DRASTISCHE VERBETERING VAN DE NUTRIËNTENBENUTTING IN DE DIERLIJKE PRODUKTIE

NRLO-rapport nr. 94/3

TNO VOEDING
BIBLIOTHEEK
01 FEB. 1996
ZEIST

Door:
E.R. Boons-Prins en H.G. van der Meer, AB-DLO, Wageningen
J. Sanders, AVEBE, Foxhol
S. Tamminga, LU-Vakgroep Veevoeding, Wageningen
F. van Vugt, NRLO (tot 01-01-1995); daarna: J.G. de Wilt

Nationale Raad voor
Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 20401
2500 EK Den Haag
tel.: 070-3793653/3793694

januari 1996

Voorwoord

Het mest- en ammoniakonderzoek heeft in het afgelopen decennium een aantal mogelijkheden opgeleverd om de verliezen van mineralen naar het milieu te beperken. Met het oog op de verdere ontwikkeling van de veehouderij is het noodzakelijk om de gedachtenvorming te stimuleren over nieuwe produktieconcepten met een aanzienlijk efficiëntere benutting van mineralen. De dierlijke produktie kan daarbij worden beschouwd als onderdeel van een bioconversieproces, dat ook andere sectoren van de landbouw omvat. De analyse van stofstromen en de ermee verbonden energetische aspecten kan nieuwe inzichten opleveren in de mogelijkheden om de efficiëntie van het proces significant te verhogen. Met dit doel is in 1992 door de NRLO-sectorkamer Dierlijke Produktie, Gezondheid en Welzijn besloten tot de uitvoering van deze studie.

De studie, die is uitgevoerd door het AB-DLO in samenwerking met AVEBE, LU-Vakgroep Veevoeding en NRLO, bevat een schat aan kwantitatieve gegevens over de stromen van N, P en C in de Nederlandse landbouw en te verwachten effecten van diverse maatregelen. Voorts worden voorstellen gedaan voor onderzoek om overschotten op de mineralenbalans verder terug te dringen.
Bereikte resultaten en lopend onderzoek worden hiermee in perspectief geplaatst en tevens worden accenten voor toekomstig onderzoek gelegd. Tesamen met de NRLO-studie 93/5 met betrekking tot de prioriteiten in het stofwisselingsfysiologisch onderzoek kan dit rapport een nieuwe impuls geven aan het onderzoek ter verhoging van de efficiëntie van de dierlijke produktie in termen van emissiebeperking.

De resultaten van deze studie worden ter discussie gesteld in een workshop met vertegenwoordigers van overheid, bedrijfsleven, maatschappelijke organisaties en onderzoekinstellingen. Ik hoop dat dit rapport allen die betrokken zijn bij het landbouwkundig onderzoek tot vruchtbare ideeën zal stimuleren om te komen tot een drastische verhoging van de efficiëntie van de nutriëntenbenutting in de dierlijke produktie.

Dr.Ir. A.P. Verkaik,
Directeur Bureau NRLO.

Inhoudsopgave

pagina

Samenvatting en conclusies

1 Inleiding 1

1.1 Probleemstelling 1
1.2 Aanpak van het probleem 2
1.2.1 Afbakening van het onderwerp 2
1.2.2 Element-balansen van de Nederlandse landbouw 4
1.2.3 N-, P- en C-balans per veehouderijsector 6
1.2.4 Prioriteitsstelling tussen N, P en C bij de aanpak van efficiëntie-verbetering 9

2 Acties ter beperking van het fosforoverschot 11

2.1 P-actie 1: Vervangen van kunstmest-P door P uit dierlijke mest 11
2.1.1 Effect van vervanging van kunstmest-P door P uit dierlijke mest op de P-balans 12
2.2 P-actie 2: Verminderen van de P-uitscheiding door varkens en pluimvee 12
2.2.1 Effect van een maximale vermindering van de P-uitscheiding door varkens en pluimvee op de P-balans 13
2.3 P-actie 3: Verminderen van de P-aanvoer via reductie van het P-gehalte van geïmporteerd mengvoer voor rundvee 15
2.3.1 Effect op de P-balans van vermindering van de P-aanvoer via reductie van het P-gehalte van geïmporteerd mengvoer voor rundvee 16
2.4 Totaal effect van de 3 P-acties op de P-balansen 18
2.5 Effect van de P-acties op de N-balans 20
2.5.1 Effect van P-actie 1 op de N-balans 20
2.5.2 Effect van P-actie 2 op de N-balans 20
2.5.3 Effect van P-actie 3 op de N-balans 20
2.6 Effect van de P-acties op organisch gebonden C en C in fossiele energie 21

3 Technologieën voor fosfor 23

3.1 Technologieën P-actie 1: Vervangen van kunstmest-P door P uit dierlijke mest 23
3.1.1 Snelle bepalingsmethode van de bemestingswaarde 24
3.1.2 Verbetering van de toedieningstechnieken 25
3.1.3 Optimaliseren van de mestsamenstelling 25
3.1.4 Voorkomen of beperken van verontreinigingen 25
3.2 Technologieën P-actie 2: Verminderen van de P-uitscheiding door varkens en pluimvee 26
3.2.1 Nauwkeurig vaststellen van de P-behoefte en de voeding daarop afstemmen 27
3.2.2 Toepassen van fytase in de praktijk 27
3.2.3 Keuze van mengvoedergrondstoffen 27
3.3 Technologieën P-actie 3: Verminderen van de P-aanvoer met geïmporteerd mengvoer voor rundvee 28
3.3.1 De P-behoefte voor rundvee nauwkeurig vaststellen en op de norm voeren 28
3.3.2 Voorzien in de P-behoefte van rundvee met inlandse voeders. 29
3.4 Aanvullende technologieën voor fosfor 31

4 Acties ter beperking van de stikstofverliezen 31

4.1 N-actie 1: Verbeteren van de benutting van N uit dierlijke mest 33
4.1.1 Effecten van verbetering van de benutting van N uit dierlijke mest 33
4.2 N-actie 2: Verminderen van de ammoniakvervluchtiging uit stallen 34
4.2.1 Vermindering van de ammoniakvervluchtiging uit stallen 35
4.3 N-actie 3: Verminderen van de uitscheiding van N in mest en urine 36
4.3.1 Effecten van aanpassingen in de stallen en vermindering van de N-uitscheiding in mest en urine op de ammoniakemissie 37
4.4 N-actie 4: Verminderen van de nitraatuitspoeling met handhaving van een hoge plantaardige produktie 39
4.5 N-actie 5: Vergroten van de bijdrage van binnenlandse voeders aan de eiwit- en de P-voorziening van de veestapel 40

5 Technologieën voor stikstof 43

5.1 Technologieën N-actie 1: Verbeteren van de benutting van N uit dierlijke mest 43
5.1.1 Snelle bepalingsmethode van de bemestingswaarde 44
5.1.2 Emissiebeperking bij toediening 44
5.1.3 Toediening in het voorjaar 45
5.1.4 Verbeteren van de benuttingswaarde van de N in dierlijke mest 45
5.1.5 Verwijderen van het P-overschot uit dierlijke mest 46
5.2 Technologieën N-actie 2: Vermindering van de ammoniakvervluchtiging uit stallen 46
5.3 Technologieën N-actie 3: Verminderen van de uitscheiding van N in mest en urine 46
5.4 Technologieën N-actie 4: Verminderen van de nitraatuitspoeling met handhaving van een hoge plantaardige produktie 47
5.4.1 Systemen en hulpmiddelen voor perceelsgericht N-management 48
5.4.2 Gedifferentieerde bemesting 48
5.4.3 Verbeteren van de opnamecapaciteit (voor N en P) van gewassen 48
5.4.4 Gebruik van wintergewassen 49
5.5 Technologieën N-actie 5: Vergroten van de bijdrage van binnenlandse voeders aan de eiwit- en de P-voorziening van de veestapel. 49
5.5.1 Fractioneren van ruwvoeders voor eiwitwinning 49
5.5.2 Vergroten van het gehalte aan en de extraheerbaarheid van nuttige stoffen in planten 50
5.5.3 Verbeteren van de eiwitbestendigheid in ruwvoer 50
5.5.4 Verlagen van de gehalten aan antinutritionele factoren in voer 50

Literatuur 51

Bijlagen

Samenvatting en conclusies

Doel van deze studie was na te gaan welke mogelijkheden er zijn voor een drastische verbetering van de efficiëntie van de nutriëntenbenutting in de dierlijke produktie en welk onderzoek en technologie-ontwikkeling daarbij nodig is.
Een uitgangspunt bij de gekozen benadering is, dat het niet zo veel zin heeft bij analyse van de efficiëntie van nutriëntenbenutting in de dierlijke produktie, uitsluitend naar het vee te kijken. Immers voederproduktie en benutting van dierlijke mest vormen wezenlijke aspecten van de nutriëntenbenutting in de dierlijke produktie. Meer dan 60 % van het landbouwareaal in Nederland wordt gebruikt voor voederproduktie. Voor de produktie van de geïmporteerde mengvoedergrondstoffen zal nog een aanzienlijk groter areaal nodig zijn. Om alle in dierlijke mest uitgescheiden nutriënten goed te kunnen benutten, is het totale Nederlandse landbouwareaal nodig. Vooral daarom is bij de analyse van de efficiëntie van de nutriëntenbenutting in de dierlijke produktie in eerste instantie de gehele Nederlandse landbouw in beschouwing genomen. Dat is gedaan door het opstellen van N-, P- en organisch C-balansen van de gehele landbouw (Tabellen 1, 2 en 3). De overschotten op deze balansen geven een indicatie van de milieubelasting door de landbouw. Vervolgens zijn balansen van de belangrijkste diergroepen (graasvee, varkens en pluimvee) opgesteld, die een schatting leveren van de uitscheiding van N, P en organisch C in mest en urine (Tabellen 4, 5 en 6). Als uitgangsjaar is 1989 gekozen, omdat er van dat jaar veel informatie beschikbaar was en omdat er nog weinig verbeteringen in het nutriëntenmanagement waren doorgevoerd.

Om de emissie van nutriënten uit de landbouw tot een acceptabel niveau te beperken, heeft de overheid verschillende wettelijke maatregelen getroffen. Deze betreffen vooral de dosering van dierlijke mest (P-normen), het tijdstip van mesttoediening (uitrijverbod) en de methode van mesttoediening (emissie-arm). Deze maatregelen kunnen tot een grote verbetering van de benutting van N en P leiden, als tegelijkertijd het gebruik van kunstmest wordt verminderd (paragrafen 3.1 en 4.1). Als dat niet gebeurt, worden de verliezen verplaatst. De N- en P-balansen van de gehele landbouw geven een belangrijke indicatie van de ontwikkelingen op dit gebied. In deze studie vormen ze de basis om acties te formuleren om de N- en P-overschotten en -emissies gericht te beperken.

Uit Tabel 2 blijkt dat het P-overschot in de landbouw sterk bepaald wordt door de aanvoer van P in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen. Het N-overschot daarentegen wordt in ongeveer gelijke mate bepaald door import van mengvoeders en gebruik van kunstmest (Tabel 1). Aangezien de nutriëntenstromen via voerimporten waarschijnlijk veel moeilijker te verminderen zijn dan die via kunstmest, is in deze studie prioriteit gegeven aan acties om het P-overschot te beperken. Bij de acties om het P-overschot en de N-verliezen te verminderen, is uitgegaan van de volgende principes:

- zoveel mogelijk in de eiwit- en P-behoefte van de gewassen voorzien met dierlijke mest;
- zoveel mogelijk in de eiwit- en P-behoefte van de veestapel voorzien met in Nederland geproduceerde voeders.

Daarnaast moeten sommige stromen verkleind worden, zoals de aanvoer van P in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen en voederfosfaat en het totale N-bemestingsniveau.

Ter beperking van het P-overschot in de Nederlandse landbouw worden de volgende acties voorgesteld:
P-actie 1: Vervangen van kunstmest-P door P uit dierlijke mest. De dierlijke mest in Nederland bevat meer dan voldoende P om alle kunstmest-P te vervangen (Tabel 19). De potentiële vermindering van het P-overschot door deze actie is 38 mln kg per jaar.

P-actie 2: Verminderen van de P-uitscheiding door varkens en pluimvee. Dit is van groot belang omdat deze produktietakken niet grondgebonden zijn en vrijwel alle mest moeten afzetten waarbij de P-normen steeds beperkender worden. Maatregelen die de benutting van P door varkens en pluimvee verbeteren, kunnen de aanvoer van P in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen en voederfosfaat naar schatting met 22 mln kg per jaar verminderen. Het overschot op de P-balans daalt dan met dezelfde hoeveelheid.
P-actie 3: Verminderen van de P-aanvoer via reductie van het P-gehalte van geïmporteerd mengvoer voor rundvee. De gevolgen hiervan kunnen gedeeltelijk ondervangen worden door een grotere bijdrage van ruwvoer in de P-voorziening van de rundveestapel. Het potentiële effect van deze actie op het P-overschot is geschat op 12 mln kg per jaar.

Volledige uitvoering van deze P-acties verlaagt het overschot op de P-balans van de landbouw van 86 mln naar 14 mln kg per jaar. De kennis en technologieën hiervoor zijn voor een belangrijk deel beschikbaar (Hoofdstuk 3). Aanvullend onderzoek is vooral nodig om de acties aantrekkelijker te maken en problemen bij introductie in de praktijk op te lossen. In paragraaf 3.4 worden nog aanvullende acties en technologieën genoemd om het P-overschot verder te verminderen.

Ter beperking van de N-verliezen in de landbouw worden de volgende acties voorgesteld:
N-actie 1: Verbeteren van de benutting van N uit dierlijke mest. Door niet te grote hoeveelheden mest (op P-evenwicht afgestemde gift) emissie-arm in de eerste helft van het groeiseizoen toe te dienen, kan naar schatting 155 mln kg kunstmest-N per jaar bespaard worden (paragraaf 4.1). Om dit te bereiken dienen echter wel technieken met een grote emissiereductie gekozen te worden (paragrafen 5.1.2 en 5.1.3) en het overblijvende P-overschot uit de mest verwijderd te worden (paragraaf 5.1.5).
N-actie 2: Verminderen van de ammoniakvervluchtiging uit stallen. Hierbij zal het om een combinatie van maatregelen op gebied van stalontwerp, stalinrichting, veevoeding en mestbehandeling moeten gaan. Vooral in de rundveehouderij is nog grote behoefte aan onderzoek en nieuwe technologieën.
N-actie 3: Verminderen van de uitscheiding van N in mest en urine. Aangezien uit deze studie blijkt dat er op nationaal niveau geen overschot aan N in dierlijke mest is (paragraaf 4.1), is vermindering van de N-uitscheiding door het vee pas interessant als die in belangrijke mate bijdraagt aan vermindering van de ammoniakvervluchtiging en nitraatuitspoeling. In de rundveehouderij zal de N-uitscheiding in mest en urine al flink verminderen door de noodzakelijke verlaging van het N-bemestingsniveau.

Naar schatting verlagen de N-acties 1, 2 en 3 de ammoniakemissie uit de landbouw van 202 mln naar 56 mln kg N per jaar (Tabellen 25 en 29) en het N-overschot van 694 mln naar 423 mln kg per jaar (Tabellen 1 en 30). Hierbij zal vooral de nitraatuitspoeling nog te hoog blijven. Daarom zijn nog 2 N-acties voorgesteld:
N-actie 4: Verminderen van de nitraatuitspoeling met handhaving van een hoge plantaardige produktie. Dit kan worden bereikt door het N-bemestingsniveau verder te verlagen en nieuwe technologieën te ontwikkelen die de benutting van de lagere giften verbeteren (paragraaf 5.4) waardoor de plantaardige produktie op peil blijft.
N-actie 5: Vergroten van de bijdrage van binnenlandse voeders aan de eiwit- en P-voorziening van de veestapel. Ook voor deze actie dienen bestaande technologieën verbeterd en nieuwe ontwikkeld te worden (paragraaf 5.5).

In deze studie is een aanzet gegeven om ook de C-balans in beschouwing te nemen. Dat is slechts voor de uitgangssituatie (1989) gedaan (Tabellen 3, 6 en 7). Het blijkt dat bij een aanvoer van 22267 mln kg organisch C en een verbruik van 3686 mln kg C uit fossiele brandstoffen de C-afvoer in produkten in 1989 slechts 5043 mln kg bedroeg. Er was te weinig tijd en expertise in de projectgroep om voor dit element de mogelijkheden tot verbetering van de efficiëntie te analyseren. Het zou nuttig zijn hier ook een studie aan te wijden.

In de voorliggende studie zijn de volgende onderwerpen geïdentificeerd voor ontwikkeling van nieuwe technologieën:

1. Verwijderen van het P-overschot uit dierlijke mest (paragrafen 3.1.3, 3.4 en 5.1.5).
2. Verminderen van de ammoniakemissie uit stallen (paragraaf 5.2).
3. Nieuwe bemestingssystemen en -apparatuur voor verbetering van de N- en P-benutting bij lagere bemestingsniveaus (paragrafen 5.4.1 en 5.4.2).
4. Ontwikkelen van gewassen die N en P effectiever opnemen (paragraaf 5.4.3).
5. Vergroten van de bijdrage van binnenlandse voeders aan de eiwit- en P-voorziening van de veestapel (paragraaf 5.5).

1 Inleiding

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek (NRLO). De NRLO heeft een tweeledige taak, te weten:

1. het verrichten van verkenningen van maatschappelijke, wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen;
2. het doen van voorstellen inzake onderzoek en ontwikkeling op haar werkterrein.

De NRLO richt zich naast wetenschappelijke verkenningen in het bijzonder op verkenningen van maatschappelijke ontwikkelingen. Dit zijn studies betreffende de strategische vraagstukken (kansen en bedreigingen) waarvoor de Nederlandse agri-business en het landelijke gebied zich in de komende decennia geplaatst zien. Daarbij worden in het bijzonder de mogelijke consequenties voor de strategie van het landbouwkundig onderzoek bezien. Voorliggende studie moet mogelijkheden aangeven voor een drastische verbetering van de efficiëntie van nutriëntenbenutting in de dierlijke produktie in Nederland en kritische technologieën voor die verbetering identificeren. Tevens moet aangegeven worden of het noodzakelijke onderzoek op korte (tot 5 jaar), middellange (5-10 jaar) of lange termijn (meer dan 10 jaar) toepasbare resultaten zal opleveren.

1.1 Probleemstelling

De Nederlandse agrarische sector en het landelijke gebied staan voor ingrijpende veranderingen (Anonymus, 1990). Zo zijn b.v. mogelijkheden voor schaalvergroting in de veehouderij de laatste jaren sterk beperkt door wettelijke maatregelen als melkquotering en mestwetgeving. Efficiëntieverhoging dient nu vooral te worden bereikt via een doelmatig gebruik van produktiemiddelen en een verbetering van de kwaliteit van het produkt. Kostprijsverlaging en kwaliteitsverbetering dienen te geschieden met inachtneming van de gevolgen voor milieu, produktveiligheid, gezondheid, welzijn en ethische aspecten (Anonymus, 1990).

Beperking van de milieubelasting vormt een kernpunt van de ontwikkeling van de veehouderij in de toekomst. Doelstellingen met betrekking tot de beperking van emissies van mineralen, CO_2 en andere broeikasgassen in de komende jaren leggen verdergaande beperkingen op deze bedrijfstak (Nationaal Milieubeleidsplan (VROM, EZ, LNV en V+W, 1989); Nationale milieuverkenning 2 (Maas, 1991); Nationale milieuverkenning 3 (RIVM, 1993)). Voor het behoud van een perspectiefvolle veehouderij is het van belang na te gaan op welke wijze efficiëntere produktie mogelijk is.
Deze studie richt zich vooral op de beperking van de emissies van de elementen stikstof (N) en fosfor (P). Daarnaast wordt het energiegebruik en de produktie van CO_2 en methaan in beeld gebracht. Beperking van emissies moet worden bereikt via minimalisering van de verliezen in de verschillende fasen van de agrarische produktie. Dit kan alleen als de agrarische produktie wordt gezien als een integraal bioconversieproces waarbij maximaal gebruik wordt gemaakt van kringloop en herbenutting van mineralen en efficiënt energiegebruik. Een belangrijke doelstelling van deze studie is het identificeren van technologieën die een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de vermindering van de emissies van mineralen en CO_2. Hierbij wordt weliswaar op deelprocessen gelet maar de problematiek wordt integraal benaderd, over de gehele produktiekolom en tussen produktiekolommen. Uitgangspunt van de studie is het zoveel mogelijk handhaven van het produktieniveau van 1989.

1.2 Aanpak van het probleem

Deze studie gaat over de mogelijkheden om de efficiëntie van het gebruik van mineralen en energie in veehouderijsystemen te verhogen. Balansen zijn een goed hulpmiddel om de efficiëntie weer te geven. Een voorbeeld wordt in Tabel 1 gegeven. De linker kant van de balans geeft aan hoeveel N met produktiemiddelen het systeem, in dit geval de gehele Nederlandse landbouw, in komt (input). De rechter kant geeft aan hoeveel N in produkten het systeem verlaat (output).
Het verschil tussen input en output is het overschot op de balans en de efficiëntie van het systeem is het quotiënt van output en input.

Overschot = input - output
Efficiëntie (in percentage) = (output/input) * 100

Voordat de balans van een systeem kan worden opgesteld, moeten de grenzen van het systeem gekozen worden. Daarvoor zijn stroomschema's gebruikt. Dit zijn vereenvoudigde weergaven van een systeem die het verband aangeven tussen de onderdelen van het systeem. Met de stroomschema's kan worden bepaald welke post nog wel en welke niet in de balans moet worden meegenomen.

Dit hoofdstuk is als volgt gestructureerd:
Eerst wordt het onderwerp van de studie afgebakend (paragraaf 1.2.1). Vervolgens wordt de uitgangssituatie met betrekking tot de benutting van N, P en organisch C in de gehele landbouw en de belangrijkste sectoren van dierlijke produktie geschetst (respectievelijk paragrafen 1.2.2 en 1.2.3). Tenslotte wordt een strategie ontwikkeld voor de aanpak van de milieuproblemen van de gehele Nederlandse veehouderij (paragraaf 1.2.4). Daarbij wordt ook de verdere opzet van dit rapport aangeduid.

1.2.1 Afbakening van het onderwerp

Bij bestudering van de efficiëntie waarmee mineralen in dierlijke produktiesystemen worden gebruikt, is het nodig de dierlijke produktie als onderdeel van het gehele agro-ecosysteem te beschouwen. De voeding van het vee is grotendeels gebaseerd op de plantaardige produktie, terwijl voor een goede benutting van de in mest en urine uitgescheiden mineralen een voldoende groot areaal plantaardige produktie nodig is. De ruimtelijke ontkoppeling van plantaardige en dierlijke produktie die in Nederland in de laatste decennia heeft plaats gevonden, is een belangrijke oorzaak van de huidige milieuproblemen. Door die ontkoppeling is de kringloop van mineralen (bodem-plant-dier) opengebroken en treden grote verliezen op. Pogingen om de milieubelasting te beperken dienen in eerste instantie gericht te zijn op het beter sluiten van nutriëntenkringlopen.
In deze studie ligt het accent op de veeteeltsector, maar in verband met het voorgaande zijn de plantaardige produktiesector en de landbouwgronden mede in beschouwing genomen. Toeleverende industrieën, verwerkende industrieën en humane consumptie zijn hier zoveel mogelijk buiten beschouwing gelaten. Het bestudeerde systeem omvat dus de stroomnummers 1 t/m 26 van het in figuur 1 gepresenteerde stroomschema (Olsthoorn, 1992). Informatie over deze stromen wordt in bijlage 1 gegeven.
Van de veehouderij worden de sectoren graasvee (rundvee, paarden, schapen, geiten), varkens en pluimvee in beschouwing genomen. Daarnaast is een sector 'handel' opgenomen om akkerbouwprodukten die niet voor dierlijke consumptie gebruikt worden en voedermiddelen die niet voor graasvee, varkens en pluimvee bestemd zijn in onder te brengen.
Tot nu toe hebben de milieuproblemen als gevolg van vervluchtiging van ammoniak, uit- en afspoeling van nitraat en accumulatie in de bodem en uit- en afspoeling van P-verbindingen de meeste aandacht gekregen. Daarom richt deze studie zich vooral op verbetering van de efficiëntie van N- en P-benutting

in de gehele Nederlandse landbouw en de drie belangrijkste veehouderijsectoren. In verband met de toenemende belangstelling voor de emissie van de broeikasgassen CO_2 en CH_4, zal echter ook aandacht besteed worden aan het element C. Bij C wordt onderscheid gemaakt tussen organisch C en C uit fossiele brandstof. Van organisch C zijn stroomschema's en balansen te maken, van C uit fossiele brandstoffen niet, daarvan is alleen de verbruikte hoeveelheid aan te geven. Dit wordt voor verschillende landbouwsectoren en -activiteiten gedaan; er worden echter in dit rapport geen uitgebreide adviezen gegeven hoe beperking van het gebruik van fossiele brandstoffen gerealiseerd kan worden.

Figuur 1 Stroomschema van mineralen in de Nederlandse landbouw met de stroomnummers (naar Olsthoorn, 1992))

Voor N, P en organisch C zijn balansen opgesteld van de gehele Nederlandse landbouw en de diergroepen rundvee (inclusief paarden, schapen en geiten), varkens en pluimvee. Als basisjaar wordt 1989 genomen, het meest recente jaar waarover veel informatie beschikbaar was bij aanvang van deze studie in 1993. Bovendien was in dat jaar nog betrekkelijk weinig gedaan aan verbetering van de N- en P-benutting.

Op grond van de N-, P- en C-balansen van de gehele landbouw en van landbouwsectoren en inzicht in de milieuproblematiek wordt een analyse gemaakt van de mogelijkheden tot het oplossen van de problemen met betrekking tot de mest- en mineralenoverschotten. Daarbij worden een aantal acties

voorgesteld en het effect van de acties op de element-balansen berekend. Elk van de acties kan bestaan uit:

- maatregelen in de sfeer van regelgeving;
- toepassen van reeds bestaande kennis en wegnemen van knelpunten daarbij;
- identificeren van gebieden waar nieuwe kennis ontwikkeld en toegepast moet worden, zodat subsidies en voorlichting daarop gericht kunnen worden.

Doorgaans zullen deze onderdelen allen in combinatie nodig zijn om het gewenste effect te bereiken. Een belangrijk punt van voorliggende studie is het identificeren van terreinen waarop nieuwe technologieën nodig zijn. Bij elke actie is geprobeerd dit te doen.

1.2.2 Element-balansen van de Nederlandse landbouw

In de bijlagen 2, 3 en 4 staan gedetailleerde gegevens over de N-, P- en C-stromen in de Nederlandse landbouw. In bijlage 1 wordt beschreven waar de gegevens van de bijlagen 2, 3 en 4 vandaan komen. Op basis van de N-, P- en C-stroomschema's zijn de N-, P- en C-balansen van de Nederlandse landbouw opgesteld (Tabellen 1, 2 en 3). Om gemakkelijk te kunnen achterhalen welke stromen uit de stroomschema's in de balans zijn gebruikt zijn de stroomnummers gegeven. In de Tabellen 1, 2 en 3 omvat de 'atmosferische depositie' de depositie van N, P en C uit bronnen buiten de landbouw. De 'restpost' uit de Tabellen 1, 2 en 3 omvat zuiveringsslib uit openbare en particuliere zuiveringsinstallaties (Olsthoorn, 1992). De 'restpost' van N bevat daarnaast nog de aanvoer van N via bestrijdingsmiddelen en biologische N-binding door vlinderbloemigen en vrijlevende bacteriën in de bodem.
Voor N is kunstmest de grootste aanvoerpost; P en organisch C komen vooral via de import van mengvoedergrondstoffen de Nederlandse landbouw binnen (Tabellen 1, 2 en 3). De vraag is of de aanvoer beperkt kan worden met behoud van of zelfs een hogere produktie, zodat het overschot op de nationale balans vermindert dan wel verdwijnt. De grootste afvoerpost voor N en P is de dierlijke produktie, voor organisch C is dat de plantaardige produktie. Het overschot op de N-balans (Tabel 1) is de som van N-verliezen door ammoniakvervluchtiging (waarbij het deel dat weer op Nederlandse landbouwgronden neerkomt niet is inbegrepen), denitrificatie en nitraatuitspoeling en van veranderingen in de N-voorraad in de landbouwgronden. Het overschot op de P-balans (Tabel 2) accumuleert voor het overgrote deel in de landbouwgronden. De rest spoelt uit naar het grond- en oppervlaktewater. Bij voortduren van een P-overschot in de landbouw neemt de capaciteit van gronden om P vast te leggen af en zal een toenemend deel van het overschot uitspoelen. De potentiële belasting van het oppervlaktewater door het huidige P-overschot in de landbouw is zeer groot vergeleken met die uit andere bronnen. Het overschot op de C-balans (Tabel 3) is de som van C-verliezen naar de lucht in de vorm van CO_2 en CH_4 en van veranderingen van het organisch C-gehalte in de landbouwgronden.

Tabel 1 N-balans van de landbouw in Nederland; in miljoen kg N in 1989.

Aanvoer		*Stroom*	Afvoer		*Stroom*
import mengvoedergrondstoffen	398	*1*	dierlijke produkten	169	*9*
methionine en lysine	2	*2*	plantaardige produkten	93	*26+4*
kunstmest	444	*16*	huisdiervoer	14	*11*
ruwvoerimport	9	*3*	export mengvoer	18	*12*
bijprodukten akkerbouw	38	*4*			
bijprodukten veehouderij	30	*5*			
atmosferische depositie	47	*20*			
restpost	20	*17*	overschot	694	
	988			988	

Tabel 2 P-balans van de landbouw in Nederland; in miljoen kg P in 1989.

Aanvoer		*Stroom*	Afvoer		*Stroom*
import mengvoedergrondstoffen	71	*1*	dierlijke produkten	33	*9*
voederfosfaat	12	*2*	plantaardige produkten	16	*26+4*
kunstmest	38	*16*	huisdiervoer	3	*11*
ruwvoerimport	1	*3*	export mengvoer	3	*12*
bijprodukten akkerbouw	5	*4*			
bijprodukten veehouderij	9	*5*			
atmosferische depositie	2	*20*			
restpost	3	*17*	overschot	86	
	141			141	

Tabel 3 Organisch C-balans van de landbouw in Nederland; in miljoen kg C in 1989.

Aanvoer		*Stroom*	Afvoer		*Stroom*
import mengvoedergrondstoffen	5587	*1*	dierlijke produkten	1926	*9*
methionine, lysine	7	*2*	plantaardige produkten	2693	*26+4*
kunstmest	0	*16*	huisdiervoer	210	*11*
import ruwvoer	94	*3*	export mengvoer	214	*12*
gewasproduktie	14784	*23*			
bijprodukten akkerbouw	1412	*4*			
bijprodukten veehouderij	321	*5*			
atmosferische depositie	0	*20*			
restpost	62	*17*	overschot	17224	
	22267			22267	

1.2.3 N-, P- en C-balans per veehouderijsector

Deze studie gaat over de efficiëntieverhoging van het gebruik van mineralen in de dierlijke produktie. Om effecten van maatregelen door te kunnen rekenen moet eerst bekend zijn hoe groot de efficiëntie in het uitgangsjaar (1989) was. De efficiëntie van het gebruik van mineralen in de dierlijke produktie is af te leiden uit de dierbalans. De dierbalans bestaat uit een invoer- en uitvoerkant met als verschil daartussen het overschot. Voor een diergroep vindt de invoer van een element plaats in het verbruikte veevoer, de uitvoer in de voortgebrachte dierlijke produkten, terwijl het overschot de uitscheiding in mest is. Hoewel de Tabellen 4, 5 en 6 eigenlijk geen balansen zijn, worden ze toch zo genoemd omdat de invoer, de uitvoer en het overschot er wel in staan.
Voor de balans van de Nederlandse landbouw is in Nederland geteeld ruwvoer een interne post die niet in deze balans voorkomt. In de dierbalans komt deze post wel voor en maakt effecten van veranderingen van de N- en P-gehalten van kracht- en ruwvoer op de N- en P-uitscheiding in dierlijke mest aanschouwelijk. De N-, P- en C-balansen per veehouderijsector voor 1989 staan in de Tabellen 4, 5 en 6. In de tabellen is de sector 'handel' opgenomen om de import van mengvoedergrondstoffen en de bijprodukten uit de akkerbouw en veehouderij voor andere dieren dan rundvee, varkens en pluimvee onder te kunnen brengen zodat een vergelijking met de balansen van de totale Nederlandse landbouw (Tabellen 1, 2 en 3) mogelijk wordt.

Tabel 4 N-balans per veehouderijsector in Nederland; in miljoen kg N in 1989.

Balanspost	Rundvee[1)]	Varkens	Pluimvee	Handel	Totaal	*Stroom*
N in veevoer:						
ruwvoer	384,8	0,0	0,0	0,0	385	*7*
methionine en lysine	0,0	1,4	0,8	0,0	2	*2*
import mengvoedergrondstoffen	137,8	166,2	82,3	11,5	398	*1*
bijprodukten akkerbouw	11,8	18,0	6,6	1,5	38	*4*
bijprodukten veehouderij	7,4	10,8	10,9	1,0	30	*5*
	541,8	196,4	100,6	14,0	853	*8*
export en huisdiervoer	16,6	1,0	0,7	14,0	32	*11+1*
consumptie	525,2	195,4	99,9	0,0	821	
N in dierlijke produkten	80,6	57,1	31,1	0,0	169	*9*
N in mest	444,6	138,3	68,8	0,0	652	*13*

1) In het hele rapport wordt de term 'rundvee' gebruikt terwijl de cijfers betrekking hebben op graasvee (runderen, paarden, schapen en geiten). Dat is gedaan omdat paarden, schapen en geiten slechts een zeer klein aandeel in de graasveebalansen hebben (< 5 % van de afvoer in dierlijke produkten).

Tabel 5 P-balans per veehouderijsector in Nederland; in miljoen kg P in 1989.

Balanspost	Rundvee	Varkens	Pluimvee	Handel	Totaal	*Stroom*
P in veevoer:						
ruwvoer	51,8	0,0	0,0	0,0	52	*7*
voederfosfaat	0,0	8,0	4,0	0,0	12	*2*
import mengvoedergrondstoffen	24,3	28,6	15,7	2,1	71	*1*
bijprodukten akkerbouw	0,9	3,2	1,1	0,2	5	*4*
bijprodukten veehouderij	2,0	3,2	3,1	0,3	9	*5*
	79,0	43,0	23,9	2,6	149	*8*
export en huisdiervoer	2,8	0,2	0,2	2,6	6	*11+12*
consumptie	76,2	42,8	23,7	0,0	143	
P in dierlijke produkten	16,2	11,9	4,7	0,0	33	*9*
P in mest	60,0	30,9	19,0	0,0	110	*13*

Uit de Tabellen 4, 5 en 6 blijkt dat het rundvee veruit de meeste N, P en C in de mest produceert. Het aandeel van rundvee, varkens en pluimvee in de totale N-uitscheiding in mest is respectievelijk 68, 21 en 11 %. Voor de P-uitscheiding in mest zijn deze cijfers respectievelijk 55, 28 en 17 % en voor de C-uitscheiding 64, 24 en 12 %.

Uit de Tabellen 4, 5 en 6 kunnen de efficiënties voor de diergroepen worden berekend (Tabel 7); daarvoor is de hoeveelheid element in de dierlijke produkten uitgedrukt als percentage van de hoeveelheid opgenomen element met het voer. Varkens hadden in 1989 de beste benutting van P en C en pluimvee van N.

Tabel 6 C-balans per veehouderijsector in Nederland; in miljoen kg C in 1989.

