



PROEFSTATION
VOOR DE
RUNDVEEHOUDERIJ,
SCHAPENHOUDERIJ EN
PAARDENHOUDERIJ (PR)



CENTRUM
LANDBOUW EN
MILIEU (CLM)



CENTRUM VOOR
AGROBIOLOGISCH
ONDERZOEK (CABO)

Melkveehouderij en milieu

*Een aanpak voor het beperken
van mineralenverliezen*

VBD
ARCHIEF

Aarts (CABO)
winga (CLM)
(PR)
CLM)
aar (PR)

PROEFSTATION VOOR DE
RUNDVEEHOUDERIJ,
SCHAPENHOUDERIJ
EN PAARDENHOUDERIJ
(PR)
Lelystad

CENTRUM LANDBOUW
EN MILIEU
(CLM)
Utrecht

CENTRUM VOOR
AGROBIOLOGISCH
ONDERZOEK
(CABO)
Wageningen

MELKVEEHOUDERIJ EN MILIEU

**Een aanpak
voor het beperken
van mineralenverliezen**

H.F.M. Aarts (CABO)
E.E. Biewinga (CLM)
G. Bruin (PR)
B. Edel (CLM)
H. Korevaar (PR)

PR-rapport nr. 111
CLM-rapport PM2
CABO-verslag nr. 79

APRIL 1988

Samenvatting

Dit rapport is geschreven door een verkenningsgroep van Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR), Centrum Landbouw en Milieu (CLM) en Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO). Het gaat over de milieuproblemen veroorzaakt door de melkveehouderij en vooral over de mogelijkheden om deze problemen te verminderen. Het accent ligt op het beperken van emissies.

De belangrijkste milieuproblemen van de melkveehouderij vloeien voort uit de emissie van stikstof in de vorm van ammoniak, nitraat en distikstofoxide. Ook de emissies van andere stoffen zoals fosfaat, kalium, methaan, bestrijdingsmiddelen en uitlaatgassen zijn van belang. Ophopingsproblemen spelen een rol bij fosfaat en cadmium.

Vanuit het bedrijf bezien zijn de emissies naar het milieu vooral mineralenverliezen. Via mineralenbalansen zijn deze verliezen in kaart gebracht, met LEI-steekproefbedrijven als gegevensbasis. De bedrijven zijn gesplitst in 9 groepen: binnen de grondsoorten zand, klei en veen zijn ze verdeeld over 3 produktieniveaus, namelijk extensief (lage melkproduktie per ha), gemiddeld en intensief (hoge melkproduktie per ha).

Het gemiddelde mineralenverlies blijkt bijzonder groot. 84 à 88% van de stikstof, 66 à 71% van het fosfaat en 80 à 87% van de kalium die worden aangevoerd op het bedrijf, gaan verloren door (voorlopige) ophoping in de bodem en (definitieve) emissie naar het milieu.

Het jaarlijkse stikstofverlies is op de intensieve bedrijven groter dan op de extensieve: 565 à 605 resp. 355 à 400 kg/ha. Voor fosfaat en kalium is het verschil nog groter. Voorts blijken de intensieve bedrijven hun hogere melkproduktie per ha niet te realiseren door een grotere efficiëntie, maar alleen door een grotere input van voer en meststoffen.

De overheid formuleert steeds meer milieudoelstellingen met betrekking tot emissies waaraan de melkveehouderij bijdraagt. De geaccepteerde emissieniveaus worden steeds lager. De overheid zal in de komende jaren haar doelstellingen willen vertalen in concrete eisen die de bedrijfsvoering in de melkveehouderij direct raken.

In dit rapport is gekozen voor een 'systeemeigen' benadering die de nadruk legt op:
- maatregelen die zich richten op het agrarisch produktieproces zelf en dienen als bouwstenen voor samenhangende pakketten;

- een verhoging van de mineralenbenutting en daarmee een besparing op de kosten van voer en meststoffen;
- een individuele invulling per bedrijf.

Ca. 225 mogelijke maatregelen betreffende bedrijfsopzet, vee, mest, bodem en gewas zijn beoordeeld op hun toepasbaarheid, bedrijfstechnische en -economische inpasbaarheid en effect op emissies. Veel maatregelen met een positief effect op mineralenverliezen blijken goed inpasbaar.

Voorts is met behulp van een bedrijfsbegrotingsprogramma een voorbeeld-berekening uitgevoerd, gebaseerd op het gemiddelde melkveebedrijf op zandgrond, waarbij de effecten van enkele maatregelen afzonderlijk en in pakketten zijn bekeken. Ook zijn de bijbehorende mineralenbalansen berekend. Het effect van de afzonderlijke maatregelen is in een aantal gevallen redelijk, maar meestal beperkt. Een combinatie van maatregelen in een pakket maakt in deze berekeningen al een beperking mogelijk van de N-verliezen met ca. 39%, bij een gelijktijdige vergroting van het arbeidsinkomen. Met een vollediger en verder geoptimaliseerd pakket kunnen de N-verliezen worden gehalveerd bij een tenminste gelijkblijvend inkomen.

Een belangrijke taak voor het onderzoek is het uitvoeren van technisch, economisch en milieukundig onderzoek naar (pakketten van) maatregelen. Informatie over de maatregelen moet hanteerbaar worden gemaakt. Voorts liggen er taken aangaande milieukengetallen, scenario-studies, emissiemeetmethoden en het vaststellen van emissies op bedrijfsniveau.

Het onderzoek naar afzonderlijke maatregelen kan deels worden opgenomen in lopend onderzoek. Pakketten kunnen enerzijds worden onderzocht via modelstudies en optimaliseringsprogramma's, maar moeten anderzijds ook worden getoetst op proef- en praktijkbedrijven. Voorgesteld wordt een nieuw proef- en demonstratiebedrijf te stichten dat zich ten doel stelt economisch te produceren binnen de toekomstige stringente normen van het milieubeleid.

De voorlichting zal zich eerst moeten richten op begrip voor de problematiek en acceptatie ervan binnen de bedrijfstak. Dat vereist een gecoördineerde programmering. Het beleid moet hierbij een actieve opstelling van de melkveehouder stimuleren, ondermeer door economische prikkels.

Een volgende taak van de voorlichting is, via een geïntegreerde aanpak, kennis aan te dragen over maatregelen en pakketten waarmee de veehouder zo goedkoop en doeltreffend mogelijk kan voldoen aan de gestelde milieu-eisen. Behalve voor consulentenschappen is hierbij een belangrijke rol weggelegd voor regionale milieu-studieclubs, proefbedrijven, particuliere voorbeeldbedrijven en het genoemde proef- en demonstratiebedrijf.

Summary

This report has been written by a working group of PR (Research station for Cattle, Sheep and Horse Husbandry), CLM (Centre for Agriculture and Environment) and CABO (Centre for Agrobiological Research). It deals with environmental problems caused by dairy farming and especially regards possibilities to reduce these problems. Reduction of emissions is highlighted.

Most important environmental problems of dairy farming result from emission of nitrogen as ammonia, nitrate and nitrous oxide. Relevant as well are emissions of phosphate, potash, methane, pesticides and exhaust gases. Accumulation problems particularly apply to phosphate and cadmium.

From the farming point of view emissions to the environment are mainly nutrient losses. In this study, these losses are calculated by way of nutrient balances, on the basis of data from some 400 representative Dutch dairy farms. These farms have been clustered into 9 groups: within the soil types sand, peat and clay they have been spread over 3 production levels - extensive (milk production less than 10,000 kg per ha), average and intensive (milk production more than 14,000 kg per ha).

Average nutrient losses appear to be very large. 84 to 88% of the nitrogen, 66 to 71% of the phosphate and 80 to 87% of the potash that enter the farm is lost by (provisional) accumulation in the soil or by (definitive) emission to the environment.

The annual nitrogen loss on the intensive farms exceeds that on the extensive ones: 565 to 605 versus 355 to 400 kg/ha. For phosphate and potash the difference is even larger. Furthermore, the intensive farms appear not to realize their higher production per ha by a more efficient use of their own soil and feed, but only by a bigger input of feed and fertilizer.

The government gradually formulates more environmental objectives concerning emissions dairy farming contributes to. Accepted emission levels are lowered. It is to be expected that in the coming years the government will translate these objectives into concrete requirements that will affect dairy practice directly.

In this report a 'farming system' approach has been chosen which emphasizes:

- measures that are directed to the agricultural production process itself and that serve as building blocks for coherent packages of measures;
- improvement of nutrient utilization and thereby saving in expenses of feed and fertilizer;

- an individual implementation per farm.

Some 225 possible measures concerning farm set up, cattle, manure, soil, vegetation and crop are assessed for their applicability, farm technical and economic suitability and effect on emissions. Many measures with a positive effect on nutrient losses turn out to be quite suitable.

Moreover, in a model calculation, using a farm budgetting programme, a few measures for an average farm on sandy soil have been considered separately and combined in packages. Corresponding nutrient balances have been calculated as well. The effect of separate measures is in some cases fair but in most limited. Combined in a package, in this calculation they can result in a decrease of N losses of some 39%, coupled with a simultaneous income increase. With a more complete and further optimized package N losses can be halved while income is at least maintained.

A major task for research institutes is the implementation of technical, economic and environmental research on (packages of) measures. Information on measures should be made manageable. In addition, there are tasks concerning environmental farm characteristics, scenario studies, methods for measuring emissions, and measurement of emissions in farm situations.

Examination of separate measures can be incorporated partly in on-going research. Packages on the one hand can be explored by way of models and optimization programming, but on the other should be checked on experimental farms and in practice. It is proposed to set up an experimental and demonstration farm that aims for economic production within the anticipated stringent norms of environmental policy.

The advisory service should aim for understanding and acceptance of the issue within the branch. This requires coordinated programming. At the same time environmental policy should stimulate an active attitude of the dairy farmer, among others by economic incentives.

Next task of the advisory service is to convey, in an integrated approach, knowledge of measures and packages with which the farmer can fulfil as cost-effective as possible the established environmental demands. Regional study-clubs, experimental farms and demonstration farms can also play an important role in this approach.

Dankwoord

De verkenningsgroep wil op de eerste plaats H.P. Drost, J.H. van Gorp, J.M.A. Nijssen, A.T.J. van Scheppingen en W. Stol bedanken voor hun bijdragen aan de berekeningen en P.B. de Boer, G.W.J. van de Ven en W.J. van der Weijden voor hun bijdragen aan het denkwerk.

Zij is ook erkentelijk voor het commentaar op het concept-rapport, gegeven door een aantal van genoemde personen en door D.J. den Boer, D.C.M. Boonman, D.W. Bussink, L.T.A. Joosten, H. van Keulen, H.G. van der Meer, A.B. Meijer, J.M. Stoop, F. Stouthart, Th.V. Vellinga, M.C. Verboon en PR-redacteur L. Pelsers.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Summary	5
Dankwoord	7
Inhoudsopgave	9
 1. INLEIDING	 11
2. MILIEUPROBLEMEN IN DE MELKVEEHOUDERIJ	13
2.1 Vormen van milieubelasting	13
2.2 Omvang van emissies op bedrijfsniveau	16
2.3 Doelstellingen en normen overheid	26
3. STRATEGIE OP BEDRIJFSNIVEAU	29
3.1 Systeemvreemd en systeemeigen	29
3.2 Afzonderlijke maatregelen	30
3.3 Pakketten van maatregelen	36
4. AANPAK IN HET ONDERZOEK	41
4.1 Milieu-kengetallen	41
4.2 Meetmethoden	42
4.3 Afzonderlijke maatregelen	43
4.4 Pakketten	45
4.5 Scenario's op regionaal en nationaal niveau	46
4.6 Uitvoering van het onderzoek	47
5. AANPAK IN DE VOORLICHTING	49
5.1 Bewustwording en acceptatie	49
5.2 Integrale benadering	50
5.3 Instrumenten	51
6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	53
 LITERATUUR	 57
BIJLAGE 1. Milieubelasting door de melkveehouderij	61
BIJLAGE 2. Berekening enkele posten mineralenbalansen	83
BIJLAGE 3. Matrix maatregelen	85

1. INLEIDING

Mestboekhouding, uitrijverbod, inwerkplicht, grondwaterbescherming, ecologische richtlijn, verzuringsnotitie, halvering van de ammoniakuitstoot: in hoog tempo volgen de milieumaatregelen rond de veehouderij elkaar op. Werd tot nu toe nog vooral de intensieve veehouderij geraakt, in de nabije toekomst zullen politiek en samenleving ook de eisen aan de melkveehouderij verscherpen.

Al is het de vraag of de voorgenomen beleidsmaatregelen adequaat zijn, het is onvermijdelijk dat actie wordt ondernomen. Het aandeel van de melkveehouderij in de emissie van o.a. ammoniak en nitraat is groter dan tot voor kort vrij algemeen werd aangenomen.

Het rapport dat voor u ligt gaat over het verminderen van de milieubelasting bij de produktie van melk. Het analyseert de problematiek en geeft een oplossingsrichting aan. Achtereenvolgens worden de volgende vragen beantwoord:

- Wat zijn de milieuproblemen en hoe groot zijn ze? De milieuproblemen die ontstaan worden herleid tot mineralenverliezen. Het milieuprobleem blijkt een kwestie van inefficiëntie.
- Langs welke wegen kunnen de problemen op bedrijfsniveau worden vermindert? Er volgt een opsomming van ca. 225 maatregelen. Het effect van afzonderlijke maatregelen is veelal gering, maar samenhangende pakketten van maatregelen blijken perspectief te bieden.
- Welke taken liggen er voor het onderzoek? Het onderzoek naar pakketten stelt zijn eisen, maar ook daarbuiten liggen er diverse taken, met als uiteindelijk doel kennis toegankelijk en hanteerbaar te maken voor de praktijk.
- Wat moet de rol zijn van de voorlichting? De rol in de acceptatiefase en bij het zoeken naar toegesneden pakketten per bedrijf wordt belicht.

Het rapport is opgesteld door een groep medewerkers van het Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR), het Centrum Landbouw en Milieu (CLM) en het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO). De groep startte in oktober 1987, onder de naam "verkenningsgroep melkveehouderij en milieu".

De aanleiding voor deze samenwerking was een door het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) gefinancierde voorstudie van het CLM naar noodzaak en mogelijkheden van een eventueel proef- en demonstratiebedrijf melkveehouderij en milieu. Gelijktijdig met het eerste deel van deze voorstudie begon het PR met de voorbereiding van bedrijfsmatig onderzoek gericht op het terugbrengen van emissies in de melkveehouderij. Bovendien begon

in 1987 bij het CABO een meerjarige modelstudie naar de gevolgen van verschillende ruwvoerproduktiesystemen voor landbouw en milieu. Ook doen PR en CABO experimenteel onderzoek naar de effecten van afzonderlijke maatregelen, zoals het injecteren van drijfmest op grasland. Het CLM is daarnaast via literatuuronderzoek, beleidsgerichte studies en werkgroepen van boeren actief op het terrein van melkveehouderij en milieu.

De drie organisaties werken sinds maart 1988 gezamenlijk verder aan invulling en realisering van genoemd proef- en demonstratiebedrijf. Voorafgaande daaraan hebben de samenstellers met dit rapport hun visie willen geven op de milieuproblemen in de melkveehouderij. Het is een optimistisch rapport geworden: het blijkt mogelijk schadelijke emissies aanzienlijk te beperken zonder dat dit leidt tot een daling van de arbeidsopbrengst. Of voldaan kan worden aan de milieu-eisen van de toekomst, zal mede moeten blijken uit onderzoek op het genoemde proef- en demonstratiebedrijf.

2. MILIEUPROBLEMEN IN DE MELKVEEHOUDERIJ

Bijna iedere maatschappelijke activiteit gaat gepaard met enige milieubelasting. Zo ook de melkveehouderij: bij deze vorm van produktie 'in de vrije natuur' is het onvermijdelijk dat een deel van de mineralen en hulpstoffen verloren gaat naar het milieu. Belangrijk is de vraag wanneer deze verliezen leiden tot onaanvaardbare gevolgen. Kennis van de problemen is een voorwaarde om gericht naar oplossingen te kunnen zoeken.

Genoemde vraag is hier opgesplitst in drie deelvragen, die in achtereenvolgende paragrafen aan bod komen:

- Om welke vormen van milieubelasting gaat het en welke omvang hebben ze?
- Wat is de totale omvang van de mineralenverliezen in de melkveehouderij en wat is de invloed van grondsoort en bedrijfsintensiteit hierop?
- Welk beleid voert de overheid en met welke milieunormen en -doelstellingen krijgt de melkveehouderij te maken?

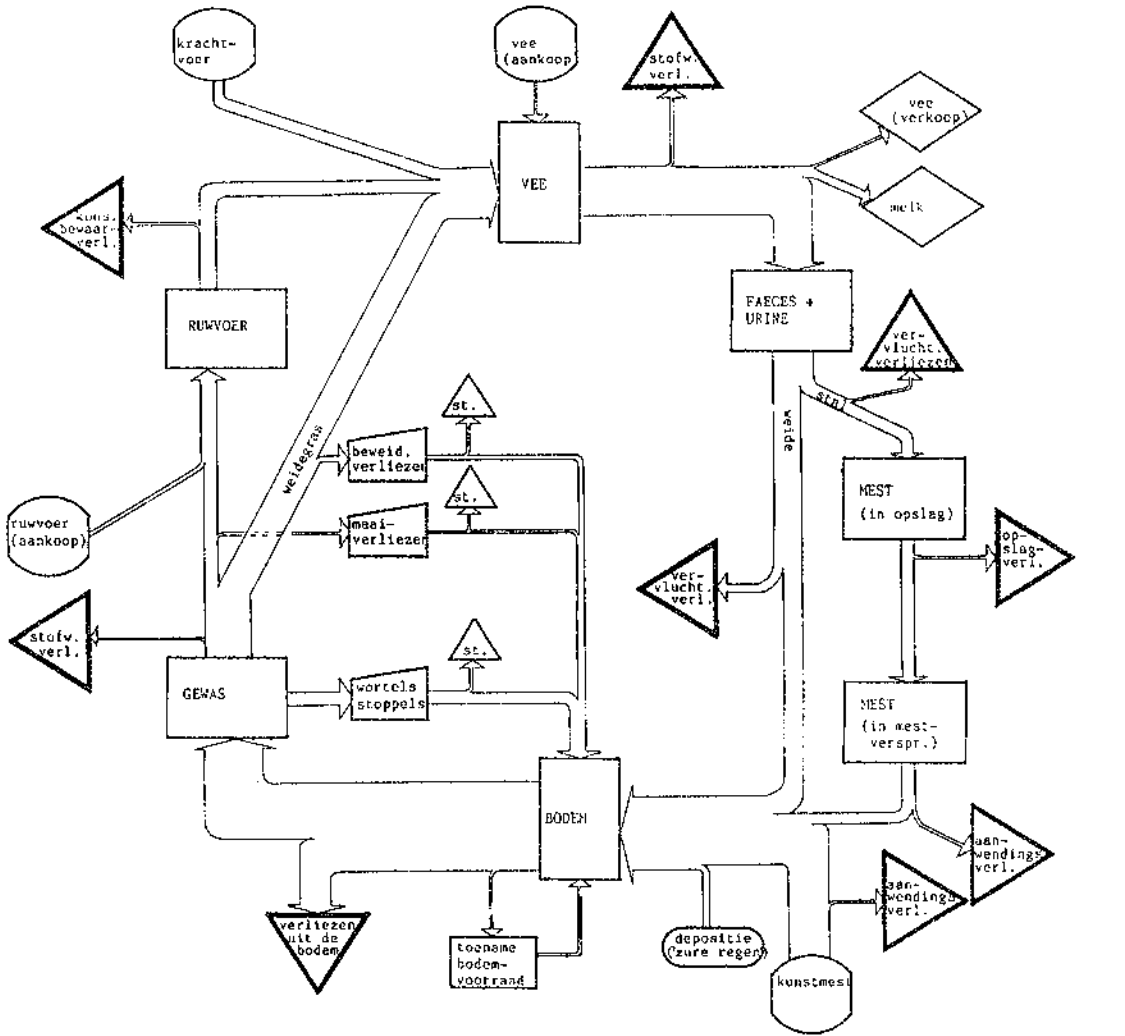
In bijlage 1 wordt uitvoeriger ingegaan op de omvang en de effecten van de verschillende verliezen.

2.1 Vormen van milieubelasting

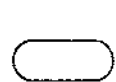
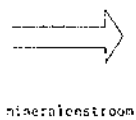
In het produktieproces functioneren enerzijds 'systeemeigen' stoffen, waar de produktie niet zonder kan: mineralen, organische stof. Anderzijds worden 'systeemvreemde' stoffen gebruikt, stoffen die niet per se noodzakelijk zijn voor de produktie van melk: bijvoorbeeld hulpstoffen zoals bestrijdingsmiddelen. Van alle verbindingen gaat een deel vanuit het produktiemilieu verloren naar het externe milieu; dergelijke verliezen worden 'emissies' genoemd. Bepaalde stoffen stapelen zich op in het produktiemilieu, vooral in de bodem; dit heet dan 'ophoping'. Niet alle emissies zijn overigens schadelijk voor het milieu. Ophoping is pas schadelijk wanneer kritische grenzen worden overschreden.

Wat de systeemeigen stoffen betreft zijn de bekendste milieuproblemen die van de mineralen¹⁾ stikstof en fosfaat. Figuur 1 geeft in vereenvoudigde vorm weer welke mineralenstromen zich voordoen op het melkveebedrijf. Op veel punten in de bedrijfscyclus kunnen mineralen verloren gaan. *Stikstof* gaat vooral verloren langs drie wegen:

¹⁾ De term 'mineralen' gebruiken we in ruime zin: nutriënten, ongeacht de vorm waarin ze voorkomen.



LEGENDA



Figuur 1. Mineralenstroomschema voor een melkveebedrijf.

De figuur is een vereenvoudigde versie van figuur A in bijlage 1.

- Vervluchtiging van ammoniak. Ammoniak vervluchtigt vooral uit mest (stal, mestopslag, verspreide mest, weide), maar ook uit diverse kleinere bronnen. De melkveehouderij draagt ruim de helft bij aan de Nederlandse ammoniakemissie. Ammoniak is één van de drie belangrijke verzurende stoffen.
- Denitrificatie: omzetting van nitraat in vooral stikstofgas. De emissie van stikstofgas is onschadelijk; het vormt het hoofdbestanddeel van onze atmosfeer. Denitrificatie is dus allereerst een landbouwkundig verlies. Minder bekend is dat als bijproduct distikstofoxide (N_2O ; lachgas) wordt gevormd, vooral onder nitratrijke omstandigheden. N_2O vormt wel een probleem: het is één van de gasen die het broeikaseffect (opwarming van de aarde) veroorzaken en tevens één van de gasen die de ozonlaag afbreken. De landbouw draagt via het gebruik van kunstmest ca. 20% bij aan de mondiale N_2O -productie. Binnen de Nederlandse landbouw is de melkveehouderij waarschijnlijk de grootste N_2O -producent.
- Uitspoeling van nitraat naar het grondwater of (via drains etc.) naar het oppervlaktewater. Op veen en klei spoelt minder nitraat uit dan op zand. Door te hoge nitraatconcentraties wordt de drinkwaterwinning bedreigd en raken oppervlaktewater en natuurgebieden geëutrofeerd (vervuild door overmatige voedselrijkdom). De melkveehouderij draagt ook aanzienlijk bij aan de emissie van nitraat.

Fosfaat spoelt in het algemeen nauwelijks uit. Het meeste hoopt zich op in de bodem. Op termijn zal bij een voortgaande overbemesting het bodemfilter verzadigd raken en veel fosfaat uitspoelen. Nu al draagt de melkveehouderij bij aan de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater via o.a. afspoeling van mestdeeltjes vanaf de bodem.

Er zijn ook minder bekende emissies van systeemeigen stoffen waaraan de melkveehouderij bijdraagt; met name:

- uitspoeling van *kalium* naar grond- en oppervlaktewater, het sterkst op humus-arme zandgrond;
- uitspoeling van *andere mineralen* (m.n. sulfaat en chloride);
- vervluchtiging van *methaan*, vooral bij de pensfermentatie; methaan draagt bij aan het broeikaseffect en aan de afbraak van de ozonlaag;
- vervuiling van oppervlaktewater met *organische stof* door lozingen, uit perssap en door afspoeling;
- *stank* uit drijfmest.

Ook wat betreft de systeemvreemde stoffen zijn enkele milieuproblemen van belang:

- ophoping in de bodem van *cadmium*, dat vooral afkomstig is van fosfaatkunstmest en voederfosfaten;
- emissie van *bestrijdingsmiddelen*;
- uitstoot van *uitlaatgassen* door trekkers.

In bijlage 1 wordt dieper ingegaan op de omvang en de effecten van emissies en ophoping van systeemeigen en systeemvreemde stoffen.

In sommige gevallen veroorzaken alle genoemde stoffen ook schade aan het produktiemilieu zelf (bijv. te hoge nitraatgehalten in gras, schade aan nuttige dieren door bestrijdingsmiddelen). Overigens zij erop gewezen dat de melkveehouderij ook schade ondervindt van diverse vormen van vervuiling van buitenaf, bijv. van ozon (schade aan gewassen) en van depositie van zware metalen via lucht en rivierwater (vergiftiging gewassen en vee).

2.2 Omvang van emissies op bedrijfsniveau

De totale omvang van de genoemde emissies (en ophopingen) kan op twee manieren worden benaderd: via emissiemetingen en via mineralenbalansen. Emissiemetingen zijn vooral verricht in laboratorium- en veldexperimenten. Directe metingen van emissies in bedrijfssituaties zijn minder frequent uitgevoerd. Uitspraken over de gemiddelde omvang van emissies op praktijkbedrijven kunnen daardoor nog niet erg nauwkeurig zijn.

Via mineralenbalansen op bedrijfsniveau is het wél mogelijk om de totale omvang van de emissies per mineraal vrij nauwkeurig te bepalen. Met mineralenbalansen kan dus ook de betrouwbaarheid van de resultaten van emissiemetingen worden ingeschat. In de balansbenadering worden voor het bedrijf de totale aanvoer van mineralen (vooral in kunstmest en krachtvoer) en de totale afvoer (vooral in melk en vee) tegenover elkaar gezet. Om onderlinge vergelijking van bedrijven mogelijk te maken worden alle aan- en afvoerposten uitgedrukt in kg mineraal per ha cultuurgrond. Het verschil tussen de totale aanvoer en de totale afvoer is het mineralenoverschot; dit overschot is gelijk aan de som van emissies en ophoping. Emissies en ophoping kunnen grotendeels als verloren worden beschouwd.

De mineralenbalans doet geen uitspraak over de vorm waarin dit verlies optreedt. Bij stikstof is de ophoping in de bodem gering, bij fosfaat vormt de ophoping het leeuwendeel en bij kalium is deze afhankelijk van de grondsoort. Een deel van de opgehoopte mineralen kan in principe alsnog worden benut. Enige ophoping van mineralen is niet schadelijk voor het milieu. Ook sommige emissies zijn niet milieuschadelijk, bijv. denitrificatie tot stikstofgas.

Mineralenbalansen op basis van LEI-cijfers

De verkenningsgroep heeft de benadering via mineralenbalansen gebruikt om een indruk te krijgen van emissie en ophoping van stikstof, fosfaat en kalium op gespecialiseerde melkveebedrijven. Hiertoe is geput uit de bedrijfsgegevens van de LEI-steekproefbedrijven over 3 boekjaren (1983/84, 1984/85 en 1985/86). Het Landbouw-Economisch Instituut (LEI) verzamelt deze gegevens om een representatief beeld te verkrijgen van de Nederlandse landbouw. Het hanteert daarbij een bedrijfsgrootte van 79 sbe (standaardbedrijfseenheden) als minimum. De groep 'gespeciali-

seerde melkveebedrijven' omvat ca. 71% van de Nederlandse 'graasdierbedrijven' (vrij vertaald: weidebedrijven). Zo'n 91% van de Nederlandse melkkoeien bevindt zich op de gespecialiseerde bedrijven. De gekozen groep is dus representatief voor de Nederlandse melkveehouderij.

Op grond van de verwachting dat de mineralenoverschotten uiteenlopen voor verschillende bedrijfstypen, zijn de bedrijven ingedeeld in verschillende groepen:

- Naar grondsoort: zand, klei en veen. Hierbij moet worden vermeld, dat de indeling van de LEI-bedrijven in landbouwgebieden slechts een globale verdeling naar grondsoort mogelijk maakt. Zo moet 'klei' met een korreltje zand worden genomen.
- Naar melkproductie per ha cultuurgrond: een groep met minder dan 10.000 kg/ha ('extensieve' bedrijven) en een groep met meer dan 14.000 kg/ha ('intensieve' bedrijven); bovendien zijn berekeningen gemaakt voor alle bedrijven tezamen, dus inclusief de middengroep. Zo zijn drie groepen ontstaan met een verschillende produktie-intensiteit. (Vanzelfsprekend kan de bedrijfsintensiteit ook worden gebaseerd op andere kengetallen. Wanneer de veebezetting wordt gebruikt, worden verschillen in produktie per koe in de LEI-berekening echter buiten beschouwing gelaten. Nadeel van bijv. kunstmestgift als ingang is dat andere inputs daarmee buiten beschouwing worden gelaten. Er is gekozen voor de melkproductie per ha omdat deze het resultaat is van verschillendsoortige inputs.)

Omdat het mogelijk is dat de verschillen tussen groepen met uiteenlopende produktie-intensiteit mede afhankelijk zijn van de grondsoort, zijn de groepen ook gekruist. Dat resulteert in $3 \times 3 = 9$ groepen. De aantallen per groep en per boekjaar zijn weergegeven in tabel 1. De groepen extensieve en intensieve bedrijven vertegenwoordigen elk zo'n 25-30% van het totale aantal bedrijven. Alleen op zandgrond zijn er relatief veel intensieve en relatief weinig extensieve bedrijven: resp. 39 en 21% van het totaal op zand. Als gevolg van de superheffing is het aantal intensieve bedrijven afgenomen.

Tabel 1. Aantal bedrijven per groep.

Groep Boekjaar	Extensieve bedrijven			Alle bedrijven			Intensieve bedrijven		
	83/84	84/85	85/86	83/84	84/85	85/86	83/84	84/85	85/86
Zandgrond	34	38	39	176	175	181	85	60	60
Kleigrond	22	22	24	86	74	76	27	19	18
Veengrond	23	23	20	71	78	79	24	25	23
Totaal	79	83	83	333	327	336	136	104	101

Binnen alle groepen zijn de gegevens van de afzonderlijke bedrijven steeds gemiddeld; daarbij zijn bovendien de gegevens over de verschillende jaren gemiddeld. De gemiddelden zijn berekend als gewogen gemiddelden; dat wil zeggen dat de wegingsfactor is meegeteld die het LEI toekent aan ieder steekproefbedrijf. Door deze factor wordt de aanwezigheid van dat type bedrijf in de hele sector ingewogen, zodat uiteindelijk een representatief beeld ontstaat.

Bedrijfskenmerken

Van deze LEI-bedrijven zijn de gegevens gebruikt over oppervlakten, veebezetting, kunstmestgebruik, krachtvoergebruik, ruwvoeraankoop, ruwvoerverkoop, maai-percentages, melkproductie, aankoop van vee en verkoop van vee. De belangrijkste

Tabel 2. Enige kenmerkende bedrijfsgegevens voor de 9 onderzochte groepen.

Ext. = gemiddelde van groep extensieve bedrijven (melkprod. minder dan 10.000 kg/ha), alle = gemiddelde van alle bedrijven (incl. middengroep), int. = gemiddelde van groep intensieve bedrijven (melkprod. meer dan 14.000 kg/ha).

Gve = grootvee-eenheid (volgens voedernormen); 1 melkkoe is 1,1 à 1,2 gve;

ds = droge stof.

Grondsoort Groep	Zandgrond			Kleigrond			Veengrond		
	ext.	alle	int.	ext.	alle	int.	ext.	alle	int.
Cultuurgrond (ha)	23,7	25,0	22,4	28,0	30,6	31,6	25,5	28,8	27,8
Melkvee (gve/ha)	1,82	2,70	3,67	1,75	2,42	3,17	2,06	2,46	3,05
Jongvee (gve/ha)	0,55	0,75	0,98	0,50	0,59	0,71	0,46	0,53	0,71
N-kunstmest (kg/ha grasl.)	316	355	393	279	348	391	239	296	364
Krachtvoer (kg/gve)	1223	1448	1568	1253	1474	1661	1280	1542	1911
Aankoop ds ruwvoer (kg/gve)	190	631	985	155	381	627	169	432	744
Verkoop ds ruwvoer (kg/gve)	27	12	8	24	8	3	96	29	2
Melkproductie (kg/koe)	4909	5547	5783	5077	5609	6060	5100	5559	5941
Vetgehalte (%)	4,20	4,19	4,21	4,20	4,18	4,15	4,12	4,16	4,23
Eiwitgehalte (%)	3,39	3,40	3,42	3,38	3,36	3,38	3,35	3,34	3,36
Melkproductie (kg/ha)	8078	12798	17729	7909	11527	15662	9374	11652	16701
Meetmelk, 4% vet (kg/ha)	8320	13163	18287	8146	11838	16014	9543	11932	17277

bedrijfskenmerken zijn voor de verschillende groepen weergegeven in tabel 2. Uit de tabel blijkt dat de gemiddelde melkproductie per ha cultuurgrond op de intensieve bedrijven ongeveer het dubbele bedraagt van die op de extensieve bedrijven. Dit verschil is het gevolg van het indelingscriterium: de extensieve bedrijven produceren per definitie minder dan 10.000 kg/ha, de intensieve meer dan 14.000 kg/ha. Het verschil blijkt grotendeels toe te schrijven aan een hogere veebezetting, maar ook aan een gemiddeld 15-20% hogere melkproductie per koe op de intensieve bedrijven.

In alle groepen wordt gemiddeld veel meer ruwvoer aangekocht dan verkocht. Op extensieve veenbedrijven is het verschil het kleinst (in droge stof 75 kg per gve), op intensieve zandbedrijven het grootst (980 kg per gve). Het krachtvoergebruik per dier is op intensieve bedrijven 25-50% hoger dan op extensieve bedrijven. Dit verschil is vooral groot op veengrond, waar op intensieve bedrijven zeer veel krachtvoer wordt gevoerd.

De verschillen in bedrijfsoppervlakte zijn gering. Op klei en veen hebben intensieve bedrijven een iets grotere bedrijfsoppervlakte dan extensieve bedrijven. Op zandgrond zijn de intensieve bedrijven echter iets kleiner dan de extensieve.

Het kunstmeststikstofverbruik per ha grasland is op intensieve bedrijven ca. 25-50% hoger dan op extensieve bedrijven. Op zand is het verschil het kleinst, op veen het grootst.

Tabel 2 geeft een beeld van de gemiddelde verschillen in bedrijfsstructuur en bedrijfsvoering *tussen* de 9 groepen. Dat neemt niet weg dat er grote verschillen bestaan *tussen* de bedrijven *binnen* een groep. Om een voorbeeld te geven: de stikstofbemesting uit kunstmest op grasland in 1985/86 blijkt te variëren tussen de volgende extremen (jaargift in kg/ha):

	<u>Zand</u>	<u>Klei</u>	<u>Veen</u>
Extensief	71-468	104-458	86-471
Intensief	141-556	315-549	235-541

De aankoop van krachtvoer per gve vertoont een soortgelijke spreiding.

Resulterende balansen

Tabel 3 geeft de berekende mineralenbalansen voor de 9 groepen. Zoals vermeld, worden alle posten uitgedrukt in de hoeveelheid (kg) mineraal per ha cultuurgrond. Ook op de balans resulteert dus een mineralenoverschot per ha. Daarmee wordt de milieubelasting vanuit de melkveehouderij gekarakteriseerd.

Het overschot kan ook worden uitgedrukt per eenheid produkt. Dit geeft immers iets aan over de totale milieubelasting die gepaard gaat met de produktie van het melkquotum. Daarom is in de balansen het mineralenoverschot ook omgerekend naar het overschot per ton meetmelk. Voorts is het benuttingspercentage berekend, waarmee de verhouding tussen output en input wordt weergegeven. Een groot

overschot per ton meetmelk gaat samen met een laag benuttingspercentage, en andersom.

In de balansen wordt gerekend met mineralen uitgedrukt in kg zuivere N, P en K²⁾. De posten aankoop vee, strooisel, kunstmest, aankoop ruwvoer, krachtvoer, melkprodukten, verkoop vee, melk en verkoop ruwvoer zijn berekend op grond van de genoemde LEI-cijfers. De posten reinigingsmiddel, depositie ('zure regen'), netto mineralisatie en binding luchtstikstof zijn berekend op basis van andere bronnen (zie bijlage 2). Wat organische mest betreft ontbreken goede basisgegevens; in deze berekeningen is verondersteld dat aanvoer en afvoer gemiddeld in evenwicht zijn: enerzijds wordt een deel van de rundveemest afgevoerd naar o.a. akker- en tuinbouw, anderzijds wordt mest aangevoerd uit de intensieve veehouderij.

De berekeningsmethode stemt grotendeels overeen met die van Biewinga e.a. (1987). Sommige gehalten wijken iets af. De verkoop en aankoop van vee zijn hier berekend op basis van LEI-opgaven. In een afzonderlijk verslag (Stol e.a. 1988) zal de hier gevolgde berekeningswijze uitvoerig worden gedocumenteerd.

