

Het Mest- en Ammoniakmodel

Ing. J.G. Groenwold
Ing. D. Oudendag
Ing. H. Luesink
Drs. G. Cotteleer
Dr. H. Vrolijk

Projectcode 63526

Juli 2002

Rapport 8.02.03

LEI, Den Haag

Het LEI beweegt zich op een breed terrein van onderzoek dat in diverse domeinen kan worden opgedeeld. Dit rapport valt binnen het domein:

- Wettelijke en dienstverlenende taken
- Bedrijfsontwikkeling en concurrentiepositie
- Natuurlijke hulpbronnen en milieu
- Ruimte en Economie
- Ketens
- Beleid
- Gamma, instituties, mens en beleving
- Modellen en Data

Mest - en Ammoniakmodel

Groenwold, J.G., D. Oudendag, H. Luesink, G. Cotteleer, H. Vrolijk

Den Haag, LEI, 2002

Rapport 8.02.03; ISBN 90-5242-742-9; Prijs € 14,00 (inclusief 6% BTW)

77 p., fig., tab.

Dit rapport geeft een beschrijving van het Mest- en Ammoniakmodel. Gebruikers van de resultaten van het model kunnen een beter beeld krijgen van de gebruiksmogelijkheden van het model en de achtergronden van het model. Daarnaast heeft dit rapport ten doel de overdraagbaarheid van het model te vergroten. De kennis en ervaring die in het model is geïmplementeerd is met dit rapport voor een bredere groep onderzoekers toegankelijk geworden. Hiermee is de documentatie bijzonder geschikt voor activiteiten die gericht zijn op de verdere ontwikkeling van het model.

Bestellingen:

Telefoon: 070-3358330

Telefax: 070-3615624

E-mail: publicatie@lei.dlo.nl

Informatie:

Telefoon: 070-3358330

Telefax: 070-3615624

E-mail: informatie@lei.dlo.nl

© LEI, 2002

Vermenigvuldiging of overname van gegevens:

- toegestaan mits met duidelijke bronvermelding
- niet toegestaan



Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO-NL) van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de Kamer van Koophandel Midden-Gelderland te Arnhem.

Inhoud

	Blz.
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1. Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Doel	11
1.3 Doelgroep	11
1.4 Afbakening	12
1.5 Opbouw van het rapport en leeswijzer	12
2. Toepassingsgebied van het Mest- en Ammoniakmodel	13
2.1 Inleiding	13
2.2 Mestproductie	13
2.3 Mestruimte	16
2.4 Mestoverschot of mesttekort	16
2.5 Mesttransport	16
2.6 Ammoniakemissie en bodembelasting	17
3. Ontwerp Mest- en Ammoniakmodel	18
3.1 Inleiding	18
3.2 Berekeningen op bedrijfsniveau	19
3.2.1 Mestproductie	19
3.2.2 Mestruimte	20
3.2.3 Mestoverschot	21
3.3 Berekeningen op regioniveau	22
3.3.1 Mesttransport	22
3.4 Berekeningen op gemeenteniveau	25
3.4.1 Berekening aangewende hoeveelheid mest	26
3.4.2 Berekening ammoniakemissie bij aanwending	26
3.4.3 Berekening bodembelasting met mineralen	26
3.4.4 Berekening van de kunstmestgiften	27
3.4.5 Ammoniakemissie uit stikstofkunstmeststof	29
4. Wiskundige modellering van het model	30
4.1 Inleiding	30
4.2 Mest- en mineralenproducties op het bedrijfsniveau	30
4.3 Mest- en mineralenafzet en mestoverschot op bedrijfsniveau	31
4.4 Bodembelasting met dierlijke mest	33