Balanspost	Rundvee	Varkens	Pluimvee	Handel	Totaal	*Stroom*
C in veevoer:						
ruwvoer	5916	0	0	0	5916	*7-7a*
methionine, lysine	0	4	3	0	7	*2*
import mengvoedergrondstoffen	1806	2399	1227	155	5587	*1*
bijprodukten akkerbouw	345	855	164	49	1412	*4*
bijprodukten veehouderij	157	91	66	6	321	*5*
	8224	3349	1459	210	13243	*8*
export en huisdiervoer	176	25	12	210	424	*11+12*
consumptie	8048	3324	1447	0	12819	
C in dierlijke produkten	1011	717	198	0	1926	*9*
CO_2 verteringsverliezen (incl. CH_4)	4646	1693	811	0	7150	*9a*
C in mest	2391	914	438	0	3743	*13*

Tabel 7 Efficiëntie van het gebruik van N, P en C door de Nederlandse rundvee-, varkens- en pluimveestapel in 1989.

	Stikstof (%)	Fosfor (%)	Koolstof (%)
Rundvee	15	21	13
Varkens	29	28	22
Pluimvee	31	20	14

In 1988 was de totale C-emissie in Nederland door verbruik van fossiele brandstoffen en grondstoffen ongeveer 50.000 mln kg C (Wolf, 1990). De bijdrage van fossiele brandstoffen hieraan was 94 %. Bij energie-analyses wordt in het algemeen onderscheid gemaakt tussen direct en indirect energiegebruik. Directe energie wordt als energiebron door het bedrijf aangekocht (aardgas, dieselolie en elektriciteit), indirecte energie is gebruikt bij de vervaardiging van produktiemiddelen en diensten die door het bedrijf worden gebruikt (Van Bergen, 1991). Tabel 8 geeft een overzicht van de hoeveelheid fossiele brandstof die direct en indirect in de landbouw wordt gebruikt. De grootste post is verwarming van kassen in de glastuinbouw (1724 mln kg C, dat is 47 % van het totale energieverbruik door de landbouw). De op één na grootste post is de teelt van geïmporteerde mengvoedergrondstoffen (18 %), terwijl ook het transport van mengvoedergrondstoffen veel energie vergt (10 %). Door de bijdrage van de mengvoedergrondstoffen is het indirecte energieverbruik in de veehouderijsectoren aanzienlijk groter dan het directe energieverbruik. In de rundveesector wordt 309 mln kg C in fossiele brandstof besteed aan teelt en import van krachtvoer, dat is 40 % van het totale energieverbruik in die sector (50 % bij Dasselaar en Pothoven, 1994). Verder is voor de produktie van kunstmest voor de rundveesector 209 mln kg C aan fossiele energie nodig (27 %). Het energieverbruik door de landbouw was in 1988 ruim 7 % van het totale energieverbruik in Nederland (Tabel 8).

Tabel 8 Indirect en direct gebruik van fossiele energie in de Nederlandse landbouw, in miljoen kg C in 1989. De in deze Tabel vermelde gegevens zijn ontleend aan Bijlage 14.

	Rundvee	Varkens	Pluimvee	Handel	Totaal
Indirect energieverbruik					
import mengvoedergrondstoffen (teelt)	190	283	163	21	657
import mengvoedergrondstoffen (transport)	119	185	78	11	393
mengvoedergrondstoffen (produktie)	20	31	13	2	66
bijprodukten akkerbouw	9	14	5	12	40
injectie dierlijke mest	33	0	0	0	33
kunstmestproduktie	209	8	3	86	306
Direct energieverbruik					
bedrijf (elektriciteit)	99	35	11	121	266
bedrijf (verwarming)	43	52	16	1724	1835
bedrijf (trekkergasolie)	47	3	0	40	90
Totaal	769	611	289	2017	3686

1.2.4 Prioriteitsstelling tussen N, P en C bij de aanpak van efficiëntie-verbetering

Tot nu toe hebben N- en P-verliezen de meeste aandacht in het landbouw/milieu-beleid gekregen. Bij N wordt reeds vrij veel gedaan om aan de huidige en toekomstige milieudoelstellingen te voldoen. Te noemen zijn maatregelen bij opvang, bewaring en toediening van dierlijke mest die tot grote vermindering van de ammoniakemissie leiden. Daarnaast zorgen het uitrijverbod van dierlijke mest in de herfst en winter en de P-normering bij het gebruik van mest ervoor, dat uitrijden in de herfst en winter en dumping op maïsland en hooggelegen grasland niet meer mogelijk zijn, wat een aanzienlijke vermindering van de nitraatuitspoeling tot gevolg heeft. Verdere vermindering van nitraatuitspoeling en ammoniakvervluchtiging is mogelijk door beperking van het N-bemestingsniveau en eventueel een andere gewassenkeuze om het N-overschot in het rundveerantsoen te verminderen (b.v. vervangen van een deel van het gras door maïs). Deze maatregelen hebben echter een negatief effect op de P-opname en het P-gehalte in het zelf-geproduceerde voer en zullen de P-problematiek verergeren doordat meer P van elders aangevoerd moet worden om aan de P-behoefte van het vee te voldoen en er tegelijkertijd minder P uit dierlijke mest door de eigen gewassen benut kan worden.

Uit de P-balans van de landbouw in Nederland (Tabel 2) blijkt dat de meeste P via de import van mengvoer het land binnen komt; de omvang van de import van mengvoer is sterk gekoppeld aan de omvang van de veestapel. De P-aanvoer in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen is tot nu toe slechts weinig veranderd. Daarnaast is ook het gebruik van kunstmest-P nog weinig gedaald (Tabel 9). Uit de geringe veranderingen in de P-aanvoer in geïmporteerd mengvoedergrondstoffen en kunstmest blijkt dat de tot nu toe genomen maatregelen met betrekking tot P (P-normering bij het gebruik van dierlijke mest) nauwelijks hebben bijgedragen aan de vermindering van het totale P-overschot, maar dat veeleer over het land hebben verspreid. Daar evenwichtsbemesting noodzakelijk wordt om grote problemen met betrekking tot P-uitspoeling te vermijden, zal het overschot op de P-balans van de landbouw (Tabel 2) in korte tijd vrijwel dienen te verdwijnen. In gebieden met P-verzadigde gronden zal dat waarschijnlijk zelfs tot een tijdelijk tekort moeten worden omgebogen. Dit is de moeilijkste opgave bij de aanpassingen die met betrekking tot de milieudoelstellingen doorgevoerd moeten worden. Daarom wordt in de voorliggende studie prioriteit gegeven aan acties die leiden tot vermindering van de aanvoer van P in kunstmest en geïmporteerde mengvoedergrondstoffen (eventueel in samenhang met verhoging van het P-gehalte in nationale voeders) (hoofdstuk 2) en het onderzoek en de technologie-ontwikkeling die daarvoor nodig zijn (hoofdstuk 3).
In hoofdstuk 2 wordt tevens aangegeven welk effect de P-acties hebben op de N- en organisch C-balansen van de Nederlandse landbouw en op het gebruik van fossiele energie. In hoofdstuk 4 worden aanvullende N-acties besproken, terwijl in hoofdstuk 5 aangegeven wordt welk onderzoek en technologie-ontwikkeling daarvoor nodig zijn.

Tabel 9 Verbruik van N en P in kunstmeststoffen 1986/'87 - 1990/'91 (LEI/CBS, 1993).

juli/juni	1986/'87	1987/'88	1988/'89	1989/'90	1990/'91
N (mln kg)	504,0	458,2	443,5	412,4	400,1
P (mln kg)	38,2	34,7	37,6	33,2	32,3

2 Acties ter beperking van het fosforoverschot

2.1 P-actie 1: Vervangen van kunstmest-P door P uit dierlijke mest

Bij P-actie 1 moet gezocht worden naar mogelijkheden om P en andere nutriënten uit dierlijke mest aantrekkelijker te maken dan nutriënten uit kunstmest, zodat zoveel mogelijk met dierlijke mest in de nutriëntenbehoefte van de gewassen wordt voorzien. Daarbij mag de totale P-gift niet of nauwelijks groter zijn dan de P-onttrekking in de gewassen. Een dergelijke bemestingsstrategie wordt door Vereijken en van der Meer (1988) "geïntegreerde bemesting" genoemd. In de praktijk wordt bemest met kunstmest of een combinatie van dierlijke mest en kunstmest. Dat dierlijke mest meestal niet de enige bron van P is wordt veroorzaakt doordat:

1. de landbouwers die kunstmest gebruiken weinig belang hebben bij het oplossen van de mestoverschotproblemen van de veehouders;
2. er nog onzekerheden zijn bij het gebruik van dierlijke mest omdat er onvoldoende kennis en inzicht bestaat in de bemestende waarde van dierlijke mest en de milieu-effecten op korte en lange termijn bij herhaalde toediening.

In dit verband is er behoefte aan:

- *Een snelle en goedkope bepalingsmethode van de bemestingswaarde van de mest.*
  Gebruikers van dierlijke mest hebben goede informatie nodig over de samenstelling en vooral ook over de bemestende waaarde van de mest. De bemestende waarde van mest hangt af van de samenstelling, het tijdstip en de methode van toediening en van een eventueel optredend specifiek effect (zie 3.1.1).
- *Verbetering van de toedieningstechnieken.*
  Mest is een volumineus produkt dat bij voorkeur aan het begin of tijdens het groeiseizoen door middel van injectietechnieken toegediend moet worden. Dit levert in verschillende situaties nog problemen op waarvoor oplossingen gevonden moeten worden (zie 3.1.2).
- *Optimaliseren van de mestsamenstelling.*
  Bij een op evenwichtsbemesting voor P afgestemde mestgift, bevat dierlijke mest voor de meeste gewassen te weinig beschikbare N. Vermindering van de P-uitscheiding door het vee en verwijdering van P uit de mest of mestscheiding zijn mogelijkheden om het mestoverschot te verminderen. Op weidebedrijven kan het te hoge K-gehalte in de mest (als gevolg van het overschot op de K-balans van het bedrijf) problemen met de gezondheid van het vee veroorzaken (zie 3.1.3).
- *Voorkomen of beperken van verontreinigingen.*
  Voor de afzet van mest is het belangrijk dat de potentiële afnemers zo weinig mogelijk risico lopen van schade door verontreinigingen. In dit verband wordt tot nu toe vooral aandacht besteed aan de kans op overdracht van lastige onkruiden en planteziekten en aan de gehalten aan chloride en zware metalen in de mest (zie 3.1.4).

Om dierlijke mest aantrekkelijker te maken is meer kennis nodig en moeten technieken (verder) ontwikkeld worden. De benodigde technieken worden in hoofdstuk 3 behandeld.

2.1.1 Effect van vervanging van kunstmest-P door P uit dierlijke mest op de P-balans

In de jaarlijks geproduceerde dierlijke mest zit 109,9 miljoen kg P (Tabel 5). Uitgegaan wordt van 100 % P-werking (bij gebruik van dierlijke mest op lange termijn). Door alle gewassen wordt netto 5,4 (mengvoedergrondstoffen) + 51,0 (ruwvoer) + 10,3 (plantaardige produkten zonder ruwvoer en mengvoedergrondstoffen) = 66,7 miljoen kg P per jaar onttrokken *(stroom 4 + stroom 7 - stroom 3 + stroom 26 uit bijlage 3)*. Er zit dus meer dan voldoende P in de dierlijke mest om alle gewassen van P te voorzien. Het verschil tussen de totale hoeveelheid in mest uitgescheiden P en de P-onttrekking in de geoogste gewassen is 43,2 mln kg. Als de kunstmest-P volledig wordt vervangen door P uit dierlijke mest en aannemende dat dit de P-afvoer niet beïnvloedt, dan wordt het overschot op de P-balans van Nederland 48 mln kg in plaats van 86 mln kg per jaar (Tabel 10).

Tabel 10 Effect van het volledig vervangen van kunstmest-P door P uit dierlijke mest op de P-balans van de Nederlandse landbouw (in miljoen kg P); de stromen staan in bijlage 3 (*ber.* is berekend, *aan.* is aangenomen met de P-actie).

Aanvoer		*Stroom*	Afvoer		*Stroom*
import mengvoedergrondstoffen	71	*1*	dierlijke produkten	33	*9*
voederfosfaat	12	*2*	plantaardige produkten	16	*26+4*
kunstmest	0	*aan.*	huisdiervoer	3	*11*
ruwvoerimport	1	*3*	export mengvoer	3	*12*
bijprodukten akkerbouw	5	*4*			
bijprodukten veehouderij	9	*5*			
atmosferische depositie	2	*20*			
restpost	3	*17*	overschot	48	*ber.*
	103	*ber.*		103	*ber.*

2.2 P-actie 2: Verminderen van de P-uitscheiding door varkens en pluimvee

P is een essentieel element voor het vee. Van alle in dieren aanwezige P zit ongeveer 80 % in de botten (Beukeboom *et al.*, 1991). P speelt een belangrijke rol bij de opbouw van het beendergestel (Schutte en Tamminga, 1992). Zo kan P-gebrek bij pluimvee batterijmoeheid veroorzaken. Verder is P belangrijk voor tal van stofwisselingsprocessen (Schutte en Tamminga, 1992) en komt P in RNA en in kleine hoeveelheden in eiwitten en koolhydraten voor. In het vlees zit 20 % van het P (Beukeboom *et al.*, 1991). P wordt vooral via de faeces uitgescheiden. In de mest zitten onverteerd voer-P en endogeen P.

Om de P-uitscheiding in mest door éénmagigen te verminderen moet het volgende gebeuren:

- *Nauwkeurig vaststellen van de P-behoefte van varkens en pluimvee en de P-voorziening goed afstemmen op de P-behoefte.*
  Op dit principe berust de fasenvoedering. Die wordt echter nog lang niet overal toegepast en er zou moeten worden uitgezocht waarom dat zo is. Daarnaast zijn er nog steeds geen harde cijfers over

de hoogst mogelijke benutting van P door landbouwhuisdieren. Men heeft wel de indruk dat tot nu toe met vrij ruime marges voor de P-behoefte is gewerkt, zodat hier nog ruimte is om de P-uitscheiding te verlagen.

- *Gebruik van grondstoffen met een laag P-gehalte en een hoge P-verteerbaarheid.*
  Een mogelijkheid om de P-uitscheiding in de mest te verlagen is gebruik te maken van voeders met een laag P-gehalte en een hoge P-verteerbaarheid (Jongbloed en Kemme, 1990). Het onderzoek naar de P-verteerbaarheid van grondstoffen voor varkens en pluimvee is in volle gang. Het is nog onduidelijk of de P-beschikbaarheid van grondstoffen in mengvoeders zonder meer op te tellen is.
- *Toevoegen van microbieel fytase waardoor het P-gehalte in het voer verlaagd kan worden en dus minder voederfosfaat bijgevoegd hoeft te worden.*
  In mengvoer wordt voederfosfaat toegevoegd omdat een deel van de P in een voor éénmagigen niet-opneembare vorm aanwezig is. Het P-gehalte in het voer kan alleen omlaag als de dieren het erin aanwezige P beter benutten. Dit is mogelijk met het gebruik van fytase (zie hoofdstuk 3.2). Als het P-gehalte in het voer omlaag kan zal in eerste instantie het voederfosfaat weggelaten of verminderd moeten worden. Om fytase op ruimere schaal te kunnen toepassen moet er meer inzicht verkregen worden in de oorzaak van de weerstand van de praktijk tegen het gebruik van fytase.
- *Verbeteren van de voederconversie waardoor het P-gehalte in het voer minder verlaagd hoeft te worden.*

Voordat alle maatregelen volledig uitgevoerd kunnen worden, moet onderzocht worden of er negatieve gevolgen zijn voor de energie- en aminozuurvoorziening van de dieren en hoe die het best opgelost kunnen worden. Energietekort is relatief gemakkelijk op te lossen; tapioca bevat nauwelijks N en P maar wel koolhydraten. Aanvullen met synthetisch bereide essentiële aminozuren behoort ook tot de mogelijkheden maar is nog kostbaar. Door technische verbeteringen of produktie op grotere schaal zouden de produktiekosten verlaagd kunnen worden.

Aangezien er nogal eens gesteld wordt dat maatregelen als bovengenoemd te duur zijn om geïntroduceerd te worden in de praktijk, zou onderzocht moeten worden hoe de kosten van deze maatregelen zich verhouden tot die van andere maatregelen ter beperking van het mestoverschot (mesttransport, mestverwerking, inkrimping van de veestapel).
Verder zal er zo min mogelijk P in mengvoer ingevoerd moeten worden maar zal gestimuleerd moeten worden dat bij- en afvalprodukten uit de eigen landbouw en levensmiddelenindustrie zo veel mogelijk in de P-behoefte van de dieren voorzien.

2.2.1 Effect van een maximale vermindering van de P-uitscheiding door varkens en pluimvee op de P-balans

Voor varkens zouden fasenvoedering, keuze van grondstoffen met een laag P-gehalte en een hoge P-verteerbaarheid, het toedienen van microbieel fytase, verbeteren van de efficiëntie van het voeren en verbeteren van de verteerbaarheid van het voer de P-uitscheiding met 40 % kunnen verminderen (Beukeboom *et al.,* 1991). Voor pluimvee zouden fasenvoedering, verbeterde kennis van verteerbaar P, het gebruik van fytase en grondstoffenselectie een reductie van 50 % van de P-uitscheiding op kunnen opleveren (Beukeboom *et al.,* 1991). Als bij varkens de P-uitscheiding met 40 % wordt verminderd, blijft er 18,5 miljoen kg P in de mest over (Tabel 5). Bij pluimvee blijft er na 50 % vermindering van de P-uitscheiding nog 9,5 miljoen kg P in de mest over. Bij gelijk blijvende dierlijke produktie mag er voor varkens dan nog 30,4 mln kg P en voor pluimvee 14,2 mln kg P in het voer

zitten. In Tabel 11 wordt dit als een gegeven beschouwd. Bij de uitwerking van de effecten van deze maatregelen op de P-balansen wordt eerst zoveel mogelijk op voederfosfaat en vervolgens op P in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen gekort. Door deze maatregelen neemt de efficiëntie van de P-benutting in beide produktiesectoren sterk toe (Tabel 12).

Tabel 11 P-balans van de varkens- en pluimveestapel bij vermindering van de P-uitscheiding volgens Beukeboom *et al.*, 1991 (in miljoen kg P).

	Varkens	Pluimvee	*Stroom*
P in veevoer:			
ruwvoer	-	-	
voederfosfaat	0,0	0,0	*berekend*
import mengvoedergrondstoffen	24,2	10,2	*berekend*
bijprodukten akkerbouw	3,2	1,1	*4*
bijprodukten veehouderij	3,2	3,1	*5*
	30,6	14,4	*berekend*
export	0,2	0,2	*12*
consumptie	30,4	14,2	*Tabel 12*
P in produkten	11,9	4,7	*9*
P in mest	18,5	9,5	*berekend*

Tabel 12 Efficiënties van P-benutting door varkens en pluimvee in Nederland, zoals die in 1989 was en met de mogelijk geachte vermindering van de P-uitscheiding van 40 % voor varkens en 50 % voor pluimvee. Posten op de P-balans: in miljoen kg P.

	P-balans			Efficiëntie (%)
	Consumptie	Dierlijke produktie	Uitscheiding	
Situatie 1989:				
Varkens	42,8	11,9	30,9	27,8
Pluimvee	23,7	4,7	19,0	19,8
Met verlaging P-uitscheiding:				
Varkens	30,4	11,9	18,5	39,1
Pluimvee	14,2	4,7	9,5	33,1

In Tabel 13 is het effect van deze maatregelen op de P-balans van de gehele landbouw uitgerekend. De hoeveelheid P in mengvoer is als volgt berekend: 2,1 (handel) + 24,3 (import mengvoedergrondstoffen rundvee) + 24,2 (import mengvoedergrondstoffen varkens) + 10,2 (import mengvoedergrondstoffen pluimvee) = 60,8 mln kg P. Handel en import van mengvoedergrondstoffen voor rundvee komen uit Tabel 5; import van mengvoedergrondstoffen voor varkens en pluimvee komen uit Tabel 11. Het overschot is door deze maatregelen van 86 mln kg P naar 64 mln kg P gezakt (Tabel 13).

Tabel 13 Effecten van de door Beukeboom *et al.* (1991) mogelijk geachte vermindering van de P-uitscheiding van varkens en pluimvee op de P-balans van de Nederlandse landbouw (in miljoen kg P).

Aanvoer		*Stroom*	Afvoer		*Stroom*
import mengvoedergrondstoffen	61	*ber.*	dierlijke produkten	33	*9*
voederfosfaat	0	*ber.*	plantaardige produkten	16	*26+4*
kunstmest	38	*16*	huisdiervoer	3	*11*
ruwvoerimport	1	*3*	export mengvoer	3	*12*
bijprodukten akkerbouw	5	*4*			
bijprodukten veehouderij	9	*5*			
atmosferische depositie	2	*20*			
restpost	3	*17*	overschot	64	*ber.*
	119	*ber.*		119	*ber.*

2.3 P-actie 3: Verminderen van de P-aanvoer via reductie van het P-gehalte van geïmporteerd mengvoer voor rundvee

Uit Tabel 5 blijkt dat 34 % van de P-aanvoer in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen bestemd is voor de rundveestapel. Voor de P-balans van de gehele landbouw is het noodzakelijk de P-aanvoer in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen te verminderen. Doordat slechts een deel van de P-voorziening van de rundveestapel uit geïmporteerde voeders komt, heeft een sterke vermindering van de P-aanvoer in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen slechts een beperkt effect op de P-voorziening van deze diercategorie. Vermindering van de P-aanvoer in geïmporteerde mengvoeders voor rundvee is mogelijk door:

- *De P-behoefte van rundvee in verschillende levensfasen en bij verschillende produktieniveaus beter vast te stellen en het rantsoen daarop af te stemmen.*
  Als blijkt dat vermindering van de P-opname door het vee mogelijk is, zou die in de eerste plaats gerealiseerd moeten worden door mengvoeders met een lager P-gehalte te gebruiken. Dit zou bij voorkeur moeten gebeuren door een andere keuze van geïmporteerde mengvoedergrondstoffen.

- *De gevolgen van deze veranderingen in de keuze van mengvoedergrondstoffen vast te stellen en op te lossen door aanpassingen in de aard en kwaliteit van de binnenlands of op het eigen bedrijf geproduceerde voeders.*
  Dit kan onder andere betrekking hebben op het P-gehalte en het eiwitgehalte en de eiwitkwaliteit.

2.3.1 Effect op de P-balans van vermindering van de P-aanvoer via reductie van het P-gehalte van geïmporteerd mengvoer voor rundvee

We zijn er van uitgegaan dat het P-gehalte van het geïmporteerde mengvoer met 50 % kan verminderen, dan wordt er geen 24,3 mln kg P aangevoerd maar 12,2 mln kg. Als het P-gehalte in ruwvoer op peil blijft, wordt er in totaal door de rundveestapel 51,8 + 12,2 + 0,9 + 2,0 - 2,8 = 64,1 mln kg P geconsumeerd (Tabel 14).

Tabel 14 P-balans van de rundveestapel bij verminderen van de P-aanvoer via geïmporteerd mengvoer met 50 % (in miljoen kg P).

	Rundvee	*Stroom*
P in veevoer:		
ruwvoer	51,8	*7*
voederfosfaat	0,0	*2*
import mengvoedergrondstoffen	12,2	*aanname*
bijprodukten akkerbouw	0,9	*4*
bijprodukten veehouderij	2,0	*5*
	66,9	*berekend*
export	2,8	*12*
consumptie	64,1	*berekend*
P in produkten	16,2	*9*
P in mest	47,9	*berekend*

Uit Tabel 5 blijkt dat de efficiëntie van de P-benutting door de hele rundveestapel in 1989 21 % was. Met alleen een verlaging van de P-aanvoer met mengvoer wordt de efficiëntie 25 %. Bij verlaging van het P-gehalte in mengvoer zal vooral in de winter de P-voorziening van het vee mogelijk te krap worden. Dit kan gedeeltelijk worden opgevangen door het P-gehalte van het zelf geteelde voer te verhogen, bijvoorbeeld door een verhoging van de P-opname door het gewas bij gelijke produktie. De hoeveelheid P in de Nederlandse voedergewassen is: totaal beschikbaar ruwvoer (51,8 mln kg, stroom 7) - geïmporteerd ruwvoer (0,8 mln kg, stroom 3) = 51,0 mln kg. Als het in Nederland geteelde ruwvoer 10 % meer P zou bevatten, wordt de hoeveelheid P in alle ruwvoer 51,0 + 5,1 + 0,8 = 56,9 mln kg. Het effect hiervan op de P-balans van de rundveestapel wordt in Tabel 15 weergegeven.

Tabel 15 P-balans van de rundveestapel bij verminderen van de P-aanvoer via geïmporteerd mengvoer met 50 % en verhogen van het P-gehalte in ruwvoer met 10 % (in miljoen kg P).

	Rundvee	*Stroom*
P in veevoer:		
ruwvoer	56,9	*7*
voederfosfaat	0,0	*2*
import mengvoedergrondstoffen	12,2	*aanname*
bijprodukten akkerbouw	0,9	*4*
bijprodukten veehouderij	2,0	*5*
	72,0	
export	2,8	*12*
consumptie	69,2	*berekend*
P in produkten	16,2	*9*
P in mest	53,0	*berekend*

Bij vergelijking van Tabel 15 met Tabel 5 blijkt dat door deze actie de P-opname door de rundveestapel met 7,0 mln kg (76,2 minus 69,2) verminderd wordt. Dit is mogelijk binnen de huidige P-normen voor rundvee te realiseren en zal, zeker als blijkt dat die nog wat scherper gesteld kunnen worden, geen grote problemen opleveren.
Als het in Nederland geteelde ruwvoer 10 % meer P zou bevatten dan wordt de P-benutting door rundvee 23 %.

Door deze actie is de hoeveelheid P in rundermest kleiner dan in ruwvoer (Tabel 15). Dit betekent dat P-verzadigde gronden verschraald kunnen worden of dat varkens- of pluimveemest gebruikt kan worden voor bemesting van ruwvoer.

Het effect van deze maatregel op de P-balans van de gehele landbouw staat in Tabel 16. De hoeveelheid P in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen is als volgt berekend: 2,1 (handel) + 12,2 (mengvoedergrondstoffen rundvee) + 28,6 (mengvoedergrondstoffen varkens) + 15,7 (mengvoedergrondstoffen pluimvee) = 58,6 mln kg. De hoeveelheid P in mengvoedergrondstoffen voor rundvee is het gevolg van deze P-actie; de hoeveelheid P voor handel, mengvoedergrondstoffen voor varkens en mengvoedergrondstoffen voor pluimvee komt uit Tabel 5.

Uit de P-balans van de gehele landbouw (Tabel 16) blijkt dat het overschot door deze P-actie 74 miljoen kg P is geworden.

Tabel 16 P-balans van de Nederlandse landbouw na vermindering van het P-gehalte in geïmporteerd mengvoer voor rundvee met 50 % en verhoging van het P-gehalte in ruwvoer met 10 % (in miljoen kg P), (*ber.* is berekend, *aan.* is aangenomen met de actie).

Aanvoer		*Stroom*	Afvoer		*Stroom*
import mengvoedergrondstoffen	59	*aan.*	dierlijke produkten	33	*9*
voederfosfaat	12	*2*	plantaardige produkten	16	*26+4*
kunstmest	38	*16*	huisdiervoer	3	*11*
ruwvoerimport	1	*3*	export mengvoer	3	*12*
bijprodukten akkerbouw	5	*4*			
bijprodukten veehouderij	9	*5*			
atmosferische depositie	2	*20*			
restpost	3	*17*	overschot	74	*ber.*
	129	*ber.*		129	*ber.*

2.4 Totaal effect van de 3 P-acties op de P-balansen

De effecten van de 3 P-acties op de P-balans van elke diergroep zijn uitgerekend (Tabel 17). Uit vergelijking met Tabel 5 blijkt dat de hoeveelheid P in ruwvoer is toegenomen van 51,8 naar 56,9 mln kg, het voederfosfaat voor varkens en pluimvee is gereduceerd tot nul (winst 12 mln kg P) en de P in mengvoedergrondstoffen met 22 mln kg is gedaald tot 49 mln kg. De uitscheiding van P in mest daalt door de 3 P-acties van 110 tot 81 mln kg.

Tabel 17 P-balans per veehouderijsector na volledige uitvoering van de 3 P-acties (in miljoen kg P), *ber.* is berekend.

Balanspost	Rundvee	Varkens	Pluimvee	Handel	Totaal	*Stroom*
P in veevoer:						
ruwvoer	56,9	-	-	-	56,9	*ber.*
voederfosfaat	0,0	0,0	0,0	-	0,0	*aan*
import mengvoedergrondstoffen	12,2	24,2	10,2	2,1	48,7	*ber.*
bijprodukten akkerbouw	0,9	3,2	1,1	0,2	5,4	*4*
bijprodukten veehouderij	2,0	3,2	3,1	0,3	8,6	*5*
	72,0	30,6	14,4	2,6	119,6	*ber.*
export en huisdiervoer	2,8	0,2	0,2	2,6	5,7	*11+12*
consumptie	69,2	30,4	14,2	0,0	113,9	*ber.*
P in produkten	16,2	11,9	4,7	0,0	32,9	*9*
P in mest	53,0	18,5	9,5	0,0	81,0	*ber.*

De effecten van de 3 P-acties werken door in de P-balans van de landbouw (Tabel 18). Naast de effecten die bij de veehouderijsectoren al te zien waren, komt op de landelijke balans ook het resultaat van de vervanging van kunstmest door dierlijke mest duidelijk naar voren. Uit Tabel 18 blijkt dat na de volledige uitvoering van de 3 acties het overschot nog 14 mln kg P is. Hoewel dit overschot op lange termijn nog te hoog is, is het wel een drastische verbetering ten opzichte van de uitgangssituatie.

Tabel 18 P-balans van de landbouw na volledige uitvoering van de 3 P-acties (in miljoen kg P).

Aanvoer		*Stroom*	Afvoer		*Stroom*
import mengvoedergrondstoffen	49	*1*	dierlijke produkten	33	*9*
voederfosfaat	0	*2*	plantaardige produkten	16	*26+4*
kunstmest	0	*16*	huisdiervoer	3	*11*
ruwvoerimport	1	*3*	export mengvoer	3	*12*
bijprodukten akkerbouw	5	*4*			
bijprodukten veehouderij	9	*5*			
atmosferische depositie	2	*20*			
restpost	3	*17*	overschot	14	
	69			69	

Op basis van gegevens uit de Tabellen 2, 5, 17 en 18 kunnen mestbalansen voor P worden opgesteld voor de uitgangssituatie in 1989 en de situatie na volledige uitvoering van de 3 P-acties (Tabel 19). In deze balansen wordt de P-uitscheiding in mest vergeleken met de P-onttrekking in plantaardige produkten. Uit Tabel 19 blijkt dat uitgaande van strikte evenwichtsbemesting (P-aanvoer met mest = P-afvoer in plantaardige produktie) het mestoverschot door de 3 P-acties is verminderd van 43,2 naar 9,2 mln kg P. Daarbij komt dat in de uitgangssituatie nog 38 mln kg kunstmest-P werd gebruikt en na de 3 P-acties niets meer.

Tabel 19 Mestbalans voor P in de oude situatie (1989) en na de 3 P-acties (in miljoen kg P).

Mestproduktie		Bron	Gewasonttrekking		*Stroom*
oude situatie:					
rundermest	60,0	Tabel 5	ruwvoer	51,0	*7-3*
varkensmest	30,9	Tabel 5	andere gewassen	15,7	*4+26*
pluimveemest	19,0	Tabel 5	overschot	43,2	
	109,9			109,9	
na de 3 P-acties:					
rundermest	53,0	Tabel 15	ruwvoer	56,1	*7-3*
varkensmest	18,5	Tabel 11	andere gewassen	15,7	*4+26*
pluimveemest	9,5	Tabel 11	overschot	9,2	
	81,0			81,0	

In Tabel 20 worden de effecten van de 3 P-acties op het overschot op de P-balans van de Nederlandse landbouw samengevat. Uit die Tabel kan geconcludeerd worden dat het consequent toepassen van grotendeels al bestaande kennis het P-overschot kan verminderen tot 14 mln kg. Hoewel dat op de lange termijn waarschijnlijk nog te veel is, is wel duidelijk dat de landbouw bij een hoge acceptatiegraad van deze P-acties ver kan komen met de oplossing van de P-problematiek. In paragraaf 3.4 wordt ingegaan op het verder wegwerken van het P-overschot.

Tabel 20 Effect van de 3 P-acties op het P-overschot in de Nederlandse landbouw (in miljoen kg P).

Situatie	P-overschot
Uitgangssituatie (1989)	86
na P-acties 1	48
na P-acties 1 en 2	26
na P-acties 1, 2 en 3	14

2.5 Effect van de P-acties op de N-balans

2.5.1 Effect van P-actie 1 op de N-balans

Het aanwezige 'meelift' effect van N in de hoeveelheid dierlijke mest die voor de P-behoefte van de gewassen nodig is, wordt in paragraaf 4.1 besproken.

2.5.2 Effect van P-actie 2 op de N-balans

Maatregelen ter vermindering van de P-uitscheiding door varkens en pluimvee resulteren in een daling van het voederfosfaatgebruik en een verlaging van het P-gehalte van geïmporteerde mengvoedergrondstoffen. Deze P-actie heeft geen effect op de N-balans omdat er geen N in voederfosfaat zit en aangenomen is dat alleen het P-gehalte en niet het N-gehalte van de geïmporteerde mengvoedergrondstoffen daalt.

2.5.3 Effect van P-actie 3 op de N-balans

Bij P-actie 3 worden mengvoedergrondstoffen voor rundvee gekozen met 50 % minder P. Zoals uit figuur 2 blijkt hoeft dat niet automatisch in te houden dat dan ook het N-gehalte met 50 % daalt. Dat hangt van de keuze van de mengvoedergrondstoffen af. Het is echter aannemelijk dat bij zo'n sterke vermindering van de P-aanvoer in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen voor rundvee ook de N-aanvoer enigszins zal verminderen. Dit zou de eiwitvoorziening van het rundvee nadelig kunnen beïnvloeden.

Figuur 2 Verband tussen N- en P-gehalten in de drogestof van mengvoedergrondstoffen

2.6 Effect van de P-acties op organisch gebonden C en C in fossiele energie

Door de P-acties wordt de dierlijke mest beter benut en minder P in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen aangevoerd. Het is niet aannemelijk dat dit een noemenswaardig effect heeft op de organische C-balans van de Nederlandse landbouw.

De verbetering van de benutting van N en P uit dierlijke mest leidt tot vermindering van het kunstmestgebruik. Door P-actie 1 wordt 38 miljoen kg kunstmest-P bespaard. Verder kan door de verbeterde benutting van drijfmest-N naar schatting 155 mln kg kunstmest-N worden bespaard (paragraaf 4.1). Voor produktie, verpakking en transport van kunstmest-N en -P naar landbouwbedrijven is respectievelijk 38,9 en 9,9 MJ/kg nodig (Dasselaar en Pothoven, 1994). Volgens Tabel 4 in Bijlage 14 betekent dit dat 0,677 kg fossiele C nodig is per kg kunstmest-N en 0,172 kg fossiele C per kg kunstmest-P. De mogelijke besparing van kunstmest-N en -P komt dus neer op een besparing van fossiele energie van 104,9 + 6,5 = 111,4 mln kg C.
Naast deze besparing is er een toename van het energieverbruik door de verplichting tot emissiearme toediening van de mest. Op een gangbaar bedrijf is voor oppervlakkige toediening van mest aan directe energie 799 MJ/ha nodig en aan indirecte energie 229 MJ/ha.
Bij mestinjectie is dat respectievelijk 1610 en 280 MJ/ha (Van Bergen, 1991). Voor emissie-arme mesttoediening is dus 862 MJ/ha extra nodig, dat is 15 kg fossiele C per ha (bij gebruik van dieselolie komt 1 MJ overeen met 17,4 g C). Als dus op 2 miljoen ha landbouwgrond mestinjectie wordt toegepast, is het extra verbruik van fossiele energie 30 mln kg C. Dat is aanzienlijk minder dan de besparing door de vervanging van kunstmest.