Bespreking resultaten

Vergelijking van de mineralenbalansen brengt duidelijke overeenkomsten en verschillen aan het licht:

- 1) Hoofdposten in de aanvoer van mineralen zijn kunstmest, krachtvoer en (aangekocht) ruwvoer. Wat betreft stikstof is ook de depositie uit de lucht een belangrijke bron; daarbij moet wel worden opgemerkt dat ca. de helft van deze depositie plaatsvindt in de winter en dus minder goed kan worden benut. Voor veengronden vormt daarnaast de netto-mineralisatie van de bodem nog een belangrijke N- en P-input. Belangrijke afvoerposten zijn de verkoop van melk en vee.
- 2) Het mineralenverlies blijkt voor alle groepen bedrijven bijzonder groot te zijn. De aanvoer van mineralen is vele malen groter dan de afvoer via produkten. Slechts 12 à 16% van de stikstof, 29 à 34% van het fosfaat en 13 à 20% van de kalium die wordt aangevoerd, haalt de eindstreep in de vorm van produkten. De overige mineralen gaan voorlopig verloren door ophoping in de bodem of gaan definitief verloren door emissie naar het (externe) milieu.
- 3) Kijken we naar de gemiddelden van alle bedrijven per grondsoort, dan zien we dat de stikstof- en fosfaatverliezen per ha elkaar niet veel ontlopen. De kaliumverliezen per ha verschillen wel sterk: op veen zijn ze iets groter dan op klei,

2) Fosfaat en kalium worden in gewichten voor meststoffen vaak aangeduid als P₂O₅ resp. K₂O. Wij prefereren voor gewichten het gebruik van de zuivere elementen P en K, zoals die ook voor gehalten in voeders worden gebruikt. Voor stikstof is de aanduiding in zuivere N al sinds jaar en dag gebruikelijk.
1 kg P komt overeen met 2,29 kg P₂O₅, 1 kg K met 1,20 kg K₂O.

Tabel 3. Mineralenbalansen op gemiddelde gespecialiseerde melkveebedrijven op 3 grondsoorten, gebaseerd op de LEI-steekproefbedrijven over de jaren 1983-1986.

Alle posten in kg zuivere N, P of K per ha cultuurgrond.

Ext. = gemiddelde van groep extensieve bedrijven (melkprod. minder dan 10.000 kg/ha), alle = gemiddelde van alle bedrijven (incl. middengroep), int. = gemiddelde van groep intensieve bedrijven (melkprod. meer dan 14.000 kg/ha).

Benuttingspercentage = output/input x 100%.

3a. N-balansen

Grondsoort Groep	Zandgrond			Kleigrond			Veengrond		
	ext.	alle	int.	ext.	alle	int.	ext.	alle	int.
<u>Aanvoer (input):</u>									
aankoop vee	1,2	1,6	2,4	0,7	1,4	2,8	1,3	1,4	1,9
strooisel	0,6	1,1	1,7	1,1	1,4	1,6	0,9	1,1	1,6
reinigingsmiddel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
kunstmest	310,8	331,0	359,2	270,8	340,5	381,0	238,3	295,0	363,7
depositie	47,9	47,9	47,9	39,3	39,3	39,3	41,9	41,9	41,9
netto mineralisatie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0	30,0
binding lucht-N	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
aankoop ruwvoer	9,4	44,4	90,2	9,8	28,0	56,4	12,2	32,7	66,9
krachtvoer	79,6	137,0	198,5	80,1	122,1	174,1	91,5	127,0	195,8
melkprodukten	0,6	1,4	1,8	0,9	1,2	1,3	0,9	1,1	1,3
<i>totaal aanvoer</i>	<i>454,1</i>	<i>568,4</i>	<i>705,7</i>	<i>406,7</i>	<i>537,9</i>	<i>660,5</i>	<i>421,0</i>	<i>534,2</i>	<i>707,1</i>
<u>Afvoer (output):</u>									
verkoop vee	9,6	14,4	19,2	9,1	10,8	14,1	9,2	10,8	14,9
melk	42,3	67,4	94,0	41,4	60,4	82,7	48,9	60,6	87,3
verkoop ruwvoer	0,7	0,4	0,3	0,6	0,3	0,1	2,7	0,9	0,1
<i>totaal afvoer</i>	<i>52,6</i>	<i>82,2</i>	<i>113,5</i>	<i>51,1</i>	<i>71,5</i>	<i>96,9</i>	<i>60,8</i>	<i>72,3</i>	<i>102,3</i>
N-overschot (kg per ha)	401,5	486,2	592,2	355,6	466,4	563,6	360,2	461,9	604,8
N-overschot (kg per ton meetmelk)	48,3	36,9	32,4	43,7	39,4	35,2	37,7	38,7	35,0
Benuttingspercentage	11,6	14,5	16,1	12,6	13,3	14,7	14,4	13,5	14,5

3b. P-balansen

Grondsoort Groep	Zandgrond			Kleigrond			Veengrond		
	ext.	alle	int.	ext.	alle	int.	ext.	alle	int.
<u>Aanvoer (input):</u>									
aankoop vee	0,3	0,5	0,7	0,2	0,4	0,8	0,4	0,4	0,5
strooisel	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
reinigingsmiddel	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
kunstmest	16,8	14,8	13,5	14,4	19,0	22,2	12,0	11,5	14,4
depositie	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
netto mineralisatie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	3,0
aankoop ruwvoer	1,3	6,6	13,5	1,3	4,0	8,1	1,7	4,6	9,4
krachtvoer	14,5	24,7	35,6	13,9	21,2	30,3	16,4	22,7	35,3
melkprodukten	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>totaal aanvoer</i>	<i>34,4</i>	<i>48,3</i>	<i>65,1</i>	<i>31,4</i>	<i>46,3</i>	<i>63,1</i>	<i>35,1</i>	<i>43,8</i>	<i>64,3</i>
<u>Afvoer (output):</u>									
verkoop vee	2,8	4,2	5,6	2,7	3,2	4,2	2,3	3,1	4,2
melk	7,3	11,6	16,1	7,2	10,5	14,3	8,5	10,6	15,2
verkoop ruwvoer	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0
<i>totaal afvoer</i>	<i>10,2</i>	<i>15,9</i>	<i>21,8</i>	<i>10,0</i>	<i>13,7</i>	<i>18,5</i>	<i>11,2</i>	<i>13,8</i>	<i>19,4</i>
P-overschot (kg per ha)	24,2	32,4	43,3	21,4	32,6	44,6	23,9	30,0	44,9
P-overschot (kg per ton meetmelk)	2,91	2,46	2,37	2,63	2,75	2,79	2,50	2,51	2,60
Benuttingspercentage	29,7	32,9	33,5	31,8	29,6	29,3	31,9	31,5	30,2

3c. K-balansen

Grondsoort Groep	Zandgrond			Kleigrond			Veengrond		
	ext.	alle	int.	ext.	alle	int.	ext.	alle	int.
<u>Aanvoer (input):</u>									
aankoop vee	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
strooisel	0,6	1,0	1,6	1,1	1,4	1,5	0,9	1,0	1,5
reinigingsmiddel	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
kunstmest	28,9	30,4	27,8	8,7	5,6	2,1	25,6	17,4	13,8
depositie	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
aankoop ruwvoer	7,4	34,0	70,7	5,8	17,8	37,5	6,4	19,9	43,1
krachtvoer	43,3	74,1	107,1	42,8	64,9	92,8	49,1	68,2	105,1
melkprodukten	0,2	0,4	0,6	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4
<i>totaal aanvoer</i>	<i>86,0</i>	<i>145,5</i>	<i>213,5</i>	<i>64,4</i>	<i>95,7</i>	<i>140,0</i>	<i>87,9</i>	<i>112,4</i>	<i>169,5</i>
<u>Afvoer (output):</u>									
verkoop vee	0,7	1,1	1,5	0,6	0,8	1,0	0,5	0,7	1,0
melk	11,9	18,8	26,2	11,7	17,1	23,2	13,9	17,2	24,7
verkoop ruwvoer	0,6	0,4	0,3	0,6	0,3	0,1	2,7	0,9	0,1
<i>totaal afvoer</i>	<i>13,2</i>	<i>20,3</i>	<i>28,0</i>	<i>12,9</i>	<i>18,2</i>	<i>24,3</i>	<i>17,1</i>	<i>18,8</i>	<i>25,8</i>
K-overschot (kg per ha)	72,8	125,2	185,5	51,5	77,5	115,7	70,8	93,6	143,7
K-overschot (kg per ton meetmelk)	8,75	9,51	10,14	6,32	6,55	7,22	7,42	7,84	8,32
Benuttingspercentage	15,3	13,9	13,1	20,0	19,0	17,4	19,5	16,7	15,2

maar op zand zijn ze een heel stuk groter. De verklaring ligt hier deels in de hogere K-gift uit kunstmest (waarschijnlijk vanwege de geringe binding van kalium aan zandgrond), maar evenzeer in de grotere aankoop van ruwvoer en krachtvoer op de zandbedrijven.

- 4) De verschillen tussen bedrijven met uiteenlopende bedrijfsintensiteit blijken beduidend groter dan die tussen bedrijven op de diverse grondsoorten. De verliezen per ha zijn op de intensieve bedrijven veel groter dan op de extensieve. Bijvoorbeeld de totale stikstofinput (vooral afkomstig van kunstmest, krachtvoer en ruwvoer) is op de intensieve bedrijven voor de verschillende grondsoorten 250-285 kg/ha groter dan op de extensieve bedrijven, terwijl de output slechts 40-60 kg/ha groter is. Het resulterende stikstofverlies per ha is op de intensieve bedrijven 190-245 kg/ha groter dan op de extensieve. Anders gezegd: het stikstofverlies per ha blijkt op de intensieve bedrijven 1,5 tot 1,7 maal zo groot als op de extensieve. Het fosfaatverlies is er 1,8 tot 2,1 en het kaliumverlies zelfs 2,0 tot 2,6 maal zo groot als op de extensieve bedrijven. Vooral het kaliumverlies op de intensieve bedrijven op zandgrond is opvallend groot.
- 5) Qua mineralenverlies per ton melk daarentegen (en dus ook qua benuttingspercentage) blijken de intensieve en de extensieve bedrijven elkaar niet veel te ontlopen. Dit is na het voorgaande ook logisch: de melkproduktie per ha is op de intensieve bedrijven ongeveer 2 maal zo groot als op de extensieve. Het verschil in verlies per ha wordt hierdoor dus ongeveer gecompenseerd. De intensieve bedrijven hebben ten opzichte van de extensieve een iets groter K-verlies en een ongeveer gelijk P-verlies per ton melk. Het stikstofverlies per ton melk is op de intensieve bedrijven op zand en klei echter duidelijk minder groot dan op de extensieve. Op veen liggen de stikstofverliezen per ton melk ongeveer gelijk, doordat de intensieve bedrijven er een relatief groot verlies per ha hebben, vooral te wijten aan een relatief hoog krachtvoergebruik per gve (tabel 2).

Punt 5 verdient een nadere analyse. De stikstofbenuttingspercentages (en dus ook de stikstofverliezen per ton) suggereren dat de intensieve bedrijven hun hogere melkproduktie (deels) realiseren door beter management, dus door een beter gebruik van grond en voer. Dit is echter niet het geval. Het blijkt namelijk dat de grotere inputs op de intensieve bedrijven op zich al voldoende zijn om de hogere melkproduktie te realiseren³⁾. De intensieve bedrijven halen de hogere melkproduktie

3) Bijvoorbeeld op zand importeren de intensieve bedrijven extra:

- 119 kg N/ha aan krachtvoer, overeenkomend met ca. 4160 kVEM;
- 81 kg N/ha aan ruwvoer, overeenkomend met ca. 3500 kVEM;
- 48 kg N/ha aan kunstmest; bovendien hebben zij door de hogere veebezetting meer organische mest; dit is voldoende om per ha ongeveer 450 kg ds ruwvoer extra te produceren, hetgeen overeenkomt met 360 kVEM.

In totaal levert dit 8020 kVEM, hetgeen bij een gemiddelde conversie (veestapel op gemiddelde melkveebedrijf op zand verbruikt 805 VEM per kg melk (Biewinga e.a. 1987)) voldoende is

dus niet door een efficiënter gebruik van eigen grond en voer, maar louter door een verhoogde input van kunstmest, krachtvoer en ruwvoer. De intensieve bedrijven wentelen de emissies die horen bij de produktie van het geïmporteerde ruw- en krachtvoer af op andere bedrijven.

Hiermee komt ook het benuttingspercentage als kengetal in een ander daglicht te staan. Op het melkveebedrijf spelen zich in feite twee vormen van produktie af: een deel grondgebonden produktie en een deel niet-grondgebonden produktie. Voor de niet-grondgebonden produktie wordt simpelweg voer geïmporteerd en aan het vee gevoerd; bij melkproduktie moet dan een benutting van minstens 20% kunnen worden gehaald. Op deze wijze kunnen ook extensieve en intensieve bedrijven worden vergeleken:

- De extensieve bedrijven hebben een grotendeels grondgebonden produktie. Bijv. de zandbedrijven realiseren daarmee een benuttingspercentage van 11,7% en een N-overschot van 47,8 kg per ton meetmelk (tabel 3a).
- De intensieve bedrijven hebben daar bovenop een fors deel niet-grondgebonden produktie: die op zand produceren daarmee 9967 kg meetmelk extra (tabel 2). Ze produceren in totaal 61 kg/ha meer N-output met behulp van 252 kg/ha meer N-input (af te leiden uit tabel 3a). Het bij de niet-grondgebonden produktie behorende benuttingspercentage is 24,2%, het N-overschot 19,2 kg per ton meetmelk.

Kortom, de intensieve bedrijven vizelen hun efficiëntie-getallen op door aan de hoofdzakelijk grondgebonden produktie een deel niet-grondgebonden produktie toe te voegen. Het hogere efficiëntiegetal berust dus op een afwentelingsmechanisme. De efficiëntiegetallen (benuttingspercentage en verlies per ton meetmelk) blijken daarmee slecht bruikbaar als kengetal voor het vergelijken van milieu-effecten van verschillende typen melkveebedrijven.

Eenzelfde redenering kan worden gevolgd waar het gaat om mestverkoop: ook daarbij wordt het efficiëntiegetal verhoogd. De bij de aanwending van mest onvermijdelijke verliezen worden afgewenteld, oftewel buiten beeld gebracht.

De mineralenbalansen maken, zoals gezegd, nog niet duidelijk in welke vorm de verliezen optreden. Het meeste fosfaat hoopt zich op, maar waarschijnlijk gaat een behoorlijk deel verloren via afspoeling. Het kaliumoverschot spoelt op zand en veen grotendeels uit, maar kan op klei worden vastgelegd. Het is vooralsnog een hachelijke zaak om het stikstofverlies toe te delen aan de verschillende mogelijke verliesposten. Hier wrekt zich het gebrek aan emissiemetingen in bedrijfssituaties. Wél is

voor 9960 kg melk. Het feitelijke verschil in melkproduktie tussen de intensieve en extensieve bedrijven is 9651 kg melk per ha (zie tabel 2).

Een soortgelijke berekening levert:

- voor klei: berekend verschil 7420 kg melk, feitelijk verschil 7753 kg melk (tabel 2);
- voor veen: berekend verschil 8370 kg melk, feitelijk verschil 7327 kg melk (tabel 2).

te concluderen dat het totale stikstofverlies volgens de mineralenbalans hoger is dan de optelsom van de gemiddelde resultaten van metingen aan afzonderlijke stikstofverliesposten, zoals die zijn te vinden in de literatuur. De mineralenbalans vormt een harder gegeven dan de optelsom van deze metingen. De mineralenbalans wijst dus uit dat de tot nu toe uitgevoerde emissiemetingen eerder leiden tot een onderschatting dan tot een overschatting van de emissies.

Het zij benadrukt dat de uitkomsten gelden voor het gemiddelde van een groep bedrijven. De verkenningsgroep verwacht dat de spreiding van de resultaten van individuele bedrijven binnen iedere groep groot is. Dit wordt ondermeer gedemonstreerd door de eerder vermelde grote variatie in stikstofgiften per ha grasland en krachtvoeraankopen per gve. Uit vorenstaande analyse blijkt dat de stikstofgift en de krachtvoeraankoop behoren tot de hoofdfactoren ter verklaring van de verschillen in milieubelasting. Ook de spreiding tussen bedrijven vergt nader onderzoek (variantie-analyse), alsmede de oorzaken van die spreiding (factoranalyse).

De gekozen balansbenadering middelt niet alleen de groep bedrijven, maar middelt ook de verschillen tussen percelen binnen één bedrijf. Vermoedelijk is de verdeling van de verliezen over het bedrijfsoppervlak niet regelmatig, zodat sommige gedeelten extreem zwaar worden belast (huiskavel, maispercelen, dammen, looppaden, stal, erf, lekkende mestputten, kuilen, etc.). Door deze puntbelasting kunnen de milieuproblemen ernstiger zijn dan op grond van de gemiddelde emissies mag worden verwacht. Er is echter nog weinig onderzoek gedaan naar de verliezen op dergelijke plaatsen.

2.3 Doelstellingen en normen overheid

De overheid heeft de afgelopen jaren in haar milieubeleid doelstellingen en normen geformuleerd voor diverse stoffen. In veel gevallen hebben deze (nog) geen directe consequenties voor individuele landbouwbedrijven, bijv. doordat niet per bedrijf een maximale emissie is vastgesteld.

De recente mestwetgeving is te beschouwen als een eerste poging om bepaalde emissies uit de landbouw op een meer directe en meer omvattende wijze aan te pakken, met fosfaat als aangrijpingspunt. De gevolgen van deze wetgeving zijn voor de melkveehouderij echter vooralsnog gering. Alleen de relatief intensieve melkveebedrijven hebben een referentiehoeveelheid fosfaat (als P_2O_5) boven de norm van 125 kg/ha en krijgen dus te maken met een (geringe) overschothefing. In de voorgenomen normering voor gras- en maisland kunnen de meeste bedrijven tenminste tot het jaar 2000 zelfs nog mest aanvoeren. Voor fosfaatverzadigde gronden gelden striktere normen, maar de meeste van deze gronden zijn vermoedelijk in gebruik bij de intensieve veehouderij. Ook in waterwingebieden kunnen provinciale regels stringenter eisen stellen aan melkveebedrijven. Maar het belangrijkste

waarmee melkveebedrijven in het algemeen via de mestwetgeving te maken krijgen, is een gedeeltelijk uitrijverbod in het winterhalfjaar en een onderwerkplicht op bouwland. De vooral op fosfaat toegespitste mestwetgeving verandert daarmee weinig aan de stikstofproblematiek van melkveebedrijven.

Wat de verschillende emissies betreft, zijn algemene doelstellingen en normen geformuleerd:

- Voor ammoniak is als voorlopige doelstelling van het overheidsbeleid vastgelegd dat de jaarlijkse *depositie* in het jaar 2000 moet zijn teruggebracht tot maximaal 1270 eq./ha uit ammoniak en ammonium. Hiertoe zou de binnenlandse ammoniakemissie met 50% moet worden gereduceerd ten opzichte van die in 1980 (VROM 1984). Plaatselijk zou hiervoor zelfs een ammoniak-emissiereductie nodig zijn van 70% of meer (VROM e.a. 1986).

Het betreft hier algemene doelstellingen; individuele veebedrijven worden niet direct geconfronteerd met deze '50% ammoniakreductie'. Wel worden zij via de in de Hinderwet opgenomen 'ecologische richtlijn' ("Ammoniak en veehouderij") geconfronteerd met de genoemde 1270 eq.: een aanvraag voor bouw of uitbreiding van stal of mestopslag wordt in principe alleen gehonoreerd wanneer de berekende NH_x -depositie in naburige natuurgebieden daarna niet boven de 1270 eq. komt.

De Centrale Raad voor de Milieuhygiëne (CRMH) heeft in oktober 1987 op grond van nieuwe onderzoeksgegevens voorgesteld om de doelstellingen voor de reductie van ammoniakemissie te verscherpen. Al voor 1995 zou de ammoniakemissie volgens de CRMH met tenminste 70% moeten zijn teruggebracht (CRMH 1987).

Ook de Tussentijdse evaluatie verzuringsbeleid (december 1987) concludeert dat een aanscherping van de depositiedoelstelling nodig is. Vooral de invloed van stikstof bij de verzuring is in het verleden onderschat. Een nieuwe doelstelling zal worden vastgesteld bij de definitieve evaluatie eind 1988 of begin 1989. Dan zal ook een integraal plan worden opgesteld voor de verwezenlijking van de beoogde reductie van de ammoniakemissie (VROM e.a. 1987b).

- Voor de uitspoeling van nitraat en andere mineralen naar het grondwater zijn geen normen gesteld. Wel gelden normen voor de gehalten in drinkwater. Deze gehalten worden op sommige plaatsen overschreden en dreigen op nog veel meer plaatsen te worden overschreden; na nitraat dient nu ook kalium zich aan als probleemstof. Drinkwaterbedrijven kunnen het probleem nu nog uit de weg gaan door de meest vervuilde putten uit productie te nemen en door water van verschillende bronnen te mengen. In het kader van de Wet Bodembescherming hebben provincies het recht in drinkwatergebieden strengere eisen te stellen aan de bemesting. Maar gezien de grondwaterstromingen moet op langere termijn een groot deel van Nederland als aanvoergebied worden bestempeld.

Om de eutrofiëring van natuurgebieden en oppervlaktewater tegen te gaan zouden de normen bovendien nog veel scherper moeten worden gesteld (VROM e.a. 1985).

Op een internationale ministersconferentie over de Noordzee (Londen, nov. '87) is overeengekomen de toevoer van fosfaat en nitraat naar de Noordzee vóór 1995 met 50% terug te brengen (Groen 1988).

- De normen aangaande zware metalen zullen verder worden verscherpt. Wat betreft zware metalen ligt bijv. een aanscherping van de regels voor het gebruik van zuiveringsslib in het verschiet. De cadmiumgehalten in mengvoeders zijn de afgelopen jaren al sterk gedaald: voor rundvee van ca. 0,51 mg/kg in 1976/77 naar ca. 0,07 mg/kg in 1985/86. Daarmee wordt ruimschoots voldaan aan de eind 1987 van kracht geworden EG-normen (in mengvoer maximaal 0,5 mg/kg). Een verdere verlaging van de cadmium-toevoer naar de bodem wil de overheid bereiken door het productieproces van voederfosfaat en fosfaatkunstmest te verbeteren: momenteel wordt een procédé getest waarmee het in fosfaaterts aanwezige cadmium grotendeels kan worden afgescheiden. Vermoedelijk zullen de normen over enkele jaren worden aangepast aan de technische mogelijkheden (L&V & VROM 1987).
- Bij de toelating van bestrijdingsmiddelen is de toetsing van milieu-effecten de afgelopen jaren verzwakt. Voor de oudere bestrijdingsmiddelen is onlangs een nieuwe evaluatieronde begonnen, die vermoedelijk zal resulteren in beperking van het gebruik van deze middelen.
- Wat andere systeemvreemde stoffen - inclusief afvalstoffen - betreft, heeft de overheid tot nu toe nog weinig normen of regels gesteld. Bijvoorbeeld aan de uitstoot van uitlaatgassen door landbouwwerktuigen is tot nu toe geen aandacht besteed; uiteindelijk zal op EG-niveau een regeling tot stand moeten komen (Zwalve, mond. med.).

Kortom, de overheid formuleert steeds meer milieudoelstellingen met betrekking tot emissies waaraan ook de melkveehouderij bijdraagt. Bovendien worden de normen in deze doelstellingen steeds stringenter: maximale emissie-niveaus, concentraties, etc. worden verder verlaagd. De volgende stap is in het overheidsbeleid tot nu toe echter nog nauwelijks gemaakt: de doelstellingen en normen zijn nog nauwelijks vertaald in concrete eisen die de praktijk van de melkveehouderij direct raken. Het is nog niet mogelijk te voorspellen hoe de eisen zullen gaan luiden⁴⁾. Wel zal de overheid haar toezeggingen om diverse emissies binnen een aantal jaren met 50% terug te brengen hard willen maken. Het is dus onontkoombaar dat in de komende jaren de milieu-eisen die aan de bedrijven worden gesteld, aanzienlijk zullen worden verscherpt.

⁴⁾ In het CLM-rapport over een proefbedrijf melkveehouderij en milieu (Biewinga e.a. 1987) is een poging gedaan de thans bekende en voorgestelde normen te vertalen naar het bedrijfsniveau.

3 STRATEGIE OP BEDRIJFSNIVEAU

3.1 Systeemvreemd en systeemeigen

Hoe kunnen de emissies op de bedrijven worden beperkt? In hoofdstuk 2 onderscheiden we systeemvreemde en systeemeigen stoffen. Systeemvreemde stoffen worden slechts op sommige punten in het productieproces ingezet. De melkveehouder c.q. de toeleverende en verwerkende industrie kan de milieuschadelijke emissies gericht verminderen door:

- Vermijden, bijv. cadmiumarme grondstoffen gebruiken voor de productie van krachtvoer.
- Selectief gebruiken, bijv. atrazin niet volvelds maar in de rij spuiten en tussen de rijen frezen.
- Hergebruiken, bijv. één laag kuilfolie vervangen door een beschermzeil dat meerdere jaren kan worden gebruikt.
- Zuiveren, bijv. een verbrandingsmotor voorzien van een katalysator.
- Afval recirculeren of verantwoord vernietigen, bijv. lege weidebatterijen inzamelen en verwerken, resten bestrijdingsmiddelen inzamelen en vernietigen.

Veel ingewikkelder is het terugdringen van de emissies van systeemeigen stoffen, de mineralen (nutriënten). Die mineralen zijn immers noodzakelijk voor het productieproces, voor de levensprocessen van plant en dier. Maar op veel plaatsen gaan mineralen verloren uit de cyclus gewas - vee - mest - bodem - gewas. Bijvoorbeeld ammoniak vervluchtigt o.a. uit vee, mest, bodem, gewas en kuil. Het grote scala aan verliezen dwingt tot het nemen van veel maatregelen. Het succes van de maatregelen kan niet worden afgemeten aan één emissie op één plek op één tijdstip, maar alleen aan het totaal van emissies van het gehele productiesysteem van het melkveebedrijf.

Emissies van systeemeigen stoffen vereisen allereerst een 'systeemeigen' benadering; daarin worden emissies beperkt door de stoffen binnen het systeem te benutten. 'Systeemeigen' maatregelen sluiten aan bij de agrarische praktijk, richten zich op het agrarisch productieproces zelf. Dit verdient de voorkeur boven een 'systeemvreemde' benadering, waarin het agrarische productieproces als zodanig ongewijzigd blijft en emissies worden voorkomen door het toepassen van maatregelen zoals het plaatsen van filters e.d. bij de uitgangen van het systeem ('end-of-the-pipe'-strategie). Ook het afvoeren en industrieel verwerken van mest moet vanuit de melkveehouderij worden gezien als een systeemvreemde benadering.

Dergelijke maatregelen moeten niet worden uitgesloten, maar wel 'tot het laatst' worden bewaard.

In de systeemeigen benadering kunnen de mineralenverliezen langs twee wegen worden teruggebracht:

- Verminderen van de input van mineralen.
- Verbeteren van de benutting, oftewel verhogen van de mineralenefficiëntie: vergroten van de output (in melk en vlees) ten opzichte van de input van mineralen (in kunstmest, krachtvoer, enz.).

Het meest effectief is een combinatie van deze twee wegen. Het beperken van mineralenverliezen is daarmee een kwestie van het beheersen van mineralenstromen en van efficiëntie in alle schakels van het produktiesysteem. Kortom, een kwestie van management.

3.2 Afzonderlijke maatregelen

Hoe ziet die algemene aanpak eruit in de praktijk? Op een bedrijf zijn talloze maatregelen te nemen die mogelijk kunnen bijdragen aan het beperken van emissies. In een matrix (bijlage 3) zijn ca. 225 maatregelen op een rij gezet. Ze zijn allereerst ingedeeld naar vier aspecten, daarbinnen naar verschillende 'onderdelen' van de bedrijfsvoering (tabel 4).

Binnen deze onderdelen van de bedrijfsvoering zijn de maatregelen verder onderscheiden naar verschillende strategieën.

Tabel 4. Hoofdindeling van mogelijke maatregelen om emissies te beperken in een melkveebedrijf.

Aspect	Code	Onderdeel
Bedrijf	1	opzet
Vee	2	veestapel
	3	veevoeding
	4	veeverzorging
	5	melkwinning
Mest	6	stal en mestopslag
	7	mestbewerking
	8	bemesting en bodem
Gewas	9	teelt van voedergewassen
	10	graslandverzorging en -gebruik
	11	voederwinning en -conservering

Tabel 5. Strategieën met betrekking tot de bedrijfsstructuur.

Onderdeel	Code	Strategie
Bedrijfsopzet	1a	extensivering
	1b	tweede tak
	1c	mest of ruwvoer verkopen
	1d	verkaveling verbeteren

Strategieën

Onder 'bedrijfsopzet' (tabel 5) vallen aanpassingen die het gehele bedrijf beïnvloeden. Door extensivering (bijv. door verlaging van krachtvoer- en kunstmestinputs) worden zowel in- als outputs verlaagd en kan het benuttingspercentage toenemen. Via een tweede tak en verkoop van ruwvoer en dierlijke mest worden nieuwe outputs gecreëerd. Verbetering van de verkaveling kan met zich meebrengen dat de intensiteit van het perceelsgebruik gelijkmatiger wordt of dat 's nachts opstallen mogelijk wordt.

De strategieën betreffende het vee (tabel 6) hebben in het algemeen één of meer van de volgende punten tot doel:

- Het verminderen van het aandeel voer voor onderhoud, jongvee en droogstand ten opzichte van het aandeel bestemd voor melkproductie. Oftewel: verhogen van de melkproductie per koe (via fokkerij en voeding), verkorten van de laagproductieve periode en de droogstand (vruchtbaarheid) en vergroten van de levensduur (via veeverzorging en fokkerij).
- Het verbeteren van de conversie (voerbenutting, mineralenbenutting). Dit vereist maatregelen op het vlak van voeding (betere verteerbaarheid van het voer), fokkerij (efficiëntere omzetting van voer in produkten) en verzorging (vermijden dat mineralen door ziekte of stress onbenut het dier verlaten). Via een uitgekien-de rantsoen- en krachtvoersamenstelling kan de fysiologische behoefte ('norm') worden benaderd.
- Het verminderen van de afhankelijkheid van krachtvoer. Dit is een kwestie van fokkerij (grote opnamecapaciteit) en van voederwinning en voeding (ruwvoer met hoge voederwaarde, goede smakelijkheid, etc.). Een goede dosering van krachtvoer levert al veel op.

Vaker melken (bijv. 3 keer per dag) blijkt de voederconversie te verbeteren en de melkproductie te verhogen. Datzelfde geldt voor sommige toevoegmiddelen (toegevoegd aan ruw- of krachtvoer), maar andere toevoegmiddelen blijken nauwelijks effectief of vertonen negatieve bijwerkingen (o.a. op het milieu).

Kenmerkend voor deze strategieën is dus dat ze niet zozeer specifieke emissies beteugelen, alswel de efficiëntie van het gehele produktiesysteem verbeteren en daarmee alle emissies terugdringen.

Tabel 6. Strategieën met betrekking tot vee.

Onderdeel	Code	Strategie
Vee stapel	2a	groter aandeel voer besteden aan produktie
	2b	potentiële conversie van N, P en K verbeteren
	2c	afhankelijkheid van krachtvoer verminderen
Veevoeding	3a	rantsoen optimaliseren
	3b	opname en gelijkmatigheid opname vergroten
	3c	toevoegmiddelen gebruiken
Veeverzorging	4a	leefmilieu optimaliseren
	4b	ziekten en verwondingen voorkomen
	4c	vruchtbaarheid verbeteren/benutten
Melkwinning	5a	vaker melken
	5b	reinigingsmethode en -middelen aanpassen

Op het gebied van mestbewaring en -aanwending zijn vele maatregelen te treffen, die sterk met elkaar samenhangen (tabel 7). Een voldoende grote mestopslag is wel een eerste vereiste om een efficiënte benutting van de mest mogelijk te maken. Verschillende mestopslagsystemen zijn toepasbaar, deels afhankelijk van het toegepaste stalsysteem. Elk van de systemen kan op veel punten worden verbeterd wat betreft emissies: in de stal, bij de bewaring en bij de aanwending. Het is echter nog onduidelijk welk van de geoptimaliseerde systemen de voorkeur verdient.

(Spoel)water veroorzaakt extra ontmenging tijdens de bewaring, vermindert de kwaliteit (mineralengehalten) van de mest en maakt extra opslag nodig. Het verminderen van deze toevoer is daarom een indirecte methode om emissies te beperken.

Het gebruik van toevoegmiddelen en de bewerking van mest tot beter transporteerbare mest of elders te gebruiken produkten staat nog in de kinderschoenen. Mogelijk liggen er praktische toepassingen in het verschiet, maar het is de vraag in hoeverre in de melkveehouderij behoefte zal bestaan aan afvoer van organische mest met bijbetaling van een behoorlijk bedrag.

Aanwending van zowel organische mest als kunstmest in uitgekide en goed gedoseerde hoeveelheden, met een goede aanwendingstechniek en onder de juiste omstandigheden, biedt goede perspectieven om de mineraleninput fors te beperken zonder dat dit ten koste gaat van de produktie. Een verdere verfijning van de bemestingsadviezen is vereist voor een goede afstemming op de bodemgesteldheid en op de specifieke behoefte van het gewas. Optimale omstandigheden in de bodem zorgen ervoor dat het gewas de aanwezige mineralen efficiënt kan benutten.

Tabel 7. Strategieën met betrekking tot mest.

Onderdeel	Code	Strategie
Stal en mestopslag	6a	opslagcapaciteit vergroten
	6b	watertoevoer naar mestopslag verminderen
	6c	optimaal mestopslagsysteem kiezen
	6d/g	mestopslag verbeteren
	6h	toevoegmiddelen gebruiken
	6i	ontstane verliezen opvangen en benutten
Mestbewerking	7a	vergisten
	7b	composteren
	7c	secundair scheiden
Bemesting en bodem	8a	mineralenaanbod afstemmen op gewasbehoefte/-opname
	8b	methode van bemesting verbeteren
	8c	juiste type mest onder goede omstandigheden uitrijden
	8d	bodemeigenschappen en waterhuishouding verbeteren

Tabel 8. Strategieën met betrekking tot gewas.

Onderdeel	Code	Strategie
Teelt voedergewassen	9a	keuze bouwplan en rassen aanpassen
	9b	teeltmethode verbeteren
	9c	oogst en verwerking optimaliseren
Graslandverzorging en-gebruik	10a	grasland verbeteren
	10b	opname-efficiëntie verbeteren (grasland)
	10c	ziekten en plagen optimaal beheersen
	10d	zodebeschadiging voorkomen
	10e	graslandgebruik verbeteren
	10f	gewas- en raskeuze afstemmen op voederbehoefte
Voederwinning en -conservering	11a	veldperiode verkorten
	11b	oogsttechniek optimaliseren
	11c	perssapverliezen opvangen
	11d	eiwitverliezen (NH ₃ -vorming) beperken
	11e	kuilfolie optimaal gebruiken

Voor de teelt van voedergewassen moeten er hoge eisen worden gesteld aan de te gebruiken rassen, de teeltmethoden en het bouwplan. Tussenteelten komen in aanmerking ter beperking van de verliezen van nog in de bouwvoor aanwezige mineralen in herfst- en winterperiode. Oogst, bewaring en vervoeding van de gewassen vereisen veel aandacht.

Ook bij het grasland moeten diverse maatregelen (tabel 8) ervoor zorgen dat een efficiënte benutting van de mineralen samengaat met een goede gewasproductie. Instandhouding van een gesloten zode is vereist. Het graslandgebruik moet worden afgestemd op een grote opname van kwalitatief goed gras, gecombineerd met een relatief geringe puntbelasting door mineralen uit uitwerpselen.

Bij voederwinning en conservering gaat het terugdringen van de winnings- en conserveringsverliezen grotendeels gelijk op met het verbeteren van de ruwvoer-kwaliteit. Een goede ruwvoer-kwaliteit vormt de basis voor een vergrote voeropname en een verminderd krachtvoergebruik. Door adequaat veldwerk kan het vrijkomen van perssap worden voorkomen. Indien dit niet mogelijk is, moet het worden opgevangen. Door maatregelen als het afdekken van kuilen met een gronddek kan het gebruik van kuilfolie worden gehalveerd.

Matrix

De maatregelen zijn in de matrix geplaatst binnen deze strategieën, en genummerd door aan de code van de strategie een getal toe te voegen, bijv. 1b03 of 8a11. Sommige maatregelen zijn verder onderverdeeld in concretere submaatregelen; aan de code wordt dan weer een letter toegevoegd, bijv. 8d5c. De maatregelen moeten dus in samenhang met de codes worden gelezen.

In de matrix wordt per maatregel aangegeven voor welke emissie (of materie-stroom) deze is bedoeld. Vervolgens wordt voor elke maatregel een globale uitspraak gedaan over:

- het stadium van ontwikkeling en toepassing;
- de technische inpasbaarheid en de bedrijfseconomische gevolgen;
- het gemeten of te verwachten effect op de emissies waarvoor de maatregel is bedoeld.

Indien bekend, worden tevens neveneffecten voor natuur en landschap, energie- en grondstoffenverbruik en andere neveneffecten vermeld in een toelichting. Tot slot wordt aangegeven welke knelpunten en vragen eerst opgelost moeten worden voordat toepassing kan plaatsvinden of kan worden gestimuleerd; daarbij wordt ook vermeld welk type onderzoek nodig is. Dit kan variëren van laboratoriumonderzoek of ontwikkeling van simulatiemodellen tot waarnemingen op praktijkbedrijven en proefbedrijven. Bijlage 3 geeft een verdere toelichting op de beoordeling en de gebruikte codes.

Met nadruk zij hier vermeld dat de beoordeling van de maatregelen nogal subjectief is. De matrix is voorgelegd aan een aantal medewerkers van de bij de verkennings-

groep betrokken instellingen, zodat een 'intersubjectief' beeld is ontstaan. De tijd ontbrak echter om elke maatregel, mede op basis van literatuuronderzoek, grondig te evalueren. Voorlopig is dat geen probleem. Het gaat hier immers niet om een eindoordeel over de afzonderlijke maatregelen, maar juist om een eerste inventarisatie. Doel is vooral een duidelijker beeld te creëren aan wat voor soort maatregelen kan worden gedacht, wat globaal het perspectief ervan is en welke prioriteiten moeten worden gesteld bij het verdere onderzoek.

