som van uitspoeling en denitrificatie behoren vergelijkbaar te zijn.

Verskil in de resultaten van de berekening

Het surplus van GRASMOD bestaat uit vastlegging in wortels en stoppels en het organische gedeelte van drijfmest en mestflatten. Het surplus is 111 kg N/ha.jaar groter dan de mineralisatie ten gunste van de N in het organische gedeelte van de drijfmest (63 kg) en van de mestflatten (44 kg). De hoeveelheid organische stof, en de stikstofvoorraad, neemt dus toe bij dit bemestingsregime. De gewasopname berekend door beide modellen komt goed overeen. De mestuitscheiding bedraagt bij ANIMO 90 kg N/ha.jaar, terwijl GRASMOD berekent dat via urine en mest respectievelijk 103 en 44 kg N/ha.jaar terugkeert op het land (13% minder dan de hoeveelheid weidemest). De vervluchtiging die door ANIMO aangenomen wordt komt goed overeen met wat GRASMOD berekent. De som van denitrificatie en uitspoeling berekend door ANIMO is 90 kg N/ha.jaar groter dan berekend door GRASMOD. ANIMO berekent een grotere denitrificatie dan GRASMOD, terwijl de uitspoeling niet veel verschilt. Wat GRASMOD betreft

is de uitspoeling gebaseerd op gegevens van der Meer en Meeuwissen (1989), (zie ook Van der Meer, 1991) en is de denitrificatie geschat als 10 % van het verschil tussen N-aanbod in het profiel en N-opname door het gewas. Metingen in de bovengrond (Van der Meer, 1991) geven aan dat een grotere denitrificatie in de bewortelbare zone op zandgrond niet te verwachten is. De proeven waarop Van der Meer en Meeuwissen hun uitspoelingscurve baseren zijn uitgevoerd op goed ontwaterde zandgronden. De denitrificatie in de laag tussen de bewortelbare zone en een meter beneden maaiveld, waar de uitspoeling is gemeten, zal in deze proeven niet zo hoog geweest zijn dat dit het verschil in denitrificatie van GRASMOD en ANIMO kan verklaren.

Bijlage 5 Correctie van meetingsgegevens op basis van boekhoudnetinformatie

B.5.1 Inleiding

Het stofstromenmodel rekent op basis van informatie die ontleend is aan de meting. Deze telling geeft een goede indicatie van de gemiddeld tijdens een boekjaar aanwezige dieren en het bouwplan. Op sommige punten is de momentopname van de meting echter niet helemaal een afspiegeling van de situatie gemiddeld gedurende het er op volgende boekjaar. In deze bijlage worden cijfers uit het LEI-boekhoudnet (situatie gemiddeld tijdens het boekjaar) gelegd naast overeenkomstige cijfers uit de meting (situatie rond 1 mei aan het begin van het boekjaar).

B.5.2 Oppervlakte

De totale oppervlakte cultuurgrond die in het LEI-boekhoudnet geregistreerd werd, lag op de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in de Gelderse zandgemeenten in de boekjaren 1985-1989 gemiddeld 7% hoger dan de oppervlakte in de Landbouwtelling (zie tabel B5.1). Dat komt neer op 1 à 1,5 hectare per bedrijf. Met name de hoeveelheid grasland blijkt in de praktijk groter te zijn dan in de meting wordt geregistreerd.

Tabel B5.1 De verhouding (uitgedrukt in %) tussen de oppervlakte die in het LEI-boekhoudnet worden geregistreerd en de oppervlakte uit de Landbouwtelling (sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten)

Gewas	(Boek-)jaar				
	1985	1986	1987	1988	1989
Grasland	107	106	106	106	106
Maisland	111	120	110	121	99
Overig bouwland	217	32	85	56	110
Gehele bedrijf	108	107	107	107	105

De gemiddelde oppervlakte gras per bedrijf was in 1985 15,7 ha en in 1989 20,7 ha. Voor mais was dat respectievelijk 1,6 en 2,9 ha en voor overig bouwland 0,2 en 0,5 ha. De totale bedrijfsoppervlakte was in 1985 gemiddeld 18,6 hectare en in 1989 24,1 hectare.

Een mogelijke verklaring voor het verschil tussen LEI-cijfers en Landbouwtellingscijfers zou kunnen zijn dat er tijdens het boekjaar door de LEI-steekproefbedrijven grond wordt aangekocht waardoor de bedrijfs-

oppervlakte toeneemt. Tabel B5.2 wijst echter uit dat dit maar voor een deel het verschil verklaart, zeker indien wordt aangenomen dat de aan- en verkopen gemiddeld halverwege het boekjaar plaatsvinden.