De keuze van buitenlandse mengvoedergrondstoffen met een lager P-gehalte en het beperken of achterwege laten van het gebruik van voederfosfaat zal weinig of geen effect op het gebruik van fossiele energie hebben.

3 Technologieën voor fosfor

Nadat in het vorige hoofdstuk een aantal acties zijn geformuleerd die ten doel hebben het overschot op de P-balans van de Nederlandse landbouw te verminderen, wordt in dit hoofdstuk per actie geanalyseerd welke technologie nodig is om de actie inderdaad te realiseren. Daarbij is tevens een inschatting gemaakt van het effect van de techniek op het P-overschot, of de techniek al dan niet klaar is voor de praktijk, of er geen, lage, matig of hoge kosten gemaakt moeten worden om de techniek te ontwikkelen of toe te passen, of de gemaakte kosten een hoog, middelmatig, laag of geen financieel rendement opleveren (+++, ++, +, -) en of de techniek op korte (0-5 jaar), middellange (5-10 jaar) of lange termijn (meer dan 10 jaar) in te voeren is. In de laatste kolom wordt aangegeven of de techniek een goede (+++), een matige (++), een kleine (+) of geen kans van slagen (-) heeft. Na Tabel 21 volgt per technologie een korte toelichting.

3.1 Technologieën P-actie 1: Vervangen van kunstmest-P door P uit dierlijke mest

Om het P-overschot in de Nederlandse landbouw te beperken, is het noodzakelijk bij de bemesting van gewassen zoveel mogelijk kunstmest-P te vervangen door P uit dierlijke mest. Nagegaan dient te worden welke beleidsinstrumenten er zijn om dit te bevorderen. Strikte hantering van mineralenbalansen zou het voor bedrijven met een 'mesttekort' onaantrekkelijk kunnen maken dierlijke mest in plaats van kunstmest te gebruiken en dus tot een tegengestelde ontwikkeling leiden. Het onderzoek zou nog een belangrijke bijdrage kunnen leveren om gebruik van dierlijke mest aantrekkelijker te maken. In Tabel 21 wordt een overzicht gegeven van technieken die daarvoor nodig zijn. Deze technieken worden in de volgende paragrafen toegelicht.

Tabel 21 Overzicht van technieken om gebruik van dierlijke mest als bron van nutriënten aantrekkelijk te maken. Potentieel effect: 38 mln kg P.

	Techniek	Praktijk-klaar	Kosten	Financieel rendement	Termijn invoering	Kans
1	snelle en goedkope bepalingsmethode van de bemestingswaarde van dierlijke mest	nee	laag	+	5-10	+++
2	verbeteren toedieningstechnieken van dierlijke mest	nee	matig	+	5-10	++
3	optimaliseren mestsamenstelling	nee	matig	++	5-10	+++
4	technieken ter voorkoming van verontreiniging van dierlijke mest	nee	laag	+	0-5	+++

3.1.1 Snelle bepalingsmethode van de bemestingswaarde

De bemestingswaarde van dierlijke mest wordt bepaald door het gehalte aan en de beschikbaarheid van nutriënten, door het tijdstip en de methode van toediening en door het specifieke effect van de mest. Hoewel er de laatste 15 jaar veel onderzoek is gedaan naar de bemestingswaarde van dierlijke mest, is het de vraag of de verkregen kennis toereikend is om onder alle omstandigheden goede adviezen te geven als uitsluitend met dierlijke mest in de P-behoefte van gewassen voorzien moet worden. Immers dat zou het gevolg zijn van volledige vervanging van kunstmest-P door P uit dierlijke mest.
Aangezien dierlijke mest sterk in samenstelling kan verschillen, is er in de eerste plaats behoefte aan een snelle en goedkope bepalingsmethode van de samenstelling. Daarbij gaat het om de gehalten aan beschikbare nutriënten. Bij emissie-arme toediening van mest in de eerste helft van het groeiseizoen op grasland is vastgesteld dat het gehalte aan anorganische N (N_{min}) een goede maat is voor de N-beschikbaarheid (Geurink en Van der Meer, 1995). Het is niet bekend of dat ook bij akkerbouwgewassen en vollegronds groenten het geval is. Bij P wordt het gehalte aan P-totaal bepaald en het is niet duidelijk of bij dit element een nauwkeuriger indicatie van de beschikbaarheid zin heeft. Als de P-toestand van de grond voldoende of ruim voldoende is, nemen gewassen een groot deel van hun P-behoefte uit de bodemvoorraad op en is de recovery van toegediende P meestal niet veel hoger dan 20 %.
Hierbij is het moeilijk verschillen in P-beschikbaarheid tussen verschillende meststoffen betrouwbaar vast te stellen. Dit verklaart dat er betrekkelijk weinig gegevens zijn over de werking van P uit dierlijke mest en eventuele verschillen tussen mestsoorten, tijdstippen en methoden van toediening. Op lange termijn zouden dergelijke verschillen een rol kunnen spelen, zowel bij de beschikbaarheid voor het gewas als bij verliezen naar grond- en oppervlaktewater. Bij K wordt K-totaal bepaald en die bepaling lijkt een goede maat voor de beschikbaarheid.
Mest die wordt afgezet van bedrijven met een overschot naar bedrijven met een tekort, zal in alle gevallen bemonsterd en geanalyseerd moeten worden. Bij mest die op het eigen bedrijf wordt gebruikt, zal de samenstelling ook bepaald moeten worden. Hier zou echter onderzocht moeten worden in hoeverre het aantal analyses beperkt kan worden. In dit verband is meer kennis nodig van de variatie van de mestsamenstelling op een bedrijf en van factoren die hierop van invloed zijn.
Tijdstip en methode van mesttoediening hebben een groot effect op de beschikbaarheid en benutting van N uit dierlijke mest op grasland (Geurink en Van der Meer, 1995; Geurink en Van der Meer, 1996). Er zijn weinig gegevens over het effect van deze factoren op de N-benutting door andere gewassen en in het algemeen op klei- en veengronden. Ook voor andere nutriënten zijn er wat dit betreft vrijwel geen gegevens.
Bij het onderzoek naar de N-benutting uit dierlijke mest op grasland werd op de objecten met dierlijke mest plus kunstmest-N vaak een hogere maximum opbrengst verkregen dan op de objecten met alleen kunstmest-NPK (Van der Meer *et al.*, 1987; Geurink en Van der Meer, 1996). Daar deze extra opbrengst niet aan de N-voorziening toegeschreven kan worden, noemt men dit het 'specifieke effect' van dierlijke mest. Het zou veroorzaakt kunnen worden doordat met dierlijke mest ook nutriënten worden toegediend die de kunstmest niet bevat of eventueel door de organische stof. Meer inzicht in de omstandigheden waaronder dit specifieke effect tot uiting komt, zou nuttig zijn voor de acceptatie van dierlijke mest.

3.1.2 Verbetering van de toedieningstechnieken

Mest is een volumineus produkt dat een mengsel van nutriënten bevat en ter beperking van de ammoniakemissie bij voorkeur geïnjecteerd moet worden. Door deze eigenschappen is dierlijke mest minder flexibel te gebruiken dan kunstmest. Op grasland kan mesttoediening onder natte omstandigheden schade aan de zode veroorzaken door insporing of slip. Dit is met name een probleem op weinig draagkrachtige gronden. Op kleigronden kan mesttoediening in het voorjaar met de huidige apparatuur structuurschade veroorzaken. Daarom wordt in de akkerbouw en vollegronds groententeelt op deze gronden dierlijke mest meestal in de nazomer toegediend, wat in ieder geval gepaard gaat met een slechte N-benutting en dus grote N-verliezen. Zowel voor grasland op weinig draagkrachtige gronden als voor éénjarige teelten op kleigronden, is er behoefte aan nieuwe toedieningstechnieken of werkwijzen die de genoemde problemen ondervangen.
Het op grote schaal toepassen van emissie-arme mesttoediening op grasland gaat mogelijk gepaard met aanzienlijke schade aan de nesten van weidevogels. Er dient te worden onderzocht of de toedieningsapparatuur kan worden voorzien van een detectiesysteem dat nesten opspoort en vervolgens een mechanisme in werking stelt waardoor ze gespaard worden.

3.1.3 Optimaliseren van de mestsamenstelling

De samenstelling en werking van dierlijke mest zou zo goed mogelijk moeten aansluiten bij de behoefte van gewassen. Er moet bepaald worden in welke verhoudingen de voor de gewassen beschikbare nutriënten in de verschillende mestsoorten en bij verschillende toedieningstechnieken en -tijdstippen aanwezig zijn, en hoe die verhouding voor verschillende gewassen moet zijn. De indruk bestaat dat dierlijke mest voor de meeste gewassen te weinig beschikbare N en te veel P en K bevat. Dit geldt in ieder geval op de korte termijn als de mestgift op P-evenwicht is afgestemd. Als dergelijke giften echter lang worden toegepast, zou de hoeveelheid beschikbare N kunnen toenemen (door mineralisatie van de organische N in de mest) en de hoeveelheid beschikbare P kunnen afnemen (door P-fixatie). Het is niet duidelijk in welke mate deze processen op lange termijn doorwerken. De overmaat K in dierlijke mest kan vooral problemen opleveren met de gezondheid van het vee (magnesium-tekort en eventueel kopziekte); uitspoeling van K naar grond- en oppervlaktewater is veel minder schadelijk dan uitspoeling van nitraat en P-verbindingen.

Bij toepassing van evenwichtsbemesting voor P bepaalt de hoeveelheid P in de mest hoeveel mest kan worden benut en hoe groot het mestoverschot is. Vermindering van de P-uitscheiding door het vee verhoogt het deel van de geproduceerde mest dat kan worden gebruikt (zie P-acties 2 en 3). Dat is ook het geval als een deel van de uitgescheiden P uit de mest verwijderd zou kunnen worden. Onderzocht moet worden welke mogelijkheden er op dit punt zijn. Fysische en/of chemische scheiding van mest in een P-rijke fractie en een N- en K-rijke fractie lijkt mogelijk (Hilberts, 1990; Koster, 1990; Derikx en Van Gastel, 1994). De P-rijke fractie zou aan de landbouw onttrokken kunnen worden of door het geringe volume over grotere afstanden afgezet kunnen worden. Voor de N- en K-rijke fractie ligt benutting op grasland het meest voor de hand. Om problemen met de gezondheid van het vee te vermijden, dient dan echter ook de K-uitscheiding door het vee verminderd te worden.

3.1.4 Voorkomen of beperken van verontreinigingen

Voor de acceptatie van mest is het belangrijk dat de afnemer zo weinig mogelijk risico loopt van schade door verontreinigingen. Er is uitvoerig onderzoek verricht naar de risico's van overdracht van plantenziekten en onkruiden via dierlijke mest. Daaruit is gebleken dat de kans op overdracht van ziekten via varkensmest te verwaarlozen is, maar dat de kans op overdracht van onkruiden reëel is

(Elema en Scheepens, 1992). Hoewel het aantal kiemkrachtige zaden sterk vermindert bij het malen en persen van het mengvoer en tijdens de vertering in het dier en de opslag van dunne mest, zijn er toch zaden die overleven. Het risico van overdracht van onkruiden kan aanzienlijk worden beperkt door de mest enige maanden op te slaan en vermenging met voerresten en rundermest te vermijden. Varkensmest bevat chloride en zou daardoor schade bij de aardappelteelt kunnen veroorzaken. Daarom zijn met name telers van fabrieksaardappelen in de Veenkoloniën terughoudend om varkensdrijfmest in het voorjaar te gebruiken. Het gehalte aan chloride kan verminderd worden door minder zout in het voer en drinkwater te doen.
Als de aanvoer van zware metalen op het land groter is dan de afvoer in de geoogste produkten, vindt accumulatie plaats. Als dit gedurende langere tijd het geval is, kan schade aan gewassen optreden en kunnen de gehalten in de gewassen gevaar voor de gezondheid van mens en dier opleveren. Het is bekend dat varkensmest te veel koper en zink bevat (Baltussen en Hoste, 1994), maar er is te weinig informatie over andere metalen zoals bijvoorbeeld cadmium en lood. Regelmatige analyses van mengvoeders en mest, zoals die in het verleden door de onafhankelijke Werkgroep "Mineralen in krachtvoer in relatie tot bemesting en milieu" van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek werden uitgevoerd (NRLO, 1979), worden node gemist.
Er is geen informatie gevonden over eventuele resten van gewasbeschermingsmiddelen en diergeneesmiddelen in dierlijke mest.

3.2 Technologieën P-actie 2: Verminderen van de P-uitscheiding door varkens en pluimvee

In Tabel 22 wordt een overzicht gegeven van technieken waarmee de P-uitscheiding door varkens en pluimvee kan worden verminderd. Elke technologie wordt in de navolgende paragrafen toegelicht.

Tabel 22 Overzicht van technieken om de P-uitscheiding door varkens en pluimvee te verminderen. Potentieel effect: 22 mln kg P.

Techniek	Praktijk-klaar	Kosten	Financieel rendement	Termijn invoering	Kans
1 nauwkeurig vaststellen P-behoefte en voeding daarop afstemmen	nee	matig	++	0-5	+++
2 fytase toepassen in de praktijk door wegnemen hindernissen	nee	laag	++	0-5	+++
3 keuze van mengvoedergrondstoffen	nee	laag	++	0-5	+++

3.2.1 Nauwkeurig vaststellen van de P-behoefte en de voeding daarop afstemmen

De indruk bestaat dat de normen met betrekking tot de P-behoefte van varkens en pluimvee in verschillende levensfasen vrij ruim zijn. Het is nodig deze nauwkeuriger vast te stellen waarbij echter wel nadrukkelijk rekening moet worden gehouden met de gezondheid en het welzijn van de dieren. De P-voorziening dient zo goed mogelijk aan te sluiten bij de P-behoefte van de dieren, waarbij verschillen in P-behoefte in verschillende fasen van groei en reproductie worden gevolgd. Dit is het principe van de zogenaamde fasenvoedering. Wordt het nutriëntengehalte in het voer continue aangepast aan de behoefte van de dieren, dan spreekt men van multifasenvoedering. In het begin van de negentiger jaren werd 10 % van de vleesvarkens volgens het driefasensysteem gevoerd en kwam multifasenvoedering nog maar in geringe mate voor (Beukeboom *et al.*, 1991).

3.2.2 Toepassen van fytase in de praktijk

P komt in veevoer voor als fytine-P en als anorganisch P. In tegenstelling tot anorganisch P wordt het in fytinezuur gebonden P door varkens en pluimvee vrijwel niet verteerd. Fytine-P wordt in hoofdzaak aangetroffen in plantaardige grondstoffen. Van het totaal gehalte aan P in plantaardige produkten komt 60 - 75 % als fytine-P voor (Schutte en Tamminga, 1992).
Eén van de belangrijkste mogelijkheden om de P-verteerbaarheid van het voer bij éénmagigen te verbeteren is het gebruik van het enzym fytase. Dit enzym is in staat het door éénmagigen niet verteerbare fytine af te breken waardoor P voor het dier beschikbaar komt (Beukeboom *et al.*, 1991).
Onderzoek toont aan dat toevoegen van microbieel fytase de P-verteerbaarheid van het voer bij varkens verhoogt met 20 eenheden (van 40 naar 60 %) (Jongbloed *et al.*, 1993) en bij pluimvee met 10 tot 15 eenheden. Het gebruik van microbieel fytase heeft geen negatieve invloed op de technische resultaten bij varkens (Jongbloed *et al.*, 1993) en leghennen (Simons en Versteegh, 1993).
Het gebruik van fytase (plantaardig of microbieel) is alleen effectief bij voeders die fytine-P bevatten. Bij gebruik van fytase kan de hoeveelheid extra P die voor het dier beschikbaar komt op het voederfosfaat gekort worden. Met fytase kan het P-gehalte van het voer dus lager zijn.
Er zijn voeders die zelf al fytase bevatten zoals tarwe, gerst en triticale.
Momenteel is het technisch al mogelijk om fytase aan veevoer toe te voegen waardoor extra voederfosfaat niet meer of in mindere mate nodig is. De praktijk staat nog huiverig tegenover de toepassing. Betrouwbare proeven op praktijkbedrijven moeten uitwijzen of de aarzeling terecht is of niet. Mogelijk komen daarbij aspecten voor aanvullend onderzoek aan het licht.

3.2.3 Keuze van mengvoedergrondstoffen

Mengvoedergrondstoffen verschillen sterk in P-gehalte (Figuur 2), terwijl ook de verteerbaarheid van de P die ze bevatten sterk verschilt. Ook dit biedt mogelijkheden tot verlaging van de P-opname en P-uitscheiding in mest. Hierbij dient bedacht te worden dat scherpe normen voor de P-behoefte, fasenvoedering en gebruik van microbieel fytase uiteindelijk pas het gewenste resultaat opleveren als andere mengvoedergrondstoffen met een lager P-gehalte worden gebruikt. In Tabel 11 is er van uitgegaan dat eerst het voederfosfaat weggelaten zal worden en vervolgens mengvoedergrondstoffen met een lager P-gehalte gekozen zullen worden. Het is echter allerminst zeker dat dat de beste oplossing is als men de P-uitscheiding moet beperken. Dat is een optimaliseringsvraagstuk.

3.3 Technologieën P-actie 3: Verminderen van de P-aanvoer met geïmporteerd mengvoer voor rundvee

In Tabel 23 wordt een overzicht gegeven van technieken die nodig zijn om de verlaging van het P-gehalte in ingevoerd mengvoer voor rundvee mogelijk te maken. Elke techniek wordt in de navolgende paragrafen toegelicht.

Tabel 23 Overzicht van technieken om de P-aanvoer met geïmporteerde mengvoedergrondstoffen voor rundvee te verminderen. Potentieel effect: 12 mln kg P.

Techniek	Praktijk-klaar	Kosten	Financieel rendement	Termijn invoering	Kans
1 de P-behoefte nauwkeurig vaststellen en op de norm voeren	nee	laag	+	0-5	+++
2 voorzien in de P-behoefte met inlandse voeders	nee	matig	++	5-10	++

3.3.1 De P-behoefte voor rundvee nauwkeurig vaststellen en op de norm voeren

Evenals bij varkens en pluimvee is bij rundvee onderzoek nodig om na te gaan of de P-normen voor rantsoenen scherper gesteld kunnen worden. Het blijkt dat er tussen verschillende landen vrij grote verschillen in P-normen voor rundvee zijn en dat de Nederlandse normen niet hoog zijn vergeleken met die van andere landen. In Nederland hebben rundveehouders echter de neiging boven de P-norm te voeren (Beukeboom *et al.*, 1991). Waarschijnlijk zijn er dus wel mogelijkheden om de P-opname door rundvee te verminderen.

3.3.2 Voorzien in de P-behoefte van rundvee met inlandse voeders.

Voor de P-balans van de Nederlandse rundveehouderij en van individuele bedrijven is het gunstig als een groter deel van de P-behoefte van het vee met inlandse of op het eigen bedrijf geproduceerde voeders kan worden gedekt. Dan kan namelijk het P-gehalte in van buiten aangevoerde voeders worden verminderd. Het P-gehalte in ruwvoeders verschilt sterk. Zo is het P-gehalte in jong gras bijna dubbel zo hoog als in snijmaïs. Volgend Van Loo (1993) is er ook genetische variabiliteit in het P-gehalte binnen grassoorten, zodat op een hoger P-gehalte veredeld kan worden. Dit lijkt zowel voor Engels raaigras als voor snijmaïs noodzakelijk.
Verder zou ook nagegaan moeten worden in welke mate via teeltmaatregelen het P-gehalte verhoogd kan worden. Daarbij spelen de volgende vragen:

1. Welke factoren beïnvloeden de P-opname door gewassen? Wat zijn de effecten van de P-gift, de P-toestand van de grond en de N-gift?
2. Wat is met betrekking tot P-gift, P-toestand van de grond en N-gift uit oogpunt van milieubelasting nog acceptabel? Bij het streven naar een hoog P-gehalte in het zelfgeproduceerde voer zullen P-aanbod en P-opname hoger moeten zijn dan wanneer alleen de drogestofopbrengst telt.

3.4 Aanvullende technologieën voor fosfor

In deze studie zijn de theoretische mogelijkheden om het P-overschot in de Nederlandse landbouw te verminderen zeer drastisch doorgevoerd. Dit betreft vervangen van kunstmest-P door P uit dierlijke mest en vermindering van de P-uitscheiding in mest door de veestapel. Behalve een grote mate van acceptatie door de betrokken landbouwsectoren is hiervoor ook een stimulerend beleid van de overheid nodig. Hoewel veel van de in de Tabellen 21, 22 en 23 genoemde technieken in principe bekend zijn, zal aanvullend onderzoek nodig zijn om invoering in de praktijk te bevorderen.
Bij volledige doorvoering van de 3 P-acties blijft er nog een overschot van 14 mln kg P per jaar over (Tabel 20). Als we ervan uitgaan dat vroeg of laat verdere accumulatie van P in landbouwgronden niet meer wordt toegestaan door de toenemende kans op uitspoeling en eutrofiëring van oppervlaktewater, dan zal ook dit P-overschot nog moeten verdwijnen.
Daarvoor bestaan de volgende mogelijkheden:

- Export van mest. Er worden al aanzienlijke hoeveelheden pluimveemest in het buitenland afgezet.
- Mestscheiding en afvoer van de P-rijke fractie uit de Nederlandse landbouw (alternatief gebruik, export). Dit punt is al in paragraaf 3.1.3 besproken. Dit zou als 'kritische technologie' aangeduid kunnen worden en verdient verdere aandacht.
- Industriële mestverwerking. Deze mogelijkheid lijkt niet van de grond te komen door de hoge kosten (Ten Have en Van Voorneburg, 1994). Misschien zou een conclusie van deze studie, namelijk dat het mestoverschot vooral een P-overschot is (zie ook het vorige punt) tot ontwikkeling van goedkopere technieken kunnen leiden.
- Strategisch inkrimpen van de veestapel door de minder rendabele en/of uit oogpunt van mineralenbenutting inefficiënte sectoren te verwijderen (vleesvee, schapen, opfok naar het buitenland).

4 Acties ter beperking van de stikstofverliezen

Volgens de N-balans is er een overschot van 694 mln kg N in de Nederlandse landbouw van 1989 (Tabel 1). Dat overschot wordt in belangrijke mate veroorzaakt door het grote verbruik van kunstmest-N (444 mln kg). Bij goede benutting van de grote hoeveelheid N in dierlijke mest (652 mln kg; Tabel 4), kan het gebruik van kunstmest-N sterk worden beperkt en verminderen de N-verliezen. Dat in potentie met dierlijke mest in een groot deel van de N-behoefte van de gewassen kan worden voorzien, is af te leiden uit de mestbalans voor N (Tabel 24).

Tabel 24 Mestbalans voor N in de uitgangssituatie, 1989, in miljoen kg N.

Mestproduktie		Bron	Gewasonttrekking		Stroom
rundermest	444,6	tabel 4	ruwvoer	376,3	*7-3*
varkensmest	138,3	tabel 4	andere gewassen	92,6	*4+26*
pluimveemest	68,8	tabel 4	overschot	182,8	
	651,7			651,7	

Bij het gebruik van dierlijke mest kunnen zich grote N-verliezen voordoen:
- als dierlijke mest aan de lucht wordt blootgesteld vindt ammoniakvervluchtiging plaats;
- bij toediening van mest in de nazomer, herfst en winter, bij te hoge mestgiften en uit urineplekken bij beweiding gaat veel N verloren door denitrificatie en nitraatuitspoeling.

Ammoniak in de atmosfeer is voor het overgrote deel afkomstig uit aan de lucht blootgestelde dierlijke mest (Bakema *et al.*, 1991). In 1987 droeg de landbouw naar schatting voor 94 % bij aan de landelijke ammoniakemissie (Hannessen, 1990).
Tijdens de verspreiding van ammoniak wordt gemiddeld de helft van de vrijgekomen ammoniak omgezet in ammoniumverbindingen. Daarbij reageert ammoniak als base. Als ammoniak en ammonium na depositie eenmaal in de bodem terecht zijn gekomen, kunnen ze door bacteriën worden omgezet in nitraat waardoor de bodem verzuurt. Behalve verschillen in chemische vorm waarin ammoniak neerslaat (ammoniak of ammonium, resp. NH_3 en NH_4^+), bestaan er ook verschillende fysische vormen. Droge depositie is het direct vanuit de atmosfeer neerslaan van gassen en aerosolen (deeltjes) op de bodem. Als deze deeltjes zijn opgelost in regen, sneeuw of hagel, dan wordt gesproken van natte depositie. Mistdepositie is een tussenvorm waarbij de mist de drager is. Mistdepositie draagt in Nederland in geringe mate bij aan de totale depositie. De droge depositie bedraagt 70 % van de totale depositie. Ammoniakdepositie (NH_x-depositie) is de som van droge, natte en mistdepositie van NH_3 en NH_4^+. Ammoniak kan zowel dicht bij de bron als op grote afstand (>1000 km) van de bron neerslaan. Dichtbij de bron gaat het voor het grootste deel om droge depositie van ammoniak. Op grotere afstand gaat het voornamelijk om droge en natte depositie van een combinatie van ammoniak en ammoniumzouten. Ongeveer 20 % van de vrijkomende ammoniak komt neer binnen een afstand van een kilometer van de bron. Op een afstand van 5 km is al 30 % neergeslagen. De overige 70 % komt, voornamelijk na een omzetting in ammonium, terecht tussen 5 en 1000 km van de bron. Bij een hoge concentratie en een ruw terrein, is de depositie het grootst (Lekkerkerk en Heij, 1995).
Verzurende depositie bestaat uit verschillende stoffen, potentieel zuur genoemd die wordt uitgedrukt in mol $H^+ha^{-1}j^{-1}$ (Bakema *et al.*, 1991). In 1989 was de totale zure depositie 4800 mol $H^+ha^{-1}j^{-1}$ (28 % SO_x, 24 % NO_y, 46 % NH_x en 2 % HCl) (Erisman, 1992). Bijna de helft van de zure depositie op

Nederland komt uit het buitenland (45 %), vooral uit de ons omringende landen. Van de Nederlandse bijdrage bestaat 35 % uit NH_x die voornamelijk wordt gevormd bij produktie, opslag en uitrijden van dierlijke mest (Bakema *et al.*, 1991).
Behalve verzuring, veroorzaakt depositie van NH_x ook verstoring van terrestrische ecosystemen door verhoging van de beschikbaarheid van N. Deze verstoring komt tot uiting in verruiging van vegetaties, grotere gevoeligheid van bomen voor vorst, droogte en ziekten en soms zelfs te hoge nitraatuitspoeling.

Om de negatieve effecten van ammoniak tot een ecologisch acceptabel niveau te beperken, wordt er naar gestreefd de ammoniakemissie in het jaar 2000 met 70 % te verminderen ten opzichte van het niveau in 1980.
Voor de uitgangssituatie in 1989 is de ammoniakvervluchtiging uitgerekend (Tabel 25). Uit de weide emitteert 13 % van de in mest en urine uitgescheiden N (Vertregt en Rutgers, 1988) en uit veestallen en mestopslag 13,2 % van de uitgescheiden N (De Winkel, 1988).

Tabel 25 Ammoniakverliezen door vervluchtiging uit stal, weide en bij uitrijden van drijfmest in de uitgangssituatie (1989).

	Uitscheiding (mln kg N)		Emissie (%)		Emissie (mln kg N)		N in mest (mln kg N)		Emissie bij uitrijden (%)	Emissie (mln kg N)
Rundvee:										
weide	205,2		13,0		26,7		178,5			26,7
stal		239,4		13,2		31,6		207,8		
Varkens		138,3		13,2		18,3		120,0		
Pluimvee		68,8		13,2		9,1		59,7		
		446,5								
						59,0				59,0
								387,5	30,0	116,3
										202,0

Totaal blijft er na vervluchtiging in de stal en mestopslag 387,5 mln kg N in drijfmest achter. Naar schatting bestaat de helft van de drijfmest-N en 30 % van de N in weidemest (beide na emissie) uit organisch N. Dat is 387,5 * 0,50 + 178,5 * 0,30 = 247,3 mln kg N. Bij uitrijden van de drijfmest vervluchtigt gemiddeld 60 % van de anorganische N (116,3 mln kg N; Vertregt en Selis, 1990), zo blijft er 77,5 mln kg (387,5 * 0,50 - 116,3) anorganische N over.
De organische N komt door mineralisatie geleidelijk beschikbaar, een klein deel in het jaar van toediening, de rest op lange termijn. Doordat in de oude situatie een groot deel van de mest in de herfst of winter werd uitgereden en/of werd gedumpt op maïsland, ging een aanzienlijk deel van de anorganische N die niet vervluchtigd was en van de door mineralisatie vrijkomende organische N alsnog verloren door denitrificatie of nitraatuitspoeling. In proeven over de benutting van drijfmest-N in de oude situatie werden recoveries van drijfmest-N vastgesteld van minder dan 10 % tot 20 à 25 % (Van der Meer en Van der Putten, 1995) (de recovery is dat deel van de gegeven N dat in het gewas wordt geoogst). In de praktijk werd bij vaststelling van de gift kunstmest-N dan ook vaak weinig of geen rekening gehouden met de gegeven drijfmest-N.

Op basis van het voorgaande wordt verondersteld dat de werkingscoëfficiënt van drijfmest-N in de oude situatie gemiddeld ongeveer 15 % was. De werkingscoëfficiënt is de hoeveelheid kunstmest-N die in werking overeenkomt met 100 kg drijfmest-N (N-totaal). Deze wordt berekend als {(recovery van N-totaal uit de mest/recovery van kunstmest-N) * 100 }. In de hiervoor genoemde proeven variëerde de recovery van kunstmest-N meestal van 80 tot 90 %.

4.1 N-actie 1: Verbeteren van de benutting van N uit dierlijke mest

De benutting van N uit dierlijke mest wordt inmiddels verbeterd door geleidelijke invoering van de volgende maatregelen:

1. Toediening van dierlijke mest in de lente en voorzomer. Vooral op gronden met geringe draagkracht (veengrasland en akkerbouw op klei) is echter nog behoefte aan verdere ontwikkeling van technieken om schade door insporing en structuurbederf van de grond te voorkomen.
2. Emissie-arme toedieningstechnieken. Met het oog op de zware toekomstige eisen met betrekking tot reductie van de ammoniakemissie, is het nodig de technieken toe te passen die de grootste emissiereductie geven.
3. Beperking van de hoogte van de mestgift door de P-normen waardoor te hoge giften en de daarmee samengaande slechte N-benutting worden tegengegaan

4.1.1 Effecten van verbetering van de benutting van N uit dierlijke mest

In proeven waarin mest volgens bovenstaande principes werd toegediend, varieerde de N-recovery meestal tussen 45 en 60 % (Van der Meer, 1994; Van der Meer en Van der Putten, 1995). Daarom wordt hier aangenomen dat door N-actie 1 de werkingscoëfficiënt van N in dierlijke mest 55 % wordt; dit levert een besparing op van kunstmest-N die gelijk is aan 40 % (55 - 15) van de totale hoeveelheid drijfmest-N. Dat wordt 0,4 * 387,5 = 155,0 mln kg N. Een deel daarvan wordt geleverd door het verlagen van de ammoniakemissie tijdens het uitrijden van 30 naar 5 % (116,3 - 19,4 = 96,9 mln kg N; Tabellen 25 en 26). De rest van de besparing van kunstmest-N (155,0 - 96,9 = 58,1 mln kg) komt door verminderde denitrificatie en uitspoeling als gevolg van een beter gekozen tijdstip van toediening (begin van het groeiseizoen) en voorkomen van te hoge giften.

Tabel 26 Ammoniakverliezen na volledige invoering van emissie-arme mesttoediening.

	Uitscheiding (mln kg N)		Emissie (%)		Emissie (mln kg N)		N in mest (mln kg N)		Emissie bij uitrijden (%)	Emissie (mln kg N)
Rundvee:										
weide	205,2		13,0		26,7		178,5			26,7
stal		239,4		13,2		31,6		207,8		
Varkens		138,3		13,2		18,3		120,0		
Pluimvee		68,8		13,2		9,1		59,7		
		446,5								
						59,0				59,0
								387,5	5,0	19,4
										105,1

De organische N uit de mest, die niet in het jaar van toediening beschikbaar komt (naar schatting 30 - 40 % van N-totaal), kan beschouwd worden als aanvulling van de voorraad organische N in de bodem. In een 5 jaar durende veldproef met emissie-arme mesttoediening in het voorjaar op grasland, is vastgesteld dat bij combinatie van drijfmest-N en kunstmest-N de nitraatuitspoeling iets minder was dan bij een vergelijkbare N-gift uit alleen kunstmest (Jarvis *et al.*, 1987). Dit geeft aan dat milieuvriendelijk gebruik van dierlijke mest zeer wel mogelijk is.
Bij het voorgaande is aangenomen dat alle mest bij de plantaardige produktie gebruikt kan worden. Voor wat betreft N lijkt dat geen probleem, maar van P was er na rigoureuze doorvoering van de 3 P-acties nog een overschot van 9,4 mln kg (Tabel 20). Om alle drijfmest-N te kunnen benutten zijn dus technieken nodig om P uit drijfmest te verwijderen.

N-actie 1 levert een besparing van kunstmest-N op van 155 mln kg. Het overschot op de N-balans van de landbouw daalt hierdoor van 694 mln kg naar 539 mln kg.

4.2 N-actie 2: Verminderen van de ammoniakvervluchtiging uit stallen

Uit vergelijking van de Tabellen 25 en 26 blijkt dat volledige toepassing van een goede techniek van emissie-arme mesttoediening de totale ammoniakemissie bijna halveert. Verdere vermindering is echter noodzakelijk en die zal vooral moeten komen van aanpassingen van de stallen en mestopslagsystemen (ontwerp, inrichting, mestbehandeling). In de oude situatie is de ammoniakvervluchtiging uit de stal en mestopslag geschat op gemiddeld 13,2 % van de in de stal uitgescheiden N (De Winkel, 1988). Dat is in totaal 59,0 mln kg N per jaar (Tabel 26). Er is de laatste jaren veel onderzoek gedaan naar de ammoniakvervluchtiging uit verschillende huisvestingssystemen voor rundvee, varkens en pluimvee en naar de mogelijkheden die te verminderen. In paragraaf 4.2.1 wordt een overzicht gegeven van de resultaten (Tabel 27).

4.2.1 Vermindering van de ammoniakvervluchtiging uit stallen

Bij de evaluatie van het ammoniakbeleid (Anonymus, 1993) werd een groot aantal mogelijkheden genoemd om de ammoniakemissie uit stallen te reduceren. Tabel 27 geeft een overzicht van de maatregelen die de grootste emissiereductie geven.

Tabel 27 Reductie van de ammoniakvervluchtiging door verschillende aanpassingen in de stal (Anonymus, 1993).

Sector Stalsysteem	Reductie (in %) van de ammoniakemissie t.o.v. de gangbare systemen
RUNDVEE	
Melkkoeien	
ontmesting	
- giergoot + mestschuif	30 - 40
- schijnvloer onder roosters	35 - 40
spoelen	50 - 60
aanzuren	40
combinatie	50
VARKENS	
Mestvarkens en opfokzeugen	
aanpassen stalinrichting	30
mestschuif	70
spoelen	55
diepstrooisel	30
luchtreiniging	80 - 90
Zeugen	
aanpassen stalinrichting	30
mestschuif	70
spoelen	55
luchtreiniging	80 - 90
PLUIMVEE	
Leghennen	
droge mest:	
bandbatterij + luchtdroging	90
bandbatterij + luchtdroging + opslag	70 - 80
natte mest:	
mestband 2* per week afdraaien	60
mestband dagelijks afdraaien	70
Slachtkuikens	
zwevende strooiselvloer	90

Op grond van de informatie in Tabel 27 is aangenomen dat in de rundveehouderij een reductie van 50 % mogelijk moet zijn en in de varkens- en pluimveehouderij van 70 %.