Het is dus gewenst dat er een vervolgstudie komt waarin de matrix verder wordt aangevuld, gedocumenteerd en waar mogelijk gekwantificeerd. Daarbij zal vooral aandacht moeten worden besteed aan de onderbouwing van de voorgestelde maatregelen op basis van beschikbare onderzoeksresultaten.

Het zal bij het doornemen van de matrix wellicht verrassen dat veel maatregelen behoren tot de gebruikelijke adviezen van de voorlichting en vaak ook tot de gangbare praktijk in de melkveehouderij. De zin van veel maatregelen is al lang bekend. Wat maakt ze dan bijzonder? Bijzonder is veel meer de manier waarop de maatregelen hier worden bekeken: niet alleen vanuit hun effect op bedrijfstechnische en -economische resultaten, maar ook en vooral op hun milieutechnische merites. Centraal staat steeds de vraag hoe de efficiëntie van het mineralengebruik op het bedrijf kan worden verbeterd.

Uit de matrix blijkt voorts dat de technische en economische aspecten van veel maatregelen redelijk kunnen worden beoordeeld, maar dat de milieu-effecten in de meeste gevallen onvoldoende of helemaal niet zijn onderzocht. Zelfs van maatregelen die - om bedrijfstechnische of economische redenen - algemeen worden toegepast, bestaat veelal niet meer dan een kwalitatieve indruk omtrent het effect op mineralenverliezen.

Een optimistisch stemmende conclusie uit de matrix is dat voor praktisch iedere emissie meerdere maatregelen beschikbaar zijn. Verder blijkt een groot aantal maatregelen beschikbaar waarvan een positief effect op emissies mag worden verwacht en die op veel bedrijven technisch en economisch inpasbaar zijn. Er moet wel worden bedacht dat economische inpasbaarheid een relatief begrip is: er wordt een uitspraak gedaan binnen de huidige prijsverhoudingen. Bij hogere prijzen voor inputs als kunstmest en krachtvoer zouden veel meer maatregelen economisch inpasbaar worden.

De matrix doet echter nog geen uitspraak hoe ver de emissies met deze maatregelen kunnen worden teruggedrongen.

3.3 Pakketten van maatregelen

Hoe zinvol zijn die maatregelen? Het effect van afzonderlijke maatregelen kan bij ondoordachte toepassing bijzonder gering zijn. Een voorbeeld: het afdichten van de drijfmestopslag hoeft op zich niet te leiden tot minder stikstofverlies uit het hele systeem. Want als de beter bewaarde en dus stikstofrijkere mest wordt uitgereden onder ongunstige omstandigheden of in het najaar, gaat die stikstof alsnog verloren. Er moet dus worden gezocht naar een combinatie van een betere mestopslag en een betere manier van uitrijden, bijvoorbeeld afdichten van mestopslag plus injecteren van drijfmest in het voorjaar. En pas als de boer daarbij rekening houdt met die extra stikstof uit organische mest en dus minder kunstmest strooit, nemen de verliezen - meetbaar op de mineralenbalans - af.

Een strategie waarin melkveebedrijven worden verplicht tot het uitvoeren van een beperkt aantal eenvoudig controleerbare maatregelen kan dus niet erg effectief zijn.

Een essentieel punt is daarom dat de meeste maatregelen vooral effect hebben als zij deel uitmaken van een samenhangend pakket, waarvan de maatregelen elkaar aanvullen en versterken.

Er is nog een ander argument waarom pakketten de voorkeur verdienen boven afzonderlijke maatregelen: de inpasbaarheid en de effectiviteit van de maatregelen verschillen sterk van bedrijf tot bedrijf. Ook de optimale combinatie van maatregelen zal daarom per bedrijf verschillen.

De afzonderlijke maatregelen moeten dus vooral worden gezien als bouwstenen voor 'milieu-pakketten'. Uit de ca. 225 afzonderlijke maatregelen zijn oneindig veel pakketten samen te stellen. De uitdaging is nu om daaruit per bedrijf een optimaal pakket te kiezen, afhankelijk van de gestelde milieu-eisen en van grondsoort, verkaaveling, bedrijfsstructuur en dergelijke. Daarbij komen als eerste die maatregelen in aanmerking die kosten besparen doordat ze de inputs flink terugdringen; vervolgens komen de maatregelen aan de beurt waarvan de kosten relatief gering zijn ten opzichte van de besparingen. Een volgende uitdaging is de melkveehouder die zijn emissies omlaag moet en wil brengen, van voldoende informatie te voorzien over de voor zijn bedrijf geschikte mogelijkheden.

Kortom, tegenover een aanpak die de veehouder noopt tot dure investeringen in 'systeemvreemde' technieken, stelt de verkenningsgroep een benadering voor waarin de nadruk wordt gelegd op:

- maatregelen die aansluiten bij de agrarische praktijk en zich richten op verbetering van het agrarisch productieproces zelf;
- verhoging van de mineralenbenutting (verbetering van de mineralenefficiëntie) en daardoor besparing van kosten;
- maatregelen als bouwstenen voor samenhangende pakketten;
- een individuele invulling per bedrijf.

Op het gebied van samenhangende pakketten, geoptimaliseerd per individueel bedrijf, is nog weinig onderzoek verricht. De milieu-effecten van pakketten zijn alleen kwalitatief bekend. Het verdient aanbeveling in een verkennend onderzoek ervaring op te doen met het samenstellen en het technisch, economisch en milieukundig doorrekenen van pakketten. De voorbeeldberekening in de rest van deze paragraaf geeft een richting aan.

Voorbeeldberekening

Ter illustratie van de mogelijkheden van de 'pakketten-benadering' heeft de verkenningsgroep enkele afzonderlijke maatregelen en een paar kleine pakketten doorgerekend. Bij deze verkenning is uitgegaan van het gemiddelde gespecialiseerde melkveebedrijf op zandgrond uit de LEI-steekproef (een meerjarig gewogen gemiddelde, representatief voor de huidige praktijk). De kenmerken van dit bedrijf zijn weergegeven in § 2.2 (tabellen 2 en 3, tweede kolom).

Om de berekeningen te kunnen uitvoeren met bestaande programmatuur moest het bedrijf op enige onderdelen iets worden gewijzigd. Er moest bijvoorbeeld worden gekozen voor een beweidingssysteem; hier wordt verondersteld dat het melkvee in de zomerperiode dag en nacht buiten loopt en dan geen ander ruwvoer dan gras krijgt aangeboden (O4); de op het bedrijf aanwezige mais wordt dus gevoerd in de winterperiode. Deze wijzigingen hebben nauwelijks gevolgen voor produktiekosten en mineralenbalans van het bedrijf, dus het blijft representatief. De boekhoudkundige realiteit van dit bedrijf - berekende produktiekosten, berekend arbeidsinkomen en berekende mineralenbalans - noemen we dan ook 'praktijk'.

Op dit bedrijf hebben we vervolgens diverse maatregelen ingepast. De gevolgen hiervan voor bedrijfsvoering en inkomen zijn berekend met het Bedrijfsbegrotingsprogramma Rundveehouderij (BBPR). Om de stikstofverliezen vast te stellen is gebruik gemaakt van het mineralenbalansprogramma waarmee ook de balansen in § 2.2 zijn berekend.

Allereerst is berekend hoe het bedrijf en de bedrijfsresultaten eruit zouden zien als volgens de norm bemest, ruwvoer geproduceerd en gevoerd wordt; deze situatie noemen we 'norm A'. De daarbij gebruikte normen komen overeen met "Normen voor de voederverziening" (Rompelberg e.a. 1984). Vervolgens is op dat bedrijf van norm A voor zes maanden extra mestopslag gebouwd om een goede onderlinge vergelijking van de verschillende maatregelen en pakketten mogelijk te maken; het bedrijf wordt dan betiteld als 'norm B'. Let wel, het gebruik van de mest is daarmee niet veranderd; norm B scoort qua stikstofverlies dus ook niet beter dan norm A (zie tabel 9).

Daarna zijn enkele maatregelen uit de matrix (bijlage 3) onafhankelijk van elkaar ingepast in het bedrijf volgens norm B. De maatregelen zijn geselecteerd uit de verschillende 'bedrijfsonderdelen' (zie tabel 4). Een reden om juist deze maatregelen te

kiezen was bovendien de verwachting dat ze een duidelijk effect hebben op inkomen en milieu en dat het BBPR er een redelijk betrouwbare uitspraak over doet. Het betreft de volgende maatregelen:

- M1: verlagen van de stikstofbemesting op grasland van 400 naar 300 kg/ha op jaarbasis.
 - M2: 's nachts opstallen van het melkvee in de weideperiode waarbij per koe per dag 4 kg droge stof uit snijmais wordt bijgevoerd (B4+4).
 - M3: injecteren van de drijfmest in het groeiseizoen.
 - M4: verhogen van de melkproduktie per koe van 5550 naar 7000 kg.
- Vervolgens zijn, eveneens uitgaande van het bedrijf van norm B, enige van deze maatregelen gelijktijdig ingebouwd, als kleine pakketten:
- P1: verlagen van de stikstofbemesting en injecteren van de drijfmest (M1+M3).
 - P2: 's nachts opstallen van het vee en injecteren van de drijfmest (M2+M3).
 - P3: alle vier maatregelen (M1+M2+M3+M4).

Tabel 9. Effecten van afzonderlijke maatregelen en pakketten van maatregelen op arbeidsinkomen en stikstofverlies.

Systeem	Maatregel(en)	Arbeidsinkomen		Stikstofverlies	
		gld./bedrijf	relatief	kg/ha	relatief
Praktijk	LEI-steekproef	42.900	87	470	110
Norm A	op de norm bemesten/voeren	59.100	119	426	100
Norm B	norm A + mestopslag	49.500	100	426	100
M1	norm B + 300 kg N	46.300	94	358	84
M2	norm B + B4+4	43.800	88	398	93
M3	norm B + injectie	49.000	99	393	92
M4	norm B + 7000 kg per koe	71.000	143	398	93
P1	norm B + 300 kg N + injectie	45.500	92	332	78
P2	norm B + B4+4 + injectie	43.100	87	358	84
P3	norm B + 300 kg N + B4+4 + injectie + 7000 kg per koe	63.900	129	287	67

Bij het uitvoeren van de berekeningen is gebleken dat de bestaande modellen van het PR op een aantal punten minder geschikt zijn voor dit doel. Het BBPR gaat er bijvoorbeeld van uit dat een koe met een melkproduktie van 7000 kg evenveel mest produceert als een koe met een produktie van 5550 kg, terwijl ook de mineralengehalten gelijk zijn. Bijgevolg koopt het programma teveel P en K (en eigenlijk ook wat teveel N) aan. Ook op andere punten is gebleken dat het programma niet geschikt is om de effecten van deze maatregelen op het fosfaat- en kaliumverlies te berekenen. In tabel 9 zijn derhalve geen resultaten voor P en K opgenomen. Uit de oriënterende berekeningen is overigens wel naar voren gekomen dat de effecten op

het fosfaat- en kaliumverlies heel anders kunnen zijn dan die op het stikstofverlies. Dit onderstreept nog eens dat de pakketten zorgvuldig moeten worden samengesteld.

Kortom, de beschikbare programma's zijn afgestemd op bedrijfseconomische en arbeidstechnische doelstellingen en niet ontworpen voor het berekenen van milieu-gevolgen. De in tabel 9 vermelde resultaten van de berekeningen geven daarom niet meer dan een indicatie van de te verwachten effecten op de stikstofverliezen. Toch meent de verkenninggroep het volgende te kunnen opmerken:

- Er bestaat een zeer groot verschil tussen de bedrijfsresultaten die haalbaar worden geacht (norm A) en de resultaten die worden geboekt op het gemiddelde huidige bedrijf ('praktijk'). Dát deze norm haalbaar is, mag blijken uit het feit dat zo'n 10 à 20% van de bedrijven erin slaagt gunstiger te werken dan deze norm veronderstelt⁵⁾. Het halen van de norm is bijvoorbeeld problematisch voor slecht verkavelde bedrijven en in jaren met ongunstige weersomstandigheden; voor de meeste zandbedrijven en in de meeste jaren zijn deze belemmerende factoren niet dominant. Het is te concluderen dat zeer veel bedrijven gelijktijdig veel kunnen verdienen voor het inkomen en voor het milieu.
- Het bouwen van extra mestopslag voor 6 maanden (norm B) betekent een aanzienlijke aanslag op het arbeidsinkomen. Een voordeel ervan is dat de mest op een gunstiger tijdstip kan worden uitgereden, waarmee ook kosten kunnen worden bespaard, maar dat effect is in deze berekening niet ingecalculeerd bij norm B. Evenmin is rekening gehouden met de (aanzienlijke) subsidies op mestopslag.
- Verlaging van de stikstofbemesting met 25% (M1) resulteert in een aanzienlijke reductie van het stikstofverlies en heeft slechts een gering effect op het inkomen. Het mineralenverlies dat door de extra aankoop van ruwvoer 'elders' plaatsvindt, blijft in de balans echter buiten beschouwing. Maar de balans laat ook buiten beschouwing dat door de lagere stikstofgift minder herinzaai nodig is en dat daardoor de mineralenverliezen op het bedrijf worden beperkt.
- 's Nachts opstallen van het vee (M2) verkleint het inkomen enigszins en heeft een gering gunstig effect op het stikstofverlies (ca. 7% reductie).
- Injectie van drijfmest (M3) blijkt vrijwel kostendekkend te zijn. De extra kosten worden goeddeels gecompenseerd door de besparing op kunstmest. Het effect op het totale stikstofverlies is niet erg groot (ca. 8% reductie), maar belangrijk is dat het verlies in de vorm van ammoniak sterk wordt gereduceerd.
- Het verhogen van de melkproduktie per koe (M4) is uit financieel oogpunt zeer aantrekkelijk en heeft een gering gunstig effect (ca. 7%) op het stikstofverlies.

⁵⁾ In 1984/85 resp. 1985/86 bleek resp. 22 en 9 % van de gespecialiseerde melkveebedrijven op zandgrond in de LEI-steekproef lagere voerkosten te hebben dan de normatief begrote voerkosten (De Hoop, mond. med.)

- De verschillen tussen pakketten van maatregelen kunnen erg groot zijn. De eerste twee pakketten van maatregelen (P1 en P2) pakken in vergelijking met 'norm B' gunstig uit voor het stikstofverlies (22 resp. 16%), maar niet voor het inkomen. Het derde pakket (P3) geeft echter aan dat een uit milieu-oogpunt gunstig pakket ook bedrijfseconomisch aantrekkelijk kan zijn: ten opzichte van norm B 33% minder stikstofverlies en 29% inkomenswinst. Let wel, de grote winst die voortvloeit uit de produktieverhoging per koe wordt hier deels benut voor de financiering van andere maatregelen. Met andere woorden, de betere prestatie op het bedrijf wordt niet evenredig beloond in het inkomen, maar deels in het inkomen en deels in een ten opzichte van de huidige situatie met ca. 39% teruggebracht stikstofverlies.
- Het is aannemelijk dat met een vollediger en verder geoptimaliseerd pakket maatregelen een sterkere reductie van het stikstofverlies mogelijk is zonder dat het inkomen sterk achteruit gaat. Dit geeft aan dat - in ieder geval op het gemiddelde melkveebedrijf op zandgrond - een halvering van het stikstofverlies technisch mogelijk is bij een op z'n minst gelijkblijvend inkomen.

4. AANPAK IN HET ONDERZOEK

Hoofddoel van het onderzoek is te weten te komen met welke pakketten maatregelen de emissies in concrete bedrijfssituaties zo doelmatig, inpasbaar en goedkoop mogelijk kunnen worden teruggedrongen tot een acceptabel niveau. Dat roept de volgende vragen op:

- Welke milieu-kengetallen zijn in de praktijk bruikbaar?
- Hoe kunnen emissies snel en betrouwbaar worden gemeten, met name in bedrijfssituaties?
- Wat is de waarde van afzonderlijke maatregelen en van pakketten maatregelen?
- Hoe kan informatie over maatregelen toegankelijk en hanteerbaar worden gemaakt?
- Wat zijn de consequenties van verschillende strategieën op regionaal en nationaal niveau?

We lichten deze taken achtereenvolgens toe. Daarna gaan we in op de uitvoering van het onderzoek.

4.1 Milieu-kengetallen

Met de mineralenbalansen (§ 2.2) hebben we laten zien dat het mogelijk is om milieuproblemen hanteerbaar te maken op bedrijfsniveau door ze te beschrijven als mineralenverliezen. In de modelverkenningen (§ 3.3) werd duidelijk dat de mineralenverliezen aanzienlijk zijn terug te dringen. Daarbij bleek het mogelijk om met het bestaande bedrijfsbegrotingsprogramma rundveehouderij (BBPR) en met daarop gebaseerde mineralenbalansen uitspraken te doen over inkomenseffecten én milieueffecten van deelmaatregelen en pakketten.

Via de mineralenbalans ontstaan dus kengetallen zoals mineralenverlies per ha of per ton melk. Met behulp van deze kengetallen kan het effect van veranderingen in input of output op de milieubelasting door één bedrijf worden geanalyseerd. Bovendien kunnen gelijksoortige bedrijven aan de hand van die kengetallen worden vergeleken. Maar daarmee hebben we nog niet de beschikking over een milieukengetal waarmee we alle, dus ook ongelijksoortige, bedrijven kunnen vergelijken. Via inputs als ruwvoer en krachtvoer worden immers de 'indirecte' mineralenverliezen niet meegerekend (zie ook § 2.2).

Om een goede vergelijking van verschillende typen bedrijven mogelijk te maken zijn algemeen toepasbare milieukengetallen nodig. Deze kengetallen zijn niet alleen nodig voor het onderzoek aan bedrijfssystemen, maar ook voor het beleid. De over-

heid heeft nu nog alleen algemene, globale doelstellingen op sectorniveau geformuleerd, zoals halvering van de ammoniakemissie (zie § 2.3). Die doelstellingen zullen moeten worden vertaald naar het bedrijfsniveau, zodat er voor het bedrijf hanteerbare milieunormen ontstaan.

Het is de taak van het onderzoek om hiertoe praktisch bruikbare milieukengetallen te ontwikkelen. Deze kengetallen moeten zoveel mogelijk zijn gebaseerd op harde boekhoudkundige en bedrijfstechnische gegevens. Bedrijfseconomische kengetallen kunnen daarbij als voorbeeld dienen. Naast getallen die een bepaald aspect van het bedrijf karakteriseren, zoals 'kg krachtvoer per kg melk', zijn daarbij kengetallen nodig die het hele bedrijfssysteem karakteriseren, zoals 'mineralenverlies per ha'. Behalve theoretische onderbouwing vereisen deze kengetallen ook toetsing in de praktijk: hoe pakken ze uit voor sterk uiteenlopende bedrijven?

Het onderzoek zal ook moeten speuren naar een methode om de genoemde indirecte mineralenverliezen te betrekken bij het opstellen van de mineralenbalans. Bij de tot nu toe gehanteerde benadering komen de mineralenverliezen die ontstaan bij de productie van op het bedrijf geïmporteerde voeders en meststoffen voor rekening van de producent en niet voor rekening van het importerende melkveebedrijf. Een bedrijf met veel ruwvoeraankoop heeft zo naar verhouding minder verliezen dan een bedrijf dat zelfvoorzienend is op het gebied van ruwvoer. Hoe kunnen deze indirecte verliezen correct worden verrekend? Er is hier een parallel te zien met de analyses van indirect energieverbruik, zoals die in de jaren '70 zijn ontwikkeld (o.a. Leach 1976).

Het onderzoek zou voorts, zoals al aangeduid in § 2.2, via kengetallen moeten nagaan hoe groot de spreiding is tussen bedrijven qua milieubelasting en mineralen-efficiëntie. Langs die weg kunnen ook bedrijven met extreem hoge en lage emissies worden opgespoord. Een nadere analyse kan dan de oorzaken van de verschillen aan het licht brengen. Een eerste ingang voor een dergelijke speuractie vormen de LEI-steekproefbedrijven.

4.2 Meetmethoden

Speciale aandacht verdient onderzoek naar methoden om emissies snel en betrouwbaar te meten. Niet alleen voor het onderzoek in experimentele situaties, maar ook voor het onderzoek op proef- en praktijkbedrijven en voor de toetsing van milieukengetallen is een verdere ontwikkeling van onderzoeksmethodieken noodzakelijk. Zo kleven aan de tot nu toe ontwikkelde veldmethoden voor denitrificatiemeting nog diverse bezwaren. Ook is er dringend behoefte aan geautomatiseerde methoden voor continu-meting van ammoniak.

Veel meer dan in het verleden het geval is geweest, zal moeten worden gezocht naar methoden om het totaal van alle emissies te bepalen. Bij deze totaalbenadering

zullen de verschillende emissies tegelijkertijd onder praktijkomstandigheden moeten worden gemeten. Het gaat dus om het 'rondom' meten van alle verliezen op het bedrijf. Het onderzoek van de werkgroep Stikstofstromen op grasland beperkt zich nog tot verliezen op individuele percelen, maar vormt een aanzet. Via rekenmodellen kunnen de gemeten verliezen worden vertaald naar het hele bedrijf over het hele jaar. Daarmee moet uiteindelijk het volledige overschot op de mineralenbalans worden toegerekend. Emissiemetingen en mineralenbalans moeten immers leiden tot hetzelfde eindresultaat.

Einddoel van dergelijk onderzoek is om het overschot op de mineralenbalans van proef- en praktijkbedrijven toe te kunnen delen aan de verschillende emissies. Via eenvoudige 'steekproefmetingen' moet een uitspraak kunnen worden gedaan over de aandelen van ammoniakvervluchtiging, uit- en afspoeling, denitrificatie en ophoping in het totale mineralenverlies.

4.3 Afzonderlijke maatregelen

In hoofdstuk 3 is op grond van de matrix met maatregelen geconstateerd dat nog onvoldoende kwantitatieve informatie beschikbaar is over de effecten van de afzonderlijke maatregelen, vooral over de milieu-effecten ervan. Het is echter niet mogelijk op korte termijn de ontbrekende kennis van alle maatregelen op te sporen. Daarom heeft de verkenningsgroep gezocht naar categorieën van maatregelen, waarvan:

- een sterke vermindering van de emissies wordt verwacht;
- de invloed op de kostprijs van de melk positief, neutraal of weinig negatief is;
- de gewenste informatie binnen afzienbare tijd kan worden verkregen.

Op grond van deze criteria wordt een hoge onderzoeksprioriteit toegekend aan de maatregelen die behoren tot de in tabel 10 vermelde aandachtsgebieden.

Het hier bedoelde onderzoek sluit voor een groot deel aan bij lopend en verricht onderzoek; dat ligt ook voor de hand: de meeste maatregelen sluiten immers aan bij de agrarische praktijk. Het is echter belangrijk dat in een veel groter deel van lopende en nieuwe onderzoeksprojecten systematisch aandacht wordt besteed aan de effecten op emissies en mineralenefficiëntie.

Voor veel van de in tabel 10 genoemde categorieën is niet de vraag of er uitvoerbare maatregelen zijn, maar hoe de desbetreffende maatregelen zo goed mogelijk kunnen worden ingevuld. Er moet in het onderzoek dus worden gezocht naar een invulling van maatregelen die optimaal is in bedrijfseconomisch, bedrijfstechnisch en milieukundig opzicht. Aangezien het optimum mede afhangt van de bedrijfsomstandigheden, zal per maatregel ook moeten worden aangegeven onder welke omstandigheden hij inzetbaar is en welke invulling ervan dan optimaal is.

Tabel 10. Categorieën van maatregelen met een hoge onderzoeksprioriteit.

-
- *Beperken van de hoeveelheid mineralen in de mest (faeces en urine):*
 - vervangen van een deel van het gras in het rantsoen door ruwvoerders met een laag mineralengehalte, bijv. snijmais of voederbieten;
 - beperken van de concentraties niet-benodigde mineralen in krachtvoer;
 - verhogen van het benuttingspercentage van het voer door het vee, bijv. door een optimaal melkproductieniveau (liters, vet, eiwit) en een optimale levensduur;
 - verbeteren van de benutbaarheid van het voer, bijv. door het verbeteren van de ruwvoer kwaliteit.
 - *Verbeteren van de benutting van de mineralen aanwezig in mest:*
 - verbeteren van mestafvoer- en mestopslagsystemen en vergelijken van deze (geoptimaliseerde) systemen;
 - verbeteren van de methode en het tijdstip van uitrijden van mest;
 - beperken van het aantal uren weidegang;
 - beperken van de beweiding in het najaar.
 - *Vergroten van het bufferend vermogen van de bodem:*
 - verbeteren van de structuur van de bodem;
 - verbeteren van de beheersbaarheid van de vochtvoorziening;
 - vergroten van de dikte van de bouwvoor;
 - optimaliseren van het organische-stofgehalte van bouwland;
 - verminderen van de grondbewerking.
 - *Verbeteren van de benutting van mineralen door gewassen:*
 - verbeteren van de zodekwaliteit;
 - afstemmen van de bemesting op de mineralenbehoefte van gewassen door het ontwikkelen van perceelsgerichte bemestingsadviesystemen en van bijbehorende bemonsteringstechnieken;
 - verminderen van het nagestreefde productieniveau;
 - kiezen van gewassen/rassen die goed produceren bij een laag bemestingsniveau, o.a. doordat ze een hoog percentage van de beschikbare mineralen opnemen;
 - zaaien van bodembedekkers die in perioden met neerslagoverschot ook bij lagere temperaturen mineralen opnemen.
 - *Beperken van oogst- en conserveringsverliezen:*
 - verbeteren van het graslandgebruik;
 - verbeteren van oogst- en conserveringsmethoden;
 - *Beperken van vervoederingsverliezen:*
 - verbeteren van de aanbodstrategie.
-

Een voorbeeld kan dit verduidelijken. In de loop van de zestiger jaren zijn drijfmestsystemen vooral op arbeidstechnische gronden als optimaal naar voren gekomen. Vooral om economische redenen (o.a. dalende kunstmestprijzen) is in het onderzoek weinig aandacht meer besteed aan de benutting van drijfmest. Ook het milieu-onderzoek rond mest, dat in de zeventiger jaren opkwam, richtte zich eerst vooral op de effecten van excessieve mestgiftten. Het onderzoek naar mestinjectie werd opgestart vanwege stankbestrijding en niet vanwege mestbenutting. Wat nu nodig is, is allereerst het verbeteren van de bestaande mestbewaringssystemen en van de bijbehorende aanwendingstechnieken om de mestbenutting te optimaliseren. Verder is een herwaardering nodig van de geoptimaliseerde systemen in arbeidstechnisch, bedrijfseconomisch en milieukundig opzicht. Daarbij moeten de verliezen in de hele 'mestketen' worden ingecalculeerd en moet ook de inpasbaarheid in verschillendsoortige bedrijven (bijv. wel of geen bouwland) aan de orde komen.

Om aan de in tabel 10 genoemde 'doelstellingen' te kunnen voldoen moeten ook bestaande bedrijfstechnische en -economische kengetallen, normen en waarderingsystemen aan een kritisch onderzoek worden onderworpen. Enkele voorbeelden:

- In de waardering van grasrassen zal aan beworteling, eiwitgehalte, eiwitbestendigheid en gehalte oplosbare koolhydraten (een groter) gewicht moeten worden toegekend.
- Er is een herziening nodig van de adviesnormen voor voeding en bemesting met het oog op het beperken van mineralenverliezen.

Een taak voor het onderzoek is voorts het verder invullen, aanvullen (meer kolommen, literatuurverwijzingen) en uitbreiden van de matrix (meer maatregelen) en het toegankelijk maken van de matrix voor gebruikers. Bovendien moeten technische, economische en milieukundige effecten zo worden beschreven dat ze modelmatig kunnen worden verwerkt.

4.4 Pakketten

Afzonderlijke maatregelen zijn, zo was een conclusie van hoofdstuk 3, vooral belangrijk als bouwstenen voor samenhangende pakketten. Ook het onderzoek kan zich dus niet beperken tot afzonderlijke maatregelen. De relaties tussen de verschillende maatregelen in de bedrijfsvoering zijn dermate complex, dat een behoorlijk deel van de inspanning juist gericht zal moeten worden op het onderzoeken van de gebruikswaarde van kleinere en grotere pakketten die:

- optimaal aansluiten bij de specifieke bedrijfsomstandigheden van individuele melkveebedrijven;
- leiden tot een zodanige emissiebeperking dat de bedrijven kunnen voldoen aan de milieu-randvoorwaarden;
- het arbeidsinkomen ten goede komen of althans zo weinig mogelijk benadelen.

Het onderzoek kan plaatsvinden door geleidelijke optimalisering van een pakket of door directe vergelijking van (kleine) pakketten. Zo kan een pakket met daarin het bijvoeren van mais (en dus ook extra maisland) worden vergeleken met een pakket waarin het stikstofoverschot bij beweiding wordt teruggedrongen door het verlagen van de stikstofbemesting (en dus ook van de graslandproductie).

In dit verband is ook een belangrijke vraag met welke systematiek voor ieder bedrijf een optimaal pakket kan worden samengesteld. Via welke analytische en synthetische route kan, met behulp van de verzamelde kennis over maatregelen en pakketten, per bedrijf een toegesneden pakket worden opgebouwd?

De exercitie in § 3.3 geeft een richting aan hoe pakketten kunnen worden doorerekend op hun bedrijfstechische en -economische gevolgen en consequenties voor het milieu. Voor een snelle en adequate uitvoering van dergelijke berekeningen is het noodzakelijk dat modellen/computerprogramma's verder worden ontwikkeld, opdat deze gevolgen in één bewerking kunnen worden doorerekend. Het informatie- en rekensysteem zou zo moeten worden ingericht, dat ondernemer en bedrijfsvoorlichter verkennenderwijs optimale pakketten kunnen samenstellen.

4.5 Scenario's op regionaal en nationaal niveau

De voorgaande voorstellen voor onderzoek richten zich vooral op het beperken van de emissie op bedrijfsniveau. Op dit niveau blijkt echter een deel van de milieulast te worden afgewenteld op andere bedrijven, met name door het aankopen van voer of het verkopen van mest. Bovendien kunnen dezelfde emissies in de ene regio zwaarder tellen dan in de andere. Zo is de uitspoeling van dezelfde hoeveelheid nitraat op zandgrond minder acceptabel dan op veengrond, omdat onder zandgrond vaak drinkwater wordt gewonnen en de denitrificatie in de ondergrond er minder zal zijn dan op veengrond. Ook de aanwezigheid van kwetsbare natuurgebieden kan belangrijk zijn bij de beoordeling van de schadelijkheid van een emissie.

In studies op regionaal niveau kunnen dergelijke tekortkomingen worden overwonnen. Maar de gevolgen van interregionale uitwisseling van voer en mest en van regionale specialisatie kunnen daarbij niet worden geanalyseerd.

Daarom is het zinvol scenario's te ontwikkelen waarin Nederland als één geheel wordt beschouwd en waarin verschillende strategieën voor het volmelken van het nationale quotum worden uitgewerkt. Met dergelijke berekeningen kan bijvoorbeeld worden onderzocht wat de voor- en nadelen zijn van het aanwijzen van bepaalde

gebieden tot intensieve produktiegebieden en van andere tot 'verwevingsgebieden'. Ook zou in een dergelijke studie aandacht kunnen worden besteed aan een uitwisseling tussen akkerbouw- en veeteeltbedrijven waarbij de akkerbouwer optreedt als producent van veevoergrondstoffen en als afnemer van dierlijke mest. Hierdoor kan de landelijke import van krachtvoer en kunstmest worden beperkt, hetgeen voordelig is voor de nationale mineralenbalans.

Overigens is voor een goed scenario ook inzicht nodig in de mineralenbalansen van intensieve-veehouderijbedrijven en van akker- en tuinbouwbedrijven.

4.6 Uitvoering van het onderzoek

Het theoretisch en statistisch onderzoek (onderzoek naar milieukengetallen, analyse van groepen bedrijven met behulp van deze getallen, rekenen aan regionale en nationale scenario's) is een type onderzoek waaraan bij voorkeur verschillende instellingen moeten deelnemen. Ook het 'rondom' meten van emissies op bedrijven en het in de praktijk toetsen van uitkomsten van modelbenaderingen zijn vormen van onderzoek waarin verschillende instellingen moeten samenwerken.

Het benodigde onderzoek naar afzonderlijke maatregelen is deels al opgestart, maar er is meer nodig. Gedeeltelijk kan het worden uitgevoerd binnen lopende onderzoekprojecten. Daarbij moeten dan niet alleen de gebruikelijke bedrijfstechnische en -economische, maar ook milieutechnische aspecten worden onderzocht. Voor zover het verzamelen van de benodigde kennis niet mogelijk is binnen de lopende onderzoekprojecten, zal nieuw onderzoek moeten worden gestart bij instituten en proefstations.

Over de manier waarop het onderzoek naar afzonderlijke maatregelen gestalte zou kunnen krijgen, is in de matrix (bijlage 3) een kolom opgenomen (kolom 12). Door middel van een lettercode wordt aangegeven naar welk type onderzoek de gedachten uitgaan. Bijv. een 'b' staat voor 'onderzoek op praktijkbedrijven'.

In bedrijfsverband kan ook onderzoek worden verricht naar pakketten van nauw samenhangende maatregelen, waarmee een deel van de bedrijfsvoering wordt aangepast. Zo kan op een afdeling van de Waiboerhoeve, de proefboerderij van het PR, een ingrijpende technische maatregel zoals een verlaging van het N-niveau tot 300 of 100 kg per jaar, worden bestudeerd binnen de samenhang van een compleet bedrijf.

Onderzoek naar meer omvattende bedrijfspakketten kan deels gebeuren door modellering en het gebruik van optimaliseringsprogramma's. Milieubiologie (RU Leiden) en het LEI hebben al enige ervaring opgedaan met scenario-onderzoek naar de Nederlandse landbouw. Ook op het CABO wordt een scenario-studie uitgevoerd, in dat geval naar ruwvoerproductiesystemen. Het is echter noodzakelijk dat veelbelovende pakketten voor uiteenlopende situaties worden getoetst binnen de

samenhang van een compleet bedrijf, dus op proefbedrijven. Deze bedrijven moeten dan in hun totaliteit worden bestudeerd.

Bij de keuze van proefbedrijven moet rekening worden gehouden met de herkenbaarheid voor de praktische landbouw. Dat betekent o.a. dat de bedrijfsomvang moet overeenstemmen met die van levensvatbare melkveebedrijven. En omdat per grondsoort een ander pakket optimaal is, moeten er proefbedrijven zijn op verschillende grondsoorten: op hoge zandgronden, in veenweidegebieden, etc. Dat maakt het noodzakelijk dat meerdere proefbedrijven zich gaan richten op de toetsing van milieugerichte pakketten.

Ook (particuliere) praktijkbedrijven kunnen een rol spelen in het onderzoek naar maatregelen en pakketten, wanneer zij worden voorzien van een goede mineralenboekhouding. Daarbij is te denken aan een vergelijkbare opzet als bij stikstofproefbedrijven, met advisering, begeleiding, beschrijvend onderzoek, rapportage en af en toe een open dag. Daarnaast kan worden gedacht aan het opzetten van milieustudieclubs van ondernemers die voorloper (willen) zijn op milieugebied. Ervaringen van ondernemers, voorlichters en onderzoekers kunnen zo worden uitgewisseld. Bovendien kunnen de resultaten van dergelijke bedrijven waardevolle informatie leveren over de inpasbaarheid en de effectiviteit van maatregelen en pakketten. Het beleid zou dergelijke studieclubs kunnen ondersteunen door bepaalde experimenten en investeringen te subsidiëren.

De pakketten van maatregelen waar we het hiervoor over hebben gehad - te onderzoeken op Waiboerhoeve, regionale onderzoekcentra (ROC's), praktijkbedrijven e.d. - betreffen qua emissiebeperking betrekkelijk 'kleine stappen'. Waarschijnlijk kan hier een verbetering voor het milieu samengaan met handhaving of zelfs verbetering van het economisch rendement.

Daarnaast moeten één of meer bedrijven de 'grote sprong' wagen naar de te verwachten stringenter milieueisen van de toekomst. De verkenningsgroep stelt daarom voor dat PR, CLM en CABO de voorbereiding starten van een proef- en demonstratiebedrijf dat zich ten doel stelt economisch te produceren binnen de voorziene stringente eindnormen van het milieubeleid (niet te verwarren met de fosfaatsnormen van de mestwetgeving). Een eerste proefbedrijf zal gesitueerd moeten zijn op zandgrond, omdat daar de milieuproblemen het meest manifest zijn⁶⁾. Behalve aan bedrijfstechnische en -economische resultaten zal hier zo volledig mogelijk moeten worden gemeten aan mineralenverliezen, zowel via mineralenbalansen als via directe emissiemetingen. Verder zal het bedrijfsstelsel voortdurend moeten worden ontwikkeld en geoptimaliseerd, gebruik makend van de nieuwste inzichten op teelt-, bedrijfs- en milieutechnisch gebied.

6) Inmiddels zijn PR, CLM en CABO begonnen met een gezamenlijke studie naar bedrijfsopzet, organisatie, lokatiekeuze en onderzoeksplan voor dit bedrijf.

5. AANPAK IN DE VOORLICHTING

5.1 Bewustwording en acceptatie

Van doorslaggevend belang bij het verminderen van de milieubelasting door emissies uit de melkveehouderij is de houding van de boer.

Wat is de houding van de boer op dit moment? Uit het schaarse opinie-onderzoek en uit contacten met praktijk en voorlichting komt het volgende beeld naar voren:

- Met de algemene stelling dat bodem, water en lucht minder vervuild moeten worden kan men wel instemmen.
- Er is weinig feitelijke kennis over aard en omvang van de milieuproblemen.
- Op intuïtieve gronden wordt meestal het idee afgewezen, dat ook de melkveehouderij de komende jaren een belangrijke bijdrage moet leveren aan het terugdringen van de belasting van het milieu; de intensieve veehouderij wordt veelal als grootste vervuillingsbron gezien.
- Er is weerstand tegen verdere regelgeving. Men vindt dat er de afgelopen jaren al teveel ingrijpende maatregelen zijn genomen: superheffing, mestboekhouding en uitrijverbod, ecologische richtlijn Hinderwet.
- Ook is er grote weerstand tegen kostprijsverhogende maatregelen: de kosten kunnen niet worden doorberekend aan de consument. Bovendien is de verwachting dat de melkprijs zal dalen. Voor grote groepen bedrijven is de toekomst (de continuïteit) onzeker.
- Er is weinig zicht op praktische mogelijkheden om de emissies te beperken en weinig zicht op de consequenties voor bedrijfsvoering en -economie.