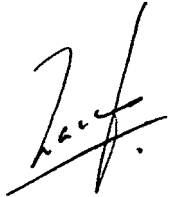
	Blz.
4.5 Kunstmestgiften	33
4.5.1 Kunstmestgiften volgen het Informatienet	34
4.5.2 Kunstmestberekeningen in het Mest- en Ammoniakmodel	35
4.6 Ammoniakemissie	36
4.6.1 Ammoniakemissie uit stal, opslag en weide	37
4.6.2 Ammoniakemissie bij aanwending van dierlijke mest en kunstmest	37
5. Modelgegevens	39
5.1 Inleiding	39
5.2 Werking van ERD's	39
5.3 Versiebeheer	40
5.4 Diergegevens	42
5.5 Bemestingsgegevens	43
5.6 Mestverwerking en -bewerking	45
5.7 Mestaanwending	46
5.8 Mesttransport	47
6. Beperkingen van het model	49
6.1 Onzekerheden en aanbevelingen	49
6.2 Validatie	50
6.3 Doorlooptijd en rekentijd	50
7. Gebruiksmogelijkheden	51
7.1 Inzetbaarheid	51
7.2 Modeluitkomsten	52
Literatuur	53
Bijlagen	57
1 Begrippenlijst	57
2 De 31 mestgebieden met indeling naar concentratiegebied	58
3 Programma Stuur Diagram van Qbalans (bedrijfsniveau)	59
4 Voorbeeld van mestsoorten volgens stal-, weide- en voersystemen en seizoenen	60
5 Voorbeeld van attributen per entiteit binnen het domeinveld Mest- en ammoniakmodel	61
6 Entiteitrelatiediagram Mest - en Ammoniakmodel	64
7 Implementatie van entiteiten naar fysieke tabellen Mest- en Ammoniakmodel	65
8 Beschrijving van LP-model	66
9 IJken van de kunstmestgiften	76

Woord vooraf

Het Mest- en Ammoniakmodel is stapsgewijs ontwikkeld sinds het begin van de jaren tachtig. Het Mest- en Ammoniakmodel is in die jaren uitgegroeid tot een belangrijk instrument voor beleid en onderzoek en wordt gebruikt voor bijvoorbeeld het bepalen van de omvang van de mestoverschotten, de benodigde capaciteit om deze mest te verwerken, de kosten van het mesttransport en de omvang van de ammoniakemissie.

De gebruiksmogelijkheden van het model zijn in de loop van de tijd sterk toegenomen. Dit heeft een behoefte doen ontstaan de mogelijkheden van het model inzichtelijk te maken voor zowel gebruikers van de resultaten van het model als voor onderzoekers die bij het toepassen van het model zijn betrokken. Dit rapport is geschreven om aan deze behoefte te voldoen.

De directeur,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'L.C. Zachariasse', written over a horizontal line.

Prof.dr.ir. L.C. Zachariasse

Samenvatting

Dit rapport geeft een beschrijving van de achtergronden van het Mest- en Ammoniakmodel. Deze beschrijving heeft ten doel de gebruikers van de resultaten van het model een betere indruk te geven van de mogelijkheden en de uitgangspunten van het model. Daarnaast vergroot deze beschrijving de overdraagbaarheid van het model. De kennis en ervaring die in het model is opgenomen komt beschikbaar voor een bredere groep van onderzoekers.

In het rapport komen een aantal aspecten van het model aan de orde. Het toepassingsgebied van het model wordt in algemene termen beschreven. De belangrijkste processen van mestproductie, mestgebruik, mestverwerking en het vrijkomen van ammoniak worden gestructureerd beschreven. Vervolgens wordt het ontwerp van het *Mest- en Ammoniakmodel* beschreven. De processen zijn ondergebracht in rekenmodules. De rekenmodules en de samenhang tussen de modules wordt beschreven. In de rekenmodules wordt gebruik gemaakt van data. Deze data wordt in een afzonderlijk hoofdstuk beschreven. Ten slotte wordt aandacht besteed aan de gebruiksmogelijkheden en de beperkingen van het model.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

In het begin van de jaren tachtig is men begonnen met de ontwikkeling van het Mest- en Ammoniakmodel (MAM). In deze jaren nam het besef toe dat problemen zouden ontstaan met de afzet van mest (Wijnands en Luesink, 1984). Om deze problematiek inzichtelijk te maken werd het Mestmodel ontwikkeld.

In de tweede helft van de jaren tachtig werd, naast de mestproblematiek, de ammoniakemissie en de daarmee samenhangende verzuring een belangrijk onderwerp. Niet alleen de verzuring maar ook de belasting van de bodem met mineralen werd in toenemende mate belangrijk.