4.3 N-actie 3: Verminderen van de uitscheiding van N in mest en urine

Vermindering van de uitscheiding van N in mest en urine is mogelijk door de overmaat aan N in de rantsoenen te beperken en de kwaliteit van het eiwit goed af te stemmen op de behoefte van het dier. Aangezien uit paragraaf 4.1 blijkt dat er op nationaal niveau geen overschot aan N in dierlijke mest is, is vermindering van de uitscheiding van N in mest en urine geen doel op zichzelf, maar pas interessant als die vermindering een (aanzienlijke) bijdrage levert aan de vermindering van de ammoniakvervluchtiging of nitraatuitspoeling. Rantsoenaanpassing kan de ammoniakemissie uit stallen reduceren door vermindering van de N-uitscheiding in mest en urine, maar ook door verlaging van het emissiepercentage. Om deze mogelijkheid te beoordelen, is meer kennis nodig van de invloed van de rantsoensamenstelling op de vorming en emissie van ammoniak uit verschillende staltypen. Verder kan vermindering van de uitscheiding van N in urine door weidend vee bijdragen aan reductie van ammoniakvervluchtiging en nitraatuitspoeling uit beweid grasland. Ook deze mogelijkheid dient nader onderzocht te worden.

In de rundveehouderij kan de uitscheiding van N in mest en urine verminderd worden door verlaging van het bemestingsniveau. Ook kan de rantsoensamenstelling aangepast worden, bijvoorbeeld door N-rijk gras gedeeltelijk te vervangen door N-arme en energierijke produkten zoals snijmaïs en bietenpulp (Valk *et al.*, 1990). De eerste mogelijkheid dient eerst geëvalueerd te worden, omdat met het oog op de nitraatuitspoelingsdoelstelling de N-giften op grasland en maïsland toch moeten verminderen (Van der Putten en Van der Meer, 1995).
Naar schatting werd in 1989 op gras- en maïsland 303 mln kg kunstmest-N gebruikt. Daarnaast was er een flinke bijdrage van de door het vee uitgescheiden N aan de N-voorziening van de ruwvoedergewassen (Tabel 4). De in paragraaf 4.1 genoemde maatregelen om de N uit dierlijke mest beter te benutten, zullen tot een vermindering van het gebruik van kunstmest-N moeten leiden. Voor de gehele landbouw wordt die vermindering geschat op 155 mln kg per jaar. Als die vermindering wordt gerealiseerd, zal behalve de ammoniakvervluchtiging ook de nitraatuitspoeling verminderen. Door de hoge totale N-gift blijft de nitraatuitspoeling echter nog veel te hoog. Daarom is ook een beperking van de totale N-gift noodzakelijk, vooral op gras- en maïsland. We gaan er in deze studie van uit dat om aan de nitraatuitspoelingsdoelstelling te voldoen de totale N-gift (uit drijfmest en kunstmest) op gras- en maïsland met 100 mln kg per jaar moet verminderen. Hierdoor daalt de hoeveelheid N in het geoogste ruwvoer met 70 mln kg. Aangenomen is dat dit geen wezenlijk effect heeft op de dierlijke produktie. Hierbij moet echter in het oog worden gehouden dat deze N-actie niet ten koste mag gaan van het P-gehalte in het ruwvoer. Alleen bij voldoende P in het ruwvoer kan het P-gehalte in het mengvoer omlaag (P-actie 3). N-actie 3 is dus nog een extra stimulans om naar een verbeterde P-opname door het gewas te streven.

Door het verlagen van de hoeveelheid N in ruwvoer met 70 mln kg, wordt de hoeveelheid N in ruwvoer 314,8 kg per jaar (Tabel 4).

4.3.1 Effecten van aanpassingen in de stallen en vermindering van de N-uitscheiding in mest en urine op de ammoniakemissie

In de literatuur wordt aangegeven dat met veevoedkundige maatregelen bij rundvee een vermindering van de N-opname van 18 % haalbaar is, bij varkens van 23 % en bij pluimvee van 11 % (Beukeboom *et al.*,1991). Bij rundvee betekent dat een potentiële verlaging van de N-opname met 94,5 mln kg, bij varkens met 44,9 mln kg en bij pluimvee met 11,0 mln kg, zonder dat de produktie daalt. Als deze verlaging volledig doorgevoerd kan worden, is de uitscheiding resp. nog 350,1, 93,4 en 57,8 mln kg N. Als echter de P-acties 2 en 3 (die prioriteit hebben boven de N-acties) in acht worden genomen, kunnen deze uitscheidingsbeperkende maatregelen waarschijnlijk niet ten volle benut worden. Voor rundvee wordt hier geen verdere reductie aangenomen dan de 70 mln kg N die het gevolg is van de verlaging van de N-bemesting (paragraaf 4.1). Voor varkens en pluimvee wordt ervan uitgegaan dat de helft van de hierboven aangegeven reductie van de N-uitscheiding haalbaar is, de reductie wordt dan 22,5 mln kg N bij varkens en 5,5 mln kg N bij pluimvee. Tabel 28 geeft de effecten hiervan op de N-balansen van de 3 veehouderijsectoren.

Tabel 28 Effecten van N-actie 3 op de N-balansen van rundvee, varkens en pluimvee; in miljoen kg N.

	Rundvee	Varkens	Pluimvee	*Stroom*
N in veevoer	471,8	173,9	95,1	*berekend*
export en huisdiervoer	16,6	1,0	0,7	*11+12*
consumptie	455,2	172,9	94,4	*berekend*
N in produkten	80,6	57,1	31,1	*9*
N in mest	374,6	115,8	63,3	*berekend*

Vergelijking van Tabel 28 met Tabel 4 leert dat door N-actie 3 de uitscheiding van N in mest door de gehele veestapel met 98 mln kg is verminderd tot 553,7 mln kg per jaar.

Met de gegevens uit Tabel 28 en aannamen over emissiereducties als gevolg van N-actie 2, kunnen nieuwe berekeningen van de ammoniakemissie worden gemaakt (Tabel 29). Aangenomen is dat het emissiepercentage uit stallen en mestopslagsystemen op rundveebedrijven met 50 % verminderd kan worden en op varkens- en pluimveebedrijven met 70 %. De ammoniakvervluchtiging uit beweid grasland is geschat op 10 % van de in mest en urine uitgescheiden N. Bij toediening van drijfmest vervluchtigt gemiddeld 5 % van de N-totaal in de mest.

Tabel 29 Effecten van de N-acties 1, 2 en 3 op de N-uitscheiding in mest en urine en de totale ammoniakemissie uit de veehouderij.

	Uitscheiding (mln kg N)		Emissie (%)		Emissie (mln kg N)		N in mest (mln kg N)		Emissie bij uitrijden (%)	Emissie (mln kg N)
Rundvee:										
weide	172,9		10		17,3		155,6			17,3
stal		201,7		6,6		13,3		188,4		
Varkens		115,8		4,0		4,6		111,2		
Pluimvee		63,3		4,0		2,5		60,8		
		380,8				20,4				20,4
								360,4	5,0	18,0
										55,7

Door de N-acties 1, 2 en 3 vermindert de totale ammoniakemissie van 202 mln kg N per jaar tot 55,7 mln kg N per jaar (Tabellen 25 en 29). Dat is een emissiereductie van 72,4 %, iets meer dan de doelstelling voor het jaar 2000.

Door de N-acties 2 en 3 is de hoeveelheid N in de beschikbare drijfmest gedaald van 387,5 mln kg naar 360,4 mln kg per jaar (Tabellen 26 en 29). Bij de aangenomen werkingscoëfficiënt van drijfmest-N van 0,55 is dat uitgedrukt in kunstmest-N een afname van (387,5 - 360,5) * 0,55 = 14,9 mln kg. Hierbij is aangenomen dat de werkingscoëfficiënt van de drijfmest-N door deze N-acties niet wezenlijk veranderd is: de vermindering van de N-uitscheiding door het vee verkleint de fractie anorganische N, maar de reductie van de ammoniakemissie uit de stal doet dat effect weer grotendeels te niet. De vermindering van de totale N-gift op grasland en maïsland met 100 mln kg per jaar (N-actie 3, paragraaf 4.3), betekent dus netto een besparing van 100 - 14,9 = 85,1 mln kg kunstmest-N per jaar. Met de besparing van 155 mln kg kunstmest-N per jaar als gevolg van N-actie 1 (verbetering van de benutting van drijfmest-N), is dat een totale besparing van kunstmest-N van 240 mln kg per jaar. De hoeveelheid kunstmest-N daalt daardoor tot 444 - 240 = 204 mln kg per jaar. Door N-actie 3 is de opname van N door varkens en pluimvee met respectievelijk 22,5 en 5,5 mln kg verminderd. Er is aangenomen dat deze hoeveelheid in mindering wordt gebracht op de hoeveelheid N in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen. Die wordt dan 398 - 28 = 370 mln kg per jaar.

Tabel 30 geeft het effect van de 3 N-acties op de N-balans van de Nederlandse landbouw.

Tabel 30 N-balans van de Nederlandse landbouw na volledige doorvoering van de N-acties 1, 2 en 3; in miljoen kg N (*ber.* is berekend).

Aanvoer		*Stroom*	Afvoer		*Stroom*
import mengvoedergrondstoffen	370	*ber.*	dierlijke produkten	168	*9*
kunstmest	204	*ber.*	plantaardige produkten	93	*26+4*
ruwvoerimport	9	*3*	huisdiervoer	14	*11*
bijprodukten akkerbouw	38	*4*	export mengvoer	20	*12*
bijprodukten veehouderij	30	*5*			
atmosferische depositie	47	*20*			
restpost	20	*17*	overschot	423	*ber.*
	718	*ber.*		718	*ber.*

Door de N-acties 1, 2 en 3 is het N-overschot gedaald van 694 mln kg per jaar tot 423 mln kg per jaar (Tabellen 1 en 30). Dat is per ha landbouwgrond gemiddeld nog ruim 200 kg per jaar. Aangezien door deze N-acties de ammoniakvervluchtiging al sterk is verminderd (Tabellen 25 en 29), zal een groot deel van dit overschot door denitrificatie of nitraatuitspoeling verloren gaan. Ongetwijfeld is na de 3 N-acties de nitraatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater nog veel te hoog en zullen verdere acties vooral op vermindering van de nitraatuitspoeling gericht moeten zijn. Deze mogen niet ten koste gaan van de binnenlandse produktie van ruwvoer en mengvoedergrondstoffen. In feite zou zelfs geprobeerd moeten worden de bijdrage van inlandse voeders aan de eiwit- en P-voorziening van de veestapel te vergroten (Van der Meer en Blom, 1994). Immers daardoor zou de aanvoer van N en P in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen nog iets verder kunnen dalen (Tabellen 18 en 30). Bovendien kan voor een hoge produktie van eiwitten en voeder-P in Nederland veel N en P uit dierlijke mest worden benut. Op basis van het voorgaande zullen nog de volgende N-acties worden besproken:

N-actie 4: Verminderen van de nitraatuitspoeling met handhaving van een hoge plantaardige produktie.

N-actie 5: Vergroten van de bijdrage van binnenlandse voeders aan de eiwit- en de P-voorziening van de veestapel.

4.4 N-actie 4: Verminderen van de nitraatuitspoeling met handhaving van een hoge plantaardige produktie

Voor vermindering van de nitraatuitspoeling is verdere verlaging van het N-bemestingsniveau noodzakelijk (zie ook paragraaf 4.3). Als daarbij de plantaardige produktie en met name de produktie van eiwitten en voeder-P voor de veestapel toch op peil moet blijven, zijn nieuwe technologieën nodig om de toegediende N effectiever te benutten. De volgende mogelijkheden verdienen aandacht in het onderzoek:

- *Ontwikkeling van systemen en hulpmiddelen voor perceelsgericht N-management*
  Er is veel kennis van de processen die op een perceel de beschikbaarheid van en de vraag naar N bepalen. Deze kennis moet operationeel worden gemaakt te behoeve van een beter N-management.

- *Gedifferentieerde bemesting*
  Als weinig N op een perceel gegeven mag worden, zou die N vooral gegeven moetenworden op plekken waar het grootste effect verkregen wordt. Dat vergt bemestingsapparatuur die bij de dosering rekening houdt met variatie in N-behoefte en N-aanbod binnen een perceel.
- *Verbetering van de opnamecapaciteit van gewassen met een lage N-recovery*
  Hierbij kan zowel gedacht worden aan verbetering van het moment van toediening en de plaatsing van meststoffen als aan verbetering van de gewaseigenschappen die de opname-efficiëntie bepalen.
- *Gebruik van wintergewassen*
  Wintergewassen kunnen overgebleven anorganische N en N die vrij komt door mineralisatie opnemen en zo binnen het produktiesysteem houden.

4.5 N-actie 5: Vergroten van de bijdrage van binnenlandse voeders aan de eiwit- en de P-voorziening van de veestapel

De enorme import van mengvoedergrondstoffen voor de veehouderij gaat gepaard met een grote aanvoer van N en P die milieuproblemen veroorzaakt (Tabellen 1 en 2). Vergroting van het aandeel in Nederland verbouwde veevoeders in het totale voerverbruik biedt niet veel perspectieven (Van der Meer en Blom, 1994). Vervanging van akkerbouwgewassen door veevoedergewassen is namelijk economisch meestal niet aantrekkelijk en draagt bovendien weinig bij aan verbetering van de nutriëntenbalansen doordat de winst op de balans door de vermindering van de aanvoer via voerimporten ongeveer teniet wordt gedaan door het verlies als gevolg van de vermindering van de afvoer in akkerbouwprodukten. Alleen veevoederproduktie in plaats van braaklegging of andere niet-produktieve bestemmingen van landbouwgronden en in het algemeen verhoging van de opbrengsten van veevoedergewassen kunnen een wezenlijke bijdrage leveren aan verbetering van de nutriëntenbalansen. Bovendien kan uit het feit dat de aanvoer van N en P het grootste probleem van de voerimporten is, worden geconcludeerd dat het in de eerste plaats noodzakelijk is te streven naar een grotere bijdrage van Nederlandse voeders aan de eiwit- en P-voorziening van de veestapel (Van der Meer en Blom, 1994). Hierdoor kunnen enerzijds de importen van eiwit en voeder-P verminderd worden (door selectie van grondstoffen met lagere gehalten) en anderzijds meer N en P uit dierlijke mest benut worden bij de binnenlandse plantaardige produktie. Deze redenering geldt zowel voor de gehele landbouw als voor individuele veebedrijven en vergt een wat andere aanpak dan tot nu toe vaak gevolgd wordt. Tot nu toe wordt veel aandacht besteed aan mogelijkheden tot vermindering van de N- en P-gehalten in rantsoenen, maar waar vermindering mogelijk is tracht men die nogal eens te realiseren door vermindering van de gehalten in de zelf geproduceerde voeders in plaats van in de geïmporteerde mengvoedergrondstoffen.

Voor N-actie 5 verdienen de volgende aspecten aandacht in onderzoek en technologie-ontwikkeling:
- *Fractioneren van ruwvoeders voor eiwitwinning*
  Bladrijke ruwvoeders bevatten meestal meer eiwit dan herkauwers nodig hebben. Fractioneren biedt de mogelijkheid een deel van het overtollige eiwit te winnen voor gebruik in de voeding van éénmagigen.
- *Vergroten van het gehalte en de extraheerbaarheid van nuttige stoffen in planten*
  Bij fractioneren van ruwvoeders of ander plantmateriaal is een hoog gehalte en goede extraheerbaarheid van nuttige stoffen vereist.

- *Verbeteren van de eiwitbestendigheid in ruwvoer*
  Eiwitten van de meeste bladrijke ruwvoeders worden in de pens van herkauwers snel afgebroken en dragen daardoor vaak onvoldoende bij aan de voorziening van het dier met aminozuren.
- *Verlagen van de gehalten aan anti-nutritionele factoren in voer*
  Sommige bestanddelen van voedermiddelen zijn schadelijk voor het vee, in het bijzonder voor éénmagigen. Deze zogenaamde anti-nutritionele factoren (ANF's) dienen door veredeling, teelttechniek of behandeling van het produkt na de oogst zoveel mogelijk verwijderd te worden.

5 Technologieën voor stikstof

Zoals in Hoofdstuk 3 voor P is gedaan, wordt in dit Hoofdstuk voor de N-acties aangegeven welke technologieën nodig zijn en verder ontwikkeld moeten worden. Tevens wordt ingeschat of de technologie al dan niet klaar is voor de praktijk, of er geen, lage, matige of hoge kosten gemaakt moeten worden om de technologie te ontwikkelen of toe te passen, of de gemaakte kosten een hoog, middelmatig, laag of geen financieel rendement opleveren (+++, ++, +, -) en of de techniek op korte (0-5 jaar), middellange (5-10 jaar) of lange termijn (meer dan 10 jaar) in te voeren is. In de laatste kolom wordt aangegeven of de techniek een goede (+++), een matige (++), een kleine (+) of geen kans van slagen (-) heeft. Na de tabel volgt per technologie een korte toelichting.

5.1 Technologieën N-actie 1: Verbeteren van de benutting van N uit dierlijke mest

Om het N-overschot in de Nederlandse landbouw te beperken, is het noodzakelijke bij de bemesting van gewassen zoveel mogelijk kunstmest-N te vervangen door N uit dierlijke mest. N-actie 1 beoogt door verbetering van de benutting van N uit dierlijke mest de voorwaarden te scheppen om het gebruik van kunstmest-N te beperken.
Verbetering van de benutting van N uit dierlijke mest wordt sterk bevorderd door de bestaande regelgeving voor het gebruik van dierlijke mest (Van der Meer, 1994; Van der Meer en Van der Putten, 1995). Deze regelgeving richt zich op dosering, tijdstip van toediening en methode van toediening. Effecten hiervan zijn in paragraaf 4.1 reeds besproken.
N-actie 1 lijkt sterk op P-actie 1 en is ook gericht op het aantrekkelijker en betrouwbaarder maken van dierlijke mest als N-bron voor gewassen. De technieken die voor N-actie 1 nodig zijn staan in Tabel 31. Enkele technieken, met name 1, 3 en 5, zijn ook nodig voor P-actie 1; door de beweeglijkheid van het element N zijn ook enkele specifieke technieken nodig. De technieken worden in de volgende paragrafen kort toegelicht.

Tabel 31 Overzicht van technieken om de benutting van N uit dierlijke mest te verbeteren. Potentieel effect: 155 mln kg N.

	Techniek	Praktijk - klaar	Kosten	Financieel rendement	Termijn invoering	Kans
1	snelle en goedkope bepalingsmethode van de bemestingswaarde van dierlijke mest	nee	laag	+	5-10	+++
2	emissie-arme toediening	ja/nee	matig	+	5-10	++
3	technieken waardoor dierlijke mest in het voorjaar kan worden toegediend	nee	matig	+	5-10	++
4	verbeteren van de benuttingswaarde van de N in dierlijke mest	nee	hoog	?	> 10	+
5	verwijderen van het P-overschot uit de dierlijke mest	nee	?	++	0-5	+++

5.1.1 Snelle bepalingsmethode van de bemestingswaarde

De beschikbaarheid van N is onder Nederlandse omstandigheden het belangrijkste aspect van de bemestingswaarde van dierlijke mest. Bij emissie-arme toediening op grasland in de eerste helft van het groeiseizoen wordt de N-beschikbaarheid goed geschat door bepaling van het gehalte aan anorganische N (Geurink en Van der Meer, 1995). Hiervoor zou een sneltest moeten worden ontwikkeld. Zie verder ook de toelichting in Paragraaf 3.1.1.

5.1.2 Emissiebeperking bij toediening

Er zijn verschillende technieken om dierlijke mest toe te dienen. Deze verschillen nogal in reductie van de ammoniakemissie ten opzichte van oppervlakkig uitrijden van onbehandelde mest. Mulder en Huijsmans (1994) hebben een overzicht opgesteld van de vastgestelde emissiereducties in een groot aantal experimenten met verschillende technieken van mesttoediening op grasland (Tabel 32). In verband met de overheidsdoelstelling met betrekking tot vermindering van de ammoniakemissie, is het belangrijk de beste technieken te kiezen, temeer daar deze vorm van emissiereductie veel goedkoper is dan bijvoorbeeld aanpassing van de huisvesting (Mandersloot en Van Scheppingen, 1994). Verder valt op in Tabel 32 dat de effectieve technieken een geringere spreiding van de emissiereductie hebben, waardoor de N-werking van de mest bij deze technieken ook stabieler en betrouwbaarder is.
Op weinig draagkrachtige gronden en zware kleigronden is nog grote behoefte aan ontwikkeling van toedieningstechnieken die een grote emissiereductie geven. In het algemeen verdient vermindering van het energieverbruik (trekkracht) bij emissie-arme mesttoediening aandacht (zie Paragraaf 2.6).

Tabel 32 Reductie van de ammoniakemissie bij mesttoediening met verschillende technieken op grasland. De reductie is berekend ten opzichte van oppervlakkige toediening van onbehandelde mest (Mulder en Huijsmans, 1994).

Methode van toediening		Emissiereductie (%)
verdunnen, 1:3		20 - 80
inregenen van dunne mest		0 - 80
duospray		25 - 75
aanzuren	pH < 5	70 - 100
	pH 5-6	30 - 80
sleepslangenmachine		25 - 60
sleepvoetenmachine		35 - 90
sleufkoutermachine		80 - 100
zodebemester		65 - 95
mestinjecteur		> 95
zodeinjecteur		> 95

5.1.3 Toediening in het voorjaar

Niet alleen de toedieningsmethode heeft invloed op de hoeveelheid N die uit dierlijke mest beschikbaar komt voor de plant, ook het tijdstip van toediening is hierop van invloed en heeft dus effect op de grootte van de N-verliezen. In Tabel 33 is het effect gegeven van het tijdstip van toediening van runderdrijfmest op het gedeelte van de niet vervluchtigde N uit de N_m-fractie dat opneembaar is (Middelkoop en Aarts, 1991). Uit Tabel 33 blijkt voorjaarstoediening de minste N-verliezen te geven. Om dierlijke mest in het voorjaar te kunnen toedienen zijn nieuwe technieken nodig om schade door insporing en structuurbederf te voorkomen. Verder is het dan nodig goedkope en emissie-arme vormen van mestopslag te ontwikkelen aangezien de mest langer opgeslagen moet worden.

Tabel 33 De invloed van het tijdstip van toediening van runderdrijfmest op het gedeelte van de niet vervluchtigde N uit de N_m-fractie dat opneembaar is (Middelkoop en Aarts, 1991).

Tijdstip van toediening	Opneembare fractie
september	0,50
oktober	0,30
november	0,10
december	0,25
januari	0,40
februari	0,75
maart-juli	1,00
augustus	0,80

5.1.4 Verbeteren van de benuttingswaarde van de N in dierlijke mest

De N in dierlijke mest komt in verschillende vormen voor: anorganische N (NH_4^+)en organisch gebonden N. Wellicht kan de mest zo behandeld worden dat de anorganische N minder snel uitspoelt of dat de organisch gebonden N sneller en voor een groter deel beschikbaar komt. Het aanbod van N moet qua tijdstip, plaats en hoeveelheid aangepast worden aan de behoefte van het gewas. Het is niet bekend in welke mate deze aspecten door mestbehandeling te beïnvloeden zijn.
Het is technisch mogelijk om uit dierlijke mest een mestoplossing te maken die te gebruiken is voor het voeden van planten in hydrocultuur. De mestoplossing bevat genitrificeerde dierlijke mest die door een biologisch afbraakproces biologisch gestabiliseerd is en naast micro-organismen een hoeveelheid opgelost organisch materiaal bvat, waaronder humusverbindingen, bevat die nagenoeg niet biologisch afbreekbaar is. Het gebruik van deze meststofoplossing biedt het voordeel dat het wortelmilieu in de hydrocultuur dichter het natuurlijk wortelmilieu zal benaderen (Monster en Koster, 1992).

5.1.5 Verwijderen van het P-overschot uit dierlijke mest

Zoals in paragraaf 3.1.3 al werd aangegeven, is de N/P-verhouding in dierlijke mest vaak anders dan voor plantaardige produktie gewenst is. Verhoudingsgewijs zit er te weinig beschikbare N in dierlijke mest ten opzichte van de hoeveelheid P. Door een deel van de P uit de mest te halen, zou deze verhouding verbeteren waardoor het mestoverschot vermindert en alle N uit dierlijke mest benut kan worden (Hilberts, 1990; Koster, 1990).

5.2 Technologieën N-actie 2: Vermindering van de ammoniakvervluchtiging uit stallen

Tabel 27 geeft een overzicht van verschillende mogelijkheden om de ammoniakemissie uit stallen te verminderen. Bij de ontwikkeling van nieuwe technieken worden tot nu toe de volgende principes toegepast:

- snelle afvoer van mest en urine naar een afgedekte mestopslag;
- mestvrij houden van stalvloeren;
- droog houden van stalvloeren;
- pluimveemest snel laten drogen;
- contact tussen mest en lucht minimaliseren;
- drijfmest snel afkoelen;
- behandelen van lucht uit stallen;
- toevoegen van additieven om vervluchtiging tegen te gaan.

Om effectieve technieken te ontwikkelen voor emissiereductie uit stallen, is goede kwantitatieve kennis nodig van de plaatsen binnen het stalsysteem waar de ammoniak emitteert en de processen die daarbij een rol spelen. In rundveestallen spelen de stalvloer en de mestkelder in dit verband een grote rol (Ketelaars, AB-DLO, persoonlijke mededeling). Belangrijk voor de emissie van de stalvloer zijn de bevuilde oppervlakte, de samenstelling van mest en urine, de verblijftijd van mest en urine op de vloer en de urease-activiteit in de mest en vooral op de vloer (Ketelaars en Rap, 1994). Aanpassingen van het stalontwerp, de stalinrichting en de mestbehandeling (o.a. vloertype, vloermateriaal, reinigingssysteem) dienen gebaseerd te worden op kennis van de betreffende processen. Daarbij dient ook rekening gehouden te worden met het welzijn van mens en dier. Er is op deze punten nog grote behoefte aan technologie-ontwikkeling, in ieder geval in de rundveehouderij.

5.3 Technologieën N-actie 3: Verminderen van de uitscheiding van N in mest en urine

In paragraaf 4.1 is er reeds op gewezen dat er op nationaal niveau geen overschot aan N in dierlijke mest is. Daarom is vermindering van de uitscheiding van N in mest en urine geen doel op zichzelf en pas interessant als daarmee een wezenlijke bijdrage wordt geleverd aan de vermindering van de ammoniakvervluchtiging en/of de nitraatuitspoeling. Rantsoenaanpassing kan deze N-verliezen

reduceren door vermindering van de N-uitscheiding in mest en urine en bovendien door verlaging van het deel van de uitgescheiden N dat verloren gaat. Naarmate technieken die een directe reductie van de ammoniakemissie veroorzaken (zoals aanpassingen in de stal en emissie-arme mesttoediening) effectiever worden en op grote schaal worden toegepast, zoals is aangenomen in Tabel 29, wordt indirecte beïnvloeding van de emissie door vermindering van de N-uitscheiding minder effectief. Met betrekking tot emissiereductie uit stallen lijkt die situatie echter nog vrij ver weg en daar zou onderzocht moeten worden welke bijdrage rantsoenaanpassing aan de vereiste emissiereductie kan leveren.

Er is onvoldoende kennis van de invloed van de rantsoensamenstelling op de hoeveelheid en samenstelling van mest en urine en de N-verliezen daaruit. Daarom is gericht onderzoek nodig naar deze relaties en in het bijzonder naar de mogelijkheden om door middel van maatregelen in de sfeer van de veevoeding ook de emissiepercentages te verlagen.

5.4 Technologieën N-actie 4: Verminderen van de nitraatuitspoeling met handhaving van een hoge plantaardige produktie

De N-acties 1, 2 en 3 leiden tot een sterke reductie van de ammoniakemissie (Tabel 29). Om de nitraatuitspoeling ook tot een acceptabel niveau te beperken, moeten de N-giften verlaagd worden. Hierbij dient echter het huidige niveau van voederproductie en in het bijzonder van eiwit en voeder-P gehandhaafd te worden om toename van de N- en P-aanvoer in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen te voorkomen. Dit betekent dat technieken nodig zijn om de toegediende N beter te benutten. De technieken die voor N-actie 4 nodig zijn, staan in Tabel 34. De technieken worden in de volgende paragrafen kort toegelicht.

Tabel 34 Overzicht van technieken om de nitraatuitspoeling te verminderen met handhaving van een hoge plantaardige produktie.

Techniek	Praktijk-klaar	Kosten	Financieel rendement	Termijn invoering	Kans
1 systemen en hulpmiddelen voor perceelsgericht N-management	nee	matig	++	5-10	++
2 gedifferentieerde bemesting	nee	matig	++	5-10	++
3 verbeteren van de opnamecapaciteit (van N en P) van gewassen	nee	hoog	+	>10	++
4 wintergewassen telen	ja	laag	+	0-5	+++

5.4.1 Systemen en hulpmiddelen voor perceelsgericht N-management

Er is de laatste jaren veel onderzoek gedaan naar de N-behoefte van gewassen en de processen die de beschikbaarheid van N in de bodem bepalen (mineralisatie, denitrificatie, nitraatuitspoeling). De in dit onderzoek opgedane kennis wordt toegepast voor verfijning van de bemestingsadviezen. Het lijkt mogelijk de opgedane kennis ook operationeel te maken voor N-management op perceelsniveau. Daartoe zouden een aantal bepalingen moeten worden ontwikkeld die de N-huishouding van het betreffende perceel karakteriseren. Daarnaast moeten eenvoudige waarnemingen en hulpmiddelen (simulatiemodel, sensoren) worden ontwikkeld om de N-behoefte van het gewas en de N-beschikbaarheid in de bodem gedurende het seizoen te volgen. Zo moet het mogelijk worden tijdstip en hoogte van de N-gift te baseren op kennis van de eigenschappen van het perceel en de actuele N-status van het gewas en de bodem.

5.4.2 Gedifferentieerde bemesting

Binnen een perceel komt variatie voor in N-behoefte van het gewas en in N-aanbod uit de bodem. Verschillen in N-behoefte komen voort uit verschillen in produktievermogen van het gewas, bijvoorbeeld ten gevolge van verschillen in waterbeschikbaarheid of in standdichtheid van het gewas. Het N-aanbod kan variëren door bodemeigenschappen en in beweid grasland bovendien door de mest en urine van het vee. Als weinig N gegeven mag worden, zou die vooral gegeven moeten worden op plekken waar de beste benutting wordt verkregen. In grasland zouden bijvoorbeeld urineplekken, mestflatten en kale plekken niet bemest moeten worden. Ook voor dit doel is er behoefte aan sensoren die de N-behoefte van het gewas en het N-aanbod in de bodem registreren en overbrengen op bemestingsapparatuur. In grasland blijkt het mogelijk urineplekken te identificeren (Van der Putten, AB-DLO, in voorbereiding).

5.4.3 Verbeteren van de opnamecapaciteit (voor N en P) van gewassen

Om de nitraatuitspoeling te beperken, is het noodzakelijk dat gewassen de in de bodem aanwezige anorganische N volledig opnemen. Dat kan bevorderd worden door de hoeveelheid, het tijdstip en de plaatsing van de meststof zo goed mogelijk af te stemmen op de behoefte van het gewas. Tevens zouden gewaseigenschappen die een rol spelen bij de effectiviteit waarmee anorganische N opgenomen wordt, door veredeling verbeterd kunnen worden. Dit zou vooral moeten gebeuren bij gewassen die vaak een lage N-recovery hebben, zoals bijvoorbeeld maïs. Verbetering van de opnamecapaciteit van gewassen is ook belangrijk in het kader van de P-problematiek. Voor P zal het namelijk moeilijk zijn bij de lagere P-giften (evenwichtsbemesting) toch een goede opname en hoge gehalten te blijven realiseren (zie ook Hoofdstuk 2).

5.4.4 Gebruik van wintergewassen

Vanaf begin augustus neemt flink bemeste maïs nog maar weinig N op. Omdat de minerali satie van organische N daarna nog geruime tijd doorgaat, accumuleert vanaf dat moment anprganische N in de bodem. Uit onderzoek is gebleken dat de teelt van een wintergewas na maïs, uitspoeling van niet benutte N kan beperken (Van Dijk *et al,* 1993). Als bij de N-gift aan het volgende gewas rekening wordt gehouden met de nalevering van N uit het in het voorjaar ondergeploegde wintergewas, wordt de niet uitgespoelde N inderdaad nog gedeeltelijk benut voor produktie.

5.5 Technologieën N-actie 5: Vergroten van de bijdrage van binnenlandse voeders aan de eiwit- en de P-voorziening van de veestapel.

In paragraaf 4.5 is gesteld dat het noodzakelijk is te streven naar een grotere bijdrage van Nederlandse voeders aan de eiwit- en P-voorziening van de veestapel. Daardoor kan de aanvoer van N en P in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen worden verminderd en meer mest op de Nederlandse landbouwgronden worden benut. Deze strategie kan een rol spelen bij de keuze van de ruwvoedergewassen op een intensief melkveebedrijf. Tevens kunnen in het kader van deze N-actie specifieke technologieën worden ontwikkeld. Deze staan vermeld in Tabel 35 en worden daarna kort besproken.

Tabel 35 Overzicht van technieken ter vergroting van de bijdrage van binnenlandse voeders aan de eiwit- en de P-voorziening van de veestapel.

	Techniek	Praktijk-klaar	Kosten	Financieel rendement	Termijn invoering	Kans
1	fractioneren van ruwvoeders voor eiwitwinning	nee	hoog	?	5-10	++
2	vergroten van het gehalte aan en de extraheerbaarheid van nuttige stoffen in planten	nee	hoog	++	> 10	?
3	verbeteren van eiwitbestendigheid in ruwvoer	nee	matig	+	5-10	++
4	verlagen van de gehalten aan anti-nutritionele factoren in voer	nee	hoog	++	> 10	+

5.5.1 Fractioneren van ruwvoeders voor eiwitwinning

Bladrijke ruwvoeders, zoals gras, kunnen uitgeperst worden, waardoor een eiwit- en mineralenrijke sapfractie en een vezelrijke koek worden gewonnen. Uit de sapfractie kan eiwit worden gewonnen dat gebruikt kan worden ter vervanging van geïmporteerd eiwit. Mogelijk kunnen uit de sapfractie ook nog andere hoogwaardige produkten worden gewonnen. Dat dient te worden onderzocht. De vezelrijke

koek kan als ruwvoer voor herkauwers worden gebruikt, al dan niet na verdere bewerking of conservering.
In de zeventiger jaren is veel onderzoek uitgevoerd op gebied van fractioneren van gras en andere ruwvoeders (Wilkins, 1977; Griffiths and Maguire, 1982). Dat werd in veel gevallen gesubsidieerd door de EEG om de eiwitproduktie in de lidstaten te verhogen en minder afhankelijk te zijn van importen. De ontwikkelde technologie is toen nauwelijks toegepast vanwege de kosten en omdat er toen nog geen aandacht was voor milieubelasting onder invloed van voederimporten en eiwitovermaat in op gras gebaseerde rantsoenen. Nu die er wel is, zouden de mogelijkheden van ruwvoederfractionering opnieuw onderzocht moeten worden. Hierbij zou vooral ook de effectiviteit van uitpersen en eiwitwinning uit het perssap aandacht moeten krijgen, evenals de mogelijkheden om van de vezelrijke koek door bewerking een hoogwaardig voeder voor herkauwers te maken.