Het oplossen van het milieuprobleem moet beginnen met voorlichting aan melkveehouders, gericht op het begrijpen en accepteren van de problematiek (bewustwording). Dit is een taak voor zowel overheid als bedrijfsleven. Om die op melkveehouders gerichte voorlichting te organiseren is een gecoördineerde programmering nodig, aansluitend bij het huidige beleavingsniveau van de ondernemers. Deze moet worden ondersteund door opinie-onderzoek, om vooraf de kennis, het inzicht en de opinies van boeren in kaart te brengen en tussentijds en achteraf te meten hoe deze zich ontwikkelen. Bij die voorlichting hoeft men zich niet te beperken tot de gebruikelijke middelen in onderzoek en voorlichting; er kan ook worden gedacht aan bijvoorbeeld een serie educatieve televisieprogramma's met een cursusboek of een goede video-presentatie met ondersteunend schriftelijk materiaal. Mineralenbalansen hebben zich al bewezen als voorlichtingsinstrument met grote overtuigingskracht.

Met de coördinatie van voorlichting op landelijk niveau heeft het ministerie van Landbouw en Visserij (L&V) ervaring. In 1984 vond de landelijke voorlichtingsactie over de superheffing plaats, in november '86 de voorlichtingscampagne rond de referentiehoeveelheden en in april '87 die rond de mestboekhouding. Deze acties zijn door landelijke projectteams grondig voorbereid en geëvalueerd. Omdat de problematiek per grondsoort en per bedrijfstype verschilt, verdient het aanbeveling om de voorlichting landelijk te coördineren, maar regionaal in te vullen. Het zou goed zijn, als ook het Landbouwschap en de standsorganisaties direct betrokken zouden zijn bij de voorlichting.

Van grote invloed op de bereidheid van de melkveehouders om de uitdaging te accepteren en mee te werken is het beleid van L&V en VROM. Als een schoner milieu primair de verantwoordelijkheid blijft van de overheid (via het bedenken, voorschrijven en handhaven van regels), dan blijft de rol van de particuliere ondernemer passief en beperkt tot 'binnen de wet blijven' resp. het opzoeken van de mazen in de wet, of in sommige gevallen zelfs het ontduiken van de wet. Een veel actievere opstelling is te verwachten als het beleid meer het accent legt op de eigen verantwoordelijkheid en de keuzevrijheid van de ondernemer (om zelf het goedkoopste en best passende pakket oplossingen te kiezen). Verder is het een gegeven, dat ondernemers vooral reageren op economische prikkels. Via bijvoorbeeld een stelsel van premies en heffingen zou het beleid ondernemers tot een actievere opstelling kunnen bewegen. Hoe meer marktconform de benadering is - d.w.z. naarmate meer wordt gestuurd via prijsverhoudingen en minder via wettelijke voorschriften - hoe minder de regels knellen.

5.2 Integrale benadering

Naast op melkveehouders gerichte milieu-educatie en een uitdagend, taakstellend beleid is voor acceptatie en 'verinnerlijking' ook het zicht op inpasbare en betaalbare oplossingen van belang. Pas als de veehouder denkt, dat er na de inspanningen op het gebied van de emissiebeperking een rendabel bedrijf over blijft, zal hij bereid zijn om oplossingsgericht te denken en de mouwen op te stropen.

Als de boeren eenmaal dat stadium hebben bereikt, verschuift het accent naar een tweede hoofdtak voor de voorlichting, die, zoals we in het vorige hoofdstuk zagen, ook een taak voor het onderzoek met zich meebrengt. In kolom 3 van de matrix kan men aflezen hoe het op dit moment is gesteld met voorlichting over individuele maatregelen en wat de 'witte plekken' zijn in de voorlichting. Bij een doelmatig beleid zal er de komende jaren een enorme toename zijn van de vraag naar afzonderlijke maatregelen én naar pakketten van maatregelen om zo goedkoop en doeltreffend mogelijk te voldoen aan de gestelde milieu-eisen. De voorlichting krijgt

dan de vragen en het onderzoek zal klaar moeten staan met de antwoorden. Het onderzoek zal dus moeten anticiperen op de vragen uit die 'oplossingsfase'.

Als de vragen uit de praktijk losbranden, moeten ook de consulentschappen zich voldoende hebben voorbereid. Dat betekent in de eerste plaats een zorg voor intern management: het is niet alleen een kwestie van kennis, maar ook van mentaliteit. In de tweede plaats zullen de takenpakketten van de verschillende specialisten moeten worden uitgebreid met milieuzaken. Op dit moment zit 'milieu' nog in het takenpakket van de specialist bedrijfsuitrusting, de specialist bodem, water en bemestingszaken en de specialist gewasbescherming en dierhygiëne. Omdat een integrale benadering onontkoombaar is, moet 'milieu' op zijn minst ook worden opgenomen in het takenpakket van de specialist voedervoorziening. In de derde plaats moet er bij het intern management aandacht zijn voor onderlinge afstemming van de verschillende signalen naar de bedrijfsvoorlichters toe.

Om een integrale benadering en aandacht vanuit alle vakgebieden tot stand te brengen is een goede ondersteuning door de Consulentschappen in algemene dienst (CAD's) vereist. Tak-CAD en vak-CAD's zullen samen een totaal scholingspakket moeten opstellen om voorlichters voldoende toe te rusten voor zowel de bewustwordings- als de oplossingsfase.

Voor deze extra inspanningen en extra taken van het voorlichtingsapparaat moeten wel voldoende personeel en middelen beschikbaar zijn. Overigens ligt er ook voor het onderwijs een duidelijke taak.

5.3 Instrumenten

De voorlichting over de achtergronden en over de deelmaatregelen kan schriftelijk gebeuren in de vorm van brochures of foldermateriaal. Schriftelijke voorlichting alleen bereikt echter een beperkte groep en is vooral geschikt voor beter gemotiveerden. In § 5.1 werd al gewezen op de mogelijkheden van audiovisuele presentaties.

Voor het samenstellen van een samenhangend pakket per bedrijf lijkt individuele begeleiding nodig, omdat er zowel aan de technisch-economische kant als aan mineralenverliezen moet worden gerekend. Ter ondersteuning van de bedrijfsvoorlichter - of direct ter ondersteuning van de ondernemer - kunnen wellicht interactieve bedrijfsinformatiesystemen worden ontwikkeld, bijvoorbeeld een met milieukeurgetallen en extra rekenmogelijkheden uitgebreid saldoprogramma van het PR. De in § 3.3 uitgevoerde berekeningen geven een richting aan.

Andere gebruikelijke vormen van mondelinge voorlichting, maar dan in groepsverband, zijn (na)scholingsactiviteiten via de agrarische onderwijscentra, studieclubs, studiedagen, inleidingen op jaarvergaderingen, en dergelijke. Ook hiervoor zou aan ondersteuning met film of video kunnen worden gedacht. De in § 4.6 genoemde regionale milieustudieclubs - voor boeren die op dit terrein voorloper

(willen) zijn - kunnen voor zowel onderzoek als voorlichting een functie vervullen. Precedent is een onlangs gestarte studieclub geïntegreerde akkerbouw in de IJssel-meerpolders, waar wordt voortgebouwd op de ervaringen van het proefbedrijf OBS te Nagele.

Voorbeeldbedrijven in verschillende regio's zouden interessante stappen kunnen nemen. Onder goede begeleiding (ook dat kan deels via milieustudieclubs) en zo nodig financieel gesteund (vergelijk de subsidieregeling van de provincie Gelderland voor milieu-experimenten in de landbouw) kunnen particuliere ondernemers oplossingen uitproberen. Bijvoorbeeld een moderne potstal. Via open dagen of demonstratiebijeenkomsten kunnen de geboekte resultaten worden getoond aan de collega's.

Een belangrijke voorlichtingsrol is ook weggelegd voor de proefbedrijven en de ROC's. Mede voor de acceptatie is het van belang dat boeren in hun eigen regio kunnen zien 'waar het allemaal voor nodig is' en wat er praktisch mogelijk is. ROC's kunnen in ieder geval beginnen hun mineralenbalansen te administreren en voor bezoekers en lezers van jaarverslagen zichtbaar te maken. Vervolgens kan via 'kleine stappen' een begin worden gemaakt met het terugdringen van de verliezen. De ROC's mogen daarbij wel een paar stapjes op de boeren voorlopen, maar niet te ver: de veehouders moeten er ideeën opdoen voor thuis en moeten zich dus in die bedrijven kunnen herkennen.

Reeds genoemd is het idee van een proef- en demonstratiebedrijf. Zoals vermeld, moet hier worden geprobeerd om én economisch te melken én binnen de toekomstige milieunormen te komen. Deze normen zullen zeer stringent zijn; daarom zullen de pakketten van maatregelen tamelijk ingewikkeld en rigoureuus zijn. Ingericht voor excursies en met openbaarmaking van de technische, economische en milieuhygiënische resultaten via jaarverslagen, moet dit proefbedrijf mede de blokkerende vrees voor de toekomst wegnemen.

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

- De melkveehouderij levert via een aantal emissies een aanzienlijke bijdrage aan de belasting van het milieu:
 - ammoniakemissie, leidend tot verzuring ('zure regen');
 - uitspoeling van nitraat naar het grondwater;
 - ophoping van fosfaat in de bodem.
 Maar de melkveehouderij draagt ook bij aan een aantal minder bekende maar niet onbelangrijke emissies.

- Blijkens de mineralenbalansen is het gemiddelde mineralenverlies op bedrijven op alle grondsoorten bijzonder groot. De aanvoer van mineralen is vele malen groter dan de afvoer via produkten. Slechts 12 à 16% van de stikstof, 29 à 34% van het fosfaat en 13 à 20% van de kalium die wordt aangevoerd op het bedrijf, haalt de eindstreep in de vorm van produkten. De overige mineralen gaan voorlopig verloren door ophoping in de bodem of gaan definitief verloren door emissie naar het (externe) milieu.

- De mineralenbalansen maken ook duidelijk dat de verliezen per ha cultuurgrond op intensieve bedrijven (met hoge melkproduktie per ha) veel groter zijn dan op de extensieve. Het jaarlijkse stikstofverlies per ha bedraagt 565 à 605 kg/ha op de intensieve bedrijven (melkproduktie meer dan 14.000 kg/ha) en 355 à 400 kg/ha op de extensieve bedrijven (minder dan 10.000 kg/ha). Voor fosfaat en kalium is het verschil nog groter.

Het mineralenverlies per ton melk blijkt op de intensieve bedrijven ongeveer gelijk aan of zelfs gunstiger dan dat op de extensieve. Dit suggereert een efficiënter gebruik van eigen grond en voer, maar dit is niet het geval. De intensieve bedrijven blijken de hogere melkproduktie alleen te realiseren door een verhoogde input van kunstmest, krachtvoer en ruwvoer. Zij verhogen dus hun efficiëntiegetallen door aan de grondgebonden produktie een deel niet-grondgebonden produktie toe te voegen. De emissies die horen bij de produktie van het aangekochte voer, wentelen zij af op andere bedrijven.

- De mineralenbalansen wijzen ook uit dat de tot nu toe uitgevoerde emissiemetingen eerder leiden tot een onderschatting dan tot een overschatting van de emissies.

- De overheid verscherpt haar milieubeleid: enerzijds worden doelstellingen en normen steeds stringenter (lagere emissieniveaus), anderzijds worden de doelstellingen en normen steeds meer vertaald in regelgeving die de praktijk direct raakt. In de nabije toekomst krijgt de sector melkveehouderij dus in toenemende mate te maken met milieuwetgeving.
- Tegenover een aanpak die de veehouder noopt tot investeringen in dure technieken zoals ammoniakfilters en mestverwerking, stelt de verkenninggroep een benadering voor waarin de nadruk wordt gelegd op:
 - maatregelen die aansluiten bij de agrarische praktijk en die het agrarisch productieproces zelf verbeteren;
 - een vermindering van inputs en verhoging van de mineralenbenutting (verbetering van de mineralenefficiëntie) en daarmee een besparing op de kosten;
 - maatregelen als bouwstenen voor samenhangende pakketten;
 - een individuele invulling per bedrijf.
- Een verkenning van ca. 225 van dergelijke maatregelen op bedrijfsniveau leert, dat de technische en economische aspecten van veel maatregelen redelijk kunnen worden beoordeeld, maar dat de milieu-effecten in de meeste gevallen onvoldoende zijn onderzocht. Anderzijds blijkt een groot aantal maatregelen beschikbaar waarvan een positief effect op emissies mag worden verwacht en die op veel bedrijven technisch en economisch inpasbaar zijn.
- Essentieel is, dat de meeste maatregelen vooral effect hebben als zij deel uitmaken van een pakket samenhangende maatregelen, waarin de maatregelen elkaar aanvullen en versterken. De uitdaging is om uit de afzonderlijke maatregelen per bedrijf een optimaal pakket samen te stellen, afhankelijk van de gestelde milieueisen en van grondsoort, verkaveling, bedrijfsstructuur en dergelijke. Daarbij komen als eerste die maatregelen in aanmerking waarvan de kosten relatief gering zijn ten opzichte van de besparingen. Een volgende uitdaging is om de melkveehouder die zijn emissies omlaag moet en wil brengen, van voldoende informatie te voorzien over de voor zijn bedrijf geschikte mogelijkheden en hun technische, economische en milieukundige consequenties.
- Verkennende berekeningen aan een klein pakket van maatregelen wijzen uit dat op het gemiddelde melkveebedrijf op zand de stikstofverliezen kunnen worden beperkt met ca. 39%, bij een gelijktijdige vergroting van het inkomen met ca. 49%. Het is aannemelijk dat met een vollediger en verder geoptimaliseerd pakket maatregelen een sterkere reductie van het stikstofverlies mogelijk is zonder dat het inkomen sterk achteruit gaat. Dit geeft aan dat - in ieder geval op zandgrond -

een halvering van het stikstofverlies technisch mogelijk is bij een tenminste gelijkblijvende arbeidsopbrengst.

- Voor het onderzoek liggen er de volgende taken op dit terrein:
 - Het ontwikkelen van praktisch bruikbare milieu-kengetallen die een uitspraak doen over de milieu-effecten van produktiesystemen.
 - Het ontwikkelen van emissiemeetmethoden en het 'rondom' meten van mineralenverliezen in bedrijfssituaties.
 - Het uitvoeren van technisch, economisch en milieukundig onderzoek naar afzonderlijke maatregelen en naar pakketten van maatregelen.
 - Het toegankelijk en hanteerbaar maken van informatie, ten behoeve van de voorlichting aan agrarische ondernemers.
 - Het analyseren van regionale en nationale scenario's om emissies uit de sector melkveehouderij terug te dringen.

- De volgende categorieën maatregelen hebben een hoge onderzoeksprioriteit:

- Beperken van de hoeveelheid mineralen in de mest.
- Verhogen van de benutting van mineralen aanwezig in de mest.
- Verhogen van het bufferend vermogen van de bodem.
- Verhogen van de benutting van mineralen door gewassen.
- Beperken van oogst- en conserveringsverliezen.
- Beperken van vervoederingsverliezen.

Het onderzoek naar afzonderlijke maatregelen kan deels worden opgenomen in lopend onderzoek. Daarnaast wordt aanbevolen nieuw onderzoek te starten bij instituten en proefstations.

Op proefbedrijven kan ook onderzoek worden verricht naar pakketten van nauw samenhangende maatregelen waarmee een deel van de bedrijfsvoering wordt aangepast.

Hoofdvragen bij het onderzoek aan maatregelen zijn steeds:

- Hoe is de bedrijfstechnische en -economische inpasbaarheid?
- Wat is het effect op emissies?

- Het onderzoek naar optimale bedrijfspakketten moet, behalve via modelstudies en optimaliseringsprogramma's, gebeuren door praktische toetsing van veelbelovende pakketten in hun totaliteit, in uiteenlopende bedrijfssituaties en op verschillende grondsoorten. Bestaande proefbedrijven en (particuliere) praktijkbedrijven kunnen hierin een rol spelen. Gewenst is verder het opzetten van een proef- en demonstratiebedrijf op zandgrond, dat zich ten doel stelt economisch te produceren binnen de toekomstige stringente normen van het milieubeleid.

- Voor het oplossen van het milieuprobleem in de melkveehouderij is een omvangrijke gecoördineerde voorlichtingsinspanning noodzakelijk, ondersteund door opinie-onderzoek. De voorlichting moet de problematiek begrijpelijk maken en via een geïntegreerde aanpak kennis aandragen over pakketten van maatregelen. Een belangrijke rol is hier weggelegd voor proefbedrijven, particuliere voorbeeldbedrijven en het genoemde proef- en demonstratiebedrijf.

LITERATUUR

- Asman, W.A.H., E. Buijsman, H.F.M. Maas, J.W. Erisman, A.J. Janssen, A. Waijers-Ypelaar & J. Slanina, 1987. Emissie, omzetting en depositie van ammoniak en ammonium. In: A.W. Boxman & J.F.M. Geelen (red.). *Acute en chronische effecten van NH₃ (en NH₄⁺) op levende organismen*. Lab. Aq. Oec. KUN, Nijmegen. p.8-27.
- Asman, W.A.H., E. Buijsman, A. Vermolten, e.a., 1986. Import en export van zuur in Nederland. IMOU R-86-10, Utrecht.
- Banin, A., 1986. Global budget of N₂O: the role of soils and their change. *The Science of the Total Environment* 55:27-38.
- Beauchamp, E.G., 1983. Nitrogen loss from sewage sludges and manures applied to agricultural lands. In: J.R. Freney & J.R. Simpson (eds.). *Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems*. Nijhoff/Junk, Den Haag (etc.). p.181-194.
- Beek, C.G.E.M. van, H.M.J. Janssen & L.M. Puijker, 1988. Bestrijdingsmiddelen in grondwater. *H₂O* 21(4):80-85.
- Beek, C.G.E.M. van, D. van der Kooij, P.C. Noordam & J.C. Schippers, 1984. Nitraat en drinkwatervoorziening. KIWA, Nieuwegein.
- Biewinga, E.E., B.H.W. Edel & F. Stouthart, 1987. Naar een proefbedrijf melkveehouderij en milieu; eerste deel van een voorstudie. CLM, Utrecht.
- Breimer, T. & K.W. Smilde, 1986. De effecten van organische mestdoseringen op de zware metaalgehalten in de bouwvoor van akkerbouwgronden. In: Themadag "Organische stof in de akkerbouw". PAGV themaboek nr. 7. PAGV, Lelystad. p.54-67.
- Bremner, J.M., & A.M. Blackmer, 1978. Nitrous oxide: emission from soils during nitrification of fertilizer nitrogen. *Science* 199: 295-296.
- Buijsman, E., H.F.M. Maas & W.A.H. Asman, 1984. Een gedetailleerde ammoniak-emissiekaart van Nederland. IMOU rapp. V-84-20 / Publ. Lucht nr. 41. IMOU, Utrecht / VROM, 's-Gravenhage.
- CBS, 1986a. Luchtverontreiniging; metingen buitenlucht april 1985-maart 1986. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg / Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- CBS, 1986b. Algemene milieustatistiek 1983-1985. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg / Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- CBS, 1987a. Productie van dierlijke mest 1986. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg / Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- CBS, 1987b. Statistisch zakboek 1987. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg / Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- CCRX, 1985. Cadmium, de belasting van het Nederlandse milieu. Coördinatiecommissie voor de metingen van radioactiviteit en xenobiotische stoffen. VROM, Leidschendam.
- CRMH, 1987. Zure regen: een sluipend onheil dat spoedig moet worden gekeerd; tweede advies over de verzuring van het milieu. Centrale Raad voor de Milieuhygiëne, 's-Gravenhage.
- Crutzen, P.J., 1983. Atmospheric interactions; homogeneous gas reactions of C, N and S containing compounds. In: B. Bolin & R.B. Cook (eds.). *The major biochemical cycles and their interactions*. Scope 21. Wiley, Chichester (etc.). p.67-112.
- Dickenson, R.E. & R.J. Cicerone, 1986. Future global warming from atmospheric trace gases. *Nature* 319:109-115.
- DLG, 1986. Umgang mit Gärstoff. DLG Merkblatt 245. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt am Main.
- Duijvenbooden, W. van, L.F.L. Gast & J. Taat, 1985. Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit: eindrapport van de inrichtingsfase. Bodembescherming no. 46. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.

- Eerden, L.J.M. van der, 1982. Toxicity of ammonia to plants. *Agriculture and environment* 7:223-235.
- Erismann, J.W., F.A.A.M. de Leeuw & R.M. van Aalst, 1987. Depositie van de voor verzuring in Nederland belangrijkste componenten in de jaren 1980 t/m 1986. RIVM-rapp. nr. 228473001. RIVM, Bilthoven.
- Fillery, I.R.P., 1983. Biological denitrification. In: J.R. Freney & J.R. Simpson (eds.). *Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems*. Nijhoff/Junk, Den Haag (etc.). p.33-64.
- Gerritsen, A.J., 1987. De koolstofkringloop in de troposfeer. SCMO-TNO, Delft. (tevens bijlage 2 bij Van Ham (1987)).
- Groen, M., 1988. Noordzeeconferentie: minder lozingen afgesproken, maar hoe werkt het in de praktijk? ROM-magazine jan.'88, nr. 1, p.3-6.
- Grundey, K., 1980. Tackling farm waste. Farming Press, Ipswich.
- Ham, J. van, 1987. Troposferische chemie; voorstel voor een Nederlands onderzoekprogramma in internationaal kader. Rapp. van de Commissie Onderzoek Luchtverontreiniging van de Ver. Lucht. Publicatie RMNO no. 26.
- Heederik, P.J., 1987. De stikstofkringloop in de troposfeer. SCMO-TNO, Delft. (tevens bijlage 3 bij Van Ham (1987)).
- Heil, G.W., M.J.A. Werger, W. de Mol, D. van Dam & B. Heijne, 1988. Capture of atmospheric ammonium by grassland canopies. *Science* 239: 764-765.
- Henkens, Ch. H., 1983a. Cadmium in meststoffen. *Bedrijfsontwikkeling* 14:484-489.
- Henkens, Ch. H., 1983b. Invloed van de neerslag op de kalktoestand van de grond. *Bedrijfsontwikkeling* 14:641-648.
- Hoek, K.W. van der, 1984. Methaangaswinning en -benutting op melkveebedrijven. IMAG-publ. 203. IMAG, Wageningen.
- Kolenbrander, G.J., 1973. Impact of fertilizers and agricultural waste products on the quality of waters. Rapp. OECD, Paris. (Vlgs. De Molenaar (1980) en Sluijsmans e.a. (1978)).
- Küntzel, U., A. Löföf, H. Söchtig & F. Timmermann, 1987. Einfluß von Silage-Gärsaft auf den Boden. *VDLUFA-Schriftenreihe* 20:995-1005.
- LAC, 1986. Landbouwadvisiecommissie Milieukritische Stoffen, 1986. Milieucrisis's van diergeneesmiddelen. LAC nr. 86.4. Min. L&V, 's-Gravenhage.
- LEI & CBS, 1987. Landbouwcijfers 1987. Landbouw-Economisch Instituut, 's-Gravenhage / Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg.
- Lantinga, E.A., J.A. Keuning, J. Groenwold & P.J.A.G. Deenen, 1987. Distribution of excreted nitrogen by grazing cattle and its effects on sward quality, herbage production and utilization. In: H.G. van der Meer e.a. (eds.). *Animal manure on grassland and fodder crops; fertilizer or waste?* Nijhoff, Dordrecht (etc.). p.103-117.
- Leach, G.A., 1976. Energy and food production. IPC Sc. and Techn. Press, Guildford.
- L&V, 1985. Bemesting van grasland. *Vlugschrift* 363. Min. L&V, Wageningen.
- L&V & VROM, 1987. Actieprogramma mineralen en zware metalen in diervoeders. Min. L&V en VROM, 's-Gravenhage.
- Levine, J.S., T.R. Augustsson, I.C. Anderson & J.M. Hoell, 1984. Tropospheric sources of NO_x: lightning and biology. *Atmosph. Env.* 18:1797-1804.
- Lint, E.M. van, 1983. Uit- en afspoeling van fosfaat uit dierlijke mest; een literatuuranalyse. Vakgroep Milieubiologie RUL, Leiden.
- Loch, J.P.G., L.F.L. Gast & H.L.J. van Maaren, 1986. Residuen van geselecteerde bestrijdingsmiddelen in het ondiepe grondwater van enige kwetsbare Nederlandse grondsoorten; resultaten van de eerste onderzoeksfase. RIVM rapp. 840256001. RIVM, Leidschendam.
- Logan, J.A., 1983. Nitrogen oxides in the troposphere; global and regional budgets. *J. of Geoph. Res.* 88(C15):10785-10807.
- Molenaar, J.G. de, 1980. Bemesting, waterhuishouding, intensivering in de landbouw en het natuurlijk milieu. RIN, Leersum.
- Olthoorn, C.S.M., 1985. Fosfor in Nederland 1970-1983. CBS, Voorburg / Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.

- PR, 1984. Handboek voor de rundveehouderij. PR, Lelystad.
- Projectgroep zware metalen in oevergronden van Maas en zijrivieren, 1987. Zware-metaalbelasting van oevergronden van Maas, Geul en Roer in de provincie Limburg, en daarop verbouwde gewassen. Deel 1: algemene gegevens en samenvatting van de resultaten.
- Ramanathan, V., R.J. Cicerone, H.B. Singh & J.T. Kiehl, 1985. Tracegas trends and their potential role in climate change. *J. of Geoph. Res.* 90(D3):5547-5566.
- Riemsdijk, W.H. van, Th.M. Lexmond, C.G. Enfield & S.E.A.T.M. van der Zee, 1987. Phosphorus and heavy metals: accumulation and consequences. In: H.G. van der Meer e.a. (eds.). *Animal manure on grassland and fodder crops; fertilizer or waste?* Nijhoff, Dordrecht (etc.). p.213-227.
- Roijs, Th.A.J.M. de & P.H.U. de Vries, 1980. Milieutoxicologische aspecten van het gebruik van veevoederadditieven en therapeutica - persistentie in dierlijke excreta en milieu. Rapp. 478, ILOB, Wageningen. Bodembescherming no. 4. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Rompelberg, L.E.M., H. Wieling & J. Overvest, 1984. Normen voor de voedervoorziening. PR-rapp. nr. 23. PR, Lelystad.
- Ryden, J.C., 1986. Gaseous losses of nitrogen from grassland. In: H.G. van der Meer e.a. (eds.). *Nitrogen fluxes in intensive grassland systems.* Nijhoff, Dordrecht (etc.). p.59-73.
- Schneider, T. & A.H.M. Bresser, 1987. Verzuringsonderzoek eerste fase; tussentijdse evaluatie aug. 1987. Dutch priority programme on acidification nr. 00-04.
- Schuurkes, J.A.A.R. & R.S.E.W. Leuven, 1986. Verzuring van oppervlaktewateren. Publ. reeks Lucht 53, VROM. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Sijthoff, A.W., 1984. Invloed van ontwatering op de bedrijfsvoering in het veenweidegebied. Vakgr. Cultuurtechniek LUW, Wageningen.
- Simpson, J.R., & K.W. Steele, 1983. Gaseous nitrogen exchanges in grazed pastures. In: J.R. Freney & J.R. Simpson (eds.). *Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems.* Nijhoff/Junk, Den Haag (etc.). p.215-236.
- Slemr, F., R. Conrad & W. Seiler, 1984. Nitrous oxide emissions from fertilized soil in a subtropical region (Andalusia) Spain. *J. of Atm. Chem.* 1:159-169.
- Slooff, W., R.M. van Aalst, E. Heijna-Merkus & R. Thomas, 1987. Ontwerp basisdocument ozon. RIVM rapp. 758474002. RIVM, Bilthoven.
- Smilde, K.W., 1986. Zware-metaalgehalten van kunstmeststoffen en aanvoer van zware metalen via deze meststoffen op landbouwgronden. IB nota 154. IB, Haren.
- Steenvoorden, J.H.A.M., 1983. Nitraatbelasting van het grondwater in zandgebieden; denitrificatie in de ondergrond. ICW-nota 1435, Wageningen.
- Steenvoorden, J.H.A.M., & H.P. Oosterom, 1977. De chemische samenstelling van het ondiepe grondwater bij rundveehouderijen. ICW-nota 964, Wageningen.
- Stol, W., e.a., 1988. Mineralenbalansen melkveehouderij. (concept-rapport, CABO, Wageningen / CLM, Utrecht).
- STOM, 1983. Lange termijn ontwikkelingen van voedselarme milieus en grondwater van de pleistocene zandgronden: een verkenning van de periode 1900-2025. Studiegroep Toekomstverkenning Oligotrofe Milieus RUU, Utrecht.
- TEWB, 1988. Normen en richtlijnen voor de berekening van de grondslagen voor beheers- en aanpassingsvergoeding. DBL, Utrecht.
- Thornton, I. & P. Abrahams, 1981. Soil ingestion as a pathway of metal intake into grazing livestock. *Int. conf. heavy metals in the environment.* Amsterdam. p.267-272.
- Veen, N.G. van der, 1983. Gehalten aan lood, cadmium, kwik en arseen in monsters vlees en organen van runderen, varkens, schapen en pluimvee, bemonsterd in 1982 en vergeleken met resultaten over 1981. RIKILT verslag 83.30. RIKILT, Wageningen.
- Voot, E. van der, 1987. Ammoniak als oorzaak van aantasting van natuurwaarden. *Vakblad Biologen* 67(20):397-400.
- Vreman, K. & N.G. van der Veen, 1982. Overdracht van cadmium, lood, kwik en arseen bij melkkoeien gevoerd met oplosbare verbindingen of met havenslib of rioolslib. Rapp. IVVO no. 148. IVVO, Lelystad.

- VROM, 1984. Indicatief Meerjaren Programma Lucht 1985-1989. Ministerie van VROM. Tw.K. 1984-1985, 18605, nrs. 1-2.
- VROM, 1985. Bestrijdingsmiddelen, deel 2; gids voor industrie, nijverheid en gezondheidszorg. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- VROM, L&V & V&W, 1985. Indicatief Meerjaren Programma Milieubeheer 1986-1990. Tw.K. 1985-1986, 19204, nrs. 1-2.
- VROM, L&V & V&W, 1986. Indicatief Meerjaren Programma Milieubeheer 1987-1991. Tw.K. 1986-1987, 19707, nrs. 1-2.
- VROM, L&V & V&W, 1987a. Milieuprogramma 1988-1991. Tw.K. 1987-1988, 20202, nrs. 1-2.
- VROM, L&V & V&W, 1987b. Tussentijdse evaluatie verzuringsbeleid. VROM, 's-Gravenhage.
- Winkel, K. de, 1987. Ammoniak-emissie t.g.v. de veehouderij. Projectgroep Verzuring, werkgroep NH₃-emissiefactoren. (concept-rapport, VROM-DGMH).
- Wit, N.H.S.M. de & W. Bleuten, 1986. Inventarisatie van de vermessing van het ondiepe grondwater in de gehele provincie Utrecht. Vakgr. Fys. Geogr. RUU Utrecht.

BIJLAGE 1

MILIEUBELASTING DOOR DE MELKVEEHOUDERIJ

Wat is de aard en de omvang van de milieuproblemen van de melkveehouderij? De meeste mineralen (nutriënten) en hulpstoffen die het bedrijf binnenkomen, worden gebruikt in de stal of op het land. Ze belanden dus in het produktiemilieu: de directe omgeving (bodem, water en lucht) van planten en dieren die een rol spelen in de produktie.

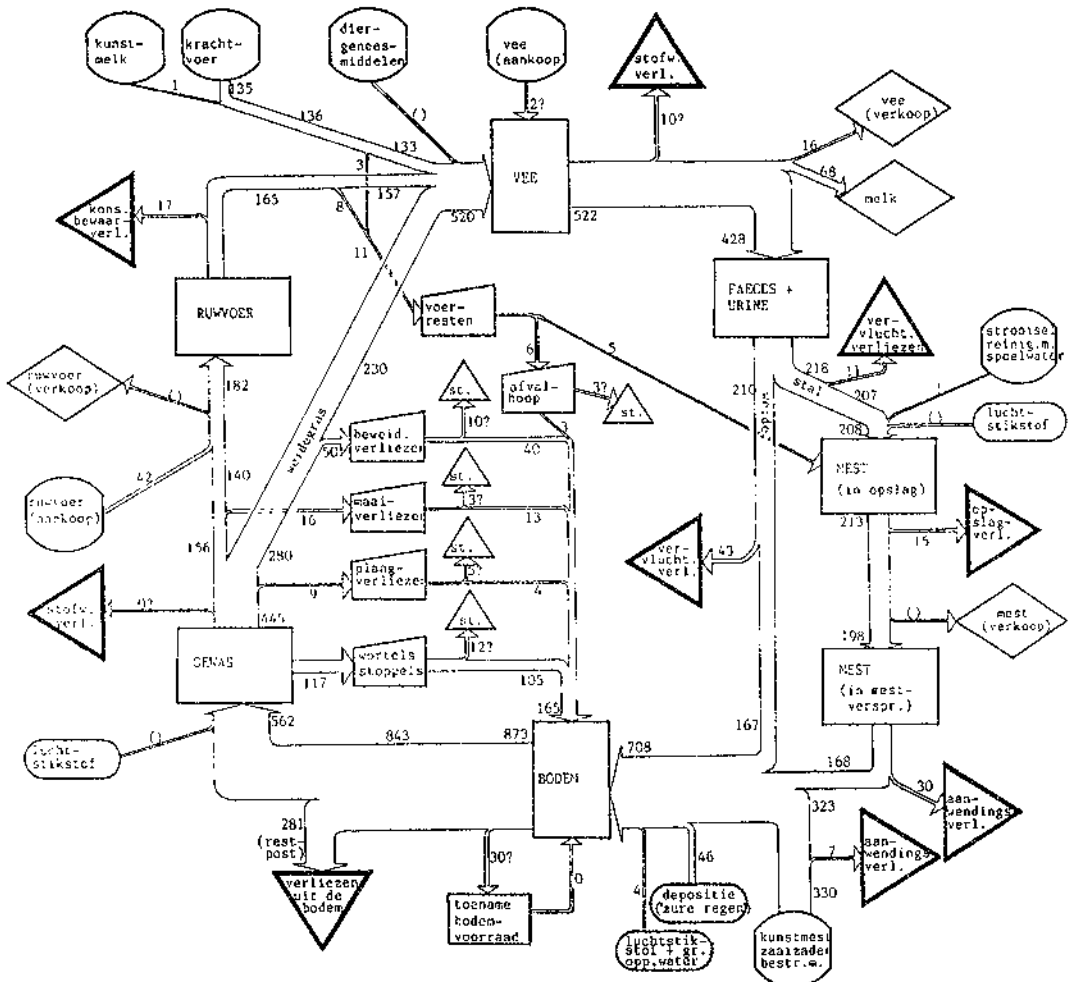
Veel milieubelasting treedt op in de vorm van emissies: stromen die het produktiemilieu verlaten en daarmee terecht komen in het externe milieu (bodem, water en lucht buiten het produktiemilieu). Emissies kunnen onmiddellijk optreden (bijv. uitspoeling van nitraat) of pas na een zodanige ophoping dat de opslagcapaciteit van de bodem wordt overschreden (bijv. uitspoeling van fosfaat).

Niet alle emissies vormen een belasting voor het externe milieu. Zo wordt bij denitrificatie het onschadelijke stikstofgas (N_2) gevormd, dat het leeuwendeel van onze atmosfeer uitmaakt. Het daarbij tevens gevormde distikstofoxide (lachgas; N_2O) is wel schadelijk is voor het externe milieu. Bovendien zijn de meeste emissies pas schadelijk wanneer daardoor bepaalde concentraties worden overtreden.

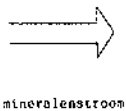
Maar ook in het produktiemilieu kunnen mest- en hulpstoffen leiden tot milieuschade:

- Directe schade aan het produktiemilieu (bijv. vergiftiging van nuttige bodemdieren door bestrijdingsmiddelen of door ammonium in mest) of aan gewassen en vee (bijv. schade aan vee door een overmaat nitraat in het gras);
- Schade aan produktiemilieu, gewassen en vee via ophoping (accumulatie) van deze stoffen in de bodem (bijv. vergiftiging van vee door opname van grond waarin zich zware metalen hebben opgehoopt);
- Schade aan eventuele toekomstige functies van de bodem, in die zin dat deze bodem door ophoping van bepaalde stoffen niet meer bruikbaar is voor alle doeleinden ('multifunctionaliteitsbegin-sel', vastgelegd in de Wet Bodembescherming).

We besteden hier de meeste aandacht aan emissies, maar af en toe komt ook de schade aan het produktiemilieu aan de orde. We beperken ons tot de effecten van mineralen, hulpstoffen en andere materiële stromen die het melkveebedrijf binnenkomen en verlaten. Directe invloeden van de melkveehouderij op natuur, landschap e.d. - waaronder veel positieve effecten - laten we buiten beschouwing. Ook de 'indirecte emissies' (emissies die optreden bij produktie,



LEGENDA



© CLM 1987

Figuur A. Mineralenstroomschema voor een gemiddeld melkveebedrijf op zandgrond.

De stroombreedte is gebaseerd op de stikstofinhoud van de desbetreffende stroom. De getallen vermelden de hoeveelheden op jaarbasis (kg/ha), berekend per ha grasland en voeder-gewassen.

() = 'verwaarloosbaar'.

Voor verdere toelichting zie kader op andere bladzijde.

transport of afvoer van produktiemiddelen die op het bedrijf worden ingezet, bijvoorbeeld kunstmest en krachtvoer) blijven buiten beschouwing.