Het Mest- en Ammoniakmodel werd geleidelijk een belangrijk instrumentarium voor beleid en onderzoek. Het model wordt zowel ingezet voor het inzichtelijk maken van de huidige meststromen (monitoring) als voor scenarioberekeningen voor bijvoorbeeld het Milieuplanbureau. Het accent hierbij ligt vooral op het bepalen van de omvang van de mestoverschotten, de benodigde capaciteit om deze mest te verwerken, de kosten van het mesttransport en de omvang van de ammoniakemissie.

De gebruiksmogelijkheden van het model zijn in de loop van de tijd sterk toegenomen. Dit heeft een behoefte doen ontstaan de mogelijkheden van het model inzichtelijk te maken voor zowel gebruikers van de resultaten van het model als voor onderzoekers die bij het toepassen van het model zijn betrokken.

1.2 Doel

Doel van dit project is te komen tot een heldere beschrijving van het Mest- en Ammoniakmodel zodat inzicht wordt verkregen in de functionaliteit, de structuur en de werking van het model. Hiermee wordt duidelijk wat het model kan en hoe de berekeningen worden uitgevoerd.

1.3 Doelgroep

Dit rapport is bedoeld voor gebruikers van de resultaten van het model. Met dit rapport kunnen zij een beter beeld krijgen van de gebruiksmogelijkheden van het model en de achtergronden van het model. Daarnaast heeft dit rapport ten doel de overdraagbaarheid van het model te vergroten. De kennis en ervaring die in het model is geïmplementeerd, moet daarmee voor een bredere groep onderzoekers toegankelijk worden. Hiermee is de documentatie bijzonder geschikt voor activiteiten die gericht zijn op de verdere ontwikkeling van het model.

1.4 Afbakening

Dit rapport heeft niet ten doel een handleiding te bieden voor het daadwerkelijke gebruik van de software waarin het model is geïmplementeerd. Het rapport zal dus geen aandacht besteden aan zaken zoals het invoeren van waarden, het opvragen van gegevens en het berekenen van scenario's. Deze zaken zijn geen onderdeel van dit rapport, maar zijn beschreven in de *Gebruikershandleiding Mest- en Ammoniakmodel* (Oudendag, 2002).

Ook beoogt dit rapport geen programmadocumentatie te bieden (op code niveau) voor de overdracht tussen programmeurs. De technische zaken komen aan de orde in de *Technische Handleiding Mest- en Ammoniakmodel* (Groenwold, 2002).

1.5 Opbouw van het rapport en leeswijzer

Het model wordt in een aantal stappen beschreven. In hoofdstuk 2 zal het toepassingsgebied van het model beschreven worden. De belangrijke processen van mestproductie, mestgebruik, mestverwerking en het vrijkomen van ammoniak worden in dit hoofdstuk beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft het ontwerp van het Mest- en Ammoniakmodel. De processen zijn vastgelegd in rekenmodules. Hoe en welke rekenmodules in het Mest- en Ammoniakmodel zijn geïmplementeerd, is het onderwerp van hoofdstuk vier. In hoofdstuk vijf komen de gegevens aan de orde. De gebruiksmogelijkheden en beperkingen van het model komen tenslotte in de hoofdstukken 6 en 7 aan de orde.

Lezers die geïnteresseerd zijn in een algemene beschrijving van het model en de achtergronden van het model kunnen volstaan met het lezen van hoofdstuk 1 tot en met hoofdstuk 3 en de hoofdstukken 6 en 7. De overige hoofdstukken en bijlagen zijn ook geschikt voor lezers die geïnteresseerd zijn in de technische achtergronden van het model en de gegevens.

2. Toepassingsgebied van het Mest- en Ammoniakmodel

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk komt het toepassingsgebied van het Mest- en Ammoniakmodel aan de orde. Bij de beschrijving worden 5 belangrijke processen onderscheiden. Deze 5 processen zijn:

1. de productie van mest door dieren (mestproductie);
2. de ruimte voor het gebruik van mest (mestruimte);
3. het saldo van de productie en ruimte (mestoverschot);
4. het transport van mest voor gebruik of opslag elders (mesttransport);
5. de mineraalbelasting van de bodem (bodembelasting).