5.5.2 Vergroten van het gehalte aan en de extraheerbaarheid van nuttige stoffen in planten

Voor het succes van ruwvoederfractionering is het van groot belang dat veel hoogwaardig eiwit gewonnen kan worden en zo mogelijk ook nog andere stoffen die het proces aantrekkelijk maken. Hiervoor is het nodig na te gaan in hoeverre gehalten aan gewenste stoffen en hun winbaarheid door gewassenkeuze, veredeling en teeltmaatregelen zijn te verbeteren. Tevens zal veel aandacht nodig zijn voor ontwikkeling van effectieve fractionerings- en extractietechnieken.

5.5.3 Verbeteren van de eiwitbestendigheid in ruwvoer

Hoewel gras vaak een hoger eiwitgehalte heeft dan voor produktieve herkauwers nodig lijkt, kan bij hoofdzakelijk uit gras bestaande rantsoenen de eiwitvoorziening van het dier toch onvoldoende zijn. Dit komt door de snelle eiwitafbraak door micro-organismen in de pens, die onvoldoende wordt gecompenseerd door aanmaak van microbieel eiwit doordat jong gras onvoldoende snel-verteerbare energie bevat. De produktie van microbieel eiwit kan worden verhoogd door gras te supplementeren met energierijke produkten. Dat is praktisch niet eenvoudig in verband met de noodzaak tot synchronisatie van het N- en energieaanbod, en bovendien voor sommige diergroepen betrekkelijk duur. Een alternatieve strategie om de eiwitvoorziening van vee op een grasrantsoen te verbeteren, is verhoging van de eiwitbestendigheid. Die zou tot stand kunnen worden gebracht door veredeling, teeltmaatregelen, bewerking (bijvoorbeeld tegelijk met fractionering of conservering) en bijvoedering met eiwitbindende of -beschermende produkten.

5.5.4 Verlagen van de gehalten aan anti-nutritionele factoren in voer

Erwten en veldbonen kunnen door hun hoge gehalten aan zogenaamde anti-nutritionele factoren (ANF's) maar op zeer beperkte schaal in rantsoenen voor varkens en pluimvee gebruikt worden. Deze stoffen spelen waarschijnlijk een rol bij de weerstand van deze gewassen tegen ziekten en plagen. Daarom zou het verwijderen of onschadelijk maken van deze stoffen na de oogst aantrekkelijker kunnen zijn dan het verwijderen door veredeling.

Literatuur

Anonymus, 1990.
Meerjarenvisie Landbouwkundig Onderzoek, 1991-1994.
Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek, Den Haag, 191 p.

Anonymus, 1993.
Evaluatie NH_3-beleid. Ministerie LNV en VROM, TNO, Heidemij, 97 p, 12 bijlagen.

Bakema, A.H., K.F. de Boer, J.W. Erisman, G.J. Heij, J-P. Hettlelingh, K.W. van der Hoek, N.J.P. Hoogervorst, L. Hordijk, R. Thomas, W. de Vries, 1991.
Verzuring. In: R.J.M. Maas, (Red.), Nationale Milieuverkenning 2, 1990-2010. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene (RIVM), Samson H.D.Tjeenk Willink b.v., Alphen aan de Rijn, 184-213.

Baltussen, W.H.M. & R. Hoste, 1994.
Gevolgen op sectorniveau. In: M.H.A. de Haan & N.W.M. Ogink (Eds.), Naar veehouderij en milieu in balans. 10 jaar FOMA onderzoek, Rundvee, Ede, 141-146.

Bergen, J.A.M. van, 1991.
Energieplan voor het proefbedrijf voor melkveehouderij en milie., Centrum voor Landbouw en Milieu, Proefbedrijf voor Melkveehouderij 76, en Milieu 6, 55 p.

Beudeker, R.F., 1990.
Development of feed additives using biotechnology. In: H. Breteler, R.F. Beudeker & K.Ch.A.M. Sluyben (Eds.), Proceedings 3rd Netherlands Biotechnology Congress van 3-4 april. Amsterdam, 1990, deel II, , Netherlands Biotechnology Society, Zeist, 193-205.

Beukeboom, J.A., G.F.V. van der Peet, A.J. Schutte & C.J.G. Wever, 1991.
Mineralen en zware metalen in de veevoeding. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Ede, nr 26, 122 p.

Bruchem, J. van, J. Voigt, S.C.W. Lammers-Wienhoven, U. Schoenhusen, J.J.M.H. Ketelaars & S. Tamminga, 199*.
Production and re-absorption of endogenous protein along the small intestine of sheep - Estimates derived from 15N dilution of plasma non-protein N, British Journal Nutrition, in press.

CBS, 1990.
Statistisch jaarboek 1990. 's-Gravenhage, SDU/uitgeverij.

Commissie van de Voedingsraad, 1973.
Nederlandse Voedingsmiddelentabel. Voorlichtingsburaeu voor de voeding, Den Haag, 28e druk, 45 p.

Dasselaar, A. van & R. Pothoven, 1994.
Energieverbruik in de Nederlandse landbouw, NMI, Wageningen, 85 p.

Derikx, P.J.L. & J.P.B.F. Van Gastel, 1994.
Mesttechnologie. In: L.A. den Hartog & J.A.M. Voermans (Eds.), Naar veehouderij en milieu in balans.10 jaar FOMA onderzoek, Ede, 29-38.

Dierick, N.A., I.J. Vervaecke, D.I. Demeyer & J.A. Decuypere, 1989.
Approach to the energetic impotance of fibre digestion in pigs. I Importance of fermentation in the overall energy supply. Animal Feed Science and Technology, 23, 142-167.

Dijk, W. van, J.J. Schröder, L. ten Holte & W. de Groot, 1993.
Invloed van wintergewassen op uitspoelingsverliezen bij snijmaïs. Gebundelde Verslagen Nederlandse Vereniging voor Weide- en Voederbouw, 15-26.

Dubbeldam, R.R., 1993.
Jaarstatistiek van de veevoerders 1987/88, 1988/89 en 1989/90, LEI, Periodieke Rapportage, 65-87/90, 99 p.

Eerdt, M.M. van, C.S.M. Olsthoorn & P.J.A.M. Smeets, 1993.
Energieverbruik, ruimtebeslag en mineralen in de Europese varkenshouderij. In press.

Elema, A.G. & P.C. Scheepens, 1992.
Verspreiding van onkruidzaden en planteziekten met dierlijke mest. PAGV-publikatie 62, augustus 1992, 76 p.

Erisman, J.W., 1992.
Atmospheric deposition of acidifying compounds in the Netherlands. Proefschrift, Utrecht, 155 p.

Geurink, J.H. & H.G. van der Meer, 1995.
De stikstofwerking van verschillende soorten dunne mest bij verschillende toedieningstechnieken op grasland. Rapport 42, Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO), Wageningen, 37 p + bijlagen.

Geurink, J.H. & H.G. van der Meer, 1996.
De invloed van de nitrificatieremmer DCD op de stikstofwerking van in het winterhalfjaar op grasland geïnjecteerde dunne rundermest. Rapport xxx, Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO), Wageningen, in press.

Griffiths, T.W. & M.F. Maguire (eds.), 1982.
Forage protein conservation and utilization. Proceedings of a seminar in the EEC Programme of coordination of research on Plant Proteins, Dublin, Ireland. Commission of the European Communities.

Groen, M.P.J. & A.D. Kuipers, 1992.
Energieverbruik op tuinbouw- en blijvende teeltbedrijven in 1989. Maandstatistiek van de landbouw, 's-Gravenhage, SDU/uitgeverij, 4, 42-46.

Hannessen, H., 1990.
Mest als bron van luchtverontreiniging en verzuring. In: P. del Castilho, W.H. Rulkens & W. Salomons (Red.), Dierlijke mest Problemen en oplossingen. KNCV Sectie Milieu Chemie, Proceedings van het symposium 1990, Utrecht, 77-94.

Hartog, den *et al.* zie Commissie van de Voedingsraad, 1973.

Have, P.J.W. ten, & F. van Voorneburg, 1994.
Centrale mestverwerking. In: L.A. den Hartog & J.A.M. Voermans (Eds.), Naar veehouderij en milieu in balans. 10 Jaar FOMA onderzoek, Ede 71 - 78.

Hilberts, B, 1990.
Het Promestsconcept voor industrie mestverwerking. In: P. del Castilho, W. H. Rulkens & W. Salomons (Red.), Dierlijke mest Problemen en oplossingen. KNCV Sectie Milieu Chemie, Proceedings van het symposium 1990, Utrecht, 367-375.

Jarvis, S.C., M. Sherwood & J.H.A.M. Steenvoorden, 1987.
Nitrogen losses from animal manures: from grazed pastures and from applied slurry. In: H.G. van der Meer, R.J. Unwin, T.A. van Dijk & G.C. Ennik (Eds.), Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste? Proceedings of an International Symposium of the European Grassland Federation, Wageningen, The Netherlands, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 195-212.

Jongbloed, A.W. & P.A. Kemme, 1990.
Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs to availability, requirement and environment. 1. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. Netherlands Journal of Agricultural Science 38, 567-575.

Jongbloed, A.W., P.A. Kemme, Z. Mroz, R.A. Dekker & S. Beers, 1993.
Microbieel fytase in de voeding van varkens. In: M.C. Blok, G.J. Borggreve, C. Brenninkmeijer, A.W. Jongbloed & E.J. van Weerden, (Red.), Stikstof en fosfor in de voeding van eenmagige landbouwhuisdieren in relatie tot de milieu-problematiek. Financieringsoverleg mest-en ammoniakonderzoek, 's-Gravenhage, Produktschap voor veevoeder, kwaliteitsreeks 25, 137-148.

Ketelaars, J.J.M.H. & Rap H., 1994.
Ammonia volatilization from urine applied to the floor of a dairy cow barn. In: L. 't Mannetje & J. Frame (Eds), Grassland and Society, Proceedings of the 15th General Meeting of the European Grassland Federation. June 6-9, 1994, Wageningen Pers, Wageningen, 413-417.

Koster, I.W., 1990.
ECOSUN: Drijfmest als grondstof voor produktie van energie en voor mens of dier eetbare produkten. In: P. del Castilho, W.H. Rulkens & W. Salomons (Red.), Dierlijke mest Problemen en oplossingen. KNCV Sectie Milieu Chemie, Proceedings van het symposium 1990, Utrecht, 377-387.

Kuipers, N.J.J., 1992a.
Energieverbruik op veehouderijbedrijven. Maandstatistiek van de landbouw, 's-Gravenhage, SDU/uitgeverij, 1, 35-41.

Kuipers, N.J.J., 1992b.
Energieverbruik op akkerbouwbedrijven. Maandstatistiek van de landbouw, 's-Gravenhage, SDU/uitgeverij, 11, 37-39.

Lammers-Wienhoven, S.C.W., L. Ram, J. Voigt, J. van Bruchem, J.J.M.H. Ketelaars & S. Tamminga, 199*.
Effect of cell walls on production and re-absorption of endogenous nitrogen along the small intestine of sheep. Netherlands Journal Agricultural Science, in press.

LEI/CBS, 1991.
Landbouwcijfers 1991. Den Haag, Voorburg/Heerlen, 247 p.

LEI/CBS, 1992.
Landbouwcijfers 1992. Den Haag, Voorburg/Heerlen, 271 p.

LEI/CBS, 1993.
Landbouwcijfers 1993. Den Haag, Voorburg/Heerlen, 273 p.

LEI/CBS, 1994.
Landbouwcijfers 1994. Den Haag, Voorburg/Heerlen, 269 p.

Lekkerkerk, L.J.A. & G.J. Heij, 1995.
Dutch priority programme on acidification, Ammoniak: de feiten, Rapport in aanvulling op de eindrapportage APV-III (rapport 300-05), Hootsmans, M.J.M. (Eds.) uitgevoerd in opdracht van de Stuurgroep Verzuringsonderzoek, Bilthoven, 95 p.

Loo, E.N. van, 1993.
On the relation between tillering, leaf area dynamics and growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Proefschrift, Wageningen, 169 p.

Mandersloot, F. & A.T.J. van Scheppingen, 1994.
Mineralenmanagement op bedrijfsniveau. In: M.H.A. de Haan & N.W.M. Ogink, Naar veehouderij en milieu in balans. 10 jaar FOMA onderzoek, Rundvee, Ede, 125-140.

Maas, R.J.M., 1991.
Nationale Milieuverkenning 2, 1990-2010. Rijksinstituut voor Volkgezondheid en Milieuhygiene, Samson H.D. Tjeenk Willink b.v., Alphen aan de Rijn, 550 p.

Meer, H.G. van der, R.B. Thompson, P.J.M. Snijders & J.H.Geurink, 1987.
Utilization of nitrogen from injected and surface-spread catlle slurry applied to grassland. In: H.G. van der Meer, R.J.Unwin, T.A. van Dijk, G.C. Ennik (Eds.), Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer of Waste? Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 47-71.

Meer, H.G. van der, 1994.
Grassland and society. In: L. 't Mannetje & J. Frame (Eds.), Grassland and society, Proceedings of the 15th General Meeting of the European Grassland Federation, June 6-9, 1994, Wageningen Pers, Wageningen, 19-32.

Meer, H.G. van der & J.C. Blom, 1994.
Vijf deelstudies: een integratie van conclusies. In: Veevoedergrondstoffen, NRLO-rapport 94/2, Den Haag ,14 p.

Meer, H.G. van der & A.H.J. van der Putten, 1995.
Reduction of nutrient emissions from ruminant livestock farms. In: G.E. Pollott (Ed.), Grassland into the 21st Century: Challanges and opportunities, Occasional symposium no. 29, British Grassland Society, 1995, Proceedings of the 50th Anniversary Meeting of the British Grassland Society, 4-6 December, Rexam Digital Imaging Ltd. Reading, 118-134.

Middelkoop, N. & H.F.M. Aarts, 1991.
De invloed van bodemeigenschappen, bemesting en gebruik op de opbrengst en de stikstofemissies van grasland op zandgrond. CABO-rapport 144, Wageningen, 78 p.

Monster, L.A. & I.W. Koster, 1992.
Octrooiaanvraag Mestoplossing, werkwijze voor het bereiden van deze mestoplossing en gebruik daarvan. Octrooiadviesbureau De Kempen, Valkenswaard.

Monteny, G.J., 1991,
Stand van zaken onderzoek vermindering NH_3-emissie: perspectieven voor de toekomst. In: H.A.C. Verkerk (Ed.), Mest en milieu in 2000, visie vanuit het landbouwkundig onderzoek. Onderzoek inzake de mest en ammoniakproblematiek in de veehouderij 13, Veenendaal, 91-113.

Mulder, E.M. & J.F.M. Huijsmans, 1994.
Beperking ammoniakemissie bij mesttoediening. Overzicht metingen DLO-veldmeetploeg 1990-1993, Onderzoek inzake de mest-en ammoniakproblematiek in de veehouderij, 18, 71 p.

Nederlandse Gasunie N.V., 1988.
Physical properties of natural gases. Nederlandse Gasunie, Groningen, 255 p.

NRLO, 1979.
De gehalten van mengvoeders van enkele minerale bestanddelen met betrekking tot de behoefte van de dieren, de uitscheiding in de mest en urine, alsmede enkele gevolgen voor bodem, plant en dier. Werkgroep "Mineralen in krachtvoer in relatie tot bemesting en milieu (MIK)", Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek, Den Haag.

Olsthoorn, C.S.M., 1992.
Mineralen in de landbouw, 1970-1990, fosfor, stikstof, kalium. Milieustatistieken, 's-Gravenhage, SDU/uitgeverij/cbs-publikaties, 47 p.

Perry, A.M., 1982.
Carbon Dioxide Production Scenarios. In: Carbon Dioxide Review: 1982, W.C. Clark (Ed.), Clarendon Press, Oxford University Press, New York, 337-363.

Pettersson, D & P. Aman, 1989.
Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat. British Journal of Nutrition, 62:1, 139-149.

Putten, A.H.J. van der & H.G. van der Meer, 1995.
Verkenning van streefwaarden voor het overschot op de stikstofbalans van melkveebedrijven. Rapport 45, Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO), Wageningen, 57 p.

RIVM, 1993.
Nationale milieuverkenning 3, 1993-2015. Centraal Planbureau, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, LEI- DLO, Samson H.D. Tjeenk Willink b.v., Alphen aan de Rijn, 167 p.

Schutte, J.B. & S. Tamminga, 1992.
Veevoedkundige methoden om de N- en P-uitscheiding door pluimvee, varkens en rundvee te beperken. Wageningen, ILOB-rapport I 92-3792b, 70 p.

Simons, P.C.M. & H.A.J. Versteegh, 1993.
Microbieel fytase in de voeding van slachtkuikens en leghennen. In: Blok, M.C., G.J. Borggreve, C. Brenninkmeijer, A.W. Jongbloed & E.J. van Weerden (Red.), Stikstof en fosfor in de voeding van eenmagige landbouwhuisdieren in relatie tot de milieu-problematiek. Financieringsoverleg mest-en ammoniakonderzoek, s'-Gravenhage, Produktschap voor veevoeder, kwaliteitsreeks 25, 125-136 p.

Valk, H., H.W. Klein Poelhuis & H.J. Wentink, 1990.
Effect of fibrous and starchy carbohydrates in concentrates as supplements in a herbage-based diet for high yielding dairy cows. Netherlands Journal of Agricultural Science, 38, 475-486.

Vertregt, N. & B. Rutgers, 1988.
Ammonia volatilization from grazed pastures. CABO-verslag 84, AB-DLO, Wageningen, 37 p.

Vertregt N. & Selis, H.E., 1990.
Ammonia volatilization from cattle and pig slurry applied to grassland. CABO-verslag 130, AB-DLO, Wageningen, 17 p.

Vertregt, N. & F.W.T. Penning de Vries, 1987.
A rapid method for determining the efficiency of biosynthesis of plant biomass. Journal of theoretical Biology, 128, 109-119.

Vereijken, P.H. & H.G. van der Meer, 1988.
Geïntegreerde bemesting: onbekend maakt onbemind? Landbouwkundig Tijdschrift 11, 19-22.

VROM, EZ, LNV & V+W, 1989.
Nationaal Milieubeleidsplan, Kiezen of verliezen.Tweede Kamer der Staten-Generaal, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van Landbouw en Visserij, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, SDU uitgeverij, 's-Gravenhage, 258 p.

Weerden, E.J. van, 1988.
Onderzoek naar vermindering van het eiwitgehalte in voeders voor varkens en pluimvee. In: Beperking mineralenemissie via veevoeding, Monteny, G.J. & A.A. Jongebreur. (Eds.), 34-43.

Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en Mineralencijfers, 1994.
Standaardcijfers rundvee, schapen en geiten, 1990 t/m 1992. Uniformering berekening mest- en mineralencijfers, LEI-DLO, Stuurgroep Landbouw en Milieu Noord-Brabant, IKC veehouderij, Mestbank, CBS, RIVM, Modern, Bennekom, 66 p.

Wilkins, R.J. (ed.), 1977.
Green crop fractionation. Occasional Symposium No. 9 of the British Grassland Society. British Grassland Society and British Society of Animal Production, Hurley. Maidenhead, UK, 189 p.

Winkel, K. de, 1988.
Ammoniak-emissiefactoren voor de veehouderij. VROM, Publikatiereeks lucht 76, Den Haag, 60 p.

Wolf, J., 1990.
Inventarisatie van niet-fossiele C-stromen en -voorraden in terrestrische systemen in Nederland. Vakgroep Theoretische Produktie-ecologie Landbouwuniversiteit, Wageningen, 124 p.

Bijlage I Herkomst van de informatie over de stikstof-, fosfor- en koolstofstromen in de Nederlandse landbouw

In de figuren van de bijlagen II, III en IV worden de N-, P- en C-stroomschema's gegeven van de Nederlandse landbouw in 1989. De schema's geven het verband aan tussen verschillende onderdelen van de landbouw, de zogenaamde stromen. Elke stroom heeft een stroomnummer, in de tabellen van de bijlagen II, III en IV wordt de waarde van elke stroom gegeven. In deze bijlage wordt uitgelegd wat er onder iedere stroom verstaan wordt en waar de gegevens en waarden van de stroom vandaan komen. Dit is gedaan voor drie veehouderijsectoren, rundvee, varkens en pluimvee. Om nutriënten die met de plantaardige produktie (stroom 26) afgevoerd worden te kunnen berekenen, is naast de veehouderijsectoren een sector 'handel' opgenomen, zodat er vier sectoren onstaan. De paragraaf-nummering komt overeen met de stroom die erin behandeld wordt.

Figuur I-1 Mineralenstromen in de landbouw.

I-1 Invoer mengvoedergrondstoffen

In Dubbeldam (1993) wordt een overzicht gegeven van in Nederland geïmporteerde mengvoedergrondstoffen (zie ook bijlage V, tabel V.4). Met behulp van informatie over het verbruik van mengvoedergrondstoffen door rundvee, varkens, pluimvee en diversen (konijnen, siervogels, honden) en de totale hoeveelheid beschikbare mengvoedergrond-stoffen uit Dubbeldam (1993) is een procentuele verdeling van de mengvoedergrondstoffen over de veehouderijsectoren en diversen berekend van de voor binnenlands gebruik beschikbare hoeveelheid mengvoedergrondstoffen. Met de N-, P- en C-gehalten van mengvoedergrondstoffen (Olsthoorn, 1992 en Wolf, 1990) (bijlage V, tabel V.3) is berekend hoeveel N, P en C per veehouderijsector is geïmporteerd (bijlage V, tabellen V.5-V.7).
Figuur I-2 geeft een overzicht van de beschikbare hoeveelheid, de herkomst en de bestemming van mengvoedergrondstoffen (Dubbeldam, 1993).

Figuur I-2 Beschikbare hoeveelheid, herkomst en bestemming van mengvoedergrondstoffen (mln. kg) in 1988/89 (naar Dubbeldam,1993).

I-2 Voederfosfaat, methionine en lysine

Voor deze studie wordt er vanuit gegaan dat vanaf 1984 het rundvee vrijwel geen extra voederfosfaat in het mengvoer krijgt, hoewel dat voor bedrijven met veel mais in het rantsoen niet helemaal opgaat. Varkens en pluimvee krijgen nog wel extra fosfaat toegediend hoewel de hoeveelheid voor varkens van 14 mln kg P in 1980 tot 8 mln kg in 1989 is afgenomen (Olsthoorn, 1992). De verdeling van het voederfosfaat over varkens en pluimvee komt uit Olsthoorn (1992).
Volgens Dubbeldam (1993) is 9 mln kg methionine en 7 mln kg lysine voor het vee beschikbaar, die in Nederland geproduceerd is. Methionine wordt voor de helft aan varkens vervoederd en voor de helft aan pluimvee. Lysine gaat voor 71 % naar varkens en voor 29 % naar pluimvee. Met een gehalte van 94 g N en 402 g C per kg produkt voor methionine en 192 g N en 493 g C per kg lysine krijgen varkens via deze animozuurtoevoegingen 1,4 mln kg N en 4,3 mln kg C binnen en pluimvee 0,8 mln kg N en 2,8 mln kg C.

I-3 Invoer ruwvoer

Hoewel het meeste ruwvoer in Nederland verbouwd wordt, wordt er nog een klein deel ingevoerd. De hoeveelheid nutriënten die hiermee gemoeid is, gaat alleen naar het rundvee omdat varkens en pluimvee geen ruwvoer krijgen. De hoeveelheid N, P en C in geïmporteerd ruwvoer is overgenomen van Olsthoorn (1992). Gedetailleerde gegevens over de import van ruwvoer staan in bijlage VII.

I-4 Binnenlandse produktie van plantaardige mengvoedergrondstoffen (retourstroom)

In Dubbeldam (1993) wordt een tabel gegeven met de beschikbare voedermiddelen naar soort en herkomst in produktgewicht en in voederwaarde voor 1988/89. Daarin staat ook hoeveel van elke mengvoedergrondstof in Nederland verbouwd is. Met de N-, P- en C-gehalten van de mengvoedergrondstoffen uit bijlage V kan worden berekend hoeveel N, P en C uit mengvoedergrondstoffen uit Nederland komt.

I-5 Binnenlandse produktie van dierlijke mengvoedergrondstoffen (retourstroom)

In de mengvoedertabellen uit bijlage V staan produkten als vis-, dier- en verenmeel, dierlijke oliën en vetten, magere melk- en weipoeders. Het deel daarvan dat van eigen bodem komt (Olsthoorn, 1992) is de retourstroom van dierlijke produkten en wordt van de bruto dierlijke produktie afgetrokken om de netto dierlijke produktie te berekenen. Verder wordt bij
stroom 5 van het rundvee een deel van de inlandse produktie aan melk, karnemelk en wei opgeteld (bijlage V). Er wordt aangenomen dat het dier- en verenmeel uit bijlage V wordt vervaardigd uit de slachtafvallen van bijlage VIII. Deze laatsten worden dan ook niet meegeteld. Uit slachtafval verdwijnt koolstof als CO_2, de hoeveelheid is overgenomen uit het rapport van Wolf (1990).
Er wordt aangenomen dat de sector handel geen dierlijke produktie (stroom 9) voortbrengt. Dat heeft tot gevolg dat in stroom 5 voor de handel wordt voorzien door de veehouderijsectoren. Aangezien het om geringe hoeveelheden gaat (1 mln kg N, 0,3 mln kg P en 6,4 mln kg C; bijlage V) worden de veehouderijsectoren hiervoor niet gecorrigeerd.

I-6 Beschikbare hoeveelheid mengvoer

De totale hoeveelheid N, P en C in mengvoer wordt berekend uit de beschikbare hoeveelheid mengvoedergrondstoffen door de stromen 1, 2, 4 en 5 op te tellen.
Tussen de gegeven waarden van Olshoorn (1992) en de som van de stromen 1, 2, 4 en 5 bestaan verschillen. Deze kunnen zijn ontstaan door andere mengvoedergrondstoffen in de berekening te betrekken dan Olsthoorn deed.

I-7 Beschikbare hoeveelheid ruwvoer

Deze stroom is de som van geïmporteerd (stroom 3) en in Nederland verbouwd ruwvoer. De hoeveelheid beschikbaar ruwvoer komt uit Dubbeldam (1993). De N- en P-gehalten van ruwvoer komen uit Olsthoorn (1992) en de C-gehalten uit Wolf (1990). Aangezien alleen rundvee ruwvoer krijgt, worden de berekende hoeveelheden N, P en C in ruwvoer, volledig aan het rundvee toegeschreven. Gegevens van de beschikbare hoeveelheid ruwvoer worden gedetailleerd weergegeven in bijlage VII.

I-8 Totaal beschikbare hoeveelheid veevoeders

De totale hoeveelheid N, P en C in veevoeders wordt verkregen door sommering van de hoeveelheden mengvoer (stroom 6) en ruwvoer (stroom 7). De totaal beschikbare hoeveelheid veevoeders wordt verdeeld over dierlijke produktie (stroom 9), huisdiervoer (stroom 11), export mengvoer (stroom 12) en excretie (stroom 13). Voor C komen daar nog de verteringsveriezen bij (stroom 9a).

I-9 Dierlijke produktie

De hoeveelheden N, P en C die in de totale dierlijke produktie zijn vastgelegd zijn berekend met produktiegegevens en de N- en P-gehalten uit Olsthoorn (1992) en de C-gehalten van dierlijke produkten uit Wolf (1990) (tabel I-1). Bij het rundvee is de produktie van paarden, schapen en geiten opgeteld. Er wordt in deze studie aangenomen dat de sector handel geen dierlijke produkten oplevert. Gedetailleerde gegevens van de dierlijke produktie staan in bijlage VIII.

Tabel I-1 Hoeveelheid N, P en C (mln kg) vastgelegd in dierlijke produkten in de Nederlandse veehouderij in 1989.

	N	P	C
rundvee	81	16	1011
varkens	57	12	717
pluimvee	31	5	198

Voor C zijn er nog de stromen 9a en 9b. In 9a staan de verteringsverliezen. Dit is een gegeven waarde voor tabel IVa, bijlage IV. De methaanproduktie (stroom 9b) is een onderdeel van de verteringsverliezen. Bij rundvee is de methaanproduktie door schapen, geiten en paarden opgeteld. Gedetailleerde gegevens over de methaanproduktie staan in bijlage IX. Van de verteringsverliezen is alleen de totale hoeveelheid bekend voor de Nederlandse landbouw in 1987 (Wolf, 1990). De verdeling van de verteringsverliezen over de veehouderijsectoren is afgeleid uit de verdeling van veevoer - dierlijke produktie en voor de handel zijn geen verteringsverliezen gerekend.

I-10 Afvoer van Nederlandse dierlijke produktie uit de landbouw

Van de dierlijke produktie wordt een deel binnen de veehouderij hergebruikt als mengvoedergrondstof (stroom 5), de rest wordt afgevoerd naar bestemmingen buiten de landbouw (Olsthoorn, 1992). Voor C komen de gegevens uit Wolf (1990).

I-11 Afvoer van mengvoer ten behoeve van andere landbouwhuisdieren

Stroom 11 is dat deel van de totale beschikbare hoeveelheid mengvoedergrondstoffen die voor andere huisdieren dan vee, bestemd is. Deze veehouderijsector, de 'diversen' in bijlage V, krijgt ongeveer 3 % van de totale hoeveelheid beschikbare mengvoedergrondstoffen. Voor rundvee, varkens en pluimvee heeft stroom 11 geen waarde. Uit de tabellen V.4 tot V.7 is af te lezen dat in de 520 mln kg totale hoeveelheid beschikbare mengvoedergrondstoffen 14 mln kg N, 2,6 mln kg P en 210 mln kg C zit. Olsthoorn (1992) had 16 mln kg N en 3 mln kg P in de mengvoergrondstoffen verondersteld, de getallen voor N en P komen overeen.

I-12 Netto-export van in Nederland geproduceerde mengvoeders

De import en export van mengvoeders is lastig te berekenen omdat er een zeer breed scala van produkten bij betrokken is. Het grootste deel van de mengvoedergrondstoffen wordt gebruikt voor de vervaardiging van mengvoeders. Een klein deel daarvan wordt uitgevoerd, maar er worden ook mengvoeders ingevoerd. De invoer is altijd kleiner dan de uitvoer. In bijlagen II, III en IV wordt de netto-uitvoer van mengvoeders gegeven in stroom 12. De netto-export van mengvoeders wordt bepaald door uitvoer minus invoer. In het jaar 1988/89 is
246 mln kg mengvoer ingevoerd en 846 mln kg uitgevoerd (Dubbeldam, 1993), de netto-export is 600 mln kg produkt. Een kwart van de netto-export van mengvoer bestaat uit kunstmelk (Olsthoorn, 1992) en 38% van de export bestaat uit sojakoeken, dat is respektievelijk 150 en 228 mln kg. Voor de andere mengvoeders blijft dan 222 mln kg over.
Kunstmelk heeft een andere mineralensamenstelling dan melk of melk- en weipoeders (tabel I-2) en de 150 mln kg die daarvoor nodig is wordt naar verhouding van alle mengvoeder-

Tabel I-2 Gehalten in melkprodukten en kunstmelk in g per kg produkt (N en P, Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en Mineralencijfers, 1994; C volle melk, Wolf (1990), kunstmelk aangenomen dat dit gelijk is aan volle melk).

	N	P	C
Volle melk	5,4	0,9	450
Kunstmelk	32,1	6,8	450
Schroot en schilfers	48,3	6,9	405

grondstoffen afgetrokken. Voor sojakoeken wordt dezelfde mineralensamenstelling verondersteld als schroot en schilfers. De kunstmelk is vooral bestemd voor vleeskalveren en komt op de rekening van het rundvee evenals de sojakoeken. In de
150 mln kg kunstmelk zit 4,82 kg N, 1,02 kg P en 67,5 mln kg C. In de sojakoeken zit 11,01 mln kg N, 1,57 mln kg P en 92,34 mln kg C. Tabel I-3 geeft de verdeling van de hoeveelheid

Tabel I-3 Verdeling van de hoeveelheid N, P en C in netto-uitvoer van mengvoer over de veehouderijsectoren.

	stroom 12	rundvee	varkens	pluimvee	diversen	totaal
N	kunstmelk	4,8				
	sojakoeken	11,0				
	andere prod.	0,8	1,0	0,7	0,0	
	totaal	16,6	1,0	0,7	0,0	18,3
P	kunstmelk	1,02				
	sojakoeken	1,57				
	ander prod.	0,16	0,21	0,16	0,0	
	totaal	2,75	0,21	0,16	0,0	3,12
C	kunstmelk	67,5				
	sojakoeken	92,3				
	ander prod.	16,6	25,1	12,3	0,0	
	totaal	176,4	25,1	12,3	0,0	213,8

N, P en C in de netto-uitvoer van mengvoer, gedetailleerde gegevens staan in bijlage VI. Bij de verdeling over de (veehouderij)sectoren worden diversen op nul gezet omdat huisdiervoer al onder stroom 11 wordt meegenomen.

I-13 Dierlijke excretie

Dierlijke excretie (stroom 13) is gelijk aan totaal veevoer (stroom 8) min dierlijke produkten (stroom 9), huisdiervoer (stroom 11) en export mengvoer (stroom 12).

(stroom 13) = (stroom 8) - (stroom 9) - (stroom 11) - (stroom 12).

Voor C moeten de verteringsverliezen (stroom 9a) ook van de excretie worden afgetrokken.

(stroom 13) = (stroom 8) - (stroom 9) - (stroom 9a) - (stroom 11) - (stroom 12).

De methaanproduktie door landbouwhuisdieren (stroom 9b) zit bij de verteringsverliezen inbegrepen (stroom 9a).

I-14.1 Ammoniak-emissie in de stal, tijdens mestopslag en in de weide

Gegevens over de ammoniak-emissie zijn uit Olsthoorn (1992) gehaald.

I-14.2 CO_2- en CH_4-emissie uit de mest

De humificatiecoëfficiënt is de resterende fraktie van gewasresten of dierlijke mest na een verblijf van één jaar in de bodem. De humificatiecoëfficiënt van dierlijke mest is 58% (Wolf, 1990). Dat wil dus zeggen dat er 1 jaar na produktie nog 58 % van de C over is en dat de rest als CO_2 en CH_4 naar de atmosfeer is verdwenen. Voor alle veehouderijsectoren en handel is de hoeveelheid CO_2 en CH_4 uit de mest berekend uit stroom 13 (tabel I-4).

Tabel I-4 Hoeveelheid C die door humificatie uit de dierlijke mest vrijkomt per (veehouderij)sector voor 1989, mln kg C.

	rundvee	varkens	pluimvee	handel
excretie	2401	914	438	0
toevoeging organische C aan de bodem	1393	530	254	0
CO_2 en CH_4 uit mest (stroom 14)	1008	384	184	0

I-15 Dierlijke mest na N- en C-emissie

De hoeveelheid N in dierlijke mest (stroom 13) wordt verminderd met de ammoniak-emissie (stroom 14) en van de hoeveelheid C in dierlijke mest (stroom 13) wordt de hoeveelheid CO_2 en CH_4 die uit de mest verdwijnt afgetrokken (stroom14).

I-16 Kunstmest

In LEI/CBS (1994) staat de gebruikte hoeveelheid kg N en P_2O_5 in meststoffen voor '88/'89, dit is omgerekend naar kg N en P (443,5 mln kg N, 37,6 mln kg P).
Uit LEI/CBS (1991) zijn gegevens gehaald van de verdeling van handels-, tuinbouw-, consumptie-, krachtvoeder en ruwvoedergewassen over het Nederlandse landbouwareaal (2,1 mln ha). Per (veehouderij)sector is berekend welk deel het van de landbouwgrond nodig heeft (tabel I-5). Het areaal mengvoer is verdeeld over de (veehouderij)sectoren en het areaal ruwvoer wordt volledig toegeschreven aan het rundvee. De totale kunstmestgift van N en P is naar rato van het

gebruikte landoppervlak verdeeld over de (veehouderij)sectoren (hoewel er per ha grasland wel meer kunstmest gebruikt wordt dan per ha akkerbouwgrond).