In deze paragraaf geven we per stof een korte beschrijving van het gedrag (waar komt de stof vrij, hoe verspreidt hij zich) en de effecten op het milieu. Waar mogelijk duiden we aan wat de bijdrage is van de sector melkveehouderij aan een bepaalde emissie. Achtereenvolgens komen aan bod: mineralen, zware metalen, hulpstoffen, uitlaatgassen en afvalstoffen.

Nadere toelichting bij figuur A (Biewinga e.a. 1987):

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de input-, output- en productiecijfers van gespecialiseerde melkveebedrijven in de zandgebieden in de jaren 1983/84 t/m 1985/86, aan de hand van een op verzoek geproduceerde computeruitdraai van het LEI.

De belangrijkste kengetallen van het gemiddelde melkveebedrijf (berekend als gewogen gemiddelden) zijn:

- 25,07 ha cultuurgrond, waarvan 22,50 ha grasland en 2,54 ha voedergewassen (vooral mais);
- veebezetting 2,31 melkkoe per ha grasland en voedergewassen (inclusief jongvee 3,53 gve per ha cultuurgrond, waarbij 1 melkkoe telt voor 1,17 gve);
- jaarlijkse melkgift 5.557 kg per koe met 4,18% vet en 3,40% eiwit;
- jaarlijkse N-gift uit kunstmest op grasland 354 kg/ha, op maisland 118 kg/ha; gemiddeld 330 kg per ha cultuurgrond;
- maaispercentage 131% voor kuilen, hooien en drogen en 34% voor vers voeren;
- ruwvoeraankoop in ds ca. 55.000 kg per jaar;
- jaarlijkse krachtvoeraankoop ca. 128.000 kg produkt (ca. 2.205 kg per melkkoe (incl. jongvee e.d.) ofwel 1.445 kg per gve).

Deze gegevens komen vrijwel exact overeen met de gegevens die in dit rapport zijn gebruikt voor het berekenen van de mineralenbalans van het gemiddelde melkveebedrijf op zandgrond (zie § 2.2). De totale in- en outputs kunnen daar dus worden afgelezen.

De in figuur A aangegeven verliezen zijn berekend met behulp van deze in- en outputgegevens en van diverse emissiefactoren uit de literatuur. Het gebruik van deze emissiefactoren maakt dat het mineralenstroomschema minder betrouwbaar is dan de mineralenbalans.

De verliezen uit de bodem zijn in de berekening behandeld als 'restpost', omdat onvoldoende gegevens aanwezig zijn om de verliezen (afspoeling, uitspoeling, denitrificatie, vervluchtiging) afzonderlijk te berekenen.

Zie Biewinga e.a. (1987) voor verdere details m.b.t. de berekeningen.

A. Stikstof

Stikstof komt het bedrijf vooral binnen via kunstmest en krachtvoer, in mindere mate via ruwvoer en droge en natte depositie ('zure regen'); op sommige bedrijven vormt ook de aanvoer van organische mest een relevante N-input. Deze hoeveelheid wordt toegevoegd aan de stikstof die via ruwvoer, mest en bodem circuleert in de bedrijfsacyclus (zie figuur A). Mogelijk hoopt zich een geringe hoeveelheid stikstof op in de bodem. Daarnaast wordt stikstof afgevoerd via melk en vlees en soms via verkoop van ruwvoer of mest, maar vooral via emissies vanuit het produktiemilieu naar het externe milieu.

Stikstof is op het bedrijf aanwezig in allerlei verbindingen. Ten eerste in eiwitten en andere organische verbindingen, die weinig mobiel zijn en daarom relatief gemakkelijk binnen het bedrijf zijn te behouden. Ten tweede in minerale vorm, van gereduceerde tot geoxideerde stikstof: vooral NH_4^+ , NH_3 , N_2 , N_2O , NO , NO_2^- , NO_3^- . Deze minerale stikstofverbindingen zijn zeer mobiel, waardoor ze vanuit de bedrijfsacyclus gemakkelijk verloren gaan naar het externe milieu (zie figuur A).

Vervluchtiging ammoniak

Bij de afbraak van aminozuren (bouwstenen van eiwitten) en van sommige andere organische stoffen wordt ammonium (NH_4^+) gevormd, dat onder basische omstandigheden gemakkelijk overgaat in ammoniak (NH_3), dat zeer vluchtig is. Deze afbraak geschiedt op verschillende plaatsen:

- in het runderlichaam, vooral in de pens, bij de afbraak van voer;
- bij de afbraak van mest;
- bij de afbraak van organische stof in de bodem;
- bij de afbraak van gewassen, vooral op het veld en in de kuil.

Door het rund wordt de meeste overtollige ammonium omgezet in ureum (bestanddeel van urine), dat na uitscheiding gemakkelijk weer wordt afgebroken tot ammonium. De mest is basisch, zodat de omstandigheden voor ammoniakvorming gunstig zijn. De ammoniak ontwijkt dan wanneer de mest wordt blootgesteld aan de lucht: in de stal (stalvloer), vanuit de mestopslag (bovenste laag; bij het mixen), tijdens en vooral na het oppervlakkig uitrijden van mest, en bij beweiding (urineplekken, mestflatten).

De berekeningen omtrent de onderlinge verhouding van deze bronnen variëren, al naar gelang de gehanteerde emissiefactoren, stalperioden, voeropname, etc. Zo hanteert De Winkel (1987) op grond van diverse literatuurbronnen een emissiefactor na bemesting van 25% (van N in drijfmest) en bij beweiding van 15% (van N in urine), Biewinga e.a. (1987) op grond van deels dezelfde bronnen juist andersom. De emissiefactoren zijn nog onvoldoende gemeten onder praktijkomstandigheden om nauwkeurige uitspraken te doen.

De andere ammoniakbronnen (uitademing vee, vervluchtiging uit kunstmest, uit de bodem, uit verouderende en afstervende plantendelen, uit de kuil) zijn van minder belang, maar niet verwaarloosbaar. De vervluchtiging uit kunstmest is vooral van belang bij gebruik van ureummeststoffen. Bij gebruik van ammoniummeststoffen (KAS e.d.) is de vervluchtiging mogelijk van belang op kalkhoudende bodems of wanneer de kunstmest door een lichte regenbui wordt bevochtigd en vervolgens weer opdroogt.

De ammoniakvervluchtiging via beweiding en bemesting bedraagt op het gemiddelde melkveebedrijf per jaar ca. 100 kg(N)/ha. De vervluchtiging uit de diverse andere bronnen is slecht gekwantificeerd, maar bedraagt waarschijnlijk nog eens enkele tientallen kg/ha (zie ook figuur A op blz. 62).

Volgens berekeningen van Buijsman e.a. (1984) veroorzaakt de rundveehouderij (excl. mestkalveren, incl. kunstmest) ca. 66% van de ammoniakemissie door de landbouw in 1982. De landbouw is in die berekeningen verantwoordelijk voor ca. 89% van de totale ammoniakemissie in Nederland. Het Milieuprogramma 1988-1991 (VROM e.a. 1987a) komt voor 1986, toen de rundveestapel iets was afgenomen, met gebruik van de emissiefactoren van De Winkel (1987) tot 50 resp. 91%, op een totale ammoniakemissie van 244 mln. kg.

De vervluchtigde ammoniak wordt in de lucht slechts voor een klein deel geoxideerd; de omvang van deze oxidatie in de praktijk is slecht onderzocht, maar bedraagt hooguit 10% (Crutzen 1983; Logan 1983) of 20% (Levine e.a. 1984).

Het overgrote deel van de ammoniak belandt, gedeeltelijk omgezet in ammonium, via droge en natte depositie op vegetatie en bodem. De schadelijke werking van ammoniak en ammonium komt voort uit een aantal processen (zie o.a. Van der Eerden 1982, Schuurkes & Leuven 1986, Asman e.a. 1987, Van der Voet 1987):

- Directe schade aan planten, waaronder gewassen en bomen, door de toxische werking van ammoniak en door de uitwisseling van ammonium tegen andere kationen aan het bladoppervlak.
- Toename van de depositie van zwaveldioxide (SO₂) door een versterkte invang in basische druppels.
- Eutrofiëring (door stikstofbemesting) van de bodem en van oppervlaktewateren, waardoor voedselarme milieus (vennen, heiden, bossen e.d.) verloren dreigen te gaan en o.a. verschuivingen in de vegetatie optreden.
- Mogelijk extra vorstschade aan grasland doordat gras in het najaar over meer stikstof beschikt, langer blijft doorgroeien en te lang de winter in gaat.
- Verdringing van aan het adsorptiecomplex gebonden ionen, waardoor deze kunnen uitspoelen; bovendien worden andere kationen

Tabel A. Emissie en depositie van ammoniak en ammonium (samen NHx) en andere verzurende stoffen in Nederland (1985).
Cijfers ontleend aan Tussentijdse evaluatie verzuringsbeleid (VROM e.a. 1987b).

	1000 ton	10 ⁹ eq. zuur per jaar				NHx t.o.v. totaal
	NHx	NHx	NOx	SOx	totaal	
Binnenlandse emissie	240	14,1	11,5	8,1	33,7	42%
w.v. geëxporteerd	180	10,6	9,5	6,7	26,8	40%
w.v. depositie in Ned.	60	3,5	2,1	1,4	7,0	50%
Depositie afk. uit buitenland	20	1,2	3,8	5,6	10,6	11%
Totale depositie	80	4,7	5,9	7,0	17,6	27%

verdrongen bij de opname door wortels; door deze vormen van verdringing kan bijv. bij bomen kaliumgebrek ontstaan.

- Verzuring van de bodem en van oppervlaktewateren, doordat niet-opgenomen ammonium (deels) wordt omgezet in nitraat, waarbij zuur (H⁺-ionen) wordt geproduceerd; dit leidt tot pH-verlaging en in de bodem ook tot het vrijkomen van (toxische) aluminium-ionen.

- Verrijking van het grondwater met ammonium of nitraat.

Voor sommige gewassen kan de bemestende werking van ammoniak- en ammoniumdepositie positief werken. Voor een aantal grassen is deze positieve werking van ammoniakgas bewezen (Van der Eerden 1982).

Blijkens tabel A draagt ammoniak ca. 27% bij aan de totale depositie van verzurende stoffen in Nederland en ca. 50% aan de van binnenlandse bronnen afkomstige depositie. De depositie van ammoniak is voor 75% afkomstig uit het binnenland. Ammoniak vormt 42% van de Nederlandse emissies van verzurende stoffen; 75% van deze ammoniak wordt geëxporteerd naar het buitenland.

De depositieberekeningen voor Nederland (en Europa) zijn vooral gebaseerd op modellen van Asman en Buijsman c.s. Deze modellen zijn voor zwaveldioxide en stikstofdioxide uitvoerig getoetst aan emissie-, concentratie- en depositiemetingen in de praktijk. Ook de natte depositie van ammoniak en ammonium wordt routinematig bepaald; in 1985/86 op 34 plaatsen in Nederland (CBS 1986a).

De berekening van de droge depositie van ammoniak en ammonium is minder betrouwbaar. De berekening geschiedt aan de hand van concentraties en depositiesnelheden. Concentraties zijn gedurende enkele jaren gemeten op ca. 6 plaatsen in Nederland, ter toetsing van het model (Buijsman, mond. med.). Het Nationaal Meetnet Luchtverontreiniging meet geen ammoniak- of ammoniumconcentraties, omdat er geen automatische meetapparatuur bestaat voor routinematige ammoniakmetingen (Buijsman, idem). Recent onderzoek geeft aan dat de snelheid van droge depositie van ammoniak op bos en heide 2,4 maal zo groot is als op grasland. Vooral op bos- en

heideranden wordt zodoende extra ammoniak gedeponeerd (Schneider & Bresser 1987). Voorts is gebleken dat de droge depositie van ammonium op hoog opgegroeid gras groter is dan die op gemaaid gras (Heil e.a. 1988).

Overigens vervluchtigt stikstof ook in de vorm van aminen (NH_2 -verbindingen). Dit verlies is nauwelijks gekwantificeerd, maar kan bij hogere temperatuur meer dan 10% bedragen van de hoeveelheid stikstof die vervluchtigt als ammonium (Beauchamp 1983).

Vervluchtiging stikstof, distikstofoxide en stikstofoxiden

Onder aërobe omstandigheden, dus vooral op en in de bodem (zie figuur B), wordt ammonium (NH_4^+) door micro-organismen omgezet in nitraat (NO_3^-). Bij deze 'nitrificatie' worden als tussenprodukten o.a. distikstofoxide (N_2O , lachgas) en stikstofoxide (NO) gevormd, waarvan een klein deel in gasvorm ontwijkt (Bremner & Blackmer 1978). Deze gassen komen ook vrij bij het 'omgekeerde' proces, de denitrificatie: omzetting van nitraat in stikstofgas (N_2) (Fillery 1983). NO en/of NO_2^- worden omgezet in NO_2 , dat ook vluchtig is; het mechanisme van deze omzetting is wat onzeker (Slemr & Seiler 1984). Van de genoemde bijprodukten speelt vooral N_2O een rol in atmosferische vervuiling.

De verhouding van deze bijprodukten (N_2O , NO en NO_2) tot de hoofdprodukten (NO_3^- resp. N_2) varieert sterk. Zo neemt bij denitrificatie het aandeel van distikstofoxide (N_2O) toe bij onder andere lagere temperatuur, lagere pH en hogere nitraatconcentratie (Fillery 1983). Voor de praktijk betekent het dat vooral bij hoge nitraatgiften en op door het vee bemeste plekken een flinke N_2O -productie kan optreden. De hoeveelheid bijprodukten is onvoldoende gemeten om een nauwkeurige berekening te maken van de totale bijdrage van de landbouw, maar globale schattingen zijn wel mogelijk.

Het grootste deel van de N_2O -productie komt uit natuurlijke bronnen, die door de jaren heen min of meer constant zijn. Bemesting veroorzaakt een sterke toename van de N_2O -emissie, tot een maximum per dag van ca. 0,25 kg(N)/ha (Simpson & Steele 1983; Ryden 1986). In het algemeen gaat hooguit 2% van de N-input verloren als N_2O (Ryden 1986). Door intensivering van de bemesting is de bijdrage van de landbouw aan de mondiale N_2O -productie dus gestegen; de huidige bijdrage van de landbouw via het gebruik van kunstmest wordt door Heederik (1987) op grond van een literatuuranalyse geschat op ca. 20%. De landbouw is daarmee waarschijnlijk een belangrijke veroorzaker van de toename van de N_2O -concentratie in de troposfeer, het onderste deel van de atmosfeer. Deze toename bedraagt momenteel in totaal 0,2-0,5% per jaar (Banin 1986).

De bijdrage van de melkveehouderij aan de Nederlandse N_2O -productie is nooit apart berekend. Het is echter aannemelijk dat

binnen de landbouw de melkveehouderij de grootste N_2O -producent is: zij beslaat het grootste oppervlak, heeft een hoge N-gift per ha én creëert via beweiding plekken met extra hoge N_2O -produktie.

N_2O draagt volgens de huidige inzichten bij aan twee mondiale milieuproblemen:

a) het broeikaseffect. Bepaalde gassen in de troposfeer reflecteren de warmte-straling van de aarde. Doordat de concentratie van deze gassen stijgt warmt de aarde op. Gevolgen van deze opwarming zijn o.a. stijging van de zeespiegel en verschillende klimaatsveranderingen. N_2O is verantwoordelijk voor 4-6% van de opwarming in de komende decennia (Dickenson & Cicerone 1986; Ramanathan e.a. 1985). De gemiddelde verblijftijd van N_2O in de atmosfeer is berekend op ca. 120 jaar (Ramanathan e.a. 1985).

b) de afbraak van de ozonlaag. N_2O is in de troposfeer inert (niet-reactief) en komt geleidelijk terecht in de stratosfeer, waar een klein deel door UV-licht wordt afgebroken tot NO. N_2O is daarmee de belangrijkste bron van stratosferisch NO, dat bijdraagt aan de afbraak van ozon (O_3) in de stratosfeer (Heederik 1987; Van Ham 1987).

Door de afname van ozon in de stratosfeer komt meer UV-licht op de aarde terecht. Dit heeft nadelige gevolgen voor de gezondheid van de mens en leidt waarschijnlijk ook tot gewasbeschadiging en vermindering van de primaire produktie in de oceanen (Van Ham 1987). Ook heeft deze toename van UV-straling een zeker broeikaseffect.

NO en NO_2 (tezamen NO_x) worden zoals hierboven beschreven gevormd bij denitrificatie en nitrificatie; daarnaast wordt enige NO_x gevormd door oxidatie van ammoniak (zie blz. 65). Deze NO_x wordt vrijwel geheel geoxideerd tot nitraat, dat via droge en natte depositie uit de atmosfeer wordt verwijderd. De totale bijdrage van de landbouw aan de mondiale NO_x -produktie is waarschijnlijk ondergeschikt (Heederik 1987). Dat geldt des te sterker in West-Europa, waar verkeer en industrie een grote hoeveelheid NO_x produceren.

Uit- en afspoeling nitraat en andere stikstofverbindingen

Nitraat (NO_3^-) wordt, zoals vermeld, onder aërobe omstandigheden gevormd uit ammonium (NH_4^+); deze ammonium kan afkomstig zijn van mest, van gemineraliseerde organische stof in de bodem (vooral op veengronden), van afgestorven plantendelen en van depositie. Bovendien worden nitraat en ammonium in de vorm van kunstmest - industrieel gebonden luchtstikstof - toegediend aan de bodem.

Nitraat en ammonium zijn goed oplosbaar in water en kunnen daardoor gemakkelijk worden meegenomen door water dat van een perceel afspoelt. Bij een sterke afspoeling kunnen ook vaste

deeltjes door het water worden meegenomen, inclusief organische en anorganische stikstofverbindingen.

Ammonium in de bodem wordt redelijk goed gebonden aan het adsorptiecomplex van de bodem, gevormd door organische stof en kleideeltjes, maar nitraat niet. Vooral nitraat is daardoor gevoelig voor uitspoeling: wanneer het niet door plantewortels is opgenomen wordt het door 'percolatiewater' (doorsijpelend water) meegenomen. Met het percolatiewater komt het nitraat terecht in het ondiepe grondwater, dat afstroomt naar het oppervlaktewater of wegzakt naar het diepere grondwater.

Water percoleert wanneer er meer neerslag is dan de bodem kan vasthouden en gewas en bodem verdampen. Nitraatuitspoeling treedt dus vooral op in het winterhalfjaar, met name wanneer wordt bemest in najaar of winter en wanneer geen gewas aanwezig is. De hoogste nitraatgehalten worden in Nederland gemeten onder maisland op zand (zie bouwland op zand in tabel B en C).

Onder gemaaid grasland is de uitspoeling veelal gering, maar onder beweid grasland kan hij flink oplopen, doordat het vee de stikstof geconcentreerd deponeert. Op urineplekken komt zo ca. 1000 kg/ha terecht. Door diffusie en laterale verspreiding van wortels wordt deze stikstof verdeeld over een groter oppervlak, zodat onder de huidige praktijk kan worden gerekend met 500 kg/ha (Lantinga e.a. 1987). Tezamen met de stikstof uit kunstmest en organische mest vormt dit een ruime overmaat, waardoor nitraat kan uitspoelen. Ook onder andere omstandigheden kunnen hoge nitraatgehalten voorkomen, bijv. na het scheuren van grasland en op plaatsen waar het vee staat te wachten. In Utrecht werd in ondiep grondwater onder zandgrasland gemiddeld 24 mg (NO₃-N)/l gemeten (tabel C).

Overigens worden in het diepere grondwater onder bouw- en grasland op veen en klei ook hoge ammoniumgehalten aangetroffen (tabel B), die de natuurlijke waarden ruim overtreffen. De hoge gehalten blijken samen te gaan met lage nitraatgehalten (Van Duijvenbooden e.a. 1985).

Hoge nitraatgehalten in de bodem kunnen soms leiden tot te hoge nitraatgehalten in het gras (meer dan 0,75 à 2,0% nitraat in de ds), die de gezondheid van het vee bedreigen (nitrietvergiftiging); te hoge waarden kunnen vooral voorkomen in produkten van nieuw ingezaaid of zwaar bemest grasland en in gras dat is gegroeid na een periode van groeistagnatie.

Ook de mestopslag kan een bron van stikstofafspoeling en -uitspoeling zijn. Bijvoorbeeld onder vaste-mestopslagen zonder waterdichte bodem worden hoge ammoniumgehalten aangetroffen. Ook drijfmestkelders zijn veelal niet geheel waterdicht, zodat uitwisseling met het grondwater kan plaatsvinden.

Tabel B. Gemiddelde gehalten in mg/l van diverse mineralen in zoet grondwater op 10 meter beneden maaiveld, gemeten in het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit. Daaronder de drinkwaternormen.

Bron: meetwaarden volgens Van Duijvenbooden e.a. (1985); normen volgens EG-richtlijn 80/778/EEG.

MTC: maximaal toelaatbare concentratie.

Bodem	Gebruik	NO ₃ -N	NH ₄ -N	tot.-P	K	SO ₄	Cl	Ca	Mg
Zand	bouwland	19	3,7	0,6	13	99	62	68	16
	grasland	1,7	1,4	0,3	7,6	78	49	65	7,4
	natuurgeb.	1,5	0,4	0,1	2,4	40	20	21	4
Klei	bouwland	2,1	12	1,0	8,1	44	95	107	18
	grasland	0,1	7,4	1,3	17	61	65	122	28
	natuurgeb.	2,3	1,5	0,6	1,5	54	29	66	11
Veen	bouwland	3,2	3,7	0,1	5,0	44	33	15	7,4
	grasland	0,1	6,5	0,5	2,5	18	50	80	10
	natuurgeb.	0,1	2,4	0,2	3,5	17	45	42	10
EG:	MTC	11,3	0,4	1,7	12	250	-	-	50
	richtniveau	5,6	0,04	0,2	10	25	25	100	30

Tabel C. Gemiddelde gehalten in mg/l van mineralen in ondiep grondwater in de provincie Utrecht.

Bron: De Wit & Bleuten 1986.

Grond	Gebruik	NO ₃ -N	NH ₄ -N	totaal-P	K	SO ₄
Zand	bouwland	62	1,2	0,2	44	59
	grasland	24	1,0	0,4	25	69
Klei	bouwland	21	0,3	0,1	5,5	117
	grasland	3,0	2,4	0,1	7,9	170
Veen	bouwland	-	-	-	-	-
	grasland	0,6	4,7	0,3	9,1	295

Voorts komen flinke hoeveelheden ammonium en nitraat voor in perssap, dat vrijkomt uit natte kuilen (vooral uit graskuilen met minder dan ca. 30% ds en uit bietenblad- en bierbostelkuilen). In totaal bevat perssap aan stikstof 0,8 tot 1,0 kg per m³. Bij een bietenbladkuil komt 8-20 m³ en bij een natte graskuil (20% ds) 5-8 m³ perssap per geoogste ha vrij (DLG 1986; Küntzel e.a. 1987). Dit perssap komt veelal terecht in de bodem of stroomt af naar het oppervlaktewater. Door de thans optredende tendens tot verkorting van de veldperiode bij het inkuilen zou dit probleem kunnen toenemen, maar snel inkuilen kan bij juiste uitvoering samengaan met 35% ds.

Via de bodem (m.n. via drainbuizen) en door afspoeling belandt er dus stikstof in het oppervlaktewater. Het vormt daar één van de belangrijkste eutrofiërende stoffen.

Wanneer nitraat door een waterverzadigde bodem naar beneden zakt, zal een deel worden gedenitrificeerd. Maar vooral in goed ontwaterde zandgronden is de denitrificatie gering, zodat daar veel nitraat terecht kan komen in het grondwater. In diepere bodemlagen kan alsnog denitrificatie optreden, met name wanneer voldoende gemakkelijk afbreekbare organische stof aanwezig is en de pH niet te laag is (Steenvoorden 1983). In bodems waar ijzer-sulfide (pyriet) aanwezig is, kunnen zwavelbacteriën nitraat denitrificeren onder gelijktijdige omzetting van vastgelegd sulfide in opgelost sulfaat, dat daardoor kan uitspoelen (Van Beek e.a. 1984).

Het overgebleven nitraat kan via kwel natuurgebieden eutrofiëren. Behalve door depositie van stikstof via de lucht worden voedselarme milieus dus ook bedreigd door grondwatervervuiling.

Het nitraat kan bovendien in het drinkwater terecht komen. In principe kan het nitraat honderden jaren onderweg zijn. Maar nu al worden waterwinbedrijven en particuliere winningen in toenemende mate getroffen door te hoge nitraatgehalten. Hoge gehalten kunnen schadelijk zijn voor de gezondheid van de mens (zie de normen in tabel B), maar ook voor die van het vee (bij een hoeveelheid $\text{NO}_3\text{-N}$ van meer dan 45 mg/l).

B. Fosfaat

Fosfor (P) komt zowel in organische als in anorganische vorm hoofdzakelijk voor in verbinding met zuurstof: fosfaat (PO_4^{3-}). Daarom wordt veelal gesproken over fosfaat en niet over fosfor¹⁾. Fosfaat komt het bedrijf vooral binnen via krachtvoer, kunstmest en ruwvoer. In sommige gevallen zorgt ook de aanvoer van organische mest voor een belangrijke P-input.

In tegenstelling tot stikstof is fosfaat weinig beweeglijk en weinig reactief. Daardoor is de uitspoeling van fosfaat gering en wordt de grootste verliespost gevormd door de oppervlakkige afspoeling in de vorm van vaste deeltjes. Fosfaat kan afspoelen van de mestopslag, van het erf en van de bodem. Afspoeling over de bodem treedt op wanneer de neerslag niet snel genoeg in de bodem kan binnendringen; in de praktijk is dat vooral:

¹⁾ Fosfaat wordt in gewichten voor meststoffen vaak aangeduid als P_2O_5 . Wij prefereren voor gewichten het gebruik van het zuivere element P, zoals dat ook voor gehalten in voeders wordt gebruikt. Eenzelfde redenering geldt voor kalium (K). Voor stikstof is de aanduiding in zuivere N al sinds jaar en dag gebruikelijk.

1 kg P_2O_5 komt overeen met 0,437 kg P, 1 kg K_2O met 0,830 kg K.

- bij een grote hoeveelheid neerslag in korte tijd;
- bij een regenbui op een slechtdoorlatende of bevroren bodem;
- bij een regenbui op een bodem met hoge grondwaterstand;
- bij een regenbui op hellende grond.

Bij afspoeling worden mineralen in opgeloste vorm en in de vorm van mest-deeltjes meegenomen. Bij erosie wordt een deel van de bouwvoor meegenomen; ook dan zal fosfaatemissie optreden, des te sterker naarmate zich meer fosfaat heeft opgehoopt.

Fosfaat vormt in het oppervlaktewater met stikstof de belangrijkste eutrofiërende stof (STOM 1983). De bijdrage van de melkveehouderij aan de totale fosfaat-'omzet' van het Nederlandse oppervlaktewater is relatief gering. Olsthoorn (1985) berekent op grond van een aantal metingen de af- en uitspoeling uit de landbouw in 1980 op 2-4 miljoen kg P, op een totale toevoer naar het Nederlandse oppervlaktewater van ca. 100 miljoen kg P. Toch zijn er redenen ook deze bijdrage van de landbouw serieus in ogenschouw te nemen:

- Van de totale 100 miljoen kg P wordt het grootste deel via grensoverschrijdende rivieren aangevoerd en weer afgevoerd. Belangrijker is de accumulatie in Nederlandse oppervlaktewateren (incl. slib op de bodem ervan); deze bedraagt ca. 18 miljoen kg P. Het is aannemelijk dat de 2-4 mln. kg die af- en uitspoelt grotendeels behoort bij deze 18 mln. kg accumulatie.
- Een groot deel van het Nederlandse oppervlaktewater, bijv. in beken, wordt alleen belast door de landbouw c.q. door de melkveehouderij. Af- en uitspoeling is dan al snel voldoende om dit water eutroof te maken, omdat al bij een laag P-gehalte sprake is van eutrofie. (De fosfaatbelasting via huishoudelijk afvalwater, ca. 14 miljoen kg P, komt grotendeels via waterzuiveringsinstallaties op de grotere oppervlaktewateren terecht).

In zand- en kleigronden wordt fosfaat zo snel vastgelegd in organische en vooral anorganische verbindingen, dat uitspoeling ervan geen rol van betekenis speelt. Het in de bodem vastgelegde fosfaat komt op den duur weer vrij en kan worden opgenomen door het gewas.

In bepaalde gevallen kan uitspoeling van fosfaat wel een rol spelen:

- Bij overmatige bemesting met organische mest. Bepaalde fosforhoudende organische verbindingen zijn namelijk wateroplosbaar en mobiel. Bij overbemesting worden deze niet tijdig gemineraliseerd en door het gewas opgenomen (De Molenaar 1980).
- Bij een langdurige bemesting die de onttrekking te boven gaat (fosfaatverzadiging). De vastleggingscapaciteit van de bodem wordt dan overschreden, zodat 'doorslag' optreedt; de uitspoeling wordt dan enorm vergroot (Van Riemsdijk e.a. 1987).
- In sommige veengronden. In de meeste veengronden worden gelijke gehalten aan opgelost fosfaat gevonden als in zand en klei, maar in sommige duidelijk hogere (Steenvoorden & Oosterom 1977).

Oorzaak is de vorming van complexe verbindingen van anorganisch fosfaat met humus onder zure omstandigheden (De Molenaar 1980). Volgens Kolenbrander (1973) zou op veen- en dalgronden jaarlijks ca. 2 kg(P)/ha uitspoelen. Het is nog de vraag of dit fosfaat afkomstig is van bemesting of van afbraak van de veenbodem zelf (Van Lint 1983).

Fosfaatverzadiging komt vooral voor op maispercelen. Er komen echter nog niet veel gronden voor die tot op grotere diepte met fosfaat zijn verzadigd. Op grasland wordt soms zelfs een fosfaat-toestand 'onvoldoende' aangetroffen. Op langere termijn bezien zal het voortduren van de huidige fosfaataccumulatie, ook bij een gelijkmatige verdeling, wél tot problemen leiden. Blijkens tabel 3b (blz. 22) accumuleerde van 1983 tot 1986 in de melkveehouderij jaarlijks ca. 30 kg(P)/ha. Bij een totaal oppervlak van 1,2 mln. ha accumuleert in de gronden van de melkveehouderij dus jaarlijks ca. 36 mln. kg P. Olsthoorn (1985) berekende voor de gehele Nederlandse landbouw in 1980 een totale accumulatie aan P van ca. 90 mln. kg per jaar.

C. Kalium

Kalium (K) wordt op het bedrijf vooral geïmporteerd in krachtvoer, ruwvoer, kunstmest en evt. organische mest. Doordat ruwvoer veel kalium bevat, circuleert relatief veel kalium in de bedrijfsfscyclus. Het vee scheidt kalium vooral uit via de urine.

Een te sterke bemesting met kalium kan bij het vee magnesiumgebrek en daarmee kopziekte veroorzaken: enerzijds doordat de opname van kalium concurreert met die van magnesium, anderzijds doordat een hoog kaliumgehalte in het gras, eventueel in combinatie met een hoog eiwitgehalte, de benutting van magnesium door het dier belemmert.

De belangrijkste kaliumemissies zijn af- en uitspoeling vanuit mestopslag en erf (incl. natte kuilen), afspoeling van de bodem en vooral uitspoeling uit de bodem. In de bodem stelt zich een evenwicht in tussen kalium gebonden aan het adsorptiecomplex en kalium in oplossing. Doordat de kalium in de bodemoplossing wordt aangevuld vanuit het adsorptiecomplex, kan kalium gemakkelijk uitspoelen met het percolatiewater. Bijvoorbeeld voor zandgrond wordt aangenomen dat van kalium die in november met de mest wordt toegediend, ca. 65% uitspoelt (L&V 1985). Vanuit de urine ontstaan tijdens beweiding hoge kaliumgehalten in de bodem. In het algemeen spoelt op klei en veen minder kalium uit dan op zandgrond.

Blijkens de tabellen B en C worden onder alledrie de grondsoorten duidelijk verhoogde kaliumgehalten aangetroffen. In het ondiepe grondwater onder zand (tabel C) worden duidelijk hogere gehalten gevonden dan in dieper grondwater (tabel B), hetgeen doet vermoeden dat de K-uitspoeling sterk is toegenomen. De EG-normen

(10-12 mg/l) dreigen op grote schaal te worden overschreden. Overigens blijkt dit ook uit de K-balans (tabel 3c, blz. 23): wanneer we aannemen dat het K-overschot op zand voor 90% uitspoelt en het neerslagoverschot 250 mm bedraagt, zal het K-gehalte in het grondwater 45 mg/l bedragen.

Kalium vormt in het oppervlaktewater eveneens een eutrofiërende stof, maar de rol is in vergelijking met die van fosfaat en stikstof slecht onderzocht.

D. Andere mineralen

Via kunstmest, krachtvoer, ruwvoer en depositie komen ook andere mineralen dan stikstof, fosfaat en kalium het bedrijf binnen. Verliesposten zijn net als bij kalium af- en uitspoeling vanuit mestopslag en erf, afspoeling van de bodem en vooral uitspoeling uit de bodem.

Negatief geladen ionen als sulfaat en chloride worden nauwelijks gebonden door de bodem. Zij spoelen uit voorzover zij in overmaat worden aangevoerd. De hoeveelheid sulfaat die in Nederland via depositie jaarlijks wordt aangevoerd (gemiddeld 55 kg(S)/ha (Asman e.a. 1986)) is op zich al ruim voldoende om de gewasbehoefte te dekken. Inderdaad komen in het ondiepe grondwater hoge sulfaatgehalten voor, soms boven de maximaal toelaatbare concentratie (zie tabel C). Zoals vermeld, kan door gelijktijdige denitrificatie en pyriet-oxidatie in de ondergrond extra sulfaat worden toegevoegd.

Zwavel gaat, behalve door uitspoeling van sulfaat, ook verloren door vervluchtiging:

- Bij de mineralisatie van organische stof onder anaërobe omstandigheden worden voor een deel vluchtige zwavelverbindingen gevormd; de produktie van waterstofsulfide (H_2S) in de mestopslag is hiervan een bekend voorbeeld.
- In de bodem kan sulfaat worden gereduceerd tot waterstofsulfide; dit gebeurt alleen onder anaërobe omstandigheden en pas nadat het aanwezige nitraat is gereduceerd.

De vervluchtigde sulfiden worden in de lucht geoxideerd tot zwaveldioxide (SO_2). De landbouw draagt hiermee een vooralsnog verwaarloosbaar deel bij aan de nationale en mondiale uitworp van zwaveldioxide in de lucht.

Het gedrag van natrium is nagenoeg gelijk aan dat van kalium, eveneens een eenwaardig positief geladen ion. Calcium en magnesium, tweewaardig positief geladen ionen, worden sterker gebonden aan het adsorptiecomplex en spoelen daardoor minder uit. Door bodemverzuring (als gevolg van bemesting maar ook van zure depositie) worden zij geleidelijk verdrongen door H^+ -ionen. Bekalking brengt de hoeveelheden calcium en magnesium weer tijdelijk op peil. Zure depositie vormt hier dus voor de boer een extra kosten-

post en leidt tot een grotere uitspoeling van calcium en magnesium vanuit landbouwgronden naar het grondwater (zie ook tabel B).

E. Koolstofverbindingen

Koolstofverbindingen zijn in grote hoeveelheden en in talloze vormen op het bedrijf aanwezig, vooral als organische stof. Behalve via krachtvoer en ruwvoer worden zij op het bedrijf 'geïmporteerd' door vastlegging van koolstofdioxide (CO_2) door planten. Maar deze vastlegging van kooldioxide wordt, wanneer we de gehele keten van voedselproductie en -consumptie bekijken, weer gecompenseerd door een even grote produktie van kooldioxide door verademing. Voor het milieu is hier niets aan de hand.

Enkele andere aspecten van de koolstofkringloop zijn vanuit milieu-oogpunt wel interessant:

- a) Op de meeste gronden is de afbraak van organische stof ongeveer in evenwicht met de opbouw ervan. Op veengrond echter is de afbraak aanzienlijk groter dan de opbouw. Bij de afbraak van veen komen niet alleen mineralen vrij, maar wordt ook kooldioxide (CO_2) gevormd. Wordt deze afbraak door ontwatering vergroot, dan speelt zij een beduidende rol in de CO_2 -produktie. De totale CO_2 -produktie in West-Europa, grotendeels afkomstig van verbranding van fossiele brandstoffen, bedraagt ca. 750 Mt koolstof (VROM e.a. 1986); dit is gemiddeld ca. 3,3 ton per ha land en water. De netto-produktie van ontwaterd veen omvat ca. 2 ton per ha veengrond²⁾; deze produktie is dus geenszins verwaarloosbaar. Kooldioxide is voor ca. de helft verantwoordelijk voor het 'broeikaseffect' op aarde.

- b) Bij de pensfermentatie wordt methaan (CH_4) gevormd, dat door de koe wordt opgerispt en verdwijnt naar de atmosfeer: per koe zo'n 350-550 l per dag (Van der Hoek 1984).

Ook in de mest wordt methaan gevormd, maar bij lage temperatuur verloopt de methaanvorming (vergisting) traag. Waarschijnlijk is bij gewone bewaring (5-17 °C) de geproduceerde hoeveelheid beduidend geringer dan die door de koe zelf (zie Biewinga e.a. 1987).

De hoeveelheid methaan in de atmosfeer is de afgelopen decennia steeds gestegen; de stijging is in recente jaren toegenomen tot 1-2% per jaar (Ramanathan e.a. 1985). De mondiale bijdrage van de landbouwhuisdieren en vrijlevende herkauwers, via pensfermentatie, bedraagt ca. 18% (Gerritsen 1987). De bijdrage van de melkveehouderij is op nationale schaal ongeveer 85% (Slooff e.a. 1987). Methaan veroorzaakt dezelfde milieuproblemen als distikstofoxide:

2) Uitgaande van een N-mineralisatie van 150 kg/ha, bij een C/N-verhouding van 1:13.