De processen worden op 3 aggregatieniveaus beschreven. De thema's mestproductie, mestruimte en mestoverschot spelen zich af op bedrijfsniveau. Het mesttransport is gebaseerd op 31 mestgebieden (regio's). Het vaststellen van de bodembelasting vindt op gemeenteniveau plaats. De samenhang tussen de processen en de niveaus is hieronder weergegeven.

Bedrijfsniveau

- Mestproductie
- Mestruimte
- Mestoverschot

Regioniveau

- Mesttransport

Gemeenteniveau

- Bodembelasting

In figuur 2.1 worden de processen en de samenhang tussen de processen beschreven. De processen zijn door lijnen afgebakend. In de eerstvolgende paragrafen zullen deze processen nader worden beschreven. De grootheden die in deze beschrijving worden gebruikt zijn cursief en onderstreept weergegeven in de figuur. De plaatsen waar ammoniak vrijkomt zijn herkenbaar aan een vlaggetje met bijbehorend cijfer.

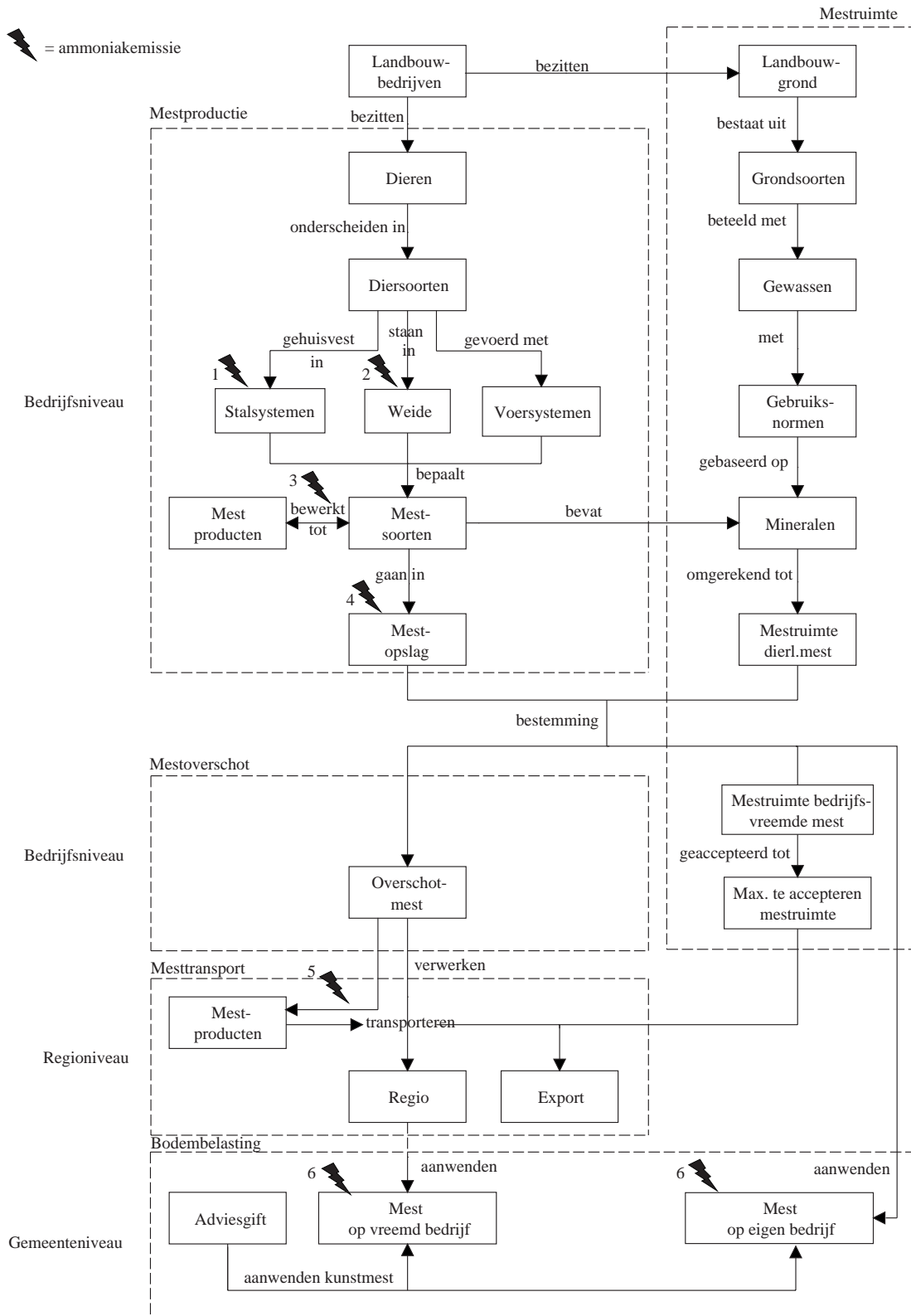
2.2 Mestproductie

De basis voor de berekening van de mestproductie zijn de *landbouwbedrijven* waar mest geproduceerd wordt. Op bedrijven waar landbouwhuisdieren worden gehouden, wordt mest geproduceerd. De mest wordt onderscheiden in verschillende mestsoorten.

De ammoniakemissie van een mestsoort is afhankelijk van het diertype, het gehanteerde voersysteem en de standplaats. Het voersysteem is afhankelijk van het soort voer dat de dieren krijgen, bijvoorbeeld een gras of snijmaïs rantsoen. Daarnaast is de standplaats van het dier van invloed op de ammoniakemissie. De standplaats geeft aan waar de mest wordt geproduceerd. Naast beweiding van grasland door melkvee worden diverse stalsystemen onderscheiden (ligbox, grupstal en dieppitstal). Bij al deze *stal-* en *weidesystemen* komt *ammoniak* (1,2) vrij als gevolg van de mestproductie.

Door de combinatie van *diersoorten*, standplaatsen en *voersysteem* worden diverse *mestsoorten* gedefinieerd. De mestsoort 'Melkvee ligboxdrijfmeststal-gras' is bijvoorbeeld een drijfmest van melkkoeien uit een ligboxenstal met voornamelijk gras als rantsoen. In bijlage 4 is weergegeven welke soorten *mest* kunnen ontstaan.