Tabel I-5 Verdeling van het landbouwareaal over handelsgewassen, kracht - en ruwvoeder (LEI/CBS, 1991).

sector	rundvee x 1000 ha	varkens	pluimvee	handel
handelsgewassen	0	0	0	576,5
mengvoedergrondstoffen	13,6	57,5	23,2	9,3
ruwvoer	1422,7	0	0	0
totaal	1436,3	57,5	23,2	585,8
%	68,3	2,7	1,1	27,9

I-17 Overig

Deze aanvoerbron bevat voor P zuiveringsslib uit openbare en particuliere zuiveringsinstallaties. N komt naast zuiveringsslib ook met bestrijdingsmiddelen en biologische stikstofbinding op het land.
De 'restpost' uit de tabellen IIa, IIIa en IVa voor N, P en organisch C komt uit zuiveringsslib uit openbare en particuliere zuiveringsinstallaties (Olsthoorn, 1992). In totaal werd er 120 miljoen kg C in zuiveringsslib geproduceerd in 1986 (Wolf, 1990). Daarvan werd 52 mln kg organisch C gestort, 2 mln kg C verbrand en 62 mln kg C hergebruikt. Voor de landbouw is alleen het hergebruik van slib van belang. Bij een humificatiecoëfficiënt van 0,70 komt er in het eerste jaar 18,6 mln kg C in CO_2 en CH_4 vrij en blijft er 43,4 mln kg C als organisch C achter (Wolf, 1990). Er wordt aangenomen dat de cijfers voor 1989 niet veel afwijken van die van 1986.
De 'restpost' van N bevat naast N uit zuiveringsslib (4 mln kg N) nog een bijdrage van bestrijdingsmiddelen (2 mln kg N) en biologische stikstofbinding. De biologische stikstofbinding komt van vlinderbloemigen (7 mln kg N) en vrijlevende bacteriën in de bodem (8 mln kg N). In totaal is de 'restpost' 20 mln kg N (Olsthoorn, 1992).
De CO_2 die uit het hergebruik van afval komt wordt bij stroom 22 opgeteld.
Er is aangenomen dat deze bron gelijk over het landbouwareaal verdeeld wordt. De verdeling van de door Olsthoorn gegeven hoeveelheden N, P en C is naar rato van het gebruikte landoppervlak verdeeld over de vier sectoren (tabel I-5).

I-18 Depositie

Voor N bestaat de depositie uit de retourstroom van ammoniak naar cultuurgrond (stroom 19) en de bijdrage van bronnen buiten de landbouw aan de depositie (stroom 20). Voor P is alleen de bron (stroom 20) van belang en wordt in paragraaf I-20 gegeven. Voor koolstof hebben de stromen 18, 19 en 20 geen waarde.

I-19 Retourstroom van ammoniak naar cultuurgrond

Volgens Olsthoorn wordt er 47 mln kg N via deze bron op het land gebracht. De retourstroom van ammoniak naar cultuurgrond is naar rato van het gebruikte landoppervlak verdeeld over de vier sectoren (tabel I-5).

I-20 Bijdrage van bronnen buiten de landbouw aan de depositie

De bronnen van buiten de landbouw, 47 mln kg N en 2 mln kg P, zijn naar rato van het gebruikte landoppervlak over de vier sectoren verdeeld.

I-21 Totale aanvoer van N, P en C naar cultuurgrond

De aanvoer van N en P naar cultuurgrond wordt berekend als het totaal van de aanvoer met dierlijke mest (stroom 15), kunstmest (stroom 16), depositie (stroom 18), overige bronnen (stroom 17) en de retourstroom van landbouwprodukten naar cultuurgrond in de vorm van afvalprodukten, conserveringsverliezen, zaai- en pootgoed e.a. (stroom 24). Voor N en P zijn stro, aardappelloof, bietenblad, weideresten en wortels hierbij niet inbegrepen, deze produkten worden bij het ruwvoer opgeteld (stroom 4) (bijlage VII). Voor C zijn stro, aardappelloof etc. wel in stroom 24 opgenomen. Alle P die met deze stromen op het land komt is in principe beschikbaar voor opname door het gewas. Voor N geldt dit niet, omdat een deel van de op de bodem gebrachte N als ammoniak vervluchtigt voordat het gewas het heeft kunnen opnemen (stroom 22).
Van alle elementen zijn alleen in-en uitgaande stromen genomen: al aanwezige hoeveelheden worden niet gegeven.

I-22.1 Ammoniakemissie bij aanwending van meststoffen

Voor deze N-stroom zijn de gegevens van Olsthoorn voor 1988 gebruikt.

I-22.2 CO_2 uit cultuurgrond

Voor koolstof bevat deze stroom de hoeveelheid CO_2 die jaarlijks door afbraak van organische stof uit cultuurgrond vrijkomt door afbraak van organische stof. Per jaar wordt
2 % van de aanwezige organische stof in akkerland afgebroken (Wolf, 1990).
Uit grond voor akkerbouwgewassen komt 532 mln kg C vrij uit de organische stof van de bodem (Wolf, 1990). Dit wordt naar oppervlakte verdeeld over de (veehouderij)sectoren.
Uit grond voor de produktie van gras komt 1517 mln kg C vrij als CO_2 en komt voor rekening van het rundvee, uit tuinbouwgrond komt 28 mln kg C vrij, die wordt aan de sector handel toegeschreven (tabel I-6) (Wolf, 1990). Bij de CO_2 uit landbouwgrond komt nog de hoeveelheid CO_2 uit hergebruikt afval in de landbouw (stroom 17). De CO_2 uit dierlijke mest wordt onder stroom 14 besproken.

Tabel I-6 Vrijkomen van CO_2 uit landbouwgrond in mln kg C per sector. Grasland voor 1989, andere gewassen voor 1987.

sector	akkerbouw	grasland	tuinbouw	hergebruik afval	totaal
rundvee	365,0	1517		12,7	1894,7
varkens	14,9			0,5	15,4
pluimvee	5,9			0,2	6,1
handel	146,8		28	5,2	180,0
totaal	532,6	1517	28	18,6	2096,2

I-23 Onttrekking van N en P door het gewas

Met de produktiegegevens van akkerbouwgewassen (LEI/CBS, 1991) en mengvoedergrondstoffen (Dubbeldam, 1993), de verdeling van mengvoer over de veehouderijsectoren (Dubbeldam, 1993) en de mineralen- en koolstofgehalten van gewassen (Olsthoorn, 1992 en Wolf, 1990) is berekend hoeveel N en P is opgenomen en hoeveel C er is vastgelegd door de gewassen. Gedetailleerde gegevens over de nettoproduktie van akkerbouwgewassen staan in bijlage X, gegevens van mengvoeder-grondstoffen staan in bijlage V en van de nettoproduktie van ruwvoer in bijlage VII. Voor C bestaat geen stroom van cultuurgrond (stroom 21) naar het gewas (stroom 23). De door het gewas uit de atmosfeer opgenomen C, komt er in de stroomschema's van bijlage IV figuur IVa-IVe bij als aanvoerpost.
Om tot de totale gewasproduktie te komen moeten de verliezen (stromen 25 en 24) bij de plantaardige produktie opgeteld worden.
Voor de sector handel zijn de N- P- en C- produktie van akkerbouwgewassen uit LEI/CBS (1991) gebruikt.
Hieronder wordt een voorbeeld gegeven van de berekening van de onttrekking van P (tabel I-7) en de C-produktie door gewassen (tabel I-8)

Tabel I-7 Onttrekking van P door het gewas per sector (stroom 23).

	rundvee	varkens	pluimvee	handel	*post*
ruwvoer	51,0	0,0	0,0	0,0	*7-3*
krachtvoer	0,9	3,2	1,1	0,2	*4*
verliezen	2,7	0,1	0,0	1,1	*24 + 25*
plantaardige produkten voor menselijke consumptie	0,0	0,0	0,0	10,3	*26*
gewas	54,6	3,3	1,1	11,6	*23*

Tabel I-8 Hoeveelheid C in het gewas per sector (stroom 23).

	rundvee	varkens	pluimvee	handel	*post*
ruwvoer	5823	0	0	0	*7-3*
krachtvoer	345	855	164	49	*4*
verliezen	4980	43	17	516	*24 + 25*
plantaardige produkten voor menselijke consumptie	0	0	0	1281	*26*
gewas	11860	898	181	1846	*23*

I-24 Retourstroom van N en P uit het gewas naar cultuurgrond

Olsthoorn (1992) gebruikt voor deze stroom de nutriënten die met schuimaarde, compost uit afval van land-en tuinbouwgewassenen zaai-en pootgoed op het land terugkomen
(6 mln kg N en 4 mln kg P). Voor koolstof is voor stroom 24 dezelfde hoeveelheid genomen als voor stroom 22. In deze stroom zijn dus geen wortel-en stoppelresten opgenomen.

I-25 Verlies van N, P en C bij gewasconservering

Aangenomen wordt dat alleen bij de ruwvoerwinning stikstofverliezen optreden in de vorm van ammoniakvervluchtiging en nitraatuitspoeling. Voor P wordt aangenomen dat de verliezen die optreden bij drogen en bewaring direct of indirect via kuilsap weer aan de bodemvoorraad worden toegevoegd. Aangezien het hier alleen om de ruwvoederwinning gaat wordt deze stroom aan het rundvee toegekend (Olsthoorn, 1992).
Naar analogie van Wolf (1990) zijn de koolstof verliezen bij conservering en bewaring van ruwvoer berekend (tabel I-9).

Tabel I-9 Berekende verliezen bij conservering en bewaring van snijmais, gras, hooi en overig ruwvoer in Nederland, 1989.

produkt	beschikbaar mln kg C/jr	verliesfractie -	verlies mln kg C/jr	hoeveelheid mln kg C/jr
kuilgras	1990	0,20	497,5	2487,5
grasmeelbrok	70	0,05	3,7	73,7
hooi	196	0,20	49,0	245,0
snijmais	1028	0,10	114,2	1142,2
overig ruwvoer	268	0,15	47,3	315,3
			711,7	

De 712 mln kg C moet bij de ruwvoerproduktie opgeteld worden.
Daarbij komt voor koolstof nog het CO_2 -verlies uit de organische stof die in het eerste jaar wordt afgebroken. Voor akkerbouwgewassen zijn de cijfers van Wolf voor het jaar 1987 overgenomen, voor grasland zijn ze voor het jaar 1989 uitgerekend (tabel I-10).

Tabel I-10 CO_2-verlies door de afgebraak van organische stof in het eerste jaar in mln kg C per sector, naar Wolf (1990).

sector	akkerbouw	grasland	tuinbouw	totaal
rundvee	683,6	2401,6		3085,2
varkens	27,9			27,9
pluimvee	10,9			10,9
handel	275,4		61	336,4
totaal	998,0			3460,4

I-26 Afvoer van N, P en C met plantaardige produkten vanuit de Nederlandse akkerbouw

De afvoer van plantaardige produkten (stroom 26) vanuit de landbouw is een salderings- of reststroom. Deze reststroom wordt berekend als het saldo van de afvoer van het gewas (stroom 23) minus de binnenlandse produktie van plantaardige mengvoedergrondstoffen (stroom 4), minus de produktie van ruwvoer (stroom 7) - (stroom 3), minus de retourstroom naar de bodem (stroom 24) en (voor N) het verlies bij conservering (stroom 25).

(stroom 26) = (stroom 23) - (stroom 4) - {(stroom 7) - (stroom 3)} - (stroom 24) - (stroom 25).

I-27 Invoer van voedingsmiddelen

De ingevoerde voedingsmiddelen bestaan uit voedingsmiddelen van dierlijke en plantaardige oorsprong. Gegevens van invoer van dierlijke voedingsmiddelen komen uit de in-en uitvoer tabel van LEI/CBS (1991). De N- en P-gehalten van de dierlijke produkten in 1989 komen uit Olsthoorn (1992). De koolstofgehalten van dieren komen uit Wolf (1990).
Gegevens van invoer van plantaardige voedingsmiddelen komen uit de in-en uitvoer tabel van het CBS (1991). De samenstelling van plantaardige voedingsmiddelen komt uit de Nederlandse voedingsmiddelen Tabel van den Hartog *et al.* ,1973. De samenstelling van koolhydraten, eiwitten en vetten komen uit Vertregt & Penning de Vries (1987) (tabel I-11).
Een gedetailleerd overzicht van de invoer van voedingsmiddelen staat in bijlage XI.

Tabel I-11 Onderlinge verhouding tussen koolstof (C), waterstof (H), stikstof (N) en zuurstof (O) in organische plant componenten en het C- en N-gehalte per component (Vertregt & Penning de Vries, 1987).

		moleculaire samenstelling				g/kg component	
component	plant onderdelen	C	H	N	O	C	N
Koolhydraten	zetmeel, cellulose	6	10	0	5	444	0
Eiwitten		4,5	6,7	1,1	1,6	531	151
Vetten	glyceroltrioleaat	57	104	0	6	774	0
Lignine	coniferyl alcohol	10	12	0	3	667	0
Organische anionen	malate:citraat = 1:1	5	7	0	6	368	0

In tabel I-12 staat een overzicht van de hoeveelheid N, P en C die met de ingevoerde voedingsmiddelen Nederland binnen gekomen zijn.

Tabel I-12 Overzicht van de invoer van N, P en C met voedingsmiddelen in Nederland in 1989 en de toekenning van de voedingsmiddelen aan de (veehouderij)sectoren.

sector	mln kg	N mln kg	P mln kg	C mln kg
rundvee	1990,9	39,6	10,5	535,4
varkens	29,2	0,7	0,1	9,0
pluimvee	64,0	1,9	0,1	11,5
handel	16274,5	186,0	32,1	4653,4

I-28 Voedingsmiddelen ten behoeve van industriële verwerking

In deze stroom komen de in Nederland geproduceerde dierlijke en plantaardige produkten en de geïmporteerde agrarische produkten die in de Nederlandse voedingsmiddelenindustrie verder verwerkt worden, bij elkaar.

I-29 Export van voedingsmiddelen

Een deel van de voedingsmiddelen dat door de Nederlandse voedingsmiddelenindustrie wordt gemaakt wordt geëxporteerd. Tabel I-13 geeft een overzicht van de export van in Nederland gemaakte voedingsmiddelen per sector. Gedetailleerde gegevens staan in bijlage XII.

Tabel I-13 Overzicht van de uitvoer van N, P en C met voedingsmiddelen in Nederland in 1989 en de toekenning van de voedingsmiddelen aan (veehouderij)sectoren.

sector	mln kg	N mln kg	P mln kg	C mln kg
rundvee	2070,7	51,6	8,0	692,8
varkens	986,6	23,6	2,2	272,8
pluimvee	327,5	9,6	0,7	58,9
handel	12483,5	21,4	3,9	2151,0

I-30 Consumptie van voedingsmiddelen

Een deel van de voedingsmiddelen dat door de Nederlandse voedingsmiddelenindustrie wordt gemaakt wordt in Nederland geconsumeerd. In bijlage XIII is een gedetailleerd overzicht gegeven van de meeberekende consumptiestromen. In tabel I-14 staat een overzicht van de verschillende elementen die met produkten uit de verschillende sectoren geconsumeerd worden. Ter vergelijking zijn ook de N, P, K-gegegevens van Olsthoorn (1992) voor 1989 gegeven.

Tabel I-14 Overzicht van de hoeveelheid geconsumeerde N, P en C in Nederland in 1989 en de toekenning aan de (veehouderij)sectoren.

sector	N mln kg	P mln kg	C mln kg
rundvee	25,8	3,3	272,8
varkens	16,0	1,4	296,4
pluimvee	10,6	0,8	68,9
handel	34,3	6,6	1212,9
totaal	87	12	1851,0
Olsthoorn '89	93	11	

I-31 Afval en afvalwater in de voedingsmiddelenindustrie

Een deel van de geïmporteerde voedingsmiddelen dat in de Nederlandse voedingsmiddelenindustrie wordt gebruikt gaat als afval en afvalwater verloren.

I-32 Verlies van ammoniak vanuit de landbouw

De totale emissie van ammoniak in de landbouw is de som van de stromen ammoniak-emissie bij mestopslag en in de stal en weide (stroom 14), de ammoniakemissie bij aanwending van meststoffen (stroom 22) en emissie van ammoniak bij gewasconservering (stroom 25). Deze hoeveelheid moet worden gecorrigeerd voor de hoeveelheid die weer ten goede komt aan de cultuurgrond (stroom 19).

(stroom 32) = (stroom 14) + (stroom 22) + (stroom 25) - (stroom 19)

Bij N wordt deze stroom negetief bij de sector handel.

I-33 Overschot-2 (voor stikstof: overig)

Overschot-2 (stroom 33) is de aanvoer van N, P en C naar cultuurgrond (stroom 21) - afvoer door het gewas (stroom 23)

(stroom 33) = (stroom 21) - (stroom 23)

Overig (stroom 33) is de aanvoer van N op cultuurgrond (stroom 21) min de ammoniakemissie van cultuurgrond (stroom 22) - de afvoer met het gewas (stroom 23).

(stroom 33) = (stroom 21) - (stroom 22) - (stroom 23)

I-34 Totale aanvoer van N, P en C naar de landbouw

De totale aanvoer van N, P en C naar de landbouw is de som van de stromen invoer van mengvoer (stroom 1), suppletie van mengvoer met voederfosfaten (alleen voor P) (stroom 2), invoer van ruwvoer (stroom 3), gebruik van kunstmest (stroom 16), depositie van N, P en C afkomstig van buiten de landbouw (stroom 20) en overige bronnen (stroom 17).

(stroom 34) = (stroom 1) + (stroom 2) + (stroom 3) + (stroom 16) + (stroom 17) + (stroom 20)

I-35 Totale afvoer van N, P en C vanuit de landbouw

De totale afvoer van N, P en C uit de landbouw is de som van de stromen dierlijke produkten (stroom 10), veevoer voor andere dan landbouwhuisdieren (stroom 11), uitvoer van mengvoer (stroom 12) en plantaardige produktie voor consumptie of verwerking in de voedingsmiddelenindustrie (stroom 26).

(stroom 35) = (stroom 10) + (stroom 11) + (stroom 12) + (stroom 26)

I-36 Totaal verlies van N, P en C (overschot-1)

Het totale verlies aan N, P en C in de landbouw per jaar (overschot-1) is het saldo van de stromen (stroom 34) en (stroom 35). Dit verlies is in het ideale geval gelijk aan het overschot - 2 (stroom 33) (voor P) of in het geval van N aan de som van het verlies aan ammoniak (stroom 32) en het 'overig verlies' (stroom 33). Het verschil tussen (stroom 36) enerzijds en de som van (stroom 32) en (stroom 33) anderzijds is gelijk aan de discrepantie tussen excretie (stroom 13) (inclusief de ammoniakemissie (stroom 14) en mest (stroom 15).

Bijlage II Stikstof in Nederlandse landbouw

Tabel IIa Stikstof in de Nederlandse landbouw in mln kg N, 1989

stroom-nummer	post	rundvee	varkens	pluimvee	handel	som	bron
1	invoer mengvoer	138	166	82	12	398	1
2	voederfosfaat, methionine, lysine	0	1	1	0	2	1,2
3	invoer ruwvoer	9	0	0	0	9	1
4	N gewas naar mengvoer	12	18	7	2	38	1,2
5	N dier. prod. naar mengvoer	7	11	11	1	30	4
6	(1+2+4+5=6) mengvoer	157	196	101	14	468	
7	ruwvoer (totaal beschikbaar)	385	0	0	0	385	1
8	(6+7=8) veevoer	542	196	101	14	853	
9	dierlijke produkten	81	57	31	0	169	2
10	(9-5=10) dierlijke produkten	73	46	20	0	140	
11	huisdiervoer	0	0	0	14	14	2
12	export mengvoer	17	1	1	0	18	2
13	(8-9-11-12=13) excretie	445	138	69	0	652	
14	ammoniak (1988)	50	21	14	0	85	2
15	mest-ammoniak	395	117	55	0	567	
16	kunstmest	303	12	5	124	444	2
17	overige	14	1	0	6	20	2
18	(19+20=18) depositie	64	3	1	26	94	
19	retourstroom NH3 naar cult. grond	32	1	1	13	47	2
20	depositie buiten l.b.	32	1	1	13	47	2
21	(15+16+17+18+24=21) cult. grond	780	132	61	157	1130	
22	am. uit verspreiden mest+kunstmest	48	34	10	12	104	2
23	N in gewas	402	18	7	58	485	
24	retourtroom min. uit gewas	4	0	0	2	6	2
25	min. verlies bij conservering	10	0	0	0	10	2
26	(23-4-(7-3)-24-25=26) plant. prod.	0	0	0	55	55	
27	invoer	40	1	2	186	228	3
28	(10+26+27=28) voedingsmiddelenind.	113	47	22	241	423	
29	export	52	24	10	273	358	3
30	consumptie	26	16	11	34	87	3
31	afval(water)	35	7	2	-66	-22	
32	(14+22+25-19=32) ammoniak	76	54	24	-1	152	
33	(21-22-23=33) overig	330	80	44	87	541	
34	(1+2+3+16+17+20=34) aanvoer	495	181	89	154	919	
35	(10+11+12+26=35) afvoer	90	47	21	69	227	
36	(34-35=36) overschot-1	405	134	68	85	692	

1 Dubbeldam, 1993
2 Olsthoorn, 1992
3 Landbouwcijfers 1991 (LEI/CBS)
4 Bijlage V

Figuur IIa Stroomschema van stikstof in de Nederlandse landbouw, mln kg N, 1989.

Figuur IIb Stroomschema van stikstof in de rundveehouderij, mln kg N, 1989.

Figuur IIc Stroomschema van stikstof in de varkenshouderij, mln kg N, 1989.

Figuur IId Stroomschema van stikstof in de pluimveehouderij, mln kg N, 1989.

Figuur IIe Stroomschema van stikstof in de handel, mln kg N, 1989.

Bijlage III Fosfor in Nederlandse landbouw

Tabel IIIa Fosfor in de Nederlandse landbouw in mln kg P, 1989

stroom-nummer	post	rundvee	varkens	pluimvee	handel	som	bron
1	invoer mengvoer	24,3	28,6	15,7	2,1	70,7	1
2	voederfosfaat	0,0	8,0	4,0	0,0	12,0	2
3	invoer ruwvoer	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8	1
4	P gewas naar mengvoer	0,9	3,2	1,1	0,2	5,4	1,2
5	P dier. prod. naar mengvoer	2,0	3,2	3,1	0,3	8,6	4
6	(1+2+4+5=6) mengvoer	27,2	43,0	23,9	2,6	96,7	
7	ruwvoer (totaal beschikbaar)	51,8	0,0	0,0	0,0	51,8	1
8	(6+7=8) veevoer	79,0	43,0	23,9	2,6	148,5	
9	dierlijke produkten	16,2	11,9	4,7	0,0	32,9	2
10	(9-5=10) dierlijke produkten	14,2	8,7	1,6	0,0	24,6	
11	huisdiervoer	0,0	0,0	0,0	2,6	2,6	2
12	export mengvoer	2,8	0,2	0,2	0,0	3,1	2
13	(8-9-11-12=13) excretie	60,0	30,9	19,0	0,0	109,9	
14	ammoniak (1988)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2
15	mest-ammoniak	60,0	30,9	19,0	0,0	109,9	
16	kunstmest	25,7	1,0	0,4	10,5	37,6	2
17	overige	2,0	0,1	0,0	0,8	3,0	2
18	(19+20=18) depositie	1,4	0,1	0,0	0,6	2,0	
19	retourstroom NH3 naar cult. grond	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2
20	depositie buiten l.b.	1,4	0,1	0,0	0,6	2,0	2
21	(15+16+17+18+24=21) cult. grond	91,8	32,1	19,5	13,0	156,5	
22	am. uit verspreiden mest+kunstmest	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2
23	P in gewas	54,6	3,3	1,1	11,6	70,7	
24	retourtroom min. uit gewas	2,7	0,1	0,0	1,1	4,0	2
25	min. verlies bij conservering	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2
26	(23-4-(7-3)-24-25=26) plant. prod.	0,0	0,0	0,0	10,3	10,3	
27	invoer	10,5	0,1	0,1	32,1	42,8	3
28	(10+26+27=28) voedingsmiddelenind.	24,7	8,8	1,7	42,4	77,7	
29	export	8,0	2,2	0,7	38,1	49,0	3
30	consumptie	3,3	1,4	0,8	6,6	12,1	3
31	afval(water)	13,4	5,3	0,2	-2,3	16,6	
32	(14+22+25-19=32) ammoniak	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
33	(21-22-23=33) overschot-2	37,2	28,8	18,4	1,4	85,8	
34	(1+2+3+16+17+20=34) aanvoer	54,2	37,8	20,2	14,0	126,1	
35	(10+11+12+26=35) afvoer	17,0	8,9	1,8	12,9	40,6	
36	(34-35=36) overschot-1	37,2	28,8	18,4	1,1	85,5	

1 Dubbeldam, 1993
2 Olsthoorn, 1992
3 Landbouwcijfers 1991 (LEI/CBS)
4 Bijlage V

Figuur IIIa Stroomschema van fosfor in de Nederlandse landbouw, mln kg P, 1989.

Figuur IIIb Stroomschema van fosfor in de rundveehouderij, mln kg P, 1989.

Figuur IIIc Stroomschema van fosfor in de varkenshouderij, mln kg P, 1989.

Figuur IIId Stroomschema van fosfor in de pluimveehouderij, mln kg P, 1989.

Figuur IIIe Stroomschema van fosfor in de handel, mln kg P, 1989.

Bijlage IV Organisch koolstof in Nederlandse landbouw

Tabel IVa Koolstof in de Nederlandse landbouw in mln kg C, 1989

stroom-nummer	post	rundvee	varkens	pluimvee	handel	som	bron
1	invoer mengvoer	1806	2399	1227	155	5587	1,3
2	voederfosfaat, mehtionine, lysine	0	4	3	0	7	1,2
3	invoer ruwvoer	94	0	0	0	94	1,3
4	C gewas in mengvoer	345	855	164	49	1412	1,2,3
5	C dier. prod. in mengvoer	160	94	69	6	330	5
5a	CO_2 uit slachtafval	3	3	3	0	9	3
5-5a	C dier. prod. in mengvoer	157	91	66	6	321	
6	(1+2+4+5=6) mengvoer	2309	3349	1459	210	7327	
7	ruwvoer+7a+invoer ruwvoer	6628	0	0	0	6628	
7a	CO_2 uit ruwvoer	712	0	0	0	712	
7b	in Ned. geproduceerd ruwvoer	5823	0	0	0	5823	7
7-7a	ruwvoer + invoer ruwvoer (totaal beschikbaar)	5916	0	0	0	5916	1,3
8	(6+7-7a+3=8) veevoer	8225	3349	1459	210	13243	
9	bruto dierlijke produktie	1011	717	198	0	1926	2,3
9a	verteringsverliezen	4646	1693	811	0	7150	
9b	methaan (onderdeel van 9a)	220	14	0	0	234	
10	netto dierlijke produkten	851	623	129	0	1603	8
11	huisdiervoer	0	0	0	210	210	6
12	export mengvoer	176	25	12	0	214	6
13	(8-9-9a-11-12=13) excretie	2392	914	438	0	3744	
14	CO_2 en methaan uit mest	1005	384	184	0	1572	3
15	mest-(CO_2 en methaan)	1387	530	254	0	2171	
16	kunstmest	0	0	0	0	0	
17	overige (hergebruik afval)	42	2	1	17	62	3
17a	CO_2 uit hergebruik afval (onderdeel 17)	13	1	0	5	19	3
18	(19+20=18) depositie	0	0	0	0	0	
19	retourstroom NH_3 naar cult. grond	0	0	0	0	0	
20	depositie buiten l.b.	0	0	0	0	0	
21	(15+16+17+18-22+24=21) cult. grond	1417	531	254	12	2215	
22	CO_2 uit cultuurgrond + 17a	1907	16	6	185	2115	4,3
23	C in gewas (24+25+4+(7-3))	11860	898	181	1846	14784	
24	retourtroom min. uit gewas ('87)	1895	15	6	180	2096	3
25	min. verlies bij conservering (CO_2)	3085	28	11	336	3460	3
26	(23-4-(7-3)-24-25=26) plant. prod.	0	0	0	1281	1281	
27	invoer	535	9	12	4653	5209	4,3
28	(10+26+27=28) voedingsmiddelenind.	1386	632	141	5934	8093	
29	export	695	273	59	4046	5073	4,3
30	consumptie	273	296	69	1213	1851	4,3
31	afval(water)	418	62	13	675	1168	
32	(5a+7a+9a+14+22+25-19) CO_2	11358	2124	1015	522	15019	
33	(21-22=33) overschot-2	-490	516	248	-173	100	
34	(1+2+3+16+17+20+23=34) aanvoer	13802	3303	1411	2018	20534	
35	(10+11+12+26=35) afvoer	1027	648	142	1491	3307	
36	(34-35=36) overschot-1	12775	2655	1270	527	17227	

1 Dubbeldam, 1993
2 Olsthoorn, 1992
3 Wolf, 1990
4 Landbouwcijfers 1991 (LEI/CBS)
5 Bijlage V
6 Bijlage VI
7 Bijlage VII
8 Bijlage VIII

Figuur IVa Stroomschema van organisch koolstof in de Nederlandse landbouw, mln kg C,1989.

Figuur IVb Stroomschema van organisch koolstof in de rundveehouderij, mln kg C, 1989.

Figuur IVc Stroomschema van organisch koolstof in de varkenshouderij, mln kg C, 1989.

Figuur IVd Stroomschema van organisch koolstof in de pluimveehouderij, mln kg C, 1989.

Figuur IVe Stroomschema van organisch koolstof in de handel, mln kg C, 1989.

Bijlage V Mengvoedergrondstoffen

Deze bijlage geeft de berekeningen van de stromen 1, 4, 5, 6 en 11 van de bijlagen II, III en IV. Met behulp van het verbruik van mengvoedergrondstoffen door rundvee, varkens, pluimvee en diversen en de totale hoeveelheid beschikbare mengvoedergrondstoffen uit Dubbeldam (1993) is een procentuele verdeling van de mengvoedergrondstoffen over de rundvee, varkens, pluimvee en diversen berekend (tabel V.1). Onder overige mengvoedergrondstoffen worden overige voedermiddelen en toevoegingen verstaan zonder spore-elementen, vitaminen en antibiotica.

Tabel V.1 Procentuele verdeling over veehouderijsectoren van de voor binnenlands gebruik beschikbare hoeveelheden mengvoedergrondstoffen, 1988/1989 (juli-juni).

Mengvoedergrondstoffen	rundvee	varkens	pluimvee	diversen
tarwe	2	44	50	4
rogge	0	100	0	0
gerst	1	93	3	3
haver	36	0	38	26
mais	2	0	95	3
sorghum	0	0	100	0
andere granen	28	32	36	4
peulvruchten	13	66	18	3
plantaardige oliën en vetten	9	10	78	2
luzerne- en grasmeel	27	41	24	8
tapioca	2	80	16	3
oliehoudende zaden	8	20	68	4
dextrose/glucose	0	45	0	55
maalderijprodukten	6	81	9	4
gedroogde bierbostel	100	0	0	0
aardappeleiwit	25	75	0	0
gedroogde bietenpulp	95	0	3	2
melasse	35	60	3	3
vinasse	95	0	3	2
maïsglutenvoer	82	0	15	3
schroot en schilfers (bijprodukt oliebereiding)	36	47	14	3
gedroogde citruspulp	94	0	3	3
vis-, dier- en verenmeel	2	41	53	5
dierlijke oliën en vetten	70	20	10	1
magere melkpoeder	65	33	1	1
weipoeders	67	31	1	1
overige (Dubbeldam, 1993)	21	69	7	5

Uit Dubbeldam (1993) zijn gegevens gehaald over de totale hoeveelheid beschikbare mengvoedergrondstoffen in 1989 en het aandeel daarvan dat afkomstig is uit eigen land (stromen 4 en 5). De hoeveelheid geïmporteerde mengvoedergrondstoffen is totaal minus de zelf verbouwde mengvoedergrondstoffen (stroom 1) (tabel V.2).

Tabel V.2 Import, binnenlandse produktie en totale beschikbare hoeveelheid van mengvoedergrondstoffen, in mln kg produkt in 1988/89 (Dubbeldam, 1993).

Mengvoedergrondstoffen	import	binnenlandse produktie	totaal mengvoeder
tarwe	214	339	553
rogge	0	13	13
gerst	371	183	554
haver	14	39	53
mais	889	0	889
sorghum	16	0	16
andere granen	25	0	25
peulvruchten	870	103	973
plantaardige oliën en vetten	88	0	88
luzerne- en grasmeel	133	227	360
tapioca	2780	0	2780
oliehoudende zaden	540	0	540
dextrose/glucose	0	12	12
maalderijprodukten	441	114	555
gedroogde bierbostel	19	0	19
aardappeleiwit	0	21	21
gedroogde bietenpulp	618	185	803
melasse	589	8	597
vinasse	57	132	189
maïsglutenvoer	1126	0	1126
schroot en schilfers (bijprodukt oliebereiding)	4275	2	4277
gedroogde citruspulp	357	0	357
vis-, dier- en verenmeel	222	208	430
dierlijke oliën en vetten	180	133	313
magere melkpoeder	73	82	155
weipoeders	322	137	459
overige (Dubbeldam, 1993)	0	1770	1770
totaal	14219	3708	17927

Uit Olsthoorn (1992) en Wolf (1990) zijn gegevens gehaald over de N-, P- en C-gehalten van de mengvoedergrondstoffen (tabel V.3).

Tabel V.3 N-, P- en C-gehalten van mengvoedergrondstoffen in g per kg produkt (Olsthoorn, 1992; Wolf, 1990).

Mengvoedergrondstoffen	N	P	C
tarwe	19,4	3,5	374
rogge	14,9	3,1	374
gerst	17,0	3,6	374
haver	18,1	3,3	374
mais	14,1	2,9	374
sorghum	13,4	3,0	374
andere granen	17,0	4,3	374
peulvruchten	37,6	4,0	383
plantaardige oliën en vetten	0,0	0,0	770
luzerne- en grasmeel	27,8	2,9	414
tapioca	4,2	1,0	333
oliehoudende zaden	32,0	6,1	459
dextrose/glucose	0,0	0,0	405
maalderijprodukten	26,2	10,2	383
gedroogde bierbostel	38,1	6,7	405
aardappeleiwit	122,2	2,0	500
gedroogde bietenpulp	15,8	0,9	405
melasse	9,4	0,6	315
vinasse	37,9	1,2	315
maïsglutenvoer	31,0	8,5	401
schroot en schilfers (bijprodukt oliebereiding)	48,3	6,9	405
gedroogde citruspulp	9,6	1,2	414
vis-, dier- en verenmeel	97,5	28,0	520
dierlijke oliën en vetten	0,0	0,0	770
magere melkpoeder	56,0	10,0	432
weipoeders	25,6	12,0	432
overige (Dubbeldam, 1993)	2,0	0,4	500

Met behulp van informatie over de hoeveelheden beschikbare mengvoedergrondstoffen en de procentuele verdeling over de veehouderijsectoren kan het beschikbare voer over de veehouderijsectoren verdeeld worden (tabel V.4). Daarbij wordt aangegeven welk deel van de mengvoedergrondstoffen uit het binnenland afkomstig is.
Het kan voorkomen dat de som van de gegeven getallen niet helemaal overeenstemt met de gegeven som onderaan de tabellen (als het totaal van beschikbare hoeveelheid mengvoedergrondstoffen voor rundvee wordt berekend met de in die kolom gegeven getallen komt er 5425,7 uit in plaats van de gegeven 5425,6), dit is het gevolg van afronden van de getallen in de kolom. Dit geldt ook voor de andere tabellen in deze bijlage.