- Het draagt bij aan het broeikaseffect (9-13% van de opwarming in de komende decennia (Dickenson & Cicerone 1987; Ramanathan e.a. 1985));
 - Een klein deel van het methaan komt in de stratosfeer, waar het via enkele tussenstappen bijdraagt aan de afbraak van de ozonlaag (Van Ham 1987).
- c) Een klein deel van de organische stof belandt in het oppervlaktewater. Belangrijkste melkveehouderij-bronnen zijn hier afspoeling (mestopslag, erf, bodem), perssap uit kuilen, reinigingswater van de melkstal en reinigingswater van melk-apparatuur en -tank.
- Voor de bijdrage van de landbouw aan deze vorm van vervuiling gelden globaal dezelfde overwegingen als voor fosfaat: gering op nationale schaal bezien, maar relevant door de diffuse verspreiding.
- Afgezien van de mineralen-inhoud vormt de organische stof in het oppervlaktewater een probleem doordat bij de afbraak ervan zuurstof wordt verbruikt (BOD: 'biochemical oxygen demand'; ook wel BZV: biochemisch zuurstofverbruik). Dit kan o.a. leiden tot zuurstofgebrek en sterfte bij vissen. (Mineralen leiden indirect tot zuurstofgebrek, namelijk via massale algengroei).
- d) Bepaalde organische verbindingen die in mest worden gevormd zijn zeer vluchtig. Ze komen vrij uit stal en mestopslag en na het uitrijden van anaëroob bewaarde mest. Ze zijn, tezamen met ammoniak, de stoffen die de gewaarwording stank veroorzaken. De stank van runderdrijfmest wordt doorgaans als minder hinderlijk ervaren dan die van kippe- of varkensdrijfmest. De totale hoeveelheid runderdrijfmest is echter groter: in 1985 produceerden runderen (excl. meststieren en -kalveren) ca. 68 mln. ton mest (CBS 1987a), waarvan naar schatting de helft, dus 34 mln. ton drijfmest. Varkens en kippen produceerden ca. 21 mln. ton mest (CBS 1987a).

F. Zware metalen

'Zware metalen' is de term voor metalen met een soortelijk gewicht van meer dan 5 kg/dm³; het gaat om stoffen als kwik, lood, zink, koper en cadmium. In landbouwkundig opzicht zijn het elementen die niet of slechts in kleine hoeveelheden nodig zijn voor gewas en vee. Hogere gehalten leiden al snel tot schade aan gewassen of aan de gezondheid van dier of mens.

Zware metalen bereiken o.a. via meststoffen de bodem. De beweeglijkheid in de bodem is voor de meeste zware metalen gering. Wel worden ze meer of minder gemakkelijk opgenomen door gewassen, waarmee ze het vee of de consument kunnen bereiken. Daarnaast bereiken zware metalen het vee door de opname van grond. De bijdrage van grond aan de opname van zware metalen varieert sterk,

maar kan aanzienlijk zijn. Bijvoorbeeld de opname van arseen en lood via grond kan 10-90% uitmaken van de totale belasting (Thornton & Abrahams 1981). De darm absorbeert in het algemeen weinig, dus het grootste deel wordt weer uitgescheiden. Zware metalen die wel worden opgenomen hopen zich vooral op in lever, nier en bot; op den duur kan chronische vergiftiging optreden.

Per zwaar metaal is het verschillend of het gewas, het vee of de mens het meest gevoelig is. De meeste gewassen zijn bijvoorbeeld nogal gevoelig voor koper en zink, waardoor de voedselketen wordt 'beschermd'. Cadmium daarentegen wordt door gewassen verdragen op niveaus die bij consumptie schadelijk kunnen zijn voor de mens.

De landbouw maakt in beperkte mate bewust gebruik van de eigenschappen van zware metalen ('intentioneel gebruik'). Bijvoorbeeld in sommige bestrijdingsmiddelen maakt een zwaar metaal deel uit van de actieve stof; in varkensvoer wordt koper toegevoegd als groeistimulerend middel. Voor de melkveehouderij zijn deze bronnen van gering belang.

De landbouw importeert voorts zware metalen als verontreiniging in grondstoffen. Bijvoorbeeld kwik in vismeel. Veruit het belangrijkste is echter cadmium (Cd) in kunstmest en voederfosfaten, afkomstig van het cadmium in fosfaatertsen. Cadmium vormt daarin een verontreiniging, geen voedingselement. Voederfosfaten worden toegevoegd aan mengvoer, met het oog op de fosfaatbehoefte van het vee; aan rundveebrok wordt minder toegevoegd dan aan varkens- en kippevoer. Het cadmiumgehalte in rundvee-mengvoer is de afgelopen jaren al sterk gedaald: van ca. 0,51 mg per kg voer in 1976/77 naar ca. 0,07 in 1985/86 (L&V & VROM 1987).

De cadmium-belasting van het produktiemilieu in de melkveehouderij bedraagt in de jaren '80 ca. 5600 mg per jaar, waarvan 2200 afkomstig is van neerslag³⁾. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de droge depositie, die moeilijk te bepalen, maar niet verwaarloosbaar is (CCRX 1985). De afvoer via drainwater is ca. 1300 mg Cd/ha (Breimer & Smilde 1986), die via melk en vlees is ver-

³⁾ Berekend als volgt (hoeveelheden krachtvoer en NPK-kunstmest volgens LEI-gegevens, zie tabel 2 en 3):

	Op jaarbasis	mg/ha
Krachtvoer	5000 kg/ha x 0,1 mg/kg (L&V & VROM 1987)	= 500
Kunstmest	P: 15 kg/ha x 175 mg/kg (Henkens 1983a)	= 2625
	K: 18 kg/ha x 0,43 mg/kg (idem)	= 7
	N: 320 kg/ha x 0,54 mg/kg (idem)	= 173
	z.b.b. in kaikmestst.: 100 kg/ha	
	(Smilde 1986) x 1,23 mg/kg (Henkens 1983a)	= 123
Neerslag	per dag 3-9 mg/ha (CBS 1986a)	= <u>2200</u>
Totaal		= 5628

waarloosbaar⁴⁾. De stijging van het cadmiumgehalte in de bodem verloopt bij deze belasting dus langzaam, maar zeker.

Afgezien van deze cadmiumvervuiling door de landbouw is de landbouw vooral slachtoffer van vervuiling met zware metalen. Zware metalen kennen talloze toepassingen, bijv. in pigmenten, kunststoffen, batterijen, dakgoten, etc. Voorts zijn ze als verontreiniging te vinden in velerlei stoffen. Ook worden ze door de industrie als afvalstoffen geloosd. Direct of indirect komen deze zware metalen terecht in bodem, water en lucht. De landbouw wordt vooral langs de volgende wegen geconfronteerd met deze vervuiling:

- Via depositie uit de lucht. In heel Nederland worden in de neerslag aanzienlijke gehalten aan zware metalen aangetroffen (CBS 1986a). Alleen al deze hoeveelheden blijken voor diverse zware metalen groter dan de afvoer in gewas en drainwater (Breimer & Smilde 1986). Plaatselijk komen veel hogere gehalten voor, bijv. nabij zinksmelterijen (zink en cadmium) en nabij verkeerswegen (lood uit benzine).
- Via zuiveringsslib. Het zou ideaal zijn als menselijke faecaliën etc. via schoon zuiveringsslib zouden kunnen worden benut als meststof in de landbouw, maar vanwege de sterke vervuiling van dit slib met zware metalen (bijvoorbeeld Cd- en Zn-gehalten van 5 resp. 1500 mg/kg in de droge stof (CBS 1986b)) is deze recirculatie gebonden aan strikte grenzen.
- Via overstroming door rivieren waarin industrieel afvalwater is geloosd. Zo trof de "Projectgroep zware metalen in oevergronden van Maas en zijrivieren" (1987) sterk verhoogde gehalten aan van cadmium, lood, zink en kwik in de bodems van veelvuldig overstroomde rivierkleigronden.

Incidenteel zijn ook andere bronnen van belang.

G. Hulpstoffen

Naast zware metalen vormen ook de hulpstoffen een categorie van systeemvreemde stoffen die het bedrijf binnenkomen. Het betreft chemische verbindingen die op bepaalde plaatsen in het productieproces worden ingezet om natuurlijke processen te versterken of af te zwakken. De belangrijkste emissies doen zich voor op de plaats

⁴⁾ Gemiddelde Cd-gehalten onder normale omstandigheden volgens Vreman & Van der Veen (1982) en Van der Veen (1983): lever 0,09 mg/kg, nier 0,34, bot 0,02, vlees 0,003 en melk 0,0004 mg/kg. Jaarlijkse afvoer op gemiddeld zandbedrijf: vee 510 kg/ha en melk 12.800 kg/ha (op basis van LEI-gegevens). Vee is uit te splitsen in 5,6 kg lever, 1,4 kg nieren, 42 kg bot en 461 kg vlees, ingewanden, vet e.d (PR 1984). Aanname voorts dat ingewanden, vet e.d. dezelfde gehalten bevatten als vlees. Berekening levert: jaarlijkse Cd-afvoer 3,2 mg/ha via vee, 5,1 via melk; totale afvoer 8,3 mg/ha.

van inzet of iets verderop in de produktiecyclus. De categorie 'hulpstoffen' omvat verschillende groepen:

- bestrijdingsmiddelen;
- diergeneesmiddelen;
- reinigings- en ontsmettingsmiddelen.

Bestrijdingsmiddelen

Bestrijdingsmiddelen worden in de melkveehouderij vooral gebruikt voor de bestrijding van mollen, emelten, muizen en onkruiden in grasland en van onkruiden in mais. Naast chemische middelen worden overigens ook mechanische methoden ingezet voor de bestrijding. Voorts worden de middelen voor de bestrijding van uitwendige parasieten op vee en van vliegen in stallen gerekend tot de bestrijdingsmiddelen.

Bestrijdingsmiddelen worden op grond van de Bestrijdingsmiddelenwet bij de toelating getoetst op o.a. hun milieu-effecten: het gebruik mag geen onaanvaardbare schade aan het milieu veroorzaken. Enige schade - zowel aan het produktiemilieu als aan het externe milieu - is gezien de aard van de middelen onvermijdelijk. Zo doodt parathion niet alleen emelten-larven, maar ook veel andere bodemdieren. Soms treden milieu-effecten op die bij de toelating niet werden voorzien. Zo blijkt atrazin, al jarenlang het meest gebruikte herbicide in mais, in grotere concentraties in het grondwater aanwezig dan was verwacht (Loch e.a. 1986; Van Beek e.a. 1988).

Ondanks het feit dat de milieu-effecten van individuele middelen in principe redelijk zijn onderzocht, zijn tot nu toe geen overzichten samengesteld van de neveneffecten van de bestrijdingsmiddelen in de melkveehouderij. De bij de toelating verzamelde gegevens zijn niet openbaar. Ook zijn tot nu toe geen kwantitatieve gegevens openbaar gemaakt over het gebruik per middel of over het totale gebruik in de sector melkveehouderij.

Diergeneesmiddelen

Sinds 1987 geldt voor alle diergeneesmiddelen (incl. hormonen) net als voor bestrijdingsmiddelen een registratieplicht, in dit geval op grond van de Diergeneesmiddelenwet. Voor een deel ervan, in gebruik als veevoederadditief, gold dit al geruime tijd. Met uitzondering van additieven worden diergeneesmiddelen echter niet getoetst op milieu-effecten. Reden hiervoor is dat de EG-richtlijnen waarop de wet is gebaseerd, hiertoe geen ruimte bieden (LAC 1986). Over de emissie van diergeneesmiddelen naar de bodem en naar het externe milieu en over hun effecten op het milieu is dan ook weinig bekend. Milieu-effecten kunnen gezien de aard van de stoffen niet worden uitgesloten. Van sommige diergeneesmiddelen

zijn aantoonbare residuen in de mest gevonden (LAC 1986; De Roij & De Vries 1980).

Het ministerie van L&V en de Landbouwadviescommissie Milieukritische Stoffen (LAC) besteden wel in toenemende mate aandacht aan milieu-effecten van diergeneesmiddelen. Het valt ook onder de taak van de LAC zich alsnog op maatregelen te bezinnen wanneer zich onaanvaardbare gevolgen voor het milieu blijken voor te doen.

Door het onderzoek is tot nu toe de meeste aandacht besteed aan de effecten van (residuen van) diergeneesmiddelen die worden gebruikt als veevoederadditief of die zijn opgenomen in gemedicineerde voeders. Bij veevoederadditieven (antibiotica, coccidiostatica en groeibevorderaars) gaat het om diergeneesmiddelen in lage, 'nutritieve' doseringen, bij gemedicineerde voeders om hogere, 'therapeutische' doseringen. De toelating van veevoederadditieven is in EG-verband apart geregeld, in Nederland via de Verordening Diervoeder 1986 van het Produktschap voor Veevoeder. Mogelijke schade voor het milieu wordt volgens deze regeling wél beoordeeld. De milieu-effecten van de additieven zijn daardoor relatief goed bekend (zie o.a. De Roij & De Vries 1980).

In de melkveehouderij worden diergeneesmiddelen echter weinig langs deze weg toegepast (verreweg het grootste deel van deze veevoederadditieven en van het gemedicineerde voer wordt verstrekt aan varkens en pluimvee). In rundvee-voeders worden wel veevoederadditieven toegepast die niet onder de diergeneesmiddelen vallen, zoals conserveringsmiddelen, maar deze zijn uit milieu-oogpunt waarschijnlijk van weinig belang.

Diergeneesmiddelen worden in de melkveehouderij vooral toegediend via incidentele behandeling van koppels of van individuele dieren. Maar voor de totale veestapel is dit incidentele gebruik van diergeneesmiddelen in kwantitatief opzicht van ondergeschikt belang (LAC 1986).

Reinigings- en ontsmettingsmiddelen

Melkwiningsapparatuur en melktank worden meestal gereinigd met gecombineerde reinigings- en ontsmettingsmiddelen. De reinigingscomponent is vergelijkbaar met de wasmiddelen die in de huishouding worden gebruikt. Belangrijkste milieu-gevolg hiervan is de input van fosfaat en kalium, zo'n 10 kg P en 34 kg K per bedrijf per jaar (zie bijlage 2); op een deel van de bedrijven, vermoedelijk een minderheid, wordt dit reinigingswater geloosd op het oppervlaktewater. Bij de rest komt het in de mestopslag.

Ontsmettingsmiddelen worden behalve voor melkapparatuur gebruikt voor ontsmetting van stallen. Ze vallen onder de Bestrijdingsmiddelenwet en worden dus ook getoetst op milieu-effecten. Informatie over de effecten van deze middelen is schaars; de beschikbare informatie is vooral verzameld in "Bestrijdingsmidde-

len", deel 2 (VROM 1985). Het betreft onder andere diverse chloorverbindingen, kali- en natronloog, fenolen en formaldehyde.

H. Uitlaatgassen

Neveneffect van het gebruik van dieselmotoren is de uitstoot van uitlaatgassen, met als probleemstoffen o.a. kooldioxide (CO₂), koolmonoxide (CO), koolwaterstoffen (C_xH_y), aerosolen (vooral roetdeeltjes), stikstofoxiden (NO_x) en zwaveldioxide (SO₂). Het CBS heeft, op grond van het brandstofverbruik in de landbouw en van de gemiddelde uitstoot van grote dieselmotoren, voor 1985 uitgerekend wat de bijdrage is van landbouwwerktuigen aan de luchtvervuiling in Nederland (Klein, mond. med.). Deze gegevens zijn verwerkt in tabel D.

NO_x en SO₂ zijn - naast ammoniak - de veroorzakers van zure depositie. Voorts spelen de in de tabel genoemde stoffen o.a. een rol bij ozonvorming (schade aan landbouwgewassen!) en smogvorming. Roetdeeltjes kunnen kankerverwekkend zijn.

De bijdrage aan de Nederlandse CO₂-produktie is niet berekend, maar ligt in dezelfde orde van grootte. CO₂ speelt, zoals vermeld, een rol in het broeikaseffect.

I. Afvalstoffen

Een positief aspect van de melkveehouderij is het feit dat zij veel organisch afval verwerkt, o.a. afkomstig uit de voedingsmiddelenindustrie (bijv. bietenpulp) en de intensieve veehouderij (drijfmest). Het eigen organisch afval wordt vrijwel geheel binnen de sector worden verwerkt. Kadavers, slachtafval e.d. vormen weer grondstof voor verschillende industrieën.

Daarnaast is de melkveehouderij producent van een groot aantal niet-organische afvalstoffen, die niet binnen het bedrijf kunnen worden verwerkt. Veel van deze afvalstoffen lenen zich voor recycling, maar circuits hiervoor zijn pas voor enkele stoffen goed

Tabel D. Bijdrage van landbouwwerktuigen aan de uitstoot van enkele luchtvervuilende stoffen in Nederland (1985).

Bronnen: CBS 1987b; VROM e.a. 1987a.

*: deels gegevens over 1982.

	CO	NO _x	SO ₂	Aerosolen	Koolwaterst.
Totale emissie in Ned (mln.kg)	1190*	527	260	135*	440
Emissie door landbouw (mln.kg)	21	23	1,8	1,3	4,2
Landbouw t.o.v. totaal (%)	1,8	4,4	0,7	1,0	1,0

opgezet; schroot bijvoorbeeld wordt sinds jaar en dag ingezameld en verhandeld. De meeste afvalstoffen belanden op de nationale afvalberg. Op enkele voorbeelden gaan we hier nader in.

Voor het inkuilen van gras en mais wordt ca. 12 miljoen kg kuilfolie (landbouwplastic) gebruikt⁵⁾. Dit is overigens een relatief geringe hoeveelheid in vergelijking met bijv. de produktie van kunststof-afval door huishoudingen in 1984: 339 mln. kg (CBS 1986b). Vermoedelijk wordt slechts een klein deel van het kuilfolie ingezameld voor recycling; de initiatieven voor inzamelingsacties gaan uit van actiegroepen en gemeenten.

Voor het afrasteren van graslandpercelen worden o.a. elektrische heiningen gebruikt. Vooral lichtnet en verschillende typen batterijen dienen als stroombron, maar ook worden afgedankte auto- en trekkeraccu's gebruikt. Er is nooit berekend hoeveel lege batterijen aldus worden geproduceerd en het is onduidelijk wat daarmee gebeurt. De hoeveelheid is te schatten op 100-300 ton per jaar (Kijk in de Vegte, Dijkstra, mond. med.). Lege batterijen kunnen worden ingeleverd bij gemeentelijke depots of bij een enkele leverancier, maar de meeste worden vermoedelijk weggegooid. Er zit een aanzienlijke hoeveelheid zware metalen in.

Een gemiddelde trekker verbruikt per jaar zo'n 100 l smeerolie, waarvan meer dan de helft overblijft als afgewerkte olie, met daarin o.a. metalen en zuren (Grundey 1980). De 197.000 trekkers in de landbouw (LEI & CBS 1987), waarvan naar schatting de helft in de melkveehouderij, produceren dus zo'n 10 mln. kg afgewerkte olie. Deze olie valt onder de Wet Chemische Afvalstoffen; men is daardoor verplicht de olie via een garage of een oliehandelaar terecht te laten komen bij een erkend verwerkingsbedrijf, waar de olie wordt gereraffineerd, bewerkt of verbrand. Het is niet duidelijk in hoeverre de landbouw zich houdt aan deze wettelijke verplichting. Jaarlijks wordt in Nederland in totaal ca. 70 mln. kg afgewerkte olie ingezameld (VROM e.a. 1985).

⁵⁾ 196.000 ha snijmais (LEI & CBS 1987), met 11.960 kg(ds) per ha (verliezen ingecalculeerd); 4574 mln. kg(ds) gras ingekuild (Van Schooten, schr. med.). Van mais 99% en van gras 95% in rij- en sleufkuilen (Vocpraktijk). Gemiddelde kuilhoogte 1,5 m, dichtheid 180 kg/m³ (PR 1984). Vuistregel per m² kuil ongeveer 2 m² kuilplastic (in verband met vastleggen en zijwanden); in 60-80% van de gevallen 2 lagen folie (in andere gevallen 1 laag beschermzeil, dat we hier buiten beschouwing laten) (Bosma, mond. med.; Van Schooten, schr. med.). Gemiddelde dikte 0,15 mm, soortelijk gewicht 0,926 kg/dm³ (Moolhoek, mond. med.). Herekening levert 84 mln. m² kuilfolie per jaar, met een gewicht van 11,66 mln. kg.

BIJLAGE 2

BEREKENING ENKELE POSTEN MINERALENBALANSEN

Zoals aangegeven in hoofdstuk 2 zijn de meeste posten in de mineralenbalansen (§ 2.2) berekend op basis van LEI-gegevens. In deze bijlage geven we de berekening van de andere posten weer.

Reinigingsmiddelen

Hoeveelheid reinigingswater:

Per melkbeurt 40-100 liter (Brouwer, mond. med.), dus $70 \times 2 \times 36 = 51.100$ l per jaar. Per melktankreiniging 60-120 liter (idem), dus per jaar $90 \times 3 \times 52 = 14.040$ l. Totaal per jaar derhalve 65.140 l.

Hoeveelheid reinigingsmiddel:

0,5 volume-% reinigingsmiddel in reinigingswater, oftewel 326 liter per jaar.

P- en K-gehalten in reinigingsmiddel:

Gemiddelde berekend op basis van opgaven van Slaghuis (mond. med.) voor diverse middelen:

- fosfaat ca. 30 g(P)/l en kalium ca. 30 g(K)/l in de vorm van natrium- en kaliumtripolyfosfaat en pentakaliumtrifosfaat;
- kalium ca. 74 g(K)/l in de vorm van kaliumhydroxide.

Totale input P en K:

Gemiddeld per bedrijf $326 \times 0,030 = \text{ca. } 10 \text{ kg P}$ en $326 \times 0,104 = 34 \text{ kg K}$.

Gemiddelde bedrijfsomvang ca. 25 ha, dus input per ha 0,4 resp. 1,4 kg/ha.

Depositie

N-depositie:

Totale droge en natte depositie over de periode 1983-1986 berekend per LEI-landbouwgebied, op basis van Erisman e.a. (1987), vervolgens gemiddeld voor de landbouwgebieden in resp. zand, klei en veen. Jaarlijkse N-depositie als volgt:

	<u>mol/ha</u>	<u>kg/ha</u>
zand	3420	47,9
klei	2810	39,3
veen	2990	41,9

P- en K-depositie:

Alleen natte depositie bekend. Gegevens ontleend aan Henkens (1983b); ze betreffen de jaren 1978-1980. Vanwege de geringe omvang is hier geen onderscheid per regio aangebracht.

Netto mineralisatie

Stikstof:

De netto mineralisatie van (beschikbare) stikstof op veengrond is afhankelijk van de grondwatertrap en bedraagt per jaar 0 tot 150 kg/ha (TEWB 1988):

grondwatertrappen I en II	0
grondwatertrappen II* en III	75
overige trappen	150

Onder meer op grond van Sijthoff (1984) wordt verondersteld dat er geen correlatie is tussen de grondwaterstand en de melkproduktie per ha. Daarom wordt ervan uitgegaan dat de N-mineralisatie voor de verschillende produktieniveaus gelijk is.

Van de LEI-steekproefbedrijven is globaal bekend wat hun grondwatertrap is. Op grond daarvan is berekend dat op 66% van het areaal de netto mineralisatie 0 kg/ha is, op 14% van het areaal 75 en op 20% van het areaal 150 kg/ha. Het gewogen gemiddelde is 40 kg/ha.

De verdeling van de LEI-bedrijven over de grondsoorten is echter tamelijk grof. Daarom is aangenomen dat een kwart van de grond van de veenbedrijven uit zand en/of klei bestaat. De netto N-mineralisatie is derhalve 30 kg/ha.

Fosfaat:

Voor de mineralisatie van fosfaat is uitgegaan van een verhouding 1:10 ten opzichte van de stikstofmineralisatie.

Binding luchtstikstof

Er is aangenomen dat door vrijlevende bacteriën in de bodem 4 kg/ha aan stikstof wordt gebonden.

De N-binding door vlinderbloemigen is bij het bemestingsniveau van deze bedrijven verwaarloosbaar.

BIJLAGE 3**MATRIX MAATREGELEN**

Toelichting op indeling en invulling van de kolommen.

Nr. emissie/stroom en Stroom

(overeenkomstig Biewinga e.a. (1987)).

Nr.	Type stroom	Stroom	Stof
10	verlies	ammoniak- en methaanverlies vee	N, methaan
40	cyclus	faeces en urine (mestproductie)	NPKzm ¹⁾
50	verlies	amm. vervl. uit urine en faeces	N
70	input/emissie	reinigingsmiddelen	NPKzmtox ²⁾
110	verlies	methaanverlies uit mestopslag	methaan
120	verlies	ammoniakvervluchtiging uit mestopslag	N
130	verlies	afspoeling van mestopslag	NPKzm
140	verlies	uitspoeling uit mestopslag	NPKzm
150	verlies	denitrificatie in mestopslag	N
180	verlies	aanwendingsverl. (org.): strooifouten	NPKzm
190	verlies	aanwendingsverl. (org.): amm. vervl.	N
		bij of na aanwending	
200	input	kunstmest	NPKzm
210	verlies	aanwendingsverl. (kunstm): strooifouten	NPKzm
220	verlies	aanwendingsverl. (anorg.): verl.	N
240	input/emissie	bestrijdingsmiddelen	NPKzmtox
280	ophoping	vastlegging bodem	NPKzm
290	input	mineralisatie/verwerking	NPKzm
300	emissie	kooldioxide	CO2
310	verlies	ammoniakverl. uit bodem	N
320	verlies	afspoeling/erosie van bodem	NPKzm
330	verlies	uitspoeling uit bodem	NPKzm
340	verlies	denitrificatie in bodem	N
370	verlies	stofwisselingsverl. gewas	NK
380	int. verl.	plaaigverliezen	NPKzm
390	int. verl.	oogstresten	NPKzm
400	int. verl.	maaiiverliezen	NPKzm
410	int. verl.	beweidingsverliezen	NPKzm
430	input	ruwvoer	NPKzm
450	input	landbouwplastic	plastic
460	verlies	kull- en bewaringsverl.	NPKzm
480	int. verl.	voerresten	NPKzm
490	input	krachtvoer	NPKzm
520	input/emissie	diergeneesmiddelen	NPKzmtox

1) zm - zware metalen

2) tox - toxische stoffen

Verklaringen codes bij kolommen 1 tot en met 12

Algemene codes:

- 0 geen uitspraak over te doen (bijv. niet onderzocht)
- 7 niet bij ons bekend
- * verwijzing naar nadere toelichting bij maatregel, gecombineerd volgens code maatregel en kolomnummer
- 1a2 onnaukeurige beoordeling
- 1/2 beoordeling verschillend voor uiteenlopende aspecten of omstandigheden

Stadium van ontwikkeling en toepassing:

kolommen 1-4:

onderzoek t.b.v. toepassing en ontwikkeling (0):

1)

- 0 bestaat alleen als idee
- 1 nog omvangrijke knelpunten/vraagtekens
- 2 meeste duidelijk; enkele knelpunten/vraagtekens
- 3 geen relevante knelpunten/vraagtekens

onderzoek naar effectiviteit in het beperken van emissies (X):

2)

- 0 niet onderzocht
- 1 tendens duidelijk, maar niet gekwantificeerd
- 2 tendens duidelijk en redelijk gekwantificeerd
- 3 goed gekwantificeerd

voorlichting (V):

3)

- 0 wordt geen aandacht aan besteed
- 1 af en toe / hier en daar
- 2 in veel voorlichtingsbronnen
- 3 algemeen naar voren gebracht

toepassing in de praktijk (P):

4)

- 0 in Nederland niet of nauwelijks, maar in buitenland wel (nl. in...*)
- 1 wordt niet toegepast
- 2 op sommige bedrijven toegepast
- 3 op veel bedrijven toegepast
- 4 algemeen gebruikelijk

Inpasbaarheid:

kolommen 5-6:

technische inpasbaarheid:

5)

- 0 niet inpasbaar
- 1 (nog) niet inpasbaar, maar in toekomst inpasbaarheid denkbaar (nl. in dien:...)
- 2 onder veel omstandigheden inpasbaar (nl. indien:...*)
- 3 op alle bedrijven inpasbaar

bedrijfs economische inpasbaarheid:

6)

- 0 kosten aanzienlijk hoger dan opbrengsten
- 1 kosten hoger dan opbrengsten, maar afh. van prijsverhoudingen (bijv. NPK-prijzen)
- 2 kosten ongeveer gelijk aan opbrengsten
- 3 kosten geringer dan opbrengsten

Effectiviteit:

kolom 7:

effectiviteit (in beperken van emissies e.d.): gerekend vanuit

7)

huidige situatie en regelbaar systeem:

- a effectiviteit sterk afhankelijk van omstandigheden (nl. ...*)
- n negatief effect
- 0 niet effectief (=geen effect)
- 1 weinig effectief
- 2 redelijk effectief
- 3 zeer effectief

N.B. effectiviteit wordt binnen het vakje voor zover nodig opgesplitst voor verschillende emissies m.b.v. emissiecodes; uitgangspunt daarbij steeds dat inputs/outputs navolvent worden aangepast.

Neveneffecten:

kolommen 8-10:

neveneffecten op natuur en landschap:

8)

- n negatief effect; toelichting onder*
- geen effect
- p positief effect; toelichting onder*

neveneffecten op energie en grondstoffen:

9)

- n negatief effect; toelichting onder*
- geen effect
- p positief effect; toelichting onder*

andere neveneffecten en nadelen:

10)

- n negatief effect; toelichting onder*
- geen effect
- p positief effect; toelichting onder*

Nadere uitwerking naar onderzoek:

kolommen 11-12:

op te lossen knelpunten en vraagtekens:

11)

toelichting in woorden

onderzoekswensen:

12)

- vormen van onderzoek die gewant zijn op de onder 11 genoemde knelpunten en vraagtekens op te lossen; ook lopend onderzoek kan daarbij worden vermeld.
- geen onderzoek nodig
- a simulaties/modellenonderzoek
- 1 laboratorium-onderzoek
- v onderzoek op proefvelden, met proefbedrijven e.d.
- p onderzoek in bedrijfsverband: proefbedrijven
- b onderzoek in bedrijfsverband: praktijkbedrijven

1. BEDRIJFSOPZET

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.				bedr.	econ.		nat/	en/	ande-		
				0	E	V	P								
1a				EXTENSIVERING											
330/340/ etc.	diverse	1a01	bedrijfsop- pervlakte vergroten	3	1	1	1	3	1	2	*	-	-	econ., techn., milieukundige voor- en nadelen extensivering	spb
"	"	1a02	deel van het quotum verkopen	3	2	0	0	3	0	2*	*	-	-	-	-
1b				TWEDE TAK											
330/340 etc.	diverse	1b01	beter ruw- voer benutten (schapen/ vleesvee)	3	2	2	1	1a2	2a3	a*	-	-	-	econ.techn. milieukundige evaluatie van "tweede tak"	spb
"	"	1b02	akkerbouw erbij nemen	1	1	1	1	1*	2*	◇	p*	-	-	-	-

Toelichting

- 1a01, 8 : Bij uitgekende doelgerichte extensivering is er meer ruimte voor
1a02 natuur, echter niet automatisch.
- 1a02, 7 : Alleen zinvol als dit tot een extensivering van het gehele
bedrijf leidt.
- 1b01, 7 : Alleen als dezelfde input met tweede tak tot een hogere output
leidt.
- 1b02, 5/6 : Vraagt grote investeringen (o.a. in machines en kennis over
teelttechnieken), terwijl de perspectieven voor de meeste gewas-
sen niet rooskleurig zijn.
- 8 : Afwisseling in landschap.

1. BEDRIJFSOPZET (vervolg 1)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				<u>ontw.en toepas.</u>				bedr.	econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				0	E	V	P								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
		1c	MEST OF RUWVOER VERKOPEN												
330/340/ etc.	diverse	1c01	mest ver- kopen	3	3	3	1	3	1	3	-	n*	*	industriële ver- werking en export tegen lage kosten; verlagen acceptatie drempel in akkerbouw	sl
"	"	1c02	ruwvoer ver- kopen	3	2	2	2	3	3	2*	-	-	-		-
330/340/ etc.	diverse	1d	VERKAVELING VERBETEREN	3	2	3	2	3	3	3	*	p*	-		-

Toelichting

- 1c01, 9 : Mesttransport kost veel energie.
 10 : Pas als het hele landelijke mestoverschot (bij de P-eindnorm van de mestwetgeving) industrieel verwerkt en geëxporteerd wordt is mest verkopen voor het individuele bedrijf geen afwenteling. Tot zolang is mestverkoop geen bijdrage tot schoner produceren.
- 1c02, 7 : Kan een afwenteling van emissie naar een ander bedrijf betekenen.
- 1d, 8 : Wordt negatief als dit leidt tot intensievere bedrijfsvoering.
 9 : Minder brandstof voor rijden naar percelen.

2. VEESTAPEL

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid bedr. econ.	Effect (emis- sie)	Nebeneffecten				Op te lossen knelpunten en vraagtekens	Onder- zoeks- wensen
				ontw.en toepas.						tech.	nat/	en/	ande- re		
				O	E	V	P								
				1	2	3	4							11	12
		2a	GROTER AANDEEL VOER BESTEDEN AAN PRODUCTIE												
40	faeces en urine	2a01	fokken/selecteren op levensduur	3	1	1	0	3*	1	0	-	-	*	geschikte parameters	pb
"	"	2a02	fokken/selecteren op produktie per lactatie	3	1	3	3	3	3	2	-	n*	*	optimaal niveau; relatie met levensduur; hoge produktie bij laag krachtvoergebruik	pb
"	"	2a03	fokken/selecteren op droge-stof- opname	2	1	1	1	3	3*	2	-	-	-	produktie uit ruwvoer	spb
"	"	2a04	fokken/selecteren op vruchtbaarheid	2	1	1	1	3	3	1	-	-	n*	grotere nakome- lingengroepen	pb
"	"	2a05	fokken/selecteren op ziekteresil- stentie	1	1	0	0	3	3	1	-	-	-		vpb

Toelichting

- 2a01, 5 : Fokken op levensduur levert weinig resultaat op.
 10 : Bij een hogere levensduur zullen meer vleesproducerende dieren wor-
 den gehouden, omdat er minder vlees beschikbaar komt via uitstoot
 van melkveestapel.
- 2a02, 9 : Hogere produktie gaat vaak gepaard met hoger krachtvoergebruik.
 10 : Een systeem met hoogproduktieve dieren is kwetsbaarder dan één met
 laagproduktieve dieren. Er worden meer vleesproducerende dieren
 gehouden. Het optimale produktieniveau is o.a. bedrijfsafhankelijk.
- 2a03, 6 : Vooral op bedrijven met ruwvoeroverschot.
- 2a04, 10 : Scherpe selectie leidt in eerste instantie tot een kortere gemid-
 delde levensduur.

2. VEESTAPEL (vervolg 1)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid	Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens	Onder- zoeks- wensen	
				ontw.en toepas.						bedr. econ.	nat/ ls.	en/ gr.			ande- re
				0	E	V	P								
				1	2	3	4	5	6	7				11	12
		2b	POTENTIËLE CONVER- SIE VAN N, P EN K VERBETEREN												
40	faeces en urine	2b01	fokken/selecteren op hoger eiwit- gehalte	2	2	3	2	3	3	0	-	-	-	geringe genetische spreiding in popu- laties	sp
"	"	2b02	fokken/selecteren op nauwere vet- eiwitverhouding	2	2	3	2	3	3	2	-	-	-	uitbetalings- en quoteringssysteem	sp
"	"	2b03	fokken/selecteren op persistentie	3	2	0	0	3	1	1	-	-	p*	vaststellen fokwaarde	pb
40	faeces en urine	2b04	fokken/selecteren op bestand zijn tegen voedings- stress	1	1	0	0	3	3	1	-	-	-	vaststellen genetische component via bloed- beelden	b
		2c	AFHANKELIJKHEID VAN KRACHTVOER VERMINDEREN												
490	input kracht- voer	2c01	fokken/selecteren op ruwvoeropname/ ruwvoerbenutting, zie 2a03	2	1	1	1	3	3	2	-	-	-		v
"	"	2c02	afkalfpatroon aanpassen aan ruwvoerproductie	2	2	1	2	3	3	1	-	p	-		sb

Toelichting

2b03, 10 : Hogere persistentie leidt tot lager krachtvoerbruik.

3. VEEVOEDING

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpassbaarheid		Effect (emis- sies)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				<u>ontw.en toepas.</u>				tech.	econ.		nat/	en/	ande- re		
				0	E	V	P								
		3a	RANTSOEN OPTIMALISEREN											normen optimaliseren (voor eiwit, eiwitbe- stendigheid, structuur, energie, makkelijk op- neembare koolhydraten).	
40	faeces en urine	3a01	ruwvoer stal- periode opti- maliseren	2	2	3	3	3	3	3	-	-	-		-
430/490	input ruwvoer en kracht- voer	3a01a	productie zoveel mogelijk op basis van ruwvoer en krachtvoer van eigen bedrijf	2	2	1	1	2	2	3	-	-	-		-
40/480	faeces en urine, 3a01b voer- resten	3a01b	goed ruwvoer winnen: zie 9 en 10												
40	faeces en urine	3a01c	maiskorrels kneuzen	3	2	2	1	3	2	1	-	-	-		-
"	"	3a01d	stro/hooi ont- sluiten met natriumhydroxide	3	2	0	0	1	0	1	-	-	-		-
		3a02	ruwvoer weide- periode opti- maliseren (zie ook 3a01)												
10/40	amm, verl. vee, fae- ces en urine	3a02a	gehalten eiwit en oplosb. koolhydr. in gras verlagen, geh. best.eiwit verhogen: zie 8a, 10e en 10f	2	2	2	1	3	2	2	-	-	-		-

3. VEEVOEDING (vervolg 1)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.				bedr.	econ.		nat/	en/	ande-		
				0	E	V	P								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
10/40	amm. verl. vee, fae- ces en urine	3a02b	naast gras eiwit- arm en energie- rijk ruwvoer (bijv. snijmais) bijvoeren	2	3	1	2	2	2*	2*	3*	-	-	-	-
		3a03	samenstelling krachtvoer optimaliseren												
10/40	amm.verl. vee, faeces en urine	3a03a	in weldeperiode eiwitarm krach- voer bijvoeren	2	3	1	1	3	2	3	-	-	-	problemen bij hoge produkties: eiwit in gras onbestendig	p
"	"	3a03b	krachtvoer met hoog gehalte bestendig eiwit voeren	2	1	2	2	3	2	2	-	-	-	optimale bestendigheid	p
40/280/ 320/330	faeces en urine, ophoping en emissie zw. metalen	3a03c	P-arm krachtvoer voeren	2	2	0	0	3	1	2	-	-	-		p
40	faeces en urine	3a03d	K-arm krachtvoer voeren	0	2	0	1	3	1	2	-	-	-		p
280/320/ 330	ophoping en emis- sie zware metalen	3a03e	krachtvoer voeren met sterk van cadmium gezuiverd voederfosfaat	2	2	0	0	3	1	2	-	-	-		-
		3a04	aanbod afstemmen op individuele voederbehoefte												

Toelichting VEEVOEDING

3a02b, 6: Bij ruwvoeroverschot economisch verantwoord om maisteelt door gras-
teelt te vervangen.