Tabel B5.2 Gemiddelde aan- en verkopen van grond (in hectaren) (sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in het Gelderse zandgebied)

	Boekjaar		
	1987	1988	1989
Aankoop	0,5	0,4	0,8
Verkoop	0,0	0,3	0,5
Saldo aankoop	0,5	0,1	0,3

Voor het gehele zandgebied zijn vergelijkbare cijfers weergegeven in de tabellen B5.3 en B5.4. De gemiddelde bedrijfsgrootte (volgens het LEI-boekhoudnet) op de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven was in 1988 25,8 hectare, waarvan 21,3 hectare gras, 4,1 hectare mais en 0,4 hectare overig bouwland.

Tabel B5.3 De verhouding (uitgedrukt in %) tussen de oppervlakte die in het LEI-boekhoudnet worden geregistreerd en de oppervlakte uit de Landbouwtelling (zandgebieden in Nederland)

Gewas	(Boek-)jaar		
	1987	1988	1989
Grasland	104	103	105
Maisland	107	108	107
Overig bouwland	123	143	225
Gehele bedrijf	104	104	106

Het verschil tussen boekhoudnet en Landbouwtelling komt neer op ruim een hectare. Dat verschil wordt slechts gedeeltelijk verklaard door aankopen in de loop van het boekjaar (tabel B5.4).

Op grond van deze informatie is besloten om in het stofstromenmodel de invoergegevens van de Landbouwtelling te corrigeren door de oppervlakte grasland voor alle bedrijven met 6% te verhogen.

Tabel B5.4 Gemiddelde aan- en verkopen van grond (in hectaren) (sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in alle zandgebieden)

	Boekjaar		
	1987	1988	1989
Aankoop	0,4	0,8	0,9
Verkoop	0,0	0,3	0,2
Saldo aankoop	0,4	0,5	0,7

B.5.3 Dieren

In tabel B5.5 wordt aangegeven wat de verschillen tussen de Landbouwtelling en het LEI-boekhoudnet zijn met betrekking tot het aantal melk- en kalfkoeien. Gemiddeld blijken er ongeveer 3% minder koeien op de bedrijven aanwezig te zijn dan bij de registratie op 1 mei aan het begin van het boekjaar. Dat de verschillen geen administratieve oorzaak hebben wordt duidelijk uit het feit dat de aantallen op de beginbalans in het LEI-boekhoudnet (dus de aantallen per 1 mei) goed overeenstemmen met de Landbouwtellingsaantallen.

Een in de loop van de tijd dalend quotum bij een stijgende productie per koe, leidt tot een afnemende veestapel in de loop van de tijd. In de jaren 1985 t/m 1989 daalde het quotum per jaar met respectievelijk 1%, 0%, 6%, en 4%. Dat verklaart waarom het aantal koeien in het LEI-boekhoudnet met name in de jaren 1986 t/m 1988 lager ligt dan in de Landbouwtelling.

Tabel B5.5 Verhouding (uitgedrukt in %) tussen het aantal melkkoeien volgens de Landbouwtelling (MEI) en volgens het LEI-boekhoudnet (BKH) (gemiddeld (GEM), beginbalans(BB), eindbalans(EB)) (sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten)

	(Boek-)jaar				
	1985	1986	1987	1988	1989
Melkkoeien MEI	100	100	100	100	100
Melkkoeien BKH-GEM	99	94	97	97	100
Melkkoeien BKH-BB	100	102	100	99	98
Melkkoeien BKH-EB	97	91	96	94	99

In de huidige versie van het stofstromenmodel wordt uitgegaan van de aantallen koeien in de Landbouwtelling. Een correctie van 3% lijkt echter op zijn plaats voor 1988.

Ook voor andere diersoorten zijn Landbouwtelling en LEI-boekhoudnet met elkaar vergeleken. Evenals bij de melkkoeien zijn er verschillen te constateren, maar dan in de andere richting. Gemiddeld tijdens het boekjaar blijken er meer dieren op de bedrijven aanwezig te zijn dan op 1 mei in de Landbouwtelling wordt geregistreerd. Omdat het gaat om informatie op basis van een steekproef kan er voor een deel sprake zijn van toevallige verschillen, maar in het algemeen zijn de verschillen groter dan op grond van het toeval verwacht mocht worden. Gegevens voor het hele zandgebied ondersteunen de conclusie dat er gemiddeld meer dieren aanwezig zijn dan volgens de Landbouwtelling.

Tabel B5.6 Verhouding (uitgedrukt in %) tussen het aantal dieren volgens de Landbouwtelling en volgens het LEI-boekhoudnet (sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten)

Diersoort	(Boek-)jaar					Aantal in boekh.
	1985	1986	1987	1988	1989	
Kalveren	117	107	111	109	102	17,6
Pinken	107	105	97	104	101	14,9
Vaarzen	140	130	146	163	122	3,5
Stieren (>1 jr)	111	57	67	40	98	0,5
Vleesvee (0-2jr)	67	101	77	123	201	2,7
Vleesvarkens	100	107	85	159	99	40,0

Naast de genoemde verschillen is er nog een ander punt van belang bij het gebruik van de gegevens van de Landbouwtelling voor het stofstromenmodel. Dat betreft de plaats waar de dieren gevoerd worden, namelijk op het eigen bedrijf of elders. Door in- en uitscharing en opfok van vee voor/door derden, kan het aantal dieren in eigendom en het aantal dieren op eigen land verschillen. In de voorgaande tabellen had het aantal dieren in het LEI-boekhoudnet betrekking op de aantallen in eigendom, in de Landbouwtelling gaat het om de aantallen dieren die op het bedrijf verzorgd worden, ongeacht de eigendom.