Tabel V.4 Verdeling over veehouderijsectoren van de voor binnenlands gebruik beschikbare hoeveelheden mengvoedergrondstoffen (in mln kg produkt in 1988/1989). Tevens is de bijdrage uit binnenlandse produktie gegeven, waarbij aangenomen is dat die gelijk over de veehouderijsectoren verdeeld is al het totaal (tabel V.1).

Mengvoedergrondstoffen	rundvee		varkens		pluimvee		diversen	
	totaal	Ned.	totaal	Ned.	totaal	Ned.	totaal	Ned.
granen	65,0	23,4	779,4	332,6	1181,5	189,6	77,1	28,4
peulvruchten	124,9	13,2	643,3	68,1	178,8	18,9	26,0	2,7
plantaardige oliën en vetten	8,0	0,0	9,0	0,0	69,0	0,0	2,0	0,0
luzerne- en grasmeel	98,0	61,8	147,0	92,7	87,0	54,9	28,0	17,7
tapioca	44,0	0,0	2233,8	0,0	430,2	0,0	72,0	0,0
oliehoudende zaden	45,0	0,0	106,0	0,0	369,0	0,0	20,0	0,0
dextrose/glucose	0,0	0,0	5,5	5,5	0,0	0,0	6,5	6,5
maalderijprodukten	34,9	7,2	448,2	92,1	51,9	10,7	20,0	4,1
gedroogde bierbostel	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
aardappeleiwit	5,3	5,3	15,8	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0
gedroogde bietenpulp	764,0	176,0	0,0	0,0	21,0	4,8	18,0	4,2
melasse	206,0	2,8	356,0	4,8	19,0	0,3	16,0	0,2
vinasse	180,0	125,7	0,0	0,0	5,0	3,5	4,0	2,8
maïsglutenvoer	929,0	0,0	0,0	0,0	165,0	0,0	32,0	0,0
schroot en schilfers (bijprod. olieber.)	1555,6	0,7	2011,5	0,9	592,9	0,3	117,0	0,1
gedroogde citruspulp	337,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	10,0	0,0
vis-, dier- en verenmeel	6,5	3,1	174,6	84,5	229,5	111,0	19,4	9,4
dierlijke oliën en vetten	218,9	93,0	61,2	26,0	30,6	13,0	2,3	1,0
magere melkpoeder	101,0	53,4	51,0	27,0	2,0	1,1	1,0	0,5
weipoeders	306,7	91,5	144,3	43,1	4,0	1,2	4,0	1,2
overige (Dubbeldam, 1993)	376,9	376,9	1237,4	1237,4	110,6	110,6	45,2	45,2
totaal	5425,6	1034,0	8423,9	2030,3	3557,0	519,7	520,4	124,0

Met de N-, P- en C-gehalten van de mengvoedergrondstoffen kan worden uitgerekend hoeveel van elk element per veehouderijsector beschikbaar is. Verder kan berekend worden hoeveel N, P en C er uit in Nederland verbouwde gewassen in mengvoedergrondstof wordt aangewend (stroom 4) (tabel V.5).

Tabel V.5 Hoeveelheid N in de totale beschikbare hoeveelheid mengvoedergrondstoffen (totaal) en de bijdrage aan mengvoedergrondstoffen uit binnenlandse produktie (Ned.) voor verschillende veehouderijsectoren, in mln kg N, 1988/89.

	rundvee		varkens		pluimvee		diversen	
mengvoer	totaal	Ned.	totaal	Ned.	totaal	Ned.	totaal	Ned.
granen	1,1	0,4	13,8	6,0	18,3	3,6	1,3	0,5
peulvruchten	4,7	0,5	24,2	2,6	6,7	0,7	1,0	0,1
plantaardige oliën en vetten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
luzerne- en grasmeel	2,7	1,7	4,1	2,6	2,4	1,5	0,8	0,5
tapioca	0,2	0,0	9,4	0,0	1,8	0,0	0,3	0,0
oliehoudende zaden	1,4	0,0	3,4	0,0	11,8	0,0	0,6	0,0
dextrose/glucose	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
maalderijprodukten	0,9	0,2	11,7	2,4	1,4	0,3	0,5	0,1
gedroogde bierbostel	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
aardappeleiwit	0,6	0,6	1,9	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
gedroogde bietenpulp	12,1	2,8	0,0	0,0	0,3	0,1	0,3	0,1
melasse	1,9	0,0	3,4	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0
vinasse	6,8	4,8	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1
maïsglutenvoer	28,8	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	1,0	0,0
schroot en schilfers (bijprod. olieber.)	75,1	0,0	97,2	0,0	28,6	0,0	5,6	0,0
gedroogde citruspulp	3,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
vis-, dier- en verenmeel	0,6	0,3	17,0	8,2	22,4	10,8	1,9	0,9
dierlijke oliën en vetten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
magere melkpoeder	5,7	3,0	2,9	1,5	0,1	0,1	0,0	0,0
weipoeders	7,9	2,3	3,7	1,1	0,1	0,0	0,1	0,0
overige (Dubbeldam, 1993)	0,8	0,8	2,5	2,5	0,2	0,2	0,2	0,2
totaal per veehouderijsector	155,3	17,5	195,1	28,9	99,8	17,5	14,0	2,5
geïmporteerde grondstoffen (stroom 1)	137,8		166,2		82,3		11,5	
plantaardige produktie, Nederland (stroom 4)		11,8		18,0		6,6		1,5
dierlijke produktie, Nederland (stroom 5)		5,6		10,8		10,9		1,0

Tabel V.6 Hoeveelheid P in de totale beschikbare hoeveelheid mengvoedergrondstoffen (totaal) en de bijdrage aan mengvoedergrondstoffen uit binnenlandse produktie (Ned.) voor verschillende veehouderijsectoren, in mln kg P, 1988/89.

mengvoer	rundvee		varkens		pluimvee		diversen	
	totaal	Ned.	totaal	Ned.	totaal	Ned.	totaal	Ned.
granen	0,22	0,08	2,78	1,18	3,63	0,66	0,25	0,10
peulvruchten	0,50	0,05	2,57	0,27	0,72	0,08	0,10	0,01
plantaardige oliën en vetten	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
luzerne- en grasmeel	0,28	0,18	0,43	0,27	0,25	0,16	0,08	0,05
tapioca	0,04	0,00	2,23	0,00	0,43	0,00	0,07	0,00
oliehoudende zaden	0,27	0,00	0,65	0,00	2,25	0,00	0,12	0,00
dextrose/glucose	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
maalderijprodukten	0,36	0,07	4,57	0,94	0,53	0,11	0,20	0,04
bierbostel	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
aardappeleiwit	0,01	0,01	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
bietenpulp	0,69	0,16	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
melasse	0,12	0,00	0,21	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
vinasse	0,22	0,15	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
maïsglutenvoer	7,90	0,00	0,00	0,00	1,40	0,00	0,27	0,00
schroot en schilfers (bijprod. olieber.)	10,73	0,01	13,88	0,01	4,09	0,00	0,81	0,00
citruspulp	0,40	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
vis-, dier- en verenmeel	0,18	0,09	4,89	2,36	6,43	3,11	0,54	0,26
dierlijke oliën en vetten	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
magere melkpoeder	1,01	0,53	0,51	0,27	0,02	0,01	0,01	0,01
weipoeders	3,68	1,10	1,73	0,52	0,05	0,01	0,05	0,01
overige (Dubbeldam, 1993)	1,50	1,50	0,49	0,49	0,04	0,04	0,02	0,02
totaal per veehouderijsector	26,90	2,58	34,98	6,34	19,89	4,19	2,58	0,51
geïmporteerde grondstoffen (stroom 1)	24,32		28,64		15,69		2,07	
plantaardige produktie, Nederland (stroom 4)		0,86		3,19		1,06		0,23
dierlijke produktie, Nederland (stroom 5)		1,72		3,15		3,13		0,28

Tabel V.7 Hoeveelheid C in de totale beschikbare hoeveelheid mengvoedergrondstoffen (totaal) en de bijdrage aan mengvoedergrondstoffen uit binnenlandse produktie (Ned.) voor verschillende veehouderijsectoren, in mln kg C, 1988/89.

mengvoer	rundvee		varkens		pluimvee		diversen	
	totaal	Ned.	totaal	Ned.	totaal	Ned.	totaal	Ned.
granen	24,3	8,75	291,5	124,4	441,9	70,9	28,8	10,6
peulvruchten	47,8	5,1	246,4	26,1	68,5	7,2	9,9	1,1
plantaardige oliën en vetten	6,2	0,0	6,9	0,0	53,1	0,0	1,5	0,0
luzerne- en grasmeel	40,6	25,6	60,9	38,4	36,0	22,7	11,6	7,3
tapioca	14,7	0,0	743,9	0,0	143,2	0,0	24,0	0,0
oliehoudende zaden	20,7	0,0	48,7	0,0	169,4	0,0	9,2	0,0
dextrose/glucose	0,0	0,0	2,2	2,2	0,0	0,0	2,7	2,7
maalderijprodukten	13,4	2,7	171,7	35,3	19,9	4,1	7,6	1,6
bierbostel	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
aardappeleiwit	2,6	2,6	7,9	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0
bietenpulp	309,4	71,3	0,0	0,0	8,5	2,0	7,3	1,7
melasse	64,9	0,9	112,1	1,5	6,0	0,1	5,0	0,1
vinasse	56,7	39,6	0,0	0,0	1,6	1,1	1,3	0,9
maïsglutenvoer	372,5	0,0	0,0	0,0	66,2	0,0	12,8	0,0
schroot en schilfers (bijprod. olieber.)	630,0	0,3	814,7	0,4	240,1	0,1	47,4	0,0
citruspulp	139,5	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	4,1	0,0
vis-, dier- en verenmeel	3,4	1,6	90,8	43,9	119,4	57,7	10,1	4,9
dierlijke oliën en vetten	168,5	71,6	47,2	20,0	23,6	10,0	1,7	0,7
magere melkpoeder	43,6	23,1	22,0	11,7	0,9	0,5	0,4	0,2
weipoeders	132,5	39,5	62,3	18,6	1,7	0,5	1,7	0,5
overige (Dubbeldam, 1993)	188,4	188,4	618,7	618,7	55,3	55,3	22,6	22,6
totaal per veehouderijsector	2287,4	481,1	3347,7	949,0	1459,3	232,2	209,9	54,8
geïmporteerde grondstoffen (stroom 1)	1806,3		2398,7		1227,1		155,1	
plantaardige produktie, Nederland (stroom 4)		345,3		854,8		163,5		48,5
dierlijke produktie, Nederland (stroom 5)		135,9		94,2		68,7		6,4

Naast melkprodukten als wei- en melkpoeder krijgt het rundvee ook 'gewone' melk en wei (tabel V.8). Deze worden bij de mengvoedergrondstoffen opgeteld (tabel V.9).

Tabel V.8 Hoeveelheid N, P en C in Nederlandse melkprodukten die als veevoer dienen in 1989 (Dubbeldam, 1993). N-, P- en C-gehalten van de melkprodukten (Olsthoorn, 1991; Wolf, 1990).

melkprodukten	produktie mln kg	N-gehalte g/kg	P-gehalte g/kg	C-gehalte g/kg	N mln kg	P mln kg	C mln kg
volle melk	270	5,3	0,9	72,6	1,4	0,2	19,6
onder/karnemelk	17	4,8	0,8	41,6	0,1	0,0	0,7
wei	150	1,9	0,5	27	0,3	0,1	4,1

De hoeveelheid N, P en C in de melk, karnemelk en wei wordt bij stroom 5 van het rundvee opgeteld (tabel V.9)

Tabel V.9 Hoeveelheid N, P en C in stroom 5 van rundvee als melk, karnemelk en wei erbij gerekend wordt.

bron	N	P	C
stroom 5 uit tabel V.5-V.7	5,6	1,7	135,9
melkprodukten uit tabel V.8	1,8	0,3	24,4
stroom 5	7,4	2,0	160,3

Per element wordt een overzicht gemaakt van de grootte van de stromen per veehouderijsector (tabellen V.9, V.10 en V.11). De hoeveelheid N, P en C die met mengvoedergrondstoffen wordt geïmporteerd (stroom 1), de hoeveelheid N, P en C uit in Nederland verbouwde mengvoedergrondstoffen (stroom 4) en uit Nederland afkomstige dierlijke produkten die voor mengvoer worden gebruikt (stroom 5) geven samen het totaal beschikbare mengvoer per diersoort (stroom 6). Olsthoorn (1992) geeft de hoeveelheid N, P en C voor de Nederlandse landbouw. De som van de veehouderijsectoren en handel moet in de buurt komen van deze waarden (onderste regel tabel V.9). Verschillen kunnen gemakkelijk optreden als met andere mengvoedergrondstoffen wordt gerekend of als andere N- of P-gehalten worden gebruikt.

Tabel V.10 Overzicht van de aanvoer van N in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen (stroom 1), in toegevoegde animozuren of voederfosfaat (stroom 2) en in mengvoedergrondstoffen uit plantaardige of dierlijke produktiesectoren in Nederland (resp. stromen 4 en 5). Waarden van Olsthoorn (1992) zijn ter vergelijking opgenomen.

sector	1	2	4	5	1+2+4+5=6
rundvee (NR)	137,8	0	11,8	7,4	157,0
varkens (NV)	166,2	1,4	18,0	10,8	196,4
pluimvee (NP)	82,3	0,8	6,6	10,9	100,6
handel (NH)	11,5	0	1,5	1,0	14,0
NR+NV+NP+NH	397,8	2,2	37,9	30,1	468,0
Olsthoorn, 1992	420	0	33	27	480

Tabel V.11 Overzicht van de aanvoer van P in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen (stroom 1), in toegevoegde animozuren of voederfosfaat (stroom 2) en in mengvoedergrondstoffen uit plantaardige of dierlijke produktiesectoren in Nederland (resp. stromen 4 en 5). Waarden van Olsthoorn (1992) zijn ter vergelijking opgenomen.

sector	1	2	4	5	1+2+4+5=6
rundvee (PR)	24,3	0,0	0,9	2,0	27,2
varkens (PV)	28,6	8,0	3,2	3,2	43,0
pluimvee (PP)	15,7	4,0	1,1	3,1	23,9
handel (PH)	2,1	0,0	0,2	0,3	2,6
PR+PV+PP+PH	70,7	12,0	5,4	8,6	96,7
Olsthoorn, 1992	70	11	4	8	93

Tabel V.12 Overzicht van de aanvoer van C in geïmporteerde mengvoedergrondstoffen (stroom 1), in toegevoegde animozuren of voederfosfaat (stroom 2) en in mengvoedergrondstoffen uit plantaardige of dierlijke produktiesectoren in Nederland (resp. stromen 4 en 5).

sector	1	2	4	5	1+2+4+5=6
rundvee (CR)	1806,3	0,0	345,3	160,3	2311,9
varkens (CV)	2398,8	4,2	854,8	94,2	3352,1
pluimvee (CP)	1227,1	2,8	163,5	68,7	1462,1
handel (CH)	155,1	0,0	48,5	6,4	210,0
CR+CV+CP+CH	5587,3	7,0	1412,1	329,6	7336,1

Bijlage VI Export mengvoer

Met gegevens uit Dubbeldam (1990) is berekend hoeveel mln kg er netto aan mengvoer is geëxporteerd in 1988/1989. Voor rundvee en varkens staan de hoeveelheden in tabel VI.1 voor pluimvee en diversen in tabel VI.2.

Tabel VI.1 N, P en C in de netto-export van mengvoergrondstoffen voor rundvee en varkens.

		rundvee			varkens		
produkt	mln kg	N	P	C	N	P	C
tarwe	9,0	0,00	0,00	0,07	0,08	0,01	1,49
rogge	0,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
gerst	9,0	0,00	0,00	0,05	0,14	0,03	3,12
haver	0,9	0,01	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00
mais	14,4	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00
sorghum	0,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
andere granen	0,4	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,05
peulvruchten	15,8	0,08	0,01	0,78	0,39	0,04	4,00
plant. olien en vetten	1,4	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,11
luzerne- en grasmeel	5,8	0,04	0,00	0,66	0,07	0,01	0,99
tapioca	45,2	0,00	0,00	0,24	0,15	0,04	12,08
oliehoudende zaden	8,8	0,02	0,00	0,34	0,06	0,01	0,79
dextrose/glucose	0,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
maalderijprodukten	9,0	0,01	0,01	0,22	0,19	0,07	2,79
gedr. bierbostel	0,3	0,01	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
aardappeleiwit	0,3	0,01	0,00	0,04	0,03	0,00	0,13
gedr. bietenpulp	13,0	0,20	0,01	5,03	0,00	0,00	0,00
melasse	9,7	0,03	0,00	1,05	0,05	0,00	1,82
vinasse	3,1	0,11	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00
maisglutenvoer	18,3	0,47	0,13	6,05	0,00	0,00	0,00
schroot en schilfers	378,0	18,26	2,61	153,09	0,00	0,00	0,00
gedr. citruspulp	5,8	0,05	0,01	2,27	0,00	0,00	0,00
vis-,dier- en verenmeel	7,0	0,01	0,00	0,05	0,28	0,08	1,47
dierlijke olien en vetten	5,1	0,00	0,00	2,74	0,00	0,00	0,77
mager melkpoeders	2,5	0,09	0,02	0,71	0,05	0,01	0,36
weipoeders	7,5	0,13	0,06	2,15	0,06	0,03	1,01
methionine	0,1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
lysine	0,1	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
overige	28,8	0,01	0,00	3,06	0,04	0,01	10,05
totaal	600,0	19,6	2,87	180,00	1,6	0,34	41,1

Tabel VI.2 Mln kg N, P en C in de netto-export van mengvoergrondstoffen voor pluimvee en diversen.

		pluimvee			diversen		
produkt	mln kg	N	P	C	N	P	C
tarwe	9,0	0,09	0,02	1,67	0,01	0,00	0,13
rogge	0,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
gerst	9,0	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,09
haver	0,9	0,01	0,00	0,12	0,00	0,00	0,09
mais	14,4	0,19	0,04	5,12	0,01	0,00	0,16
sorghum	0,3	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00
andere granen	0,4	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01
peulvruchten	15,8	0,11	0,01	1,11	0,02	0,00	0,16
plant. olien en vetten	1,4	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,03
luzerne- en grasmeel	5,8	0,04	0,00	0,59	0,01	0,00	0,19
tapioca	45,2	0,03	0,01	2,33	0,00	0,00	0,39
oliehoudende zaden	8,8	0,19	0,04	2,75	0,01	0,00	0,15
dextrose/glucose	0,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
maalderijprodukten	9,0	0,02	0,01	0,32	0,01	0,00	0,12
gedr. bierbostel	0,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
aardappeleiwit	0,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
gedr. bietenpulp	13,0	0,01	0,00	0,14	0,00	0,00	0,12
melasse	9,7	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,08
vinasse	3,1	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02
maisglutenvoer	18,3	0,08	0,02	1,07	0,02	0,00	0,21
schroot en schilfers	378,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
gedr. citruspulp	5,8	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,07
vis-,dier- en verenmeel	7,0	0,36	0,10	1,94	0,03	0,01	0,16
dierlijke olien en vetten	5,1	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,03
mager melkpoeders	2,5	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
weipoeders	7,5	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03
methionine	0,1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lysine	0,1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
overige	28,8	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,37
totaal	600,0	1,2	0,26	19,8	0,10	0,03	2,6

Bijlage VII Ruwvoer

Uit Dubbeldam (1993) zijn gegevens gehaald voor de berekeningen voor invoer van ruwvoer (stroom 3) en zelf verbouwd ruwvoer (stroom 7) in van bijlage II, III, en IV (tabel VII.1).

Tabel VII.1 Hoeveelheid binnenlands geproduceerd en geïmporteerd ruwvoer in 1989 (Dubbeldam, 1993) en N-, P- en C-gehalten van de ruwvoeders (Olsthoorn, 1991; Wolf, 1990). Voeders met een * zijn op basis van drogestof berekend, de rest op produktbasis.

ruwvoeders	binnenlandse produktie mln kg	invoer mln kg	totaal mln kg	N-gehalte g/kg	P-gehalte g/kg	C-gehalte g/kg
aardappelen	489	1	490	3	0,6	99
natte bostel	83	584	667	11,7	1,1	113
spoeling	134		134	2	0,1	36
geperste aardappelpulp	215		215			
perspulp	451	5	456	1,4	0,2	81
aardappeldiksap	56		56			
natte bietenpulp	12	7	19	1,4	0,2	81
afval aardappel verwerkende industrie	177		177	10	0,2	81
suikerbieten	186		186	2,8	0,3	104
voederbieten	149		149	2,8	0,3	86
stoppelknollen	302		302	3,7	6	45
anderen stoppel gewassen	316		316	3,7	6	45
snijmaïs*	2285		2285	13,6	2,5	450
grasland/kunstweide						
hooi*	435	59	494	27,7	3	450
graskuil*	4423		4423	28,6	3,7	450
vers weidegras*	5200		5200	37,7	4,4	450
stro	165		165	3,5	0,7	383
suikerbietenkop/blad	415		415	2,7	0,3	72
voederbietenkop/blad	9		9	2,7	0,3	72
spuitkoolstengels	60		60	3,5	0,7	
groenten en fruit	50		50	3,5	0,7	
broodafval/aardappelschillen	50		50	3,5	0,7	
totaal	15662	656	16318			

Tabel VII.2 Hoeveelheid N, P en C in binnenlands geproduceerd (Ned.) en geïmporteerd ruwvoer (imp.) in 1989 (mln kg).

melk en ruwvoeders	Ned. mln kg N	imp. mln kg N	Ned. mln kg P	imp. mln kg P	Ned. mln kg C	imp. mln kg C
aardappelen	1,5	0,0	0,3	0,0	48,4	0,1
natte bostel	1,0	6,8	0,1	0,6	9,4	66,0
spoeling	0,3		0,0		4,8	
geperste aardappelpulp	0,0		0,0		0,0	
perspulp	0,6	0,0	0,1	0,0	36,5	0,4
aardappeldiksap	0,0		0,0		0,0	
natte bietenpulp	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,6
afval aardappel verwerkende industrie	1,8		0,0		14,3	
suikerbieten	0,5		0,1		19,3	
voederbieten	0,4		0,0		12,8	
stoppelknollen	1,1		1,8		13,6	
anderen stoppel gewassen	1,2		1,9		14,2	
snijmaïs*	31,1		5,7		1028,3	
grasland/kunstweide						
hooi*	12,0	1,6	1,3	0,2	195,8	26,6
graskuil*	126,5		16,4		1990,4	
vers weidegras*	196,0		22,9		2340,0	
stro	0,6		0,1		63,2	
suikerbietenkop/blad	1,1		0,1		29,9	
voederbietenkop/blad	0,0		0,0		0,6	
spuitkoolstengels	0,2		0,0		0,0	
groenten en fruit	0,2		0,0		0,0	
broodafval/aardappelschillen	0,2		0,0		0,0	
totaal	376,3	8,5	51,0	0,8	5822,5	93,7

Totaal is er 384,8 mln kg N, 51,8 mln kg P en 5916,2 mln kg C in ruwvoer beschikbaar in 1989 (stroom 7). Daarvan is 8,5 mln kg N, 0,8 mln kg P en 93,7 mln kg C geïmporteerd (stroom 3).

Bijlage VIII Dierlijke produktie

In deze bijlage wordt de hoeveelheid N, P en C in melk en eieren (tabel VIII.1) en vlees (tabel VIII.2) in Nederland in 1989 berekend (stroom 9 en 10).

Tabel VIII.1 Bruto dierlijke produktie, N-, P- en C-gehalten en N-, P- C-opbrengsten van melk en eieren, 1989.

produkt	bruto dierlijke produktie	N-gehalte g/kg	P-gehalte g/kg	C-gehalte g/kg	N mln kg	P mln kg	C mln kg
melk	11334	5,3	0,9	73	60,1	10,2	822,8
eieren	645	19,2	2,0	145	12,4	1,3	93,5

Bij de berekening van vleesproduktie in Nederland wordt de invoer en uitvoer van levende dieren en vleeswaren meegenomen. Dit zijn onderdelen van invoer (stroom 27), uitvoer (stroom 29), consumptie (stroom 30) en afval(water) (stroom 31).
Stroom 10 is uit stroom 9 te berekenen door aftrek van dierlijke produkten die in het mengvoer gebruikt worden (stroom 5). De gegevens over invoer, uitvoer en slachtgewichten komen uit LEI/CBS (1991), N- en P-gehalten zijn afkomstig uit Olsthoorn (1992) en C-gehalten uit Wolf (1990) waarvan ook de berekeningsmethode is overgenomen.

Tabel VIII.2 Produktie en invoer van levende dieren, vlees en vleeswaren en slachtafval van de Nederlandse veehouderij in mln kg, 1989. Aanh.% = aanhoudingspercentage.

		Produktie levend vee			Invoer levend vee			Invoer vlees/vleeswaren	
	aanh. %	levend gewicht mln kg	geslacht gewicht mln kg	slacht afva mln kg	levend gewicht mln kg	geslacht gewicht mln kg	slacht afval mln kg	invoer vlees mln kg	invoer vlees-waren mln kg
runderen	58	774,1	449,0	325,1	86,2	50	36,2	68	8
varkens	79	2381,0	1881,0	500,0	5,1	4	1,1	25	17
pluimvee	74	614,2	454,5	159,7	78,4	58	20,4		
schapen en geiten	55	38,2	21,0	17,2	1,8	1	0,8	4	0
paarden	50	6,0	3,0	3,0	2,0	1	1,0	25	1

Tabel VIII.3 Uitvoer van levende dieren, vlees en vleeswaren, in Nederland geproduceerd slachtafval voorraadmutaites van vlees en vleesconsumptie in mln kg, 1989.

		Uitvoer levend vee			Uitvoer vlees/vleeswaren		Voorraad-mutatie	Consumptie	
	aanh. %	levend gewicht mln kg	geslacht gewicht mln kg	slacht afval mln kg	vlees mln kg	vlees-waren mln kg	geslacht gewicht mln kg	geslacht gewicht mln kg	levend gewicht mln kg
runderen	58	24,1	14,0	10,1	303	3	-37	292,0	503,4
varkens	79	315,2	249,0	66,2	783	207	-5	693,0	877,2
pluimvee	74	46,8	34,6	12,2	236	37	-5	210,3	284,2
schapen en geiten	55	16,4	9,0	7,4	6	0	0	11,0	20,0
paarden	50	6,0	3,0	3,0	5	1	0	21,0	42,0

Er wordt aangenomen dat 12,5 % van het slachtafval eetbaar is en als mengvoedergrondstof dienst doet (stroom 5), de rest van het slachtafval gaat met via dierlijke produktie (stroom 10) naar de voedingsmiddelenindustrie (stroom 28) door naar afval(water) (stroom 31) (tabel VIII.4).

Tabel VIII.4 Overzicht van vleesproduktie vóór (stroom 9) en na de slacht (stroom 10), invoer (stroom 27) en export (stroom 29) van vlees en vleeswaren en consumptie (stroom 30), eetbaar (stroom 5) en niet-eetbaar slachtafval (stroom 31) per veehouderijsector, in mln kg, 1989.

veehouderijsector	stroom 9	stroom 5	stroom 10	stroom 27	stroom 29	stroom 30	stroom 31
runderen	774,1	40,6	733,5	86,2	330,1	292,0	320,7
varkens	2381,0	62,5	2318,5	5,1	1305,2	693,0	438,6
pluimvee	614,2	20,0	594,2	78,4	319,8	210,3	160,1
schapen en geiten	38,2	2,2	36,0	1,8	22,4	11,0	15,9
paarden	6,0	0,4	5,6	2,0	12,0	21,0	3,6

Voorbeeld voor berekening stroom 5 en 10 van runderen, geiten, schapen en paarden:
Er is 774,1 + 38,2 + 6,0 = 818,3 mln kg levend vee geproduceerd, na slacht is daar nog 449,0 + 21,0 + 3,0 = 473,0 mln kg vlees van over en 325,1 + 17,2 + 3,0 = 345,3 mln kg slachtafval (tabel VIII.2). Van dat afval is 12,5 % eetbaar (40,6 +2,2 + 0,4 = 43,2 mln kg), en dat is stroom 5. Dierlijke produktie stroom 10 wordt 473,0 + (345,3 - 43,2) = 775,1 mln kg.

Slachtafval van levend geïmporteerde dieren verdwijnt naar afval(water) (stroom 31).
Voorbeeld uitvoer van vlees van runderen:
Aan levende dieren gaat 24,1 mln kg de grens over, daarbij komt 303 mln kg vlees en 3 mln kg vleeswaren; totaal 330,1 mln kg vlees.
Voorbeeld totaal slachtafval van runderen:
Van de in Nederland opgefokte dieren komt 325,1 - 40,6 = 284,5 mln kg slachtafval, daar komt alle slachtafval van levend geïmporteerde dieren bij; 36,2 mln kg slachtafval. Totaal komt dat op 320,7 mln kg afval(water) voor stroom 31.
N-, P- en C-gehalten van vlees komen uit Olsthoorn (1992) en Wolf (1990) (tabel VIII.5).

Tabel VIII.5 N-,P- en C-gehalte van vlees per veehouderijsector.

diersoort	N-gehalte g/kg	P-gehalte g/kg	C-gehalte g/kg
koeien	25,0	7,4	232
varkens	24,0	5,0	301
pluimvee	30,4	5,6	170
schapen en geiten	25,0	7,0	193
paarden	25,0	7,2	224

Met de N-, P- en C-gehalten en gegevens uit tabel VIII.4 zijn met voor alle veehouderijsectoren de N, P en C waarden voor de stromen 5, 9, 10, 27, 29, 30 en 31 uitgerekend.

Tabel VIII.6 Overzicht van hoeveelheid N in de vleesproduktie vóór (stroom 9) en na de slacht (stroom 10), invoer (stroom 27) en export (stroom 29) van vlees en vleeswaren en consumptie (stroom 30), eetbaar (stroom 5) en niet-eetbaar slachtafval (stroom 31) per veehouderijsector, in mln kg N, 1989.

veehouderijsector	stroom 9	stroom 5	stroom 10	stroom 27	stroom 29	stroom 30	stroom 31
runderen	19,4	1,02	18,3	2,2	8,3	7,3	8,1
varkens	57,1	1,50	55,6	0,12	31,3	16,6	10,5
pluimvee	18,7	0,61	18,1	2,4	9,7	6,4	4,9
schapen en geiten	0,96	0,06	0,9	0,05	0,56	0,28	0,40
paarden	0,15	0,01	0,14	0,05	0,30	0,53	0,09

Tabel VIII.7 Overzicht van de hoeveelheid P in de vleesproduktie vóór (stroom 9) en na de slacht (stroom 10), invoer (stroom 27) en export (stroom 29) van vlees en vleeswaren en consumptie (stroom 30), eetbaar (stroom 5) en niet-eetbaar slachtafval (stroom 31) per veehouderijsector, in mln kg P, 1989.

veehouderijsector	stroom 9	stroom 5	stroom 10	stroom 27	stroom 29	stroom 30	stroom 31
runderen	5,73	0,30	5,43	0,64	2,44	2,16	2,37
varkens	11,91	0,313	11,59	0,026	6,53	3,47	2,19
pluimvee	3,44	0,11	3,33	0,44	1,79	1,18	0,90
schapen en geiten	0,267	0,015	0,252	0,013	0,157	0,077	0,111
paarden	0,043	0,003	0,040	0,014	0,086	0,151	0,026

Tabel VIII.8 Overzicht van de hoeveelheid C in de vleesproduktie vóór (stroom 9) en na de slacht (stroom 10), invoer (stroom 27) en export (stroom 29) van vlees en vleeswaren en consumptie (stroom 30), eetbaar (stroom 5) en niet-eetbaar slachtafval (stroom 31) per veehouderijsector, in mln kg C, 1989.

veehouderijsector	stroom 9	stroom 5	stroom 10	stroom 27	stroom 29	stroom 30	stroom 31
runderen	179,6	9,42	170,17	20,00	76,58	67,74	74,40
varkens	716,7	18,8	697,9	1,54	392,9	208,6	132,0
pluimvee	104,4	3,40	101,0	13,33	54,4	35,75	27,22
schapen en geiten	7,37	0,42	6,95	0,35	4,32	2,12	3,07
paarden	1,34	0,09	1,25	0,45	2,69	4,70	0,81

Met de gegevens uit bijlage V en bovenstaande tabellen van de vlees, melk en eierproduktie kunnen de bruto en netto dierlijke produktie berekend worden (tabel VIII.9 en VIII.10).

Tabel VIII.9 Dierlijke produktie in vlees, melk en eieren en de consumptie van dierlijke produkten uit Nederland per veehouderijsector (mln kg N, P en C, 1989).

bron		bijlage V	bijlage VIII			
	sector		bruto melk bruto eieren	bruto vlees	netto vlees	slachtafval
N	rundvee	7,4	60,1	20,5	19,3	1,09
	varkens	10,8		57,1	55,6	1,50
	pluimvee	10,9	12,4	18,7	18,1	0,61
	diversen	1,0		1,0	0,0	1,00
P	rundvee	2,0	10,2	6,04	5,72	0,32
	varkens	3,2		11,91	11,59	0,31
	pluimvee	3,1	1,3	3,44	3,33	0,11
	diversen	0,3		0,3	0,0	0,30
C	rundvee	160,3	822,8	188,3	178,4	9,9
	varkens	94,2		716,7	697,9	18,8
	pluimvee	68,7	93,5	104,4	101,0	3,4
	diversen	6,4		6,4	0,00	6,4

De bruto dierlijke produktie voor b.v. rundvee is netto vleesproduktie + vleesafval + bruto melkproduktie (20,5 + 60,1 = 80,6 mln kg N)

Tabel VIII.10 Totale, bruto en netto dierlijke produktie, slachtafval, verteringsverliezen en methaanuitscheiding per veehouderijsector (mln kg N, P en C, 1989).

	sector	bruto dierlijke produktie stroom 9	retour stroom dierlijke produkten stroom 5	netto dierlijke produktie stroom 10	verterings-verlies stroom 9a	methaan stroom 9b
N	rundvee	80,6	7,4	73,2	0	0
	varkens	57,1	10,8	46,3	0	0
	pluimvee	31,1	10,9	20,2	0	0
	diversen	1,0	1,0	0,0	0	0
P	rundvee	16,24	2,0	14,24	0	0
	varkens	11,91	3,2	8,71	0	0
	pluimvee	4,74	3,1	1,64	0	0
	diversen	0,30	0,3	0,00	0	0
C	rundvee	1011,1	160,3	850,8	4649	220
	varkens	716,7	94,2	622,5	1691	14
	pluimvee	197,9	68,7	129,2	810	0
	diversen	6,4	6,4	0,0	0	0

Bijlage IX Methaan

Methaan wordt geproduceerd bij de anaerobe vergisting van organisch materiaal. Dit kan zowel in gestort afval als in de pens van herkauwers plaatsvinden. De methaan-emissie per dier is afhankelijk van de kwaliteit en de kwaniteit van de voerderconsumptie (Wolf, 1990). In 1989 werd door de Nederlandse veestapel 233 mln kg C in methaan uitgescheiden (tabel IX.1). Het aantal dieren per veehouderijsector komt uit LEI/CBS gegevens (1992), de methaanproduktie per veehouderijsector komt uit Wolf (1990).

Tabel IX.1 Aantal dieren en methaanproduktie door de Nederlandse veestapel in mln kg C (1989).

veehouderijsector	aantal dieren mln stuks	methaanproduktie per dier per jaar	methaanproduktie per veehouderijsector per jaar
rundvee			
jongvee <1 jaar	0,772	23,0	17,8
vrouwelijk jongvee > 1jaar	0,830	37,4	31,0
melk-en kalfkoeien	1,913	71,3	136,4
stieren > 1 jaar	0,040	51,8	2,1
mestkalveren	0,597		0,0
mestjongvee	0,537	36,7	19,7
mestkoeien	0,083	62,6	5,2
totaal	4,772		212,2
varkens			
biggen < 20 kg, bij zeug	2,359	0,2	0,5
biggen < 20 kg, niet bij zeug	2,729	0,6	1,6
mestvarkens 20-50 kg	3,119	0,9	2,8
mestvarkens >50 kg	3,857	1,5	5,8
fokvarkens 20-50 kg	0,159	0,7	0,1
fokzeugen > 50 kg	0,217	1,3	0,3
fokberen > 50 kg	0,041	1,6	0,1
gedekte zeugen	0,939	1,6	1,5
zeugen bij de biggen	0,249	3,1	0,8
overige fokzeugen	0,060	1,5	0,1
totaal	13,729		13,5
paarden incl. pony's	0,067	0,60	1,1
schapen	0,665	0,10	4,4
lammeren	0,740	0,04	2,0
geiten	0,042	0,13	0,4
totaal	1,514		7,9

Bijlage X Gewasproduktie

De bijlage gewasproduktie geeft de Nederlandse produktie van akkerbouwgewassen, het oppervlak per gewas en de hoeveelheid N, P en C die in de akkerbouwgewassen is vastgelegd in het jaar 1989 (Tabel X.1). De grasland- en maïsproduktie zijn gegeven in bijlage VII en de retourstroom van akkerbouwgewassen naar de veehouderij in bijlage V.
Gegevens voor de produktie van akkerbouwgewassen zijn verkregen uit Dubbeldam (1993), de gewasarealen uit Landbouwcijfers (LEI/CBS,1991) en de nutriëntengehalten van akkerbouwgewassen uit Olsthoorn (1992), Wolf (1990) en de CBS (1990). Het totaal geeft het cijfer voor de sector handel van stroom 23.

Tabel X.1 Nederlandse produktie van akkerbouwgewassen, het aantal hectaren waar het op geteeld wordt en de hoeveelheid N, P en C die in de akkerbouwgewassen is vastgelegd.

	oppervlak x 1000 ha	produktie mln kg	N g/kg	P g/kg	C g/kg	N mln kg	P mln kg	C mln kg
koolzaad	6,3	23,0	32,0	7,4	459	0,7	0,2	10,6
fabrieksaardappelen	60,2	2300,0	3,0	0,6	99	6,9	1,4	227,7
pootaardappelen	28,8	899,0	3,0	0,6	99	2,7	0,5	89,0
suikerbieten	122,4	7592,5	2,1	0,5	104	15,9	3,8	789,6
wintertarwe	81,0	623,4	17,8	3,3	374	11,1	2,1	233,1
zomertarwe	8,9	52,5	17,8	3,3	374	0,9	0,2	19,6
rogge	5,8	28,4	17,8	3,5	374	0,5	0,1	10,6
wintergerst	7,8	49,1	17,8	3,3	374	0,9	0,2	18,4
zomergerst	17,6	84,5	17,8	3,3	374	1,5	0,3	31,6
haver	5,9	24,1	17,8	3,3	374	0,4	0,1	9,0
peulvruchten	4,7	20,9	32,3	4,0	383	0,7	0,1	8,0
consumptie-aardappelen	71,3	3154,0	3,0	0,6	99	9,5	1,9	312,2
erwten	7,5	173,0	32,3	4,0	383	5,6	0,7	66,3
poot- en plantuien	2,9		1,5	0,4	52			
zaaiuien	8,5	380,6	1,5	0,4	52	0,6	0,2	19,8
zilveruitjes	0,6		1,5	0,4	52			
totaal	440,1					57,9	11,6	1845,6

Bijlage XI Invoer voedingsmiddelen

Tabel XI.1 geeft de invoer van voedingsmiddelen in Nederland in 1989 en de hoeveelheid N, P en C die daarin zit.

Tabel XI.1 Invoer van voedingsmiddelen in Nederland en de hoeveelheid N, P en C in de voedingsmiddelen en de toewijzing van de voedingsmiddelen aan de (veehouderij)sectoren, 1989. (Bij sector betekent R rundvee, V varkens, P pluimvee en H handel).

	mln kg	N	P	C	sector
Voornamelijk onbewerkte produkten ook in Nederland verbouwd					
Akkerbouwprodukten					
peulvruchten	753,8	24,35	3,02	288,71	H
overige aardappelen	698,1	2,09	0,42	69,11	H
tarwe	1338,5	23,69	4,42	500,60	H
overige granen	806,3	14,27	2,66	301,56	H
oliehoudende zaden	803,0	25,70	4,90	368,58	H
Tuinbouwprodukten					
kropsla	17,2	0,05	0,01	0,26	H
uien	49,3	0,07	0,02	2,56	H
tomaten	67,3	0,10	0,01	1,36	H
komkommers	17,2	0,01	0,01	0,12	H
overige vers groenten	213,1	0,71	0,11	7,04	H
appelen	237,8	0,00	0,02	10,56	H
peren	46,0	0,03	0,01	2,16	H
overig vers fruit	222,9	0,00	0,00	10,03	H
Visserijprodukten					
verse zoetwatervis	11,0	0,30	0,02	1,09	H
verse, bevroren zeevis	196,0	5,04	0,39	24,41	H
week- en schaaldieren	28,1	0,26	0,05	1,61	H
Voornamelijk onbewerkte produkten van kennelijk niet-Nederlandse afkomst					
zuidvruchten	173,1	0,52	0,10	43,34	H
noten	49,5	1,41	0,21	28,20	H
citrusvruchten	584,1	0,44	0,12	19,70	H
specerijen	30,0	0,00	0,00	12,15	H
mais	1965,7	0,89	0,59	744,99	H
rijst	162,2	1,84	0,24	61,71	H
grondnoten	113,8	4,65	0,41	65,36	H
sojabonen	2952,9	67,06	11,81	546,23	H
cacaobonen	230,1	5,92	1,38	72,17	H

Tabel XI.1 Vervolg.

	mln kg	N	P	C	sector
Produkten van de industrie					
Vlees en vleeswaren					
paardevlees	25,6	0,78	0,05	3,30	R
kalfsvlees	1,6	0,05	0,00	0,24	R
rundvlees	58,8	1,78	0,12	12,07	R
hele en halve varkens	2,2	0,05	0,00	0,59	V
spek	2,7	0,02	0,00	1,81	V
hammen	2,3	0,06	0,01	0,59	V
overig varkensvlees	19,3	0,47	0,04	5,17	V
vlees van schapen en geiten	4,0	0,10	0,01	1,12	R
slachtafval van rundvee	18,9	0,47	0,14	4,38	R
slachtafval van varkens	2,7	0,06	0,01	0,81	V
slachtkuikens	33,4	1,01	0,07	6,09	P
overig pluimvee	16,8	0,51	0,03	3,06	P
slachtafval van pluimvee	1,3	0,04	0,01	0,29	P
vlees van ander dieren	8,3	0,31	0,02	1,73	H
bereidingen van pluimveevlees	6,5	0,20	0,01	1,19	P
overige vereidingen van vlees	30,8				H
darmen en blazen	13,9				H
dierlijke oliën en vetten	302,5	0,00	0,00	230,41	H
Zuivel- en melkprodukten					
consumptiemelk en melkprodukten	637,9	3,19	0,57	39,75	R
wei en weiprodukten	508,5	13,02	6,10	219,67	R
magere melkpoeder	247,6	13,87	2,48	106,96	R
overige melkpoeder	67,0	2,64	0,47	32,80	R
condens	130,7	1,39	0,30	18,14	R
boter	119,2	0,09	0,02	75,89	R
kaas	61,0	2,22	0,22	21,05	R
gehomogeniseerde bereidingen	110,1				R
Produkten van groenten en fruit					
bevroren groenten	61,8	0,19	0,03	0,88	H
voorlopig verduurzaamde groenten	20,1	0,07	0,01	0,80	H
gedroogde groenten	9,3				H
gedroogd fruit	54,4	0,16	0,03	13,62	H
bevroren fruit	55,8				H
voorlopig verduurzaamd fruit	8,1	0,01	0,00	0,74	H
bereidingen van groenten	137,9	0,46	0,03	5,49	H
bereidingen van fruit	118,1	0,09	0,01	10,80	H
vruchtensappen	288,3	0,22	0,03	14,85	H

Tabel XI.1 Vervolg.

	mln kg	N	P	C	sector
Visprodukten					
produkten van zoetwatervis	0,2	0,01	0,00	0,02	H
produkten van zeevis	9,7	0,38	0,02	1,37	H
traan en visolie	171,7	0,00	0,00	130,78	H
bereidingen van vis	36,6	0,83	0,07	7,10	H
Graanprodukten					
meel van tarwe	165,5	2,51	0,61	57,37	H
meel van overige granen	4,2	0,06	0,02	1,50	H
rijstprodukten	3,5	0,04	0,00	1,36	H
overige produkten van granen	362,0				H
zetmeel van granen	29,4				H
Margarine, zetmeel en overige voedingsmiddelen					
aardappelzetmeel	32,3	0,00	0,01	11,50	H
bereidingen van aardappelen(meel)	52,8	0,24	0,05	12,70	H
dextrine	11,9	0,00	0,00	4,82	H
soja olie	46,8	0,00	0,00	36,04	H
overige plant. oliën en vetten	760,9	0,00	0,00	585,89	H
bewerkte plant. oliën en vetten	205,1	0,00	0,00	157,93	H
margarine en spijsvetten	21,8	0,02	0,00	13,88	H
overige plant. produkten eetbaar	85,8				H
diverse prod. voor menselijke consum.	117,5				H
eiprodukten	6,0	0,12	0,01	0,92	P
Cacao, chocolade en suikerwerken					
suikerwerken	160,3	0,00	0,00	71,17	H
cacaoboter	22,9	0,17	0,03	11,38	H
overige cacao produkten	101,8	0,77	0,15	50,57	H
suiker	77,2	0,00	0,00	34,28	H
Dranken					
bier	58,8	0,03	0,02	0,87	H
wijn	225,3				H
gedistelleerd	58,5				H
overige dranken	391,9				H
rundvee, totaal	1990,9	39,6	10,5	535,4	
varkens, totaal	29,2	0,7	0,1	9,0	
pluimvee, totaal	64,0	1,9	0,1	11,5	
handel, totaal	16274,5	186,0	32,1	4653,4	
totaal	18358,6	228,1	42,8	5209,3	

Bijlage XII Export voedingsmiddelen

Tabel XII.1 geeft de uitvoer van voedingsmiddelen in Nederland in 1989 en de hoeveelheid N, P en C die daarin zit.

Tabel XII.1 Uitvoer van voedingsmiddelen in Nederland en de hoeveelheid N, P en C in de voedingsmiddelen en de toewijzing van de voedingsmiddelen aan de (veehouderij)sectoren, 1989, (Bij sector betekent R rundvee, V varkens, P pluimvee en H handel).

	mln kg	N	P	C	sector
Voornamelijk onbewerkte produkten ook in Nederland verbouwd					
Akkerbouwprodukten					
peulvruchten	56,80	1,83	0,23	21,75	H
overige aardappelen	1255,00	3,77	0,75	124,25	H
tarwe	232,60	4,12	0,77	86,99	H
overige granen	107,80	1,91	0,36	40,32	H
oliehoudende zaden	49,30	1,58	0,30	22,63	H
Tuinbouwprodukten					
kropsla	82,10	0,25	0,03	1,24	H
uien	410,50	0,62	0,16	21,34	H
tomaten	571,20	0,86	0,11	11,51	H
komkommers	311,30	0,24	0,09	2,21	H
overige vers groenten	741,70	2,47	0,38	24,50	H
appelen	190,50	0,00	0,02	8,46	H
peren	86,00	0,07	0,03	4,05	H
overig vers fruit	79,80	0,00	0,00	3,59	H
Visserijprodukten					
verse zoetwatervis	8,20	0,22	0,02	0,81	H
verse, bevroren zeevis	357,80	9,21	0,72	44,56	H
week- en schaaldieren	69,90	0,63	0,12	4,00	H
Voornamelijk onbewerkte produkten van kennelijk niet-Nederlandse afkomst					
zuidvruchten	34,60	0,10	0,02	8,66	H
noten	16,30	0,46	0,07	9,29	H
citrusvruchten	181,00	0,14	0,04	6,11	H
specerijen	22,60	0,00	0,00	7,53	H
mais	40,70	0,02	0,01	15,43	H
rijst	78,80	0,89	0,12	29,98	H
grondnoten	40,50	1,66	0,15	23,26	H
sojabonen	168,20	3,82	0,67	31,11	H
cacaobonen	18,50	0,48	0,11	5,80	H

Tabel XII.1 Vervolg.

	mln kg	N	P	C	sector
Produkten van de industrie					
Vlees en vleeswaren					
paardevlees	5,70	0,17	0,01	0,74	R
kalfsvlees	31,10	0,94	0,07	4,72	R
rundvlees	278,90	8,45	0,56	57,23	R
hele en halve varkens	305,40	7,40	0,61	81,77	V
spek	14,90	0,09	0,01	9,96	V
hammen	13,30	0,34	0,03	3,43	V
overig varkensvlees	569,50	13,80	1,14	152,49	V
vlees van schapen en geiten	5,70	0,15	0,01	1,60	R
slachtafval van rundvee	24,70	0,62	0,19	5,73	R
slachtafval van varkens	83,50	2,00	0,42	25,13	V
slachtkuikens	231,00	6,99	0,46	42,13	P
overig pluimvee	25,50	0,77	0,05	4,65	P
slachtafval van pluimvee	6,00	0,18	0,03	1,35	P
vlees van ander dieren	6,50	0,25	0,02	1,36	H
bereidingen van pluimveevlees	30,30	0,92	0,06	5,53	P
overige vereidingen van vlees	81,30				H
darmen en blazen	37,50				H
dierlijke oliën en vetten	139,60	0,00	0,00	106,33	H
Zuivel- en melkprodukten					
consumptiemelk en melkprodukten	101,00	0,50	0,09	6,29	R
wei en weiprodukten	105,20	2,69	1,26	45,45	R
magere melkpoeder	167,40	9,37	1,67	72,32	R
overige melkpoeder	248,60	9,79	1,74	121,71	R
condens	350,40	3,71	0,81	48,62	R
boter	291,80	0,22	0,06	185,77	R
kaas	419,90	15,26	1,53	144,93	R
gehomogeniseerde bereidingen	47,00				R
Produkten van groenten en fruit					
bevroren groenten	100,70	0,30	0,05	1,43	H
voorlopig verduurzaamde groenten	17,00	0,06	0,01	0,68	H
gedroogde groenten	4,50				H
gedroogd fruit	10,40	0,03	0,01	2,60	H
bevroren fruit	57,90				H
voorlopig verduurzaamd fruit	10,30	0,01	0,00	0,94	H
bereidingen van groenten	296,90	0,99	0,06	11,83	H
bereidingen van fruit	85,60	0,06	0,01	7,83	H
vruchtensappen	145,00	0,11	0,02	7,47	H

Tabel XII.1 Vervolg.

	mln kg	N	P	C	sector
Visprodukten					
produkten van zoetwatervis	0,50	0,01	0,00	0,06	H
produkten van zeevis	20,30	0,80	0,04	2,86	H
traan en visolie	19,90	0,00	0,00	15,16	H
bereidingen van vis	53,10	1,21	0,11	10,30	H
Graanprodukten					
meel van tarwe	223,80	3,39	0,83	77,58	H
meel van overige granen	6,50	0,10	0,02	2,32	H
rijstprodukten	4,10	0,04	0,00	1,59	H
overige produkten van granen	571,10				H
zetmeel van granen	245,10				H
Veevoeders					
dierlijke eiwitten	142,70	13,91	4,00	74,20	H
sojakoeken	1770,60	130,49	13,10	717,09	H
perskoeken	417,20	19,19	2,75	168,97	H
mengvoeders	1023,00	27,31	4,71	409,20	H
overige veevoeders	1204,10	32,15	5,54	0,00	H
					H
Margarine, zetmeel en overige voedingsmiddelen					H
aardappelzetmeel	176,30	0,00	0,05	62,76	H
bereidingen van aardappelen(meel)	720,10	3,27	0,68	173,21	H
dextrine	100,60	0,00	0,00	40,74	P
soja olie	400,90	0,00	0,00	308,69	
overige plant. oliën en vetten	532,80	0,00	0,00	410,26	
bewerkte plant. oliën en vetten	434,20	0,00	0,00	334,33	H
margarine en spijsvetten	98,00	0,07	0,02	62,39	H
overige plant. produkten eetbaar	18,40				H
diverse prod. voor menselijke consum.	322,30				H
eiprodukten	34,70	0,68	0,08	5,30	
Cacao, chocolade en suikerwerken					H
suikerwerken	215,40	0,00	0,00	95,64	H
cacaoboter	89,10	0,67	0,13	44,26	H
overige cacao produkten	323,90	2,45	0,49	160,89	H
suiker	371,40	0,00	0,00	164,90	
Dranken					
bier	607,80	0,28	0,18	9,06	
wijn	4,20				
gedistelleerd	66,70				
overige dranken	445,50				

Tabel XII.1 Vervolg.

	mln kg	N	P	C	sector
rundvee, totaal	2077,4	51,9	8,0	695,1	
varkens, totaal	986,6	23,6	2,2	272,8	
pluimvee, totaal	327,5	9,6	0,7	58,9	
handel, totaal	16863,2	272,5	38,1	4046,3	
totaal	20254,7	357,6	49,0	5073,2	

Bijlage XIII Consumptie van voedingsmiddelen

In Tabel XIII.1 staat weergegeven hoeveel landbouwprodukten er in Nederland in het jaar 1988/'89 zijn geconsumeerd en hoeveel N, P en C in die produkten zaten.

Tabel XIII.1 Overzicht van de in 1988/89 geconsumeerde landbouwprodukten in Nederland en de hoeveelheid N, P en C die daarin zat.

produkt	kg/pers.jaar	mln kg	N g/kg	P g/kg	C g/kg	N mln kg	P mln kg	C mln kg
Plantaardige produkten								
tarwebloem en -meel	66,0	980,10	15,1	3,7	346,7	14,84	3,63	339,76
brood	59,4	882,09	10,6	1,4	239,1	9,35	1,19	210,91
aardappelen (vers)	83,0	1232,55	3,0	0,6	99,0	3,70	0,74	122,02
suiker	37,4	555,39	0,0	0,0	444,0	0,00	0,00	246,59
verse groenten	60,0	891,00	3,3	0,5	33,0	2,94	0,45	29,40
vers fruit	35,0	519,75	0,3	0,2	45,0	0,16	0,10	23,39
zuidvruchten vers	37,1	550,94	3,0	0,6	250,4	1,67	0,33	137,95
Melk en zuivelprodukten								
volle melk	43,2	641,52	5,0	0,9	62,3	3,21	0,58	39,97
half volle melk	40,1	595,49	5,8	1,2	55,6	3,42	0,71	33,10
magere melk	19,2	285,12						
karnemelk	10,9	161,87						
room en koffiemelk	18,1	268,79	10,6	2,3	13,8	2,85	0,62	37,31
kaas	14,4	213,84	36,3	3,7	345,2	7,77	0,78	73,82
Eetbare olïen en vetten								
boter	3,4	50,49	0,8	0,2	636,6	0,04	0,01	32,14
margarine	10,0	148,50	0,8	0,2	636,6	0,11	0,03	94,54
halvarine	2,8	41,58						
spijsvetten en -oliën	12,8	190,08	0,8	0,2	636,6	0,14	0,04	121,01
Vlees								
rund- en kalfsvlees	19,0	282,15	30,3	2,2	200,0	8,54	0,62	56,43
varkensvlees	44,1	654,89	24,2	2,0	267,8	15,86	1,31	175,35
ander vlees	2,7	40,10	37,9	2,4	208,9	1,52	0,10	8,38
geslacht pluimvee	15,7	233,15	30,3	2,0	182,4	7,06	0,47	42,52
kippeëieren	12,3	182,00	19,2	2,0	145,0	3,49	0,36	26,39
						25,83	3,32	272,76
rundvee								
varkens						16,01	1,35	296,36
pluimvee						10,55	0,83	68,91
handel						34,28	6,56	1212,94

Bijlage XIV Energieverbruik in de Nederlandse landbouw

Bij energie-analyses wordt in het algemeen onderscheid gemaakt tussen direct en indirect energiegebruik. Direct energiegebruik wordt als energiebron door het bedrijf aangekocht (aardgas, dieselolie en elektriciteit), indirecte energie is verwerkt in produktiemiddelen en diensten die door het bedrijf worden gebruikt (transport, mengvoedergrondstoffen en kunstmest) (van Bergen, 1991).

XIV-1 Direct energieverbruik in de Nederlandse landbouw

In Tabel XIV.1 is een overzicht gegeven van het directe energieverbruik in de Nederlandse landbouw in 1989 uit Kuipers, (1992a, 1992b).

De energiedragers zijn in drie categorieën ingedeeld:

1 brandstoffen voor verwarming; zoals aardgas, huisbrandolie, petroleum, propaan, butaan, steenkool, hout etc. De hoeveelheid wordt uitgedrukt in m^3 aardgasequivalent (m^3 a.e.).
2 elektriciteit; (het is bekend dat elektriciteit ook voor verwarming wordt verbruikt. Daar dit niet apart te onderscheiden is, wordt het gehele elektriciteitsverbruik vermeld) de eenheid is kilowattuur (kWh).
3 trekkergasolie. De verbruikte hoeveelheid trekkergasolie wordt in liter (l) uitgedrukt (Kuipers, 1992a).

Tabel XIV.1 De hoeveelheid verbruikte brandstof voor verwarming, elektriciteit en trekkergasolie in verschillende sectoren van de Nederlandse land- en tuinbouw, 1989

hoeveelheden	verwarming mln m^3 a.e.	elektriciteit mln kWh	trekkergasolie mln l	totaal opgegeven 10^{12} J	totaal berekend 10^{12} J
rundveebedrijven°	92,6	745,5	89,6	8825	8811,5
varkensbedrijven°	111,5	263,9	5,4	4672	4671,7
pluimveebedrijven°	33,4	80,9	0,9	1381	1380,4
akkerbouw*	13,1	116,0	58,0	2903	2901,7
glastuinbouw#	3518,0	590,8	1,5	113515	113525,1
overige#	174,7	210,3	16,2	6865	6864,4
totaal l+t#	3943,3	2007,4	171,6	138161	

° = Kuipers, 1992a ; * = Kuipers, 1992b; # = Groen & Kuipers, 1992.

Bovenstaande eenheden voor de hoeveelheid worden alle drie herleid tot Joules, zodat optelling mogelijk is. Hiervoor worden de volgende omrekeningsfactoren gebruikt (Kuipers, 1992a):

1 m3 a.e. = 0,03165 GJ = 31,7 MJ
1 kWh = 0,0036 GJ = 3,6 MJ

1 l trekkergasolie = 0,03568 GJ = 35,68 MJ

Tabel XIV.2 laat de samenstelling van aardgas zien (Nederlandse Gasunie, 1988) en de berekening van het koolstofgewicht per m3 aardgas (Wolf, 1990).

Tabel XIV.2 Samenstelling van aardgas en berekening van koolstofgewicht per m^3 aardgas (Wolf, 1990).

Samenstelling	Mol %	Mol % uitgedrukt in koolstof
Methaan	81,3	81,3
Stikstofgas	14,3	0,0
Kooldioxide	0,9	0,9
Ethaan	2,9	5,8
Hogere koolwaterstoffen	0,6	2,1
Totaal		90,1

Het volume van 1 Mol gas bij 10°C kan met de algemene gaswet van Boyle-Gay Lussac (PV= nRT) berekend worden. P is de gasdruk van 101325 N/m2, V is het volume (m3), T is de absolute temperatuur in K; T bij 10°C = 283 K; n is het aantal Mol, R is de gasconstante 8,3142 J/(mol.K). Voor 1 mol dat V = RT/P = 8,3142* 283/101325 = 0,0232 m3 , oftewel 1 m3 aardgas bevat 43,06 Mol aardgas. Uitgaande van de samenstelling van aardgas en het atoomgewicht van koolstof (=12) bevat 1 m3 aardgas: 12 * 0.901 * 43,06 = 465,6 g C.

Met behulp van de volgende aannamen kan het aantal verbruikte m3 aardgas, kWh en andere energiedragers (trekkergasolie etc.) in Joule worden omgerekend en vervolgens in C (Tabel XIV.3).

- 1 m^3 aardgas heeft een verbrandingswaarde van 31,7 MJ (Wolf, 1990). Aangezien 1 m^3 aardgas 0,4656 kg C bevat is voor aardgas het aantal kg koolstof per energie hoeveelheid gelijk aan 0,4656/31,7 MJ = 0,0147 kg C/MJ. (In Perry (1982) wordt voor het aantal kg koolstof per Joule een waarde van 13,7 g C/MJ voor aardgas en 17,4 g C/MJ = 17,4 ton C/TJ voor olie gegeven).
- 1 kWh = 3,6 MJ; omzettingsefficiëntie van warmte naar elektriciteit is gelijk aan 40% (CBS, 1990).
- Bij berekening wordt verondersteld dat alleen aardgas als energiedrager wordt gebruikt.

Tabel XIV.3 Koolstofemissie door verbruikte brandstof voor verwarming, elektriciteit en trekkergasolie in verschillende sectoren van de Nederlandse land- en tuinbouw.

sector	verwarming mln kg C	elektriciteit mln kg C	trekkergasolie mln kg C	totaal mln kg C
rundveebedrijven	43,1	98,6	47,0	188,7
varkensbedrijven	51,9	34,9	2,8	89,6
pluimveebedrijven	15,5	10,7	0,4	26,7
akkerbouw	6,1	15,3	30,4	51,9
glastuinbouw	1636,8	78,2	0,8	1715,7
overig	81,3	27,8	8,5	117,6
totaal	1834,7	265,5	89,9	2190,2

XIV-2 Indirect energieverbruik in de Nederlandse landbouw

XIV-2.1 Verbruik van C in fossiele brandstof voor kunstmest en dierlijke mest

Voor de produktie, verpakking en transport naar de het landbouwbedrijf van 1 kg kunstmest-N en -P is respectievelijk 38,9 en 9,9 MJ nodig (Dasselaar & Pothoven, 1994), als dat door dieselolie geleverd wordt dan is voor N 300 mln kg C nodig en voor P 6,4 (Tabel XIV.4). Bijlagen II en III leveren de verdeling van N- en P-kunstmest over de (veehouderij)sectoren (Tabel XIV.5), zodat de benodigde hoeveelheid C voor de produktie, verpakking en transport naar de het landbouwbedrijf van de kunstmeststoffen per veehouderijsector uitgerekend kunnen worden (Tabel XIV.6).

Tabel XIV.4 Toegediende meststof (LEI/CBS, 1994) in 1988/'89 en de daarvoor benodigde energie en de hoeveelheid C als aardgas de energiebron is.

meststof	toegediende meststof mln kg	energie 10^{12} J/mln kg	benodigde energi 10^{12} J	koolstof mln kg C	koolstof per kg meststof kg C/kg mest
N	443,5	38,9	17252,2	300,2	0,68
P	37,6	9,9	372,2	6,4	0,17

Tabel XIV.5 Verdeling van kunstmeststoffen over de verschillende groepen (mln kg), 1989.

element	rundvee	varkens	pluimvee	handel	totaal
N	302,9	12,0	4,9	123,7	443,5
P	25,7	1,0	0,4	10,5	37,6

Tabel XIV.6 C uit fossiele brandstof voor produktie, verpakking en transport van kunstmeststoffen per sector (mln kg C), 1989.

element	rundvee	varkens	pluimvee	handel	totaal
N	205,0	8,1	3,3	83,7	300,1
P	4,4	0,2	0,1	1,8	6,5

Op een gangbaar bedrijf is voor het uitrijden van drijfmest is als directe energie 799 MJ/ha en als indirecte energie 229 MJ/ha nodig. Dat is 0,0174 kg C/MJ x (799 MJ + 229 MJ)= 13 + 4 kg C/ha. Voor 1 mln ha grasland is dat 17 mln kg C. Voor mestinjectie is 1610 + 280 MJ per ha nodig, dat is 28 + 5 kg C/ha of 33 mln kg C voor Nederland (Bergen, 1991).

XIV-2.2 Verbruik C in fossiele brandstof voor de buitenlandse teelt van mengvoeders

Met gegevens uit Dubbeldam (1993) werd over de invoer van hoofd- en bijprodukten in Nederland en de procentuele verdeling over de (veehouderij)sectoren berekend (Tabel XIV.7).
In van Eerdt *et al.* (1993) worden energiefactoren (MJ/kg) gegeven. Dat is de benodigde hoeveelheid energie die nodig is om een kg van een produkt in het buitenland te verbouwen (inclusief kunstmest). Er wordt vanuit gegaan dat deze energiebehoefte met trekkergasolie wordt gedekt. Dan is voor de buitenlandse produktie van mengvoedergrondstoffen voor rundvee 10900 x 0,0174 mln kg C/TJ = 190 mln kg C gebruikt, 283 mln kg C voor varkens, 163 mln kg C voor pluimvee en 21 mln kg C voor handel (Tabel XIV.8).

Tabel XIV.7 Invoer van hoofd- en bijprodukten in Nederland en de procentuele verdeling over de (veehouderij)sectoren. (Dubbeldam, 1993). Zaadschroot is van raap- en zonnebloemzaadschroot.

		rundvee		varkens		pluimvee		handel	
hoofdprodukt	totale invoer mln kg	percentage %	hoeveelheid mln kg	percentage %	hoeveelheid mln kg	percentage %	hoeveelheid mln kg	percentage %	hoeveelheid mln kg
gerst	371	1	3,7	93	345,0	3	11,1	3	11,1
tarwe	214	2	4,3	44	94,2	50	107,0	4	8,6
maïs	889	2	17,8	0	0,0	95	844,6	3	26,7
tapioca	2780	1	27,8	80	2224,0	16	444,8	3	83,4
peulvruchten	870	13	113,1	66	574,2	18	156,6	3	26,1
oliehoudend zaad	540	8	43,2	20	108,0	68	367,2	4	21,6
bijprodukten									
maalderijprodukten	441	6	26,5	81	357,2	9	39,7	4	17,6
sojaschroot	1618	36	582,5	47	760,5	14	226,5	3	48,5
zaadschroot	909	36	327,2	47	427,2	14	127,3	3	27,3
maïsglutenvoer	1126	82	923,3	0	0,0	15	168,9	3	33,8
wei	322	67	215,7	31	99,8	1	3,2	1	3,2
overige	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0

Tabel XIV.8 Behoefte aan fossiele energie voor de in het buitenland geteelde mengvoedergrondstoffen per (veehouderij)sector, 1990. Zaadschroot is van raap- en zonnebloemzaadschroot.

		rundvee		varkens		pluimvee		handel	
	energie-factor	hoeveel-heid	energie-behoefte	hoeveel-heid	energie-behoefte	hoeveel-heid	energie-behoefte	hoeveel-heid	energie-behoefte
hoofdprodukt	MJ/kg	mln kg	TJ	mln kg	TJ	mln kg	TJ	mln kg	TJ
gerst	3,3	4	13,2	345	1138,5	11	36,3	11	36,3
tarwe	3,0	4	12,0	94	282,0	107	321,0	9	27,0
maïs	2,8	18	50,4	0	0,0	845	2366,0	27	75,6
tapioca	2,0	28	56,0	2224	4448,0	445	890,0	83	166,0
peulvruchten	2,5	113	282,5	574	1435,0	157	392,5	26	65,0
oliehoudend zaad	6,2	43	266,6	108	669,6	367	2275,4	22	136,4
bijprodukten									
maalderijprodukten	3,2	27	86,4	357	1142,4	40	128,0	18	57,6
sojaschroot	6,1	583	3556,3	761	4642,1	227	1384,7	49	298,9
zaadschroot	5,8	327	1896,6	427	2476,6	127	736,6	27	156,6
maïsglutenvoer	5,0	923	4615,0	0	0,0	169	845,0	34	170,0
wei	0,3	216	64,8	100	30,0	3	0,9	3	0,9
overige	6,8	0	0	0	0	0	0	0	0
totaal			10899,8		16264,2		9376,4		1190,3

XIV-2.3 Verbruik C met fossiel brandstof van Nederlandse mengvoederindustrie

In Tabel XIV.9 wordt een overzicht gegeven van het direct energieverbruik van de Nederlandse mengvoerindustrie.

Tabel XIV.9 Overzicht direct energieverbruik Nederlandse mengvoerindustrie, 1989 (van Eerdt, 1993).

	voer mln kg	mln kWh/m3	TJ	mln kg C	MJ/ton voer	mln kg C/ton voer
elektriciteit (mln kWh)		585	2106	28,9		
aardgas (mln m^3)		72	2279	33,5		
overige energiedragers			222	3,9		
	13166		4607	66,3	349	5,0

1 kWh = 3,6 MJ. Als dat door aardgas wordt geleverd, wordt er 13,7 g C/MJ * 3,6 MJ/kWh = 49,3 g C /kWh gebruikt. 585 mln kWh vraagt dus 28,9 mln kg C; 72 mln m^3 aardgas, 72 mln *0,4656 kg C/m3 aardgas = 33,5 mln kg C. Als de rest door olie wordt geleverd, wordt dat

nRLO, 2|96, f

3,9 mln kg C. In totaal is er 66,3 mln kg C gebruikt voor direct energieverbruik van de Nederlandse mengvoerindustrie. Dit kan in dezelfde verhouding over de diergroepen worden verdeeld als de verhouding waarin van mengvoer gebruik wordt gemaakt (Tabel XIV.10).

XIV-2.4 Verbruik C met fossiele brandstof voor transport van mengvoedergrondstoffen

Voor transport van varkensmengvoedergrondstoffen is 10608 TJ nodig (van Eerdt, 1993). Als dat in dezelfde verhouding voor de andere sectoren wordt doorberekend, komt dat op 6816,2 TJ voor rundvee, 4491,5 voor pluimvee en 654,5 TJ voor handel. Voor transport van mengvoedergrondstoffen is totaal 393 mln kg C in fossiele brandstof nodig, bij aanname dat er olie (17,4 ton C/TJ) wordt gestookt (Tabel XIV.10).

Tabel XIV.10 Verdeling van fossiele energie benodigd voor teelt, fabricage en transport van mengvoedergrondstoffen over (veehouderij)sectoren (mln kg C), 1989.

	rundvee	varkens	pluimvee	handel	totaal	bron
%	30,2	47,0	19,9	2,9		bijlage IV
mln kg C fabricage	20	31	13	2	66	XIV.2.3
mln kg C transport	119	185	78	11	393	XIV.4.3

XIV-2.5 Verbruik C met fossiele brandstof binnenlandse mengvoerproduktie

Verreweg het meeste bijprodukten uit de akkerbouw worden in Nederland verbouwd. Uit Tabel XIV.3 kan worden berekend hoeveel C uit fossiele brandstof er voor de produktie van bijprodukten uit de akkerbouw nodig is. Voor de produktie van bijprodukten uit de akkerbouw is op rundveebedrijven 47 mln kg C nodig (trekkergasolie) en op akkerbouwbedrijven 30,4 mln kg C. Niet alle produkten van de akkerbouw gaan als bijprodukten naar de veehouderij. De verhouding is af te lezen uit de stromen 7-3 (ruwvoerproduktie), 23 (gewas produktie) en 4 (gewas naar veehouderij) uit bijlage 1 t/m 3.
Er gaat 30 % van de akkerbouwproduktie als bijprodukten van de akkerbouw naar rundvee, 47,5 % naar varkens, 17,5 % naar pluimvee en 5 % naar handel. Dat is 9,1 mln kg voor rundvee, 14,4 mln kg C voor varkens, 5,3 mln kg C voor pluimvee en 1,5 mln kg C voor handel voor de produktie van bijprodukten van de akkerbouw. Daar zit de kunstmest nog niet bij in begrepen.