5/7: Snijmaisteelt is niet overal mogelijk

3. VEEVOEDING (vervolg 2)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw.en toepas.				Invasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				O	E	V	P	tech.	bedr. econ.		nat/	en/	ande-		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
40	faeces en urine	3a04a	veestapel op- splitsen in produktiegroepen	3	2	2	2	2	3	1	-	-	-		-
"	"	3a04b	ruwvoer ver- strekken m.b.v. ruwvoerstation	2	2	1	1	2	0	1	-	-	-		-
"	"	3a04c	krachtvoer ver- strekken m.b.v. krachtvoercomputer	3	2	3	2	2	2a3	2	-	-	-		-
"	"	3a04d	krachtvoer dose- ren aan de hand van melkcontrole (KHV)	3	2	3	2	2	3	2	-	-	-	snellere advisering	b
3b OPNAME EN GELIJK- MATIGHEID OPNAME VERGROTEN															
40	faeces en urine	3b01	gemengd voeren	3	2	1	1	2	1a2*	1	-	-	-		-
"	"	3b02	voerfrequentie opvoeren (zie ook 3a04 b/c)	3	2	1	1	2*	3*	1	-	-	-		-
"	"	3b03	gevarieerd voeren	3	1	2	1	2	2	1	-	-	-		-

Toelichting

3b01, 6: Voermengwagen voor kleine veestapel niet economisch.

3b02, 5/6: Afhankelijk van hoeveelheid beschikbare arbeid.

3. VEEVOEDING (vervolg 3)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw. en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12	
				0	E	V	P	tech. 5	econ. 6		nat/ ls. 8	en/ gr. 9	ande- re 10			
40	faeces en urine	3b04	smakelijke pro- dukten voeren - smakelijkheid voerders verbeteren													
40/480	faeces en uri- ne, voer- resten	3b04a	gras/klaver (zie ook 8a02e en 10f01)	1	2	0	0	b	◇	◇	1	-	-	-	bij verse klavers: trommelzucht	vpb
"	"	3b04b	voederbieten bijvoeren	2	2	1	1	2	3	2*	-	n	-	-	arbeidstechnische inpasbaarheid	pb
40	faeces en urine	3b05	graslandgebruik aanpassen: zie 10e													
		3c	TOEVOEGMIDDELEN GEBRUIKEN													
40/480	faeces en urine, voerresten	3c01	smaakstoffen	1	1	0	1	3	2	1	-	-	-	-	diverse	v
40	faeces en urine	3c02	exogene stoffen (bijv. voorver- tering ruwe cel- stof in kuilen)	1	1	0	0	◇	◇	2(?)	-	-	-	-	diverse	lv
"	"	3c03	β-blokkers	0	1	0*	0*	3	◇	1	2	-	-	-	management; effect op voerbenuiting	1

Toelichting

3b04b, 7: Mits resulterend in een hogere droge-stofopname.

3c03, 3/4: Gebruik is niet toegestaan.

3. VEEVOEDING (vervolg 4)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw.en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens	Onder- zoeks- wensen
				0	E	V	P	tech.	econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
40	faeces en urine	3c04	koolhydraten- bolus	0	1	0	0	3	0	1a2	-	-	-	management; effect op voerbenutting	lv
"	"	3c05	BST	2	2	0*	0*	3	2a3	2	-	-	-	acceptatie consument; vruchtbaarheid en levensduur vee	vpb
10/40	amm.verl. vee, faeces en urine	3c06	zinkkern (bijv. Protak)	2	1	0	1	3	1	0a1	-	-	n*	zinkaccumulatie	lv
40	faeces en urine	3c07	aminozuren (methionine, ketionine)	2	1	0	1	3	1	1	-	-	-	diverse	v
10/40	amm.verl. vee, faeces en urine	3c08	buffers tegen pensverzuring	3	2	1	1	3	2	1*	-	-	-		v
10	methaan verl. vee	3c09	monensin	2	2	2	2*	3	3/2*	1a2	-	-	-		vp

Toelichting

3c05, 3/4: Gebruik is niet toegestaan.

3c06, 10: Hoge zinkinhoud.

3c08, 7: Sterk afhankelijk van de rantsoensamenstelling.

3c09, 4: Alleen toegelaten voor vleesvee.

6: Vleesvee 3, melkvee (jongvee) 2 als het toegelaten zou worden.

4. VEEVERZORGING

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpassbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.				tech.	bedr. econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				0	E	V	P								
		4a	LEEFMILIEU OPTI- MALISEREN												
40	faeces en urine	4a01	voerregimes ge- leidelijk in el- kaar laten overgaan	2	1	1	1	2	3	1	-	-	-		p
"	"	4a02	tochtige koeien apart zetten	3	1	1	1	2	3	1	-	-	-		.
		4b	ZIEKTEN EN VERWON- DINGEN VOORKOMEN												
		4b01	veewaarneming intensiveren												
40	faeces en urine	4b01a	meer waarnemingen door de veehouder	3	1	2	2	3	3	1	-	-	-	diagnostische kennis en hulpmiddelen	b
"	"	4b01b	waarnemingen automatiseren (processors)	1	1	1	1	2	3	1	-	-	-		pb
"	"	4b02	hygiëne vergroten	2	1	2	2	3	3	1	-	-	-		.
"	"	4b03	klaauwen goed verzorgen	3	1	3	2	3	3	1	-	-	-		.

4. VEEVERZORGING (vervolg 1)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw.en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Nebeneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				0	E	V	P	bedr. tech.	econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				1	2	3	4								
520	input en emissie diergenees- middelen	4b04	mastitis snel en goed behan- delen	2	1	3	2	3	3	1	-	-	-	diagnostiek, preventie en therapie	lvpb
-	-	4b05	gebruik dier- geneesmiddelen beperken	2	1	0	0	3	2	3	-	-	-	milieu-effecten slecht bekend	lvpb
40	faeces en urine	4c	VRUCHTBAARHEID VERBETEREN/ BENUTTEN (tussenkalftijd vermindere(n))	2	1	3	2	3	3	1	-	-	-		b

5. MELKWINNING

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid bedr. tech. econ.	Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.						nat/	en/	ande- re		
				0	E	V	P							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5a VAKER MELKEN														
40	faeces en urine	5a01	driemaal daags melken	3	1	0	b	1/2 [*]	3	2	-	-	-	-
"	"	5a02	melkrobot	1	1	0	0	2	1	2	n [*]	-	-	o.a. storingsgevoe- ligheid, onderhouds- behoefte, kosten lvpb
5b REINIGINGSMETHODE EN -MIDDELEN AANPASSEN														
70	input en emissie reinigings- middelen	5b01	mineraalarm en weinig toxisch reinigings- en ontsmettings- middel gebruiken	0	1	0	0	1	2	2	-	-	-	1
130/140/ 320/330	af- en uit- spoeling mestop- slag en bodem	5b02	waterzuinige reinigingsmethode toepassen: zie 6b02											

Toelichting

5a01, 5: Arbeid is de beperkende factor; verschilt per bedrijf.

5a02, 8: Geen melkkoeien in de wei.

6. STAL EN MESTOPSLAG

Nr. emissie /stroom	Stroom maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpassbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12	
			ontw.en toepas.				bedr.	econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re			
			0	E	V	P									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
130/140/ 320/330	af- en uit- spoeling 6a mestopslag en bodem	OPSLAGCAPACITEIT VERGROTEN	3	2	3	1	3*	1	3*	n*	n*	-	benodigde capaciteit voor optimaal gebruik organische mest	pb	
	6b	WATERTOEVER NAAR MESTOPSLAG VERMINDEREN													
130/140/ 320/330	af- en uit- spoeling 6b01 mestopslag en bodem	schoon regenwater afvoeren naar oppervlaktewater of riool	2	1	1	1	3	2	1*	-	-	-	kwantificering hoeveelheid regenwater	pb	
"	"	6b02 waterzuinige methode gebruiken voor spoelen van melkeparatuur (zie ook 6b02)	1	1	1	0	1	0	1*	-	*	*	optimale methode	lvpb	
"	"	6b03 stalvloer reinigen met mechanische middelen en hogedrukspuit	2	2	2	1	3	3	1	-	-	p*			

Toeichting

- 6a, 5 : Uitrijverbod stimuleert bouw mestopslag enigszins.
 7 : Vergroten mestopslagcapaciteit is voorwaarde voor veel andere maatregelen, met name voor het uitrijden van mest op een geschikt tijdstip. Als maatregel op zich is de effectiviteit beperkt.
 8 : Enige schade aan landschap is mogelijk. Door diverse maatregelen (beschilderen, omsingelen) is deze te reduceren.
 9 : Bouw van mestopslag kost nogal wat energie en grondstoffen.
- 6b01, 7 : Kan negatief werken door vergrote NH_3 -emissie.
- 6b02, 7 : Zie 6b01, 7.
 9/10 : Een waterzuinige methode impliceert waarschijnlijk een hogere temperatuur en een hogere concentratie van reinigingsmiddelen, waar het totale verbruik van energie en reinigingsmiddelen bij het spoelen kan ongeveer gelijk blijven. Positief is het geringere waterverbruik.
- 6b03, 10 : Geringer waterverbruik.

6. STAL EN MESTOPSLAG (vervolg 1)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat-regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van opw.en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emis-sie)	Nevens effecten				Op te lossen knelpunten en vraagtekens	Onder-zoeks-wensen
				O	E	V	P	tech.	econ.		nat/ls.	en/gr.	ande-re			
				1	2	3	4	5	6		7	8	9	10		
130/140/320/330	af- en uit-spoeling mestopslag en bodem	6b04	regen-, reinigings- en spoelwater van erf, stal en melk-apparatuur apart opslaan	1	1	0	0	3	2	◇	-	-	*	benodigde kwaliteit en capaciteit van opslag; benuttingsmogelijkheden	pb	
120/130/140/150/190/310/320/330/340	diverse	6c	OPTIMAAL OPSLAG-SYSTEEM KIEZEN	2*	1*	◇	◇	1/3*	0a3*	◇	-	-	*	vergelijking van geoptimaliseerde systemen	pb	
		6d	MESTOPSLAG VERBETEREN (algemeen)													
110/120/150	amm. vervl., methaan- vorming en denitrif. mestopslag	6d01	mest koel opslaan	1	1	0	1	1/2*	◇	1a2	-	-	-	praktische mogelijkheden voor bovengrondse opslag; effectiviteit	vpb	

Toelichting

- 6b04, 10 : Het afzonderlijk opgeslagen water kan worden gebruikt voor het verdunnen van drijfmest voorafgaand aan het uitrijden (zie 8b04b). Doordat het relatief weinig mineralen bevat, kan het eventueel in de winter worden uitgereden.
- 6c, 1/2 : De bedrijfstechniek van verschillende opslagsystemen is redelijk onderzocht, maar de emissies in mindere mate. Het gaat vooral om een vergelijking van de emissies van geoptimaliseerde systemen.
- 5/6 : Bij nieuwbouw kan een optimaal systeem worden gebouwd, maar verbouw van een bestaand mestopslagsysteem tot een totaal ander systeem stuit op technische en economische problemen.
- 10 : Het mestopslagsysteem heeft veel consequenties voor de rest van de bedrijfsvoering, o.a. voor veegezondheid (bijv. roostervloer vs. potstal) of uitrijden van mest (bijv. vaste mest vs. drijfmest).
- 6d01, 5 : Koel opslag is problematisch bij bovengrondse opslag buiten de stal (sterke temperatuurwisselingen), maar redelijk mogelijk bij opslag in een kelder.

6. STAL EN MESTOPSLAG (vervolg 2)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw. en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Nevaneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				O	E	V	P	tech.	econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				1	2	3	4	5	6		8	9	10		
140	uitspoe- ling mest- opslag	6d02	bodem en wanden van opslag waterdicht maken	2	1	2	1	1/3*	1/3*	3	-	-	-	doorlatendheid huidige opslagen; praktische mogelijkheden	pb
		6e	DRIJFMESTOPSLAG VERBETEREN												
50	amm. vervl. urine en faeces	6e01	mest snel verwij- deren van stal- vloer (mestschuif)	2	1	0	0	1/3*	1/3*	◇*	-	n	-	inbouw in bestaande stal; effect op ammoniakemissie	pb
120	amm. vervl. mest- opslag	6e02	drijfmestkelder afsluiten (geen roostervloer; stankafsluiter of lage mestinlaat)	2	1	0	0	1/3*	1/3*	◇*	-	-	-	mogelijkheden voor bestaande stallen; effect op amm. vervl.	pb
120/130/ 140	amm. vervl. en uit- en afspoe- ling mest- opslag	6e03	externe mest- opslag over- kappen	2	1	1	1	3	0	120:2 130/ 140:1	-	-	*	effect op amm. vervl. en temperatuur (methaanvorming)	vph

Toelichting

- 6d02, 5/6 : Goed inpasbaar bij nieuwbouw, minder bij bestaande opslag.
- 6e01, 5/6 : Goed inpasbaar bij nieuwbouw, minder bij bestaande opslag. Schuif is extra investering, maar maakt dichte vloer mogelijk, die langer weegaat.
- 7 : Toevoeging schuif aan bestaande roostervloer heeft waarschijnlijk positief effect. Een roostervloer zonder schuif is niet zonder nader onderzoek te vergelijken met een dicht vloer met schuif.
- 6e02, 5/6/7: Zie 6e01. Een dichte vloer maakt een mestschuif noodzakelijk.
- 6e03, 10 : Overkapping heeft mogelijk effect op de temperatuur van de mest; bij hogere temperatuur meer NH₃-vervluchtiging en methaanvorming.

6. STAL EN MESTOPSLAG (vervolg 3)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw.en toepas.				Inpassbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				O	E	V	P	tech.	bedr.		nat/	en/	ande-		
				1	2	3	4	5	6		ls.	gr.	re		
120	amm. vervl. mest- opslag	6e04	minder vaak mixen	1	2	0	1	1	1	1/2*	-	-	n*	ammoniakvervl. bij wel/niet mixen; relatie mestkwaliteit en ontmenging	pb
"	"	6e05	niet beluchten	3	2	3	1*	3	3	1a2*	-	-	-		-
"	"	6e06	stro- of andere C-bron toevoegen (als strooisel of aan opslag)	2	2	0	1	2	<	1a2*	-	-	n*	effect op amm. vervl.; verpompbaarheid mest; hygiëne	vpb
		6f	OPSLAG GESCHEIDEN MEST VERBETEREN												
50	amm. vervl. urine en faeces	6f01	mest snel verwij- wijderen van stallvloer (mest- ketting)	3	1	0	0	3	1	<	-	n	-	effect op amm. vervl. bij verschillende afvoerfrequenties	pb
120	amm. vervl. mest- opslag	6f02	gierkelder luchtdicht afsluiten	1	1	0	0	<	<	<	-	-	-	mogelijkheden voor bestaande kelders; effect op amm. vervl.	vpb

Toelichting

- 6e04, 7 : Afhankelijk van frequentie waarmee wordt gemixt.
 10 : Onvoldoende mixen leidt tot slechte menging, problemen bij ver-
 pompen, slechte verdeling over de bodem en slechte benutting door
 het gewas.
- 6e05, 4 : Beluchten wordt vooral toegepast met het oog op vermindering van
 stank bij het uitrijden.
 7 : Wanneer niet wordt belucht moet wel worden gemixt; daarbij kan
 alsnog een deel van de ammoniak verloren gaan.
- 6e06, 7 : De hoeveelheid stro is gering (drijfmest) en de afbraak ervan
 gaat traag (anaëroob), zodat ook de ammoniakbinding traag
 verloopt.
 10 : Extra mineraleninput.

6. STAL EN MESTOPSLAG (vervolg 4)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.				tech.	bedr. econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				0	E	V	P								
120/150	amm.vervl. en deni- trif. mest- opslag	6f03	mest vast stapelen	2	2	1	1	2	1	2	-	-	-	geschikte methode bij gebruik mest- ketting	pb
120/130/ 140	amm.vervl. en af- en uit- spoeling mestopslag	6f04	mestopslag overkappen of afdekken	1	2	0	0	3	0	120; 0/3 130/ 140:3	-	-	p*	geschikte methode; amm. vervl. onder overkapping	pb
130/140	af- en uit- spoeling mestop- slag	6f05	afgespoelde mest en uitgelekt mestwater op- vangen in kelder	2	2	1	1	3	1	3	-	-	-	-	-
120/140	amm.vervl. en uit- spoeling mestop- slag	6f06	meer strooisel gebruiken	3	2	0	1	3	2	120:a* 140:1	-	-	n*	-	vpb
6g OPSLAG POTSTAL- MEST VERBETEREN															
120/130/ 140	amm.vervl. en af- en uit- spoeling mestopslag	6g01	direct vanuit stal uitrijden	2	2	0	1	3	3	3*	-	-	-	amm. vervl. uit verse potstalmest	vpb

Toelichting

- 6f04, 7 : Overkappen is weinig effectief wanneer de mest wel kan indampen/
uitdrogen. Afdekken met een dichte kap of een zeil is wel effec-
tief.
- 10 : Geen verdunning met regenwater, dus betere benutting van opslag-
capaciteit.
- 6f06, 7 : Te losse stapeling kan vervluchtiging vergroten.
- 10 : Extra mineraleninput.
- 6g01, 7 : Verliezen vanuit een mestopslag buiten de stal worden aldus ver-
meden, maar wel kunnen grotere verliezen optreden als daartoe op
een ongunstig moment moet worden uitgereden.

6. STAL EN MESTOPSLAG (vervolg 5)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw.en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen kneipunten en vraagtekens	Onder- zoeks- wensen
				0	E	V	P	tech.	bedr.		nat/	en/	ande-		
				1	2	3	4	5	6		ls.	gr.	re		
120/140/ 150	amm.vervl. uitspoe- ling en denitrif. mestopslag	6g02	optimale hoe- veelheid stro gebruiken	3	2	0	1	3	2	1	-	-	n*		-
		6h	TOEVOEGMIDDELEN GEBRUIKEN												
120	amm. vervl. mest- opslag	6h01	calciumsulfide	2*	2*	0	0	◇	◇	◇*	-	n*	-		-
*	"	6h02	bacterie- preparaten	1	1	0	0	3	0	0	-	-	-	neder onderzoek naar claims nieuwe pre- paraten	-
120	amm. vervl. mest- opslag	6h03	zuren	0	1	0	0	◇	◇	1	-	n*	n*		-
		6i	ONTSTANE VERLIEZEN OPVANGEN EN BENUTTEN												

Toelichting

6g02, 10 : Extra mineraleninput.

6h01, 1/2 : Onderzoek is gaande; er zijn nog geen resultaten gepubliceerd.

7/9 : Extra zwavelinput, dus extra sulfaatuitspoeling.

6h03, 9/10 : Aanzuren van mest (een sterke buffer) vereist veel zuur, dus veel energie en grondstoffen. Bovendien maakt het extra bekalking van de bodem nodig.

6. STAL EN MESTOPSLAG (vervolg 6)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.				tech.	econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				0	E	V	P								
10/50/ 120	amm.vervl. vee,urine en faeces en mest- opslag	6101	ammoniak opvangen in biofilter/ biowasser	1	1	0	0	1	0	◇	-	-	-	toepassing in rundvee- stallen; effect op emissies; benutting opgevangen N	pb
110	methaan- vorming mest- opslag	6102	methaan opvangen boven mestopslag en benutten als brandstof	1	2	0	0	1	0	2	-	-	-	praktische mogelijk- heden	vp
"	"	6103	methaan opvangen in biofilter	0	0	0	0	1	0	◇	-	-	-	effect van filter op methaan; praktische mogelijkheden	v
10/50/ 120	amm.vervl. vee, urine en faeces en mest- opslag	6104	stal of mestop- slag omsingelen (houtsingel)	3	1	1	1	3	1	1	p	p	-	effect op ammoniak- vervluchtiging	pb

7. MESTBEWERKING

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw. en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				0	E	V	P	tech.	econ.		nat/	en/	ande-		
				1	2	3	4	5	6		8	9	10		
120/190	amm. vervl. uit op- slag en bij of na aanwending	7a	VERGISTEN	2	2	1	b*	1*	1*	a*	-	p*	p*	kosten; energie- benutting	b
120/190/ 310/320/ 330/340	amm. vervl. mest en bodem, af- en uitsp., denitrif.	7b	COMPOSTEREN	2	1/2	0	1*	1*	1	a*	p*	-	-	emissie bij opt. compostering	lv
"	"	7c	SECUNDAIR SCHEIDEN	2	1/2*	1	1	3	1*	1/2	-	n	p*	ontwikkeling doel- matige verplaats- bare apparatuur	v

Toelichting

- 7a, 4 : Diverse landen o.a. West-Duitsland, Denemarken, USA en China; spora-
disch in Nederland.
5 : Techn. inpasbaarheid nog belemmerd door kinderziekten.
6 : Op grotere bedrijven wellicht rendabel, op kleinere zeker niet.
7 : Vergisting leidt tot hogere ammoniakfractie en hogere pH, waardoor
risico van vervluchtiging maar ook directe N-werking wordt vergroot.
Doordat ook de vloeibaarheid wordt vergroot, kan de vergiste mest
sneller in de bodem dringen.
9 : Energieproductie via biogas.
10 : Bijkomend voordeel is afbraak van geurstoffen, zowel voor mens als
ook voor vee. Mogelijk nadeel is negatief effect van ammoniak op
bodemleven.
- 7b, 4 : Vooral op ecologische en biologisch-dynamische bedrijven.
5 : Alleen inpasbaar wanneer vaste mest wordt geproduceerd.
7 : Ammoniekvervluchtiging tijdens composteren is groter dan bij
afgesloten bewaring, maar vervluchtiging bij het uitrijden is
kleiner; effect per saldo sterk afhankelijk van wijze van
composteren, weersomstandigheden bij uitrijden, etc.
8 : Positief effect op bodemleven door lage NH_3 -concentratie.
- 7c, 2 : Emissies uit dunne fractie redelijk onderzocht, maar uit vaste frac-
tie minder; waarschijnlijk komen deze overeen met die bij vaste mest.
Emissies tijdens scheidingsproces niet onderzocht.
6 : Scheiding is bedrijfseconomisch vooral interessant wanneer het voor-
afgaat aan mesttransport over een grote afstand.
10 : Bijkomend voordeel is dat de vaste fractie kan worden gescapeld.

8. BEMESTING EN BODEM

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid		Effect (emis- sies)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.				bedr.	econ.		nat/	en/	ande- re		
				0	1	2	3								
		8a	MINERALENAANBOED AFSTEMMEN OP GEWASBEHOEFTE/ -OPNAME												
330/340/ 370/etc.	uitsp. en de- nitrif. bodem, etc.	8a01	bemesten volgens N-adviesnormen (grasl. gebruik, org. mest, mine- ralisatie)	3	2	3	2	3	3	1a3*	-	-	-		-
		8a02	N-bemestingsnorm op grasland ver- fijnen/verlagen												
330/340/ 370/etc.	uitsp. en de- nitrif. bodem, etc.	8a02a	N-gift na droogte of in nazomer verlagen/weglaten	2	1	0	0	3	1	2a3	-	-	-	effect op N-uitspoeling	svp
"	"	8a02b	afstemmen op betere N- benutting uit org. mest	2	2	1	1	3	3	3	-	-	-	N-benutting org. mest bij optimale toediening	vpb
10/40/ 330/340/ 370/etc.	faeces en urine/ uitsp., denitrif., etc.	8a02c	afstemmen op optimaal ei- witgehalte	2	2	0	0	1*	0*	3	p*	-	-	relatie bemesting - eiwitgehalte	vp

Toelichting

8a01, 7 : Afhankelijk van huidige bemestingsniveau.

8a02c, 5/6 : Bemesting zou sterk omlaag moeten t.o.v. huidige bemesting.
Wanneer bemestingsniveau veel lager komt te liggen, wordt het
wel zinnig en inpasbaar om rekening te houden met het effect op
het eiwitgehalte. Het blijkt vooralsnog aantrekkelijker om de
eiwitvoeding te optimaliseren d.m.v. bijvoeding.

8 : Forse verlaging N-gift verhoogt diversiteit graslandvegetatie.

8. BEMESTING EN BODEM (vervolg 1)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw.en toepas.				Inpashaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				0	E	V	P	tech.	bedr. econ.		nat/ is.	en/ gr.	ande- re 10		
330/340/ 370/etc.	uitsp. en de- nitrif. bodem, etc.	8a02d	Afstemmen op uitspoeling (N- gift beneden ca. 200 kg per ha/jaar)	2	2	0	1*	1*	0*	3	p*	-	-	uitspoeling op bemest en beweide grasland	vp
"	"	8a02e	N uit kunstmest vervangen door N-binding door klavers (grasl.)	1a2	1	0	b*	◇*	◇*	◇	p*	p*	*	productieniveau onder Ned. omstandigheden; winterharde klaver- rassen	lvpb
"	"	8a02f	N-beschikbaarheid invalculeren; zie 8a04												
"	"	8a03	N uit kunstmest vervangen door N-binding door vlinderbl. ge- wassen (bouw.)	2	1	1	1	2	2	a	p*	p*	p*	behoud gebonden N in bouwvoor	(v)pb
		8a04	N-beschikbaarheid nagaan												

Toelichting

- 8a02d, 4 : Wordt alleen toegepast in beheersgebieden en op milieuvriendelijke bedrijven.
5/6 : Kost nogal wat produktie t.o.v. huidige situatie.
8 : Zie 8a02c, 8.
- 8a02e, 4 : Alleen op alternatieve landbouwbedrijven in Nederland; in het buitenland algemener toegepast.
5/6 : Kost produktie, maar bespaart ook geld. Nog te vroeg om uitspraak te doen over techn. inpashaarheid, die vooral van produktieniveau afhangt. Vergroot ds-opname en energiebenutting vee.
8 : Zie 8a02c, 8.
9 : N-binding.
10 : Grote invloed op bedrijfssysteem.
- 8a03, 8/10 : Verruiming bouwplan.
9 : N-binding.

8. BEMESTING EN BODEM (vervolg 2)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw.en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen kneipunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				0	E	V	P	tech.	econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
330/340/ 370/etc.	uitsp. en de- nitrif. bodem, etc.	8a04a	bemonsteren in voorjaar (na winter beschikbare N)	1*	1	0*	0*	2	2*	1?	-	-	-	goede methode voor grasland; variatie tussen percelen	svp
"	"	8a04b	bemonsteren in zomer (voor najaar beschikbare N)	2	1	0	0*	3	3	3*	-	-	p*	relatie tussen mine- rale N in gewas en be- schikbare N in bodem; variatie tussen percelen	vpb
"	"	8a04c	beschikbaar- heid nagaan m.b.v. be- mestings- vensters	0*	1	0*	0*	3	3	2?	-	-	-	moet voor grasland nog geheel worden ontwikkeld	vp
"	"	8a04d	beschikbaar- heid nagaan aan hergroei- verschil met bossen	0	0	0	1	3	◇*	◇*	-	-	-	betrouwbaarheid methode	vp(b?)
"	"	8a04e	N-beschikbaar- heid (incl. mineralisatie uit mest en org. stof) berekenen	1	1	0	0	2*	3	2&3	-	-	-	verzamelen bedrijfs- informatie; normen mineralisatie; computerprogramma	sp

Toelichting

8a04a, 1/3/4: Wel onderzocht en toegepast in akkerbouw, niet in grasland/voedergewassen. Grote variatie tussen en binnen percelen.

6 : Sterk afhankelijk van kosten bemonstering.

8a04b, 4 : Wordt in buitenland wel toegepast voor akkerbouwgewassen.

7 : Vooral effectief na droge periode.

10 : Vermindering beschikbare N in najaar vermindert kans op uitwint-
teren.

8a04c, 1/3/4: Wel onderzocht en toegepast in akkerbouw.

8a04d, 6/7 : Methode is vermoedelijk riskant. De hergroei van bossen kan
sneller gaan, maar kan ook even snel gaan (bijv. lage temp.) of
zelfs langzamer (verbranding).

8a04e, 5 : Handmatige berekening complex. Voor computerberekening computer
nodig; hoeft niet op bedrijf, kan ook op een centraal systeem.

8. BEMESTING EN BODEM (vervolg 3)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stad (b) van				Inpasbaarheid bedr. tech. econ. 5 6	Effect (emis- sie) 7	Neveneffecten				Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw. en toepas.						nat/	en/	ande- re			
				0	E	V	P						ls.		
				1	2	3	4			8	9	10			
280/320/ 330	ophoping, af- en uitspoe- ling P en zw. metalen	8a05	fosfaatgift (incl.org. P) afstemmen op bodemanalyses	3	3	3	2	3	2*	2*	-	-	-		-
		8a06	fosfaatbalans in evenwicht houden per bedrijf of per perceel												
280/320/ 330	ophoping, af- en uitspoe- ling P en zw. metalen	8a06a	import kv en rv terugbrengen tot niveau P-output	2	2	0	1*	2*	1a2*	3	-	-	-	effect op bedrijfs- productieniveau	pb
"	"	8a06b	import org. mest of P-kunstm. al- leen indien kv en rv onvoldoende voor evenwichtige balans	2	2	0	1*	2*	1a2*	3	-	-	-	effect op bedrijfs- productieniveau	pb
280/320/ 330	ophoping, af- en uitspoe- ling P en zw. metalen	8a06c	import org. of P-kunstm. al- leen indien volgens bodemanalyse niet voldoende P in bodem	2	2	0	1*	2*	1a2*	2*	-	-	-	effect op bedrijfs- productieniveau	pb

Toelichting

- 8a05, 6 : Intensievere bedrijven geven met de org. mest meer fosfaat dan de bodemanalyses (zouden) voorschrijven; zij zouden dus mest moeten afvoeren.
- 7 : Afspoeling van fosfaat wordt niet zichtbaar in bodemanalyses.
- 8a06a, 4 : Toepassing veelal niet als bewuste strategie voor evenwicht op balans.
- 8a06b, 5 : Evenwicht op de P-balans is voor intensieve bedrijven alleen haalbaar door een flinke hoeveelheid org. mest af te voeren, op korte termijn is dat niet realiseerbaar.
- 8a06c, 6 : De kosten voor het in evenwicht houden variëren sterk per bedrijf.
- 8a06c, 4/5/6: Zie 8a06a, 4/5/6.
- 7 : Bodemanalyses maken afspoeling niet zichtbaar.

8. BEMESTING EN BODEM (vervolg 4)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw. en toepas.				Inpassbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens	Onder- zoeks- wensen
				O	E	V	P	tech.	econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				1	2	3	4	5	6		8	9	10	11	12
280/320/ 330	ophoping, af- en uitspoe- ling P en zw. metalen	8a06d	overschot op balans (door kv,rv, kunstm,org.mest) compenseren door afvoer org.mest	3	2	0	1*	1*	0a2*	3	-	-	n*		
"	"	8a07	startbemes- ting geven in organi- sche vorm	1?	2	0	1	3*	0*	3	-	-	-	effect op produktie- niveau; optimale vorm van org. mest; snelle omzetting van org. in anorg. P	lvp
330	uitspoe- ling bodem	8a08	Kaliumgift (incl. org. K) afstemmen op jaarlijkse bodemanalyses	3	2	2	2?	3	2*	3	-	-	-	uitspoeling K bij optimale K-gift	pb
		8a09	onderlinge verhouding NPK in bemesting verbeteren												
280/330/ 340/etc.	ophoping, uitspoe- ling, de- nitrif., etc.	8a09a	kunstmest ge- bruiken ter aanvulling van N,P of K-tekort in org.mest	2	2	2	2	3	3	1	-	-	-	variabiliteit NPK- gehalten org. mest	lpb*
"	"	8a09b	org. mest- soorten mengen/ afwisselen	2	2	0	1	2*	2	1	-	-	-	zie 8a09a	lpb

Toelichting

8a06d, 4/5/6: Zie 8a06a, 4/5/6.

10 : Afvoer org. mest betekent vergroting mestoverschot.

8a07, 5/6 : In principe op alle bedrijven technisch uitvoerbaar, maar effect
op produktie niet duidelijk.

8a08, 6 : Zeer intensieve bedrijven zouden hiertoe mest moeten afvoeren.

8a09a, 12 : Belangrijk is de ontwikkeling van een eenvoudige methode waarmee
de NPK-gehalten van org. mest snel kunnen worden bepaald.

8a09b, 5 : Alleen indien verschillende mestsoorten beschikbaar zijn.

8. BEMESTING EN BODEM (vervolg 5)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van <u>ontw.en.toepas.</u>				<u>Inpasbaarheid</u>		Effect (emis- sie)	<u>Neveneffecten</u>			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				0	E	V	P	tech.	econ.		nat/	en/	ande-		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
330/340	uitspoe- ling en denitrif. bodem	8a10	bemesting op wat betreft gewasopname op- timaal tijd- stip	2	2	2	1	2*	1a2*	3	n*	-	-	optimaal bemestings- tijdstip van ver- schillende org. mestsoorten	svpb
330/340/ 370/etc.	uitspoe- ling en denitrif. bodem, etc.	8a11	N- en K-gift delen over seizoen	2	2	3	3	3	3	1	-	-	-	effect gedeelde K-gift op emissies	vp
340	denitri- ficatie bodem	8a12	minerale stik- stof toedienen in kleine porties	1	1	0	0	1	0	340:0*	-	-	-	buigpunt N ₂ /N ₂ O-curve	lv
330	uitspoe- ling bodem	8a13	bij rijengewas bemesting in de rij (org./ anorg.)	1/2*	1	?	0?	1/2*	0	◊	-	-	-	realisatie; effect op emissies	vp
8b METHODE VAN BEMESTING VERBETEREN															
8b01 verstuvling/vervluchtiging tijdens uitrijden verminderen															
190	amm.vervl. mest bij of na aanwending	8b01a	omlaag gericht verspreiden	3	2	1	1	3	2	0a1	-	-	*		

Toelichting

- 8a10, 5/6 : Mestopslagcapaciteit, berijdbaarheid etc. stellen beperkingen.
8 : Uitrijden in voorjaar kan schadelijk zijn voor wilde vogels.
- 8a12, 7 : Verminderde N₂O-productie.
- 8a13, 1/3 : Voor kunstmest inpasbaar, door combinatie met zaaien. Voor organische mest problematisch.
- 8b01a, 10 : Slechte verdeling?

8. BEMESTING EN BODEM (vervolg 6)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.				tech.	bedr. econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				0	E	V	P								
180/190	aanw. verl. door strooi- fouten en amm. vervl.	8b01b	geen hoge- druk-ver- spreiding	*	*	?	*	*	*	*	-	-	*		-
		8b02	mest (org./ anorg.) ge- lijkmatic verdelen												
330/340/ 370/etc.	uitsp. en denitrif. bodem etc.	8b02a	drijfmest misen voor- af aan uit- rijden	3	2	3	2	3	3	330:1 120:n	-	-	-		-
"	"	8b02b	spreidplaat/ spuitmond aanpassen	2	2	1	1	3	2	0a1	-	-	-		-
"	"	8b02c	slangenmachine gebruiken (grasl. of bouwl. evt. in staand gewas)	2	2	0	b	3	1	2	-	-	-	verstoppingen	vpb
"	"	8b02d	spuitbomen gebruiken	2	2	0	0a1	3	1	1a2	-	-	-	vergelijkend onder- zoek strooibeelden	vp
330/340/ 370/etc.	uitsp. en de- nitrif. bodem	8b02e	vaste-mest- verspreider met verbeterd strooibeeld gebruiken	1a2	1a2	1?	1?	3	1	1a2	-	-	-	fijne verdeling; gelijkmatigheid strooibeeld	vpb

Toelichting

8b01b, 1-10 : Hoge-drukmethoden van drijfmestverspreiding zijn recent in ontwikkeling gekomen en worden nog weinig toegepast in de praktijk. Belangrijk nadeel is de vorming van kleine druppeltjes, waardoor de methoden zeer windgevoelig zijn en relatief veel ammoniak vervluchtigt.

B. BEMESTING EN BODEM (vervolg 7)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw. en toepas.				Inpassbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen kneelpunten en vraagtekens	Onder- zoeks- wensen
				O	E	V	P	tech.	bedr. econ.		nat/	en/	ande-		
				1	2	3	4	5	6		ls.	gr.	re	11	12
330/340/ 370/etc.	uitsp. en de- nitrif. bodem	8b02f	kunstmest- strooier met verbeterd strooibeeld gebruiken	2	2	1?	1?	3	3	2	-	-	-		-
50/280/ 330/etc.	amm. vervl. urine en faeces, ophoping, uitsp. etc.	8b02g	mestflatten na beweiding verspreiden	2	1	2	2?	2	1	50:0 280:2 330/ 340:1	*	-	*	verbeterde techniek; benutting mineralen na al dan niet uitspreiden	v
"	"	8b02h	's nachts vee opstallen (zie 10e01b)												
		8b03	binnen per- ceelsgrenzen bemesten												
180/210	aanw. verl. door strooi- fouten	8b03a	kantenstrooi- apparatuur gebruiken (kunstmest)	2	2	0	1	3	1	1&2	*	-	-	eenvoudige bediening; scherpe begrenzing	vpb
180/210/ 330/340	aanw. verl., uitsp. en denitrif.	8b03b	perceelsranden niet bemesten	2	2	0	1	3	1&2*	320:2 330:1 180:3 210:3	*	-	-	productieverlies	pb
		8b04	mest snel inwerken												

Toelichting

- 8b02g, 8 : Schadelijk voor weidevogellegfels.
10 : Kan besmeuring van gras veroorzaken.
- 8b03a, 8 : Positief effect op vegetatie langs en in perceelsrand.
- 8b03b, 6 : Produktiviteit perceelsranden is toch al geringer, dus vermin-
derde bemesting hoeft niet (erg) nadelig te zijn.
8 : Positief effect op vegetatie langs en in perceelsrand.