De volgende tabel geeft voor het totaal aantal grootveeëenheden aan in hoeverre er een verschil is tussen de verschillende maatstaven.

De tweede regel in de tabel geeft een samenvatting van de informatie uit de tabellen B5.5 en B5.6. De derde regel geeft aan dat er per saldo minder dieren op eigen land aanwezig zijn dan er in eigendom zijn. Een deel van deze dieren is echter alleen gedurende de weideperiode afwezig op het bedrijf (ingeschaard).

Vooralsnog worden de aantallen dieren uit de Landbouwtelling niet aangepast op grond van de informatie uit het LEI-boekhoudnet. De verschillen zijn niet dermate groot dat de modeluitkomsten er sterk door beïnvloed worden.

Tabel B5.7 Verhouding (uitgedrukt in %) tussen het aantal grootveeëenheden (gve) in de Landbouwtelling en dat in het LEI-boekhoudnet (eigendom en op eigen land) (sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Gelderse zandgemeenten)

	(Boek-)jaar				
	1985	1986	1987	1988	1989
Landbouwtelling	100	100	100	100	100
LEI-in eigendom	100	96	96	98	101
LEI-op eigen land	97	94	94	97	97

Bijlage 6 . Bruikbaarheid van quotumgegevens als invoer voor het stofstromenmodel

Zoals beschreven in paragraaf 4.2.2 is van 90,7% van de 3919 bedrijven in de populatie een cijfer bekend over het melkquotum in melkjaar 1988/1989.

Op deze bedrijven is het gemiddelde quotum 204.355 kg melk. Volgens de metelling kwamen er op deze bedrijven 37.143 melk- en kalfkoeien voor. Dat zou betekenen dat het gemiddelde melkquotum per koe 5.502 kg is. Dat lijkt aan de lage kant. Bij nader onderzoek blijkt dat op 18% van de bedrijven een quotum per koe van minder dan 4.000 kg melk is geregistreerd in de gebruikte databestanden, en 10% van de bedrijven heeft zelfs een quotum dat lager is dan 3.500 kg. Dat betekent waarschijnlijk dat voor een deel van de bedrijven de quotumgegevens in het databestand niet correct zijn. Gemiddeld over alle bedrijven met een quotum van meer dan 4.000 kg melk per koe, is het quotum per koe 5.786 kg l).

Het LEI-boekhoudnet biedt de mogelijkheid om de bruikbaarheid van de cijfers in het quota-bestand te beoordelen. In het boekhoudnet wordt namelijk ook de hoogte van het quotum vastgelegd. Het blijkt dat voor 1988 de gegevens in het LEI-boekhoudnet precies overeenkomen met die in het quotabestand, voor de bedrijven die voorkomen in het quotumbestand. Gemiddeld is er een quotum van 259.590 kg per bedrijf, wat bij 44,3 koeien in de metelling neerkomt op 5.860 kg per koe. Op basis van het gemiddeld aantal koeien gedurende het boekjaar in het boekhoudnet (42,7 koeien) komt dit neer op 6.080 kg per koe.

Wordt gekeken naar de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in alle zandgebieden, dan zijn de verschillen tussen boekhoudnet en quota-bestand evenmin groot. Volgens het quotabestand zou er op de LEI-steekproefbedrijven gemiddeld 288.901 kg quotum zijn, terwijl het LEI-boekhoudnet uitkomt op 289.340 kg, waarbij slechts bij 2% van de bedrijven een verschil tussen beide bestanden is te signaleren. Bij gemiddeld 49,0 koeien volgens de metelling, impliceren deze cijfers een quotum per koe van respectievelijk 5.896 en 5.905 kg per koe. Wordt uitgegaan van het gemiddeld aantal koeien tijdens het boekjaar (48,2), dan komt het boekhoudnet op 5.990 kg per koe.

Op basis van de beschikbare informatie lijkt het er op dat het quota-bestand i.h.a. een goede informatiebron is om het melk-productie-niveau per bedrijf te schatten. Voor de bedrijven met een geregistreerd quotum van minder dan 4.000 kg per koe in de metelling, lijkt het beter om niet uit te gaan van dit cijfer. Voor deze bedrijven wordt daarom uitgegaan van een quotum van 6.000 kg per koe.

-
- 1) De quota-gegevens zijn indertijd door het LEI verkregen door de registratienummers uit de Landbouwtelling te koppelen aan de registratienummers van het Produktschap voor Zuivel. Omdat de definitie van een bedrijf niet uniek is, kan de koppeling nooit perfect plaatsvinden.