Mestsoorten kunnen worden bewerkt tot andere mestproducten. Deze bewerking kan plaatsvinden op het bedrijf waar de mest is geproduceerd. De mestproducten kunnen vervolgens worden gebruikt of opgeslagen op het eigen bedrijf of worden getransporteerd. Voorbeelden van *mestproducten* zijn: scheidingsproducten (koek, dunne fractie) of gedroogde mest. Bij de mestbewerking komt opnieuw *ammoniak* (3) vrij.



Figuur 2.1 De vijf hoofdthema's van het Mest- en Ammoniakmodel

2.3 Mestruimte

De mest of een deel van de geproduceerde mest kan op het eigen bedrijf worden aangewend. Het aanwezige landbouwareaal op het bedrijf en de gewassen die op dit areaal worden verbouwd, bepalen de hoeveelheid mest die op het eigen bedrijf kan worden gebruikt.

De hoeveelheid mest die op het eigen bedrijf kan worden gebruikt is afhankelijk van de toedieningsnormen. Deze normen geven per *gewas* en mestregio de hoeveelheden mineralen (Bijvoorbeeld fosfaat en stikstof) die maximaal aan een hectare mogen worden toegediend.

2.4 Mestoverschot of mesttekort

Een vergelijking van de mestproductie op een bedrijf en de hoeveelheid mest die op het eigen bedrijf kan worden gebruikt, bepaalt of een bedrijf een mestoverschot of een –tekort heeft.

Is er op bedrijfsniveau een *mestoverschot*, dan kan de af te voeren mesthoeveelheid worden geminimaliseerd door vast te stellen welke mestsoorten het best op eigen bedrijf kunnen worden aangewend. Bij het aanwenden van de mest komt *ammoniak* (6) vrij. De hoeveelheid ammoniak die vrijkomt is afhankelijk van de gebruikte toedieningstechniek. Hierbij gelden bepaalde restricties omdat niet alle mestsoorten op alle gewassen kunnen worden gebruikt. Droge meststoffen kunnen bijvoorbeeld niet op grasland worden gebruikt, omdat deze niet ondergewerkt kunnen worden.

Mest die niet direct wordt aangewend kan worden verwerkt tot *mestproducten* via mestverwerkinginstallaties. Bij deze verwerking komt ammoniak vrij (5). *Verwerkte mestproducten* zijn bijvoorbeeld mestkorrels van varkens- en pluimveemest en slib van gezuiverde vleeskalverenmest.

Indien de mestruimte niet volledig is benut, dan kan er op dat bedrijf nog mest (en/of mestproducten) van andere bedrijven worden gebruikt, de zogenaamde *mestruimte voor bedrijfsvreemde mest*. Dit betekent niet dat de hele ruimte voor bedrijfsvreemde mest wordt opgevuld. De hoeveelheid bedrijfsvreemde mest dat op dat bedrijf daadwerkelijk wordt afgezet, is afhankelijk van de acceptatiegraad. De acceptatiegraad is de mate van bereidheid van de agrariërs bedrijfsvreemde mest te gebruiken. Deze mate van bereidheid is afhankelijk van het *gewas* en regio en is onder andere afhankelijk van de benodigde hoeveelheid mineralen voor de *gewassen* en de prijs van mest.

2.5 Mesttransport

Uit de acceptatiegraad volgt de *maximaal te accepteren mestruimte* waarop overschotmest van andere bedrijven kan worden aangewend. Een andere aanwending van overschotmest is export. De uiteindelijk hoeveelheid bedrijfsvreemde mest die wordt gebruikt is afhankelijk van de hoeveelheid *overschotmest*, en de mogelijkheden voor het exporteren (van zowel bewerkte, verwerkte als onverwerkte mest).

De meststromen worden daarbij zo gestuurd dat de kosten van transport, opslag, aanwending, verwerking en export minus de opbrengsten van mest op nationaal niveau geminimaliseerd worden. Afhankelijk van de kosten van distributie van mest en de kwaliteit van de mest wordt de mest binnen of buiten de regio getransporteerd of geëxporteerd. Alle overschotmest dient op deze manier getransporteerd of geëxporteerd te worden. Na het mesttransport wordt de mest als *mest op vreemd bedrijf* aangewend, waarbij ook *ammoniak vrijkomt* (6).

Na het aanwenden van *mest* kan een aanvulling met kunstmest worden gegeven. Deze aanvulling is afhankelijk van het toedieningstijdstip van mest, de werkingscoëfficiënten van de mineralen en de hoeveelheid toegediende mineralen uit dierlijke mest. De *adviesgiften* per *gewas* en *grondsoort* zijn gebaseerd op literatuur over basisadviezen bemesting (PR, 1998 en PAV, 1999). Ook het gebruik van kunstmest resulteert in een *ammoniakemissie* (6).

2.6 Ammoniakemissie en bodembelasting

De totale ammoniakemissie vindt op zes plaatsen plaats en wel op:

1. mestproductie in stal;
2. mestproductie in weide;
3. mestbewerking;
4. mestopslag;
5. mestverwerking;
6. mestaanwenden.

De bodembelasting volgt uit de aanwending van mest op eigen bedrijf, de aanwending van bedrijfsvreemde mest en het gebruik van kunstmest.

3. Ontwerp Mest- en Ammoniakmodel

3.1 Inleiding

De processen die in het vorige hoofdstuk zijn beschreven zijn geïmplementeerd in het Mest- en Ammoniakmodel (MAM). Het Mest- en Ammoniakmodel bestaat uit een verzameling rekenmodules. De rekenmodules zijn ontworpen op basis van de inzichten in de verschillende praktijkomstandigheden.¹ In dit hoofdstuk zal op een hoog aggregatieniveau worden beschreven hoe de processen en gegevens in het model met elkaar samenhangen en hoe de processen op elkaar zijn afgestemd.

In de beschrijving van het model worden de processen zoveel mogelijk volgens de volgorde van figuur 2 behandeld. De geanalyseerde processen hebben tot doel de omvang en locatie van mestoverschotten en ammoniak te berekenen. Voordat regionale mestoverschotten en ammoniakemissies kunnen worden berekend, moet worden nagegaan waar de mest wordt geproduceerd, verwerkt en aangewend.

De rekenmodules zijn gerangschikt rond de vijf beschreven thema's. Alle berekeningen ten behoeve van de thema's mestproductie, mestruimte en mestoverschot vinden op bedrijfsniveau plaats. De berekeningen ten aanzien van het mesttransport vinden op regioniveau plaats met 31 mestgebieden.² De berekening van de belasting van de bodem door natuurlijke mest vindt plaats op gemeenteniveau. In het verlengde hiervan wordt ook de belasting door kunstmest op gemeenteniveau berekend.³

De opbouw van dit hoofdstuk ligt in het verlengde van de thema's. Paragraaf 3.2 beschrijft het vaststellen van mestproductie, -ruimte en -overschot op bedrijfsniveau. Paragraaf 3.3 beschrijft de transporten op regioniveau en paragraaf 3.4 beschrijft de bodembelasting en de kunstmestgiften op gemeenteniveau.

¹ Omwille van de reproduceerbaarheid van de uitkomsten worden verschillende versies van rekenmodules beheerd. Dit houdt in dat wijzigingen of uitbreidingen van rekenmodules geen effect hebben op berekeningen gemaakt met behulp van eerdere versies van deze modules. Evenals de rekenmodules worden ook de databestanden (Landbouwtelling, kunstmestdata uit het Bedrijven-Informatienet en grondsoortenbestand) per versie beheerd. Nieuwe indelingen vanuit de data bestanden van gewas-, diercategorieën en grondsoorten mogen ook geen invloed hebben op voorgaande berekeningen. Voor het beheren van de uitgangspunten op basis van de databestanden is het begrip variant geïntroduceerd. Een variant kan worden gezien als een combinatie van methoden, gegevens en uitgangspunten. Op basis van deze eigenschappen is een variant altijd reproduceerbaar.

² (Module transport).

³ (Module QBodBel), de tweede gaat in op de kunstmestgiften (module Qkunst).

3.2 Berekeningen op bedrijfsniveau

De berekeningen op bedrijfsniveau zijn gericht op het vaststellen van de mestproductie, de mestruimte en het mestoverschot (zie ook figuur 2).¹ De meest fundamentele procedurele stappen op bedrijfsniveau zijn in bijlage 3 opgenomen.

3.2.1 Mestproductie

Voor het vaststellen van de mestproductie wordt een aantal stappen doorlopen. In het Mest- en Ammoniakmodel wordt de mestproductie per bedrijf, per mestsoort vastgesteld. In het MAM worden mestsoorten onderscheiden naar diersoort, standplaats en voerrantsoen. Om de totale mestproductie per mestsoort te berekenen moet dus worden nagegaan welke diersoorten op een bedrijf voorkomen, hoeveel van de verschillende diersoorten er voorkomen, wat de gehanteerde standplaatsen per diersoort zijn en welke rantsoenen per diersoort worden gebruikt.

Op bedrijfsniveau worden de standplaatsen en voerrantsoenen aan de daar aanwezige dieren gekoppeld. Omdat meerdere combinaties per regio en diersoort mogelijk zijn, worden de voorkomende mogelijkheden door middel van een verdeelsleutel verdeeld. Deze toepassingsfracties zijn invoer voor het model en zijn veelal geschat op basis van gegevens van het CBS of uit het Informatienet.

In MAM zijn twee soorten standplaatsen gedefinieerd: stal en weide.² Voor de weidemestsoorten geldt een aantal bijzondere voorwaarden:

1. het gewas grasland dient op het betreffende bedrijf voor te komen;
2. weidemest kan niet getransporteerd en bewerkt worden;
3. de productie is maximaal de hoeveelheid die binnen de toedieningsnormen³ op grasland op het eigen bedrijf kan worden afgezet.

Wanneer uit de berekeningen blijkt dat de weidemestsoorten niet binnen de toedieningsnormen op grasland kunnen worden afgezet, dan wordt de productie van stalmest en weidemest zodanig aangepast