8. BEVESTING EN BODEM (vervolg 8)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maatregel	Maatregel/oplossing	Stadium van ontw.en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emissie)	Neveneffecten				Op te lossen knelpunten en vraagtekens	Onderzoeks-wensen
				0	E	V	P	tech.	bedr. econ.		nat./ls.	en/gr.	andere			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12
190/320	amm. vervl. en afsp. mest op bodem	8b04a	beperkte hoeveelheid drijfmest per keer uitrijden (over grasland s.d.)	2	1	2	1a2	3	3	310:1 320:2	-	-	-		effect op emissies	v
"	"	8b04b	verdunde mest uitrijden	2	2	1	0	2*	2a3*	2	-	n*	*		effectiviteit diverse verdunningen	vp
190/320	amm. vervl. en afsp. mest op bodem	8b04c	uitrijden bij regen	2	2	2	1	2*	3	2*	-	-	-*			-
"	"	8b04d	inregenen	2	2	1a2	1	2*	1a2	2	-	-	-		minimaal benodigde hoeveelheid water	-
"	"	8b04e	(verdund) verregenen	2	2	1	1	2*	1a2	190:na0 310:2	-	-	n*			-

Toelichting

- 8b04b, 5 : Uitrijden van extra water is niet verstandig wanneer draagkracht te wensen over laat.
 6 : Voordelig wanneer transportafstand na verdunning gering is.
 9 : Meer energie nodig voor transport.
 10 : Extra waterverbruik is nadeel bij gebruik grondwater; geen probleem bij slootwater en voordeel bij benutting van afvalwater.
- 8b04c, 5/7/10: Er moet wel voldoende neerslag vallen, kan anders op grasland negatief werken (bladverbranding). Geeft bij onvoldoende neerslag geen reductie van emissie.
- 8b04d, 5 : Indien slangen- of buizeninstallatie aanwezig is.
- 8b04e, 5 : Indien regeninstallatie aanwezig is.
 10 : Slechte verdeling mest.

8. BEMESTING EN BODEM (vervolg 9)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.				bedr. tech. 5	econ. 6		nat/ ls. 8	en/ gr. 9	ande- re 10		
				0	E	V	P								
				1	2	3	4			7					
190/320	amm.vervl. en afsp. mest op bodem	8b04f	injecteren	2	2	2	1	1a2*	1a2	190:3 330:n 310:3 340:n	-	n*	n*	injectiemethode voor veengronden en zware kleigronden	-
"	"	8b04g	inwerken/ onderwerken op bouwland	2	2	3	2*	3*	3	3	-	-	-	inwerken in één werk- gang; optimale inwerk- diepte	-
330/340	uitspoel- ing en denitri- ficatie bodem	8b04h	mest niet diep onderwerken of injecteren	1	1	1	1	3	2	◇*	-	p*	-	effect op uitsp./deni- trif. enerzijds en vervl. anderzijds	v
220	amm.vervl. bij of na aan- wending	8b04i	ammoniakhoudende kunstmest inre- genen	2	1	0	0	2	1	◇	-	-	-	effect op vervluch- tiging effect van grondsoort	vp
		8c	JUISTE TYPE MEST ONDER GOEDE OMSTAN- DIGHEDEN UITRIJDEN												
190	amm.vervl. mest bij en na uitrijden	8c01	gier/dunne fractie uitrijden over grasland, vaste mest/dikke fractie over bouwland	2	2	1	1	2*	3	3	-	-	-		pb

Toelichting

- 8b04f, 5 : Afhankelijk van grondsoort en omstandigheden; best inpasbaar op
zandgrond in het voorjaar.
- 9 : Hoog energieverbruik.
- 10 : Onregelmatige verdeling mest (strooksgewijs).
- 8b04g, 4 : Inwerken/onderwerken wordt voor meeste gevallen verplicht
gesteld vanaf 1988.
- 5 : Niet inpasbaar wanneer er een gewas staat; matig inpasbaar waar
mest tegen verstuiwing wordt aangewend.
- 8b04h, 7 : In principe gunstig voor uitspoeling/denitrificatie, maar
mogelijk ongunstig uit oogpunt van ammoniakvervluchting.
- 9 : Minder diep inwerken vereist minder energie.
- 8c01, 5 : Alleen inpasbaar wanneer mest wordt gescheiden of gescheiden
wordt bewaard.

8. BEMESTING EN BODEM (vervolg 10)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw. en toepas.				tech.	bedr. econ.		nat. ls.	en/ gr.	ande- re		
				0	E	V	P								
320	afspoe- ling van bodem	8c02	op verzadigde bodem (gras- land) vaste mest i.p.v. drijfmest toedienen	2	2	0	1*	2	◇	320:1 310:n?	p*	-	-	effect op amm. vervl.	v
330/340	uitspoe- ling en denitri- ficatie bodem	8c03	bij uitrijden van org. mest in najaar kiezen voor mest met hoge C/N-verh.	2	1	0	1	1*	◇	330:2 310:? 340:2	-	-	p*	vrijkomen van minerale stikstof in winter/ voorjaar	v
"	"	8c04	op bouwland in najaar stik- stofarm mate- riaal (bijv. stro) inwerken	3	2	1	1	3	1	2	-	-	p*	mineralisatie/vastleg- ging in voorjaar	vpb
"	"	8c05	bij uitrijden van org. mest in najaar nitrifi- catieremmer toevoegen	2	2	2	1	3	2	la2	-	-	*	effekt op emissies; bijwerkingen	vpb
"	"	8c06	slow-release kunstmest	2	1	0	0	3	1	1	-	-	-	effekt op uitspoeling en denitrificatie	vp
220	aanven- dings- verl. (anorg.): vervl.	8c07	geen ureum- meststoffen gebruiken	3	3	2	3	3	2	3	-	-	-	.	.

Toelichting

- 8c02, 4 : Vooral op veenweidebedrijven toegepast.
8 : Vaste mest in het algemeen gunstiger voor weidevogels.
- 8c03, 5 : Op meeste bedrijven is weinig te kiezen.
10 : Goed voor gehalte org. stof.
- 8c04, 10 : Goed voor gehalte org. stof.
- 8c05, 10 : Sommige nitrificatieremmers (chem. stoffen) hebben negatieve
bijwerkingen op de bodem. De in Ned. meest bekende, Didin, heeft
geringe bijwerkingen en wordt in ca. 2 maanden afgebroken.

8. BEMESTING EN BODEM (vervolg 11)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid		Effect (emis- sies)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.				bedr.	econ.		nat/	en/	ande- re		
				0	E	V	F								
190	amm.vervl. mest bij of na aanwending	8c08	oppervl. aanwen- den org. mest alleen bij lage temp., regenachtig weer en weinig wind	2*	2	2	1	2	3	2	-	-	*	voorkomen verbranding in groeiseizoen	vpb
180/210	aanwen- dings- verl. door strooifouten	8c09	niet bemesten bij sterke wind	3	1	?	?	3	3	2	-	-	-	strooiverliezen bij grote windsnelheden	vp
320/330	afspoe- ling en uitspoe- ling bodem	8c10	geen mest ver- spreiden voor- afgaand aan neerslag over- schot	3	2	2	1	2*	2	3	-	-	-	mestuitrijden in voorjaar op veen en klei	pb
320/340	afspoe- ling en denitrif. bodem	8c11	geen mest (org. of anorg.) aanwenden op verzadigde bodem	3	2	1	1	2*	2	3	-	-	-	idem	pb
190/320	amm.vervl. en afsp. mest op bodem	8c12	geen mest verspreiden over sneeuw of bevroren land	3	2	2	2*	2*	2	3	-	-	-	idem	pb
320	afspoe- ling van bodem	8c13	geen mest ver- spreiden over onbebouwd land (zonder inwerken)	3	2	1	1*	2*	2	3	-	-	-	mestuitrijden in voorjaar op veen en klei	pb

Toelichting

- 8c08, 1 : Methode niet volledig ontwikkeld voor toepassing in de zomer.
10 : Risico op "verbranding" (wortelschade) bij toepassing op
vochtige en warme bodem, door vorming giftige stoffen.
- 8c10, 5 : Belemmerd door gebrek aan opslagcapaciteit en door bodemomstan-
digheden die uitrijden in voorjaar bemoeilijken.
- 8c11, 5 : Zie 8c10, 5.
- 8c12, 4 : Wordt verplicht in kader van mestwetgeving.
5 : Zie 8c10, 5.
- 8c13, 4 : Inwerken wordt in grootste deel van Ned. verplicht in kader van
mestwetgeving.
5 : zie 8c10, 5.

8. BEMESTING EN BODEM (vervolg 12)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpassingsheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw. en toepas.				tech.	bedr. econ.		nat/ ls.	en/ gr.	and- re 10		
				0	E	V	P								
280/320/ 330	ophoping en emis- sie zware metalen	8c14	van Cd gezui- verde kunst- mest aan- wenden	2	3	0	3*	3	3	3	-	p*	-	verdere verlaging Cd-gehalte	1
		8d	BODEMEIGEN- SCHAPPEN EN WATERHUIS- HOUDING VER- BETEREN												
		8d01	bodemstructuur verbeteren (goede door- luchting en bewortelbaarheid)												
310/320/ 330/340	vervl., afsp., uitsp. en deni- tr. bodem	8d01a	organische- stofgehalte op bouwland verhogen	3	1	2	2	3	3	310:◇ 320:2 330:◇ 340:◇	-	-	-	effect op emissies (structuur, bodem- leven, mineralisatie); optimale org. stof- gehalte	svpb
50/310/ etc.	vervl. uit fae- ces/vervl., uitsp., etc.	8d01b	zorgen voor actief bodemleven	2	1	0	1	3	3	◇	p*	-	-	effect op emissies (structuur, minera- lisatie)	svpb
310/320/ 330/340	vervl., afsp., uitsp. en deni- tr. bodem	8d01c	te grote wieldruk vermijden	2	1	2	1	3	3	◇	-	-	-	effect op emissies (structuur)	vp
"	"	8d01d	verdichte bodemplagen openbreken	3	1	2	2	3	3	◇	-	n*	-	effect op emissies (structuur)	vpb

Toelichting

- 8c14, 4 : Hoeveelheid cadmium in fosfaatkunstmest is door kunstmestindu-
strie al verlaagd.
9 : Teruggewonnen Cd kan als grondstof worden benut.
- 8d01b, 8 : Positief effect op vogelstand.
- 8d01d, 9 : Kost veel energie.

8. REMESTING EN BODEM (vervolg 13)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw. en toepass.				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens	Onder- zoeks- wensen
				O	E	V	P	bedr. tech.	econ. 6		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
														11	12
330	uitspoe- ling uit bodem	8d02	kationenadsorp- tiecapaciteit vergroten door o.s-gehalte te verhogen (bouwland)	3	1	1	1	2*	1	1*	-	-	-	effect op uitspoeling	svp
330	uitspoe- ling uit bodem	8d03	verdringing mine- ralen aan ad- sorptiecomplex t.g.v. bekalking tegenstaan	1	1	0	0	◇	◇	2*	-	-	-	praktische mogelijk- heden hiertoe (bijv. bekalking in kleine porties)	sv
280	ophoping in bodem	8d04	pH aanpassen met oog op verhou- ding tussen vast- gelegd en beschik- baar fosfaat in bodem	1	1	0	0	◇	◇	◇	-	-	?	agrarische nevenef- fecten en eff. op emissies; optimale pH	v
310/320/ 330/340	verv., afsp., uitsp. en deni- tr. bodem	8d05	waterhuishouding verbeteren												
320/340	afspoe- ling en denitrif. bodem	8d05a	in winterhalf- jaar overtol- lig water af- voeren	3	1	3	2	2	3	◇	-	-	n*	effect op denitri- fikatie	svp
330/340	uitspoe- ling en denitrif. bodem	8d05b	zomerpeil verlagen	3	2	3	2	2	3	330:◇ 340:2	* n*	-	n*	effect op uitspoeling	spb

Toelichting

- 8d02, 5 : Organische stof niet onbeperkt beschikbaar.
7 : Neveneffect is verhoogde mineralisatie, waardoor uitspoeling
weer (iets) zou kunnen toenemen.
- 8d03, 7 : Over invloed van bekalking op adsorptiecomplex bestaan nog veel
vragen, verschillende mineralen gedragen zich anders.
- 8d05a, 10 : Neveneffect kan zijn dat in zomerhalfjaar eerder vochttekort
optreedt.
- 8d05b, 7 : Wat betreft uitspoeling twee tegengestelde effecten: minder
denitrificatie, maar betere beworteling; i.h.a. overheerst het
eerste, waardoor uitspoeling toeneemt bij ontwatering.
8 : Negatieve effecten op weidevogelstand (omstreden), op vegetaties
(afh. van situatie) en op aangrenzende natuurgebieden.
10 : Grotere kans op droogteproblemen.

8. BEMESTING EN BODEM (vervolg 14)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw. en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens	Onder- zoeks- wensen
				0	E	V	P	tech.	bedr. econ.		nat. ls.	en/ gr.	ande- re		
				1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11
330	uitspoe- ling uit bodem	8d05c	waterbergend vermogen bouw- voor vergro- ten: zie 8d01 (structuur)												
"	"	8d05d	bij vocht- tekort be- rengen	3	1	3	2	3	1	1a2	-	*	*	effect op uitspoeling	svpb
"	"	8d06	in zomer water- peil opzetten; daarna weer lager peil	2	2	1	1	2	3	1*	-	-	*		-
"	"	8d07	in najaar waterpeil opzetten, met oog op denitrificatie	2	1	0	0	1	0	330:2 340:n	-	-	-	effect op uitspoeling vs denitrif.; uitvoer- baarheid in praktijk	vp
300/330	emissie kooldi- oxyde/ uitspoe- ling	8d08	geen peil- verlaging op veengrond of venige grond	2	2	0	1	1	1	290:3 330:2	p*	-	p*		-

Toelichting

- 8d05d, 9 : Berekening kost vrij veel energie.
10 : Wateronttrekking.
- 8d06, 7 : Beperkt in winter denitrificatie en uitspoeling, maar wel extra
denitrificatie in zomer en bovendien slechtere beworteling.
10 : Minder kans op groeidepressie door droogte in zomer, en bawerk-
baarheid (draagkracht) lijdt er weinig onder.
- 8d08, 8 : Omgekeerde van 8d05b, 8.
10 : Minder kans op droogteproblemen.

9. TEELT VOEDERGEWASSEN

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw.en toepas.				Inpasbaarheid bedr. tech. econ. 6	Effect. (emis- sie) 7	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				0	E	V	P			nat/	en/	ande-		
				1	2	3	4			ls.	gr.	re		
										8	9	10		
		9a	KEUZE BOUWPLAN EN RASSEN AANPASSEN											
330/340	uitsp. en de- nitrif. bodem	9a01	bodem be- dekt in perioden met neer- slagoverschot	2	1	1	0	2	<	2	p	-	opnamecapaciteit div. gewassen	sv
490	input kracht- voer	9a02	eigen krachtvoer verbouwen	2	1	1	1	2	3	3	-	-	voedingswaarde gewassen	sv
40	faeces en urine	9a03	afstemmen op mineralenbe- hoefte vee	1	1	0	0	2	<	2	-	-	minerale samen- stelling gewassen	sv
330/340	uitsp. en de- nitrif. bodem	9a04	afstemmen op optimale benutting door gewas	1	1	0	0	2	<	2	-	-	benuttings- coëfficiënten	lv
240/380	input en emissie bestr. midd., plaag- verliezen	9a05	afstemmen op geringe ziekte- druk	3	2	2	2	3	2	3	p	-		pv
200	input kunst- mest	9a06	vlinderbloemigen in bouwplan; zie 8a03	2	1	1	1	2	2	a	p	p	teeltwijze vlinder- bloemigen	vp
		9b	TEELTMETHODE VERBETEREN											
240	input en emissie bestrij- dings- middelen	9b01	input chem. bestrijdingsm. vermindern	2	3	1	1	3	2	240:3 380:a	p	-		

9. TEELT VOEDERGEWASSEN (vervolg 1)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw.en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie) 7	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				O	E	V	P	tech.	bedr. econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				1	2	3	4	5	6		8	9	10		
240	input en emissie bestrij- dings- middelen	9b02	pas bestrijden na overschrijding bestr. dremp.	1	3	1	0	1	3	240:3 380:a	p	-	-	bestrijdings- drempels	sv
"	"	9b03	kiezen voor minst scha- delijke bestrij- dingsmiddel	2	3	1	1	2	1	3	p	-	-	kennis bestrij- dingsmiddelen	1
320/330/ 340	af- en uit- spoeling en de- nitrif. bodem	9b04	voorkomen structuur- bederf bodem	3	1	3	2	2	3	2	-	-	-	mechanisatie, weersvoor- spelling	lvs
240/380	input en emissie bestr. middelen/ plaagverl.	9b05	afstelling spuitapparatuur verbeteren	3	2	3	2	3	3	2	p	-	-		
240	input en emissie bestr. middelen	9b06	restanten bestr. middelen en verpakking afvoeren	3	3	2	1	3	0	3	p	-	-	organisatie	
9c OOGST EN VERWERKING OPTIMALISEREN															
390	oogst- resten	9c01	oogstmachines verbeteren/ beter afstellen	2	1	3	2	3	3	2	-	-	-	oogsttechnieken	pb
320/330/ 340	af- en uit- spoeling en deni- trif. bodem	9c02	voorkomen struc- tuurbederf bodem; zie 9b04	3	1	3	2	2	3	2	-	-	-	mechanisatie; weersvoor- spelling	lvs

10. GRASLANDVERZORGING EN -GEBRUIK

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid	Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12	
				ontw. en toepas.						bedr. econ.	nat/ ls.	en/ gr.			anda- re
				0	E	V	P								
		10a	GRASLAND VERBETEREN												
240/330/ 340	input en emissie bestr.m., uitsp. en denitr. bodem	10a01	herinzaai (grasland) verwijden	2	1	2	1	2*	3	240:2 330:1	p*	-	-	oorzaken achteruitgang zodekwaliteit; invloed bot. samenstelling op dierproductie	vb
"	"	10a02	graslandver- betering met doorzaaien	3	1	3	2	2*	3	330:2	-	-	p*		-
"	"	10a03	indien scheu- ren, dan in voorjaar	3	1	1	1	2	1	240:0 330:2	-	-	n*	kans van mislukking bij voorjaarsinzaai	vp
		10b	OPNAME-EFFICI- ENTIE VERBETEREN (GRASLAND)												
330/340	uitspoe- ling en denitrif. bodem	10b01	soorten/ras- sen kiezen met hoge opname- efficiëntie	?	?	0	0	◇	◇	?	-	-	-		?

Toelichting

- 10a01, 5 : Graslandverbetering zal in sommige situaties nodig blijven om
grasmat van goede kwaliteit te behouden.
8 : Instand houden gevarieerder grasbestand.
- 10a02, 5 : Resultaat doorzaaien vaak wat minder dan bij herinzaaien.
10 : Draagkracht blijft gehandhaafd.
- 10a03, 10 : Bij tijdig in nazomer verbeteren minder risico's. In winter meer
gesloten grasmat die groot deel vrijkomende mineralen opneemt.
Bij inzaaien in voorjaar meer kans op mislukking, met soms
noodzaak tot onkruidbestrijding of opnieuw herinzaaien.

10. GRASLANDVERZORGING EN -GEBRUIK (vervolg 1)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw. en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten				Op te lossen knelpunten en vraagtekens	Onder- zoeks- wensen
				O	E	V	P	tech.	bedr. econ.		nat/ is.	en/ gr.	ande- re			
				1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12
330/340	uitspoeling en denitrif. bodem	10b02	grasland met intensieve beworteling	1	1	1	1	2	3?	240:1 330:2	-	-	p*		beoordeling rassen op beworteling	vp
"	"	10b03	soorten/rassen met goede vorstresi- stentie	2	1	2	1	3	3	330:1	-	-	p*			v
"	"	10b04	diepworte- lende krul- den in- zaaien	0	0	1*	b*	◇*	◇*	?	-	-	-		effect op uitspoeling	v
		10c	ZIKTEN EN FLAGEN OP- TIMAAL BE- HEERSEN													
240/380	input en emissie bestr.m.. plaagver- liezen	10c01	mollen vangen met klemmen	3	2	3	2	3	3	3*	-	-	-		geen	-
380	plaag- verliezen	10c02	emelten bestrijden	2	2	3	2	3	3?	380:3 240:n	n*	-	-		welke schadedrempels te hanteren; milieu- vriendelijke bestrij- dingsmethode	svp

Toelichting

- 10b02, 10 : Minder graslandverbetering nodig.
- 10b03, 10 : Minder open plekken na strenge winter, minder uitspoeling en minder graslandverbetering en onkruidbestrijding nodig.
- 10b04, 3-6 : Maatregel voorgesteld en gepraktiseerd door alternatieve landbouw.
- 10c01, 7 : Mollenbestrijding met klemmen geeft bedrijfszekerder resultaat dan chemische bestrijding.
- 10c02, 6 : Onvoldoende inzicht welke schade bedr. econ. toelaatbaar is voordat tot bestrijding moet worden overgegaan (schadedrempel).
- 8 : Gebruikte bestrijdingsmiddelen werken ook negatief op andere organismen.

10. GRASLANDVERZORGING EN -GEBRUIK (vervolg 2)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpassbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.				tech.	econ.		nat./ ls.	en/ gr.	ande- re		
				0	E	V	P								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
		10d	ZODEBESCHA- DIGING VOORKOMEN												
390/400	oogst- resten, maai- verliezen	10d01	rijdig rollen, slepen en bossen maaien	3	3	3	2	3	3	2	n*	-	-		-
400	maai- verlie- zen	10d02	maaiappara- tuur goed afstellen	3	3	3	3	3	3	3	-	-	p*		-
"	"	10d03	reiliefge- voelige maaiappa- ratuur	3	1	1	1	2	3	2	-	-	p*		
390/400	oogst- resten, maai- verliezen	10d04	land ega- liseren	3	1	2	2	2*	?	?	-	-	p*	kwantificering van baten	s
"	"	10d05	op tijd maaien, voldoende stoppel- lengte	3	3	3	2	3	3*	3	n*	-	p*		

Toelichting

- 10d01, 8 : Beschadiging van legsels en kuikens van weidevogels.
- 10d02, 10 : Voorkomt noodzaak tot graslandverbetering.
- 10d03, 10 : Idem.
- 10d04, 5 : Mogelijkheden sterk afhankelijk van grondsoort en waterhuishou-
ding. Wordt meestal meegenomen bij graslandverbetering, geeft een
betere detailontwatering.
- 10 : Geeft betere instandhouding grasmat.
- 10d05, 6 : Niet doorslaan naar te jong maaien, dat geeft hoge verliezen en
extra voederwinningskosten
- 8 : In voorjaar negatief voor broedende weidevogels.
- 10 : Voorkomt graslandverbetering.

10. GRASLANDVERZORGING EN -GEBRUIK (vervolg 3)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpassbaarheid	Effect (emis- sie)	Neveneffecten				Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12	
				ontw.en toepas.						tech.	bedr. econ.	nat/ ls.	en/ gr.			ande- re
				0	E	V	P									
410	beweidingsverliezen	10d06	voorkomen vertrapping	2	2	3	2	1a2*	3	3	-	-	*	kwantificering van schade door vertrapping en kosten ter voorkoming	vps	
330/340	uitsp. en denitrif. bodem	10d07	voorkomen rijtschade, incl. bodemverdichting	1	1	1	1*	1*	◇	2*	-	-	-	kwantificering schade door bodemverdichting	vp	
400/410	maai- en beweidingsverliezen	10d08	korte veldperiode en beweidingduur	2	2	3	2	3	3	2	-	-	-		-	
		10e	GRASLAND- GEBRUIK VERBETEREN													
		10e01	optimaal gebruiks- systeem													
40	faeces en urine	10e01a	constant grasaanbod bij beweiding	2	0	2	1	2	3	2	-	-	*	hoe praktisch uit te voeren onder diverse omstandigheden	p	

Toelichting

10d06, 5 : Afhankelijk van bedrijfssituatie; andere percelen om naar uit te
wijken of vee tijdelijk opstallen.
10 : Voorkomt graslandverbetering.

10d07, 4/5 : Veehouder moet zich meer bewust worden dat structuur van de grond
voor grasland net zo belangrijk is als in de akkerbouw.
7 : Hogere gewasopbrengsten te verwachten.

10e01a, 10 : Hogere melkproductie per jaar mogelijk.

10. GRASLANDVERZORGING EN -GEBRUIK (vervolg 4)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid bedr. econ.	Effect (emis- sie)	Neveneffecten				Op te lossen kneelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12	
				ontw.en.toepas.						tech.	7	nat/ ls.	en/ gr.			ande- re
				0	E	V	P									
40/50/ 330/340/ 410	faeces en urine, amm. vervl. uitsp. en denitr. bew. verl.	10e01b	's nachts opstallen	3	2	3	2	2	2*	40/50:3 120:n 190:n 330/340:3 410:3	-	n*	n*		-	
"	"	10e01c	zomerstal- voeding	3	1	1	1	2	1a2*	50:3 120:n 190:n 330/340:3 410:3	n*	n*	-	balans van pos. en neg. effecten	p	
"	"	10e01d	in herfst stalvoe- dering	1	◇	1	0	◇	?	40/50:2 410:2 330/340:2	-	-	p*		vp	
40	faeces en urine	10e01e	stand- weiden	3	◇	1	1	2	2	◇	-	-	p*		-	

Toelichting

- 10e01b, 6 : Afhankelijk van vesbezetting.
 9 : Meer mest uit te rijden.
 10 : Indien geen snijmais beschikbaar is, is extra krachtvoer nodig.
- 10e01c, 6/9: Een systeem dat gepaard gaat met hoge arbeids- en mechanisatiekosten. Bij een slechte verkaveling kan het aantrekkelijk zijn voor dit systeem te kiezen.
 7/11: Beperking van beweidings- en mineralenverliezen uit faeces en urine in weide. Maar meer bijvoeding met krachtvoer nodig vanwege lagere grasopname. Meer mestopslag en grotere hoeveelheid mest uit te rijden. Onduidelijk is hoe de totale som is van positieve en negatieve effecten.
 8 : Koeien verdwijnen uit het landschap.
- 10e01d, 10 : Beperkt vertrapping van zode. Door combinatie met bijvoeding van droger ruwvoer (bijv. snijmais) zijn koeien beter op produktie te houden.
- 10e01e, 10 : Bespaart op arbeid.

10. GRASLANDVERZORGING EN -GEBRUIK (vervolg 5)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw.en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen kneipunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				0	E	V	P	tech.	bedr.		nat/	en/	ande-		
				1	2	3	4	5	6		ls.	gr.	re		
40/410	faeces en urine, bewei- dingsverl.	10e02	zeer korte beweidings- duur per perceel	1	◇	1	1	2	2	2	-	-	-	voor- en nadelen voor bedrijfsvoering en emissies	vp
10/40/ 50/330/ 340	amm.vervl. ver; fae- ces en uri- ne, uitsp. en denitrif.	10e03	jong weide- gras 's avonds vermijden	1	1	0	2*	2	2	2	-	-	-		-
410	bewei- dings- verliezen	10e04	afwisselend weiden en maaien	3	◇	3	3	2*	3	?	-	-	-		-
330	uit- spoe- ling	10e05	drink-, melk-, wachtplaatsen regelmatig verspreiden	3	1	1	1	0/2*	2	2	-	-	p*		-
		10f	GEWAS- EN RASKEUZE AFSTEMMEN OP VOEDERBEHOEFTE												

Toelichting

- 10e03, 4 : Toegepast als beperkt beweiden en 's nachts bijvoeding met
snijmais.
- 10e04, 5 : Inpasbaarheid afhankelijk van bedrijfssituatie (bijv. verkave-
ling).
- 10e05, 5 : Inpasbaarheid sterk afhankelijk van bedrijfssituatie (o.a.
beschikbaarheid van drinkwater).
- 10 : Minder veronkruiding van sommige perceelsgedeelten.

10. GRASLANDVERZORGING EN -GEBRUIK (vervolg 6)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van ontw. en toepas.				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten				Op te lossen kneelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				O	E	V	P	tech.	econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re			
				1	2	3	4							5		
40/410	faeces en urine, bew. ver- liezen	10f01	saakelijke soorten/ rassen	1	◊	1	1	◊*	◊	2	-	-	-	veredeling en testen rassen/soorten	lv	
10/40/ 50	amm. vervl. vee en faeces en urine	10f02	soorten/rassen met hoog ge- halte besten- dig eiwit	0	1	0	0	◊	◊	2	-	-	-	spreading in besten- digheid van eiwit bij rassen/soorten	1	
"	"	10f03	soorten/rassen met laag eiwit- gehalte	0	1	0	0	2	3	2	-	-	-	goede grasproductie bij laag eiwitgehalte	1	

Toelichting

10f01. 5 : Eerst moeten rassen er komen, dan inpasbaarheid afhankelijk van
eisen die rassen aan boden etc. stellen.

11. VOEDERWINNING EN CONSERVERING

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van <u>ontw.en toepas.</u>				<u>Inpasbaarheid</u>		Effect (emis- sie)	<u>Neveneffecten</u>				Op te lossen kneelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				O	E	V	P	tech.	bedr. econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re			
				1	2	3	4	5	6		7	8	9	10		
		11a	VELDPERIODE VERKORTEN													
400/ 460	maai- en kuil- verliezen	11a01	geschikte maaidag kiezen	1	1	1	2	2	3	2	-	*	p	-	betrouwbare meerdaagse weersvoor- spelling	-
"	"	11a02	maai- kneuzer gebruiken	2	2	2	2	3	3	2	-	-	-	-		
460	kuil- en bewa- rings- verliezen	11a03	intensief schudden	2	2	2	2	2	3	460:1 400:n	-	-	-	-	optimalisatie schudfrequentie	vp
"	"	11a04	gras drogen	2*	?	0*	0*	0*	1	◇	-	n*	-	-		-
"	"	11a05	lager droge- stof-gehalte (< 30 %)	2	2*	1	1	2	1	n	-	-	n*	-		-

Toelichting

- 11a01, 9 : Werkzaamheden verlopen vlot, relatief weinig machine-uren (brandstof) nodig.
- 11a04, 1 : Gras drogen in drogerij wordt vrij veel toegepast en is goed ge-
3/4 : cumenteed. Over ventileren van hooi op het eigen bedrijf is veel oud onderzoek beschikbaar, nu gewijzigde bedrijfsomstandigheden en nauwelijks hooiwinning.
- 5 : Gras naar grasdrogerij is loonwerk en goed inpasbaar.
- 9 : Kost veel energie.
- 11a05, 2/10 : Kans op perssap en minder goede slagingskans van kuil bij te lage droge-stofgehalten (< 30 %).

11. VOEDERWINNING EN CONSERVERING (vervolg 1)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw. en toepas.				tech.	bedr. econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				0	E	V	P								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
		11b	OOGSTECHNIEK OPTIMALISEREN												
460	kuil en bewa- rings- verliezen	11b01	gras verkorten (snijwagen)	2	2	2	2	2	2	?	-	-	-	effect snijlengte op homogeniteit van kuil	-
"	"	11b02	gras hakseien	3	3	3	2	2*	3	?	-	n*	-		-
		11b03	Toevoegmiddelen gebruiken												
460/480	kuil- en bewa- ringsver- liezen, voorraaden	11b03a	zuren	2	2	2	2	3	3	2	-	n*	n* p		-
"	"	11b03b	melasse	3	2	3	2	3	3	2	-	p*	n* p		-

Toelichting

- 11b02, 5 : Beschikbaarheid van hakselaar bij loonwerker afhankelijk van snijmaaisareaal in regio (dus niet in noord- en west-Nederland).
- 9 : Hakselen kost wel duidelijk meer motorvermogen dan inkuilen met opraapwagens.
- 11b03a, 9 : Melasse is een bijproduct uit de suikerindustrie en de zuren moeten via chemische processen gemaakt worden.
- 11b03b, 10 : Negatief effect: risico van inkuilen bij laag droge-stofgehalte met ontstaan van perssap.
Positief effect: kunnen slechte kuilkwaliteit met lage voeropname en voederwaarde voorkomen, dan minder krachtvoer nodig.

11. VOEDERWINNING EN CONSERVERING (vervolg 2)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.				tech.	bedr. econ.		nat/ ls.	an/ gr.	ande- re		
				0	E	V	P								
460/480	kuil- en bewa- ringsver- liezen, voegresten	11b03c	inoccu- lanten	1	◇	1	b	3	0	◇	.	-	n* p	werkzaamheid in combinatie met suikers	lv
"	"	11b03d	enzymen	1	◇	1	0	3	0	◇	-	-	n*	effect op vertering en dierproductie	lv
460	kuil- en bewa- ringsver- liezen	11b04	aardappel- vezels ge- bruiken als afdeklaag	2	1	0	1	0a2*	2	1	.	-	n*		.
460	kuil- en bewa- ringsver- liezen	11c	PERSAPVER- LIEZEN OP- VANGEN	3	3	3	1	2	0	3	-	-	-	hoe af te voeren	-
460	kuil- en bewa- ringsver- liezen	11d	EIWITVER- LIEZEN (NH3-VORMING) BEPERKEN	2	0	2	2	2	3	1	-	-	p*		-
		11e	KUILFOLIE OPTIMAAL GEBRUIKEN												

Toelichting

- 11b03c, 10 : Negatief effect: risico van inkullen bij laag droge-stofgehalte met ontstaan van perssap.
11b03d : Positief effect: kunnen slechte kuilkwaliteit met lage voeropname en voederwaarde voorkomen, dan minder krachtvoer nodig.
- 11b04, 5 : Aardappelvezels op snijmaais. Energierijk produkt op energierijk produkt. Niet gestimuleerd door voorlichting, wel door vezelproducenten. Geeft een goed sluitende laag, slechts geringe gevolgen bij beschadiging van plastic folie. Zijn alleen in herfst beschikbaar, dus niet toepasbaar bij gras.
10 : Veevoedkundig geen goede combinatie.
- 11d, 10 : Lagere NH3-fractie in voer betekent een betere voederwaarde van het ruwvoer en dus krachtvoerbeparing.

11. VOEDERWINNING EN CONSERVERING (vervolg 3)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Inpasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen knelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.				tech.	econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				O	E	V	P								
450	landbouw- plastic	11e01	folie afdekken met grond	3	1	2	2	2*	2	3	p*	p*	-		-
"	"	11e02	gebruikte folie afvoe- ren naar verzameelpunt	1	2	1	1	2	2	3	-	p*	-	inzameling; reiniging en verwerking in industrie	-
450	landbouw- plastic	11e03	gebruikte folie gebruiken als bescher- mende laag	3	1	2	2	2	3	2	-	p*	-		-
"	"	11e04	beschermzeil gebruiken	3	2	3	2	3	1*	3	-	p	-		-
"	"	11e05	biologisch goed afbreekbare plastic ge- bruiken	1	0	0	0	0	◇	◇	n*	-	n*		-

Toelichting

- 11e01, 5 : Goed inpasbaar op zandgrond.
8 : Onttrekt plastic van kuilhoop aan gezicht.
9 : Beperkt behoefte van folie tot 1 laag.
- 11e02, 9 : Besparing op grondstoffen, hergebruik voor andere doeleinden dan
kuilfolie.
- 11e03, 9 : Minder folie nodig. Geeft wel meer risico's dan 2 lagen nieuwe
folie.
- 11e04, 6 : Noodzaak afhankelijk van kans op beschadigingen door o.a.
kraaien en de grootte van de verliezen die daarvan het gevolg
zijn.
- 11e05, 8 : Vraag of deze folie niet half verteerd gaat rondslingeren.
10 : Te riskante vorm van bewaring van ruwvoer.

11. VOEDERWINNING EN CONSERVERING (vervolg 4)

Nr. emissie /stroom	Stroom	Code maat- regel	Maatregel/ oplossing	Stadium van				Invasbaarheid		Effect (emis- sie)	Neveneffecten			Op te lossen kneelpunten en vraagtekens 11	Onder- zoeks- wensen 12
				ontw.en toepas.				bedr.	econ.		nat/ ls.	en/ gr.	ande- re		
				0	E	V	P								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
450	landbouw- plastic	11e06	folie vervan- door perma- nent kuil- zeil	0*	0*	0	0	2*	0*	?	-	-	-	-	-

Toelichting

- 11e06, 1/2 : In verleden bestonden er permanente kuilhoezen van pvc. Bij verbranding geeft pvc schadelijke gassen. Het tegenwoordig gebruikte pe-folie niet.
- 5 : Stuit op praktische problemen. Bij tussentijds afdekken van kuil, zeker bij lage temperaturen, treden beschadigingen van plastic op.
- 6 : Er bestaan duurdere kunststoffen die sterk en lucht- en waterdicht zijn en voor meerjarig gebruik geschikt zijn. De prijs ligt op het 10-voudige van pe-folie.

Prijs / 17,50

Verkrijgbaar door storting van het
verschuldigde bedrag met vermelding van het
betreffende rapportnummer op

postbanknr. 2307421 ten name van
Proefstation PR, Runderweg 6,
8219 PK Lelystad; rapport nr. 111.

postbanknr. 4204713 of
RABO-rekening 39.42.82.388 van
CLM, Oude Gracht 197,
3511 NG Utrecht; rapport PM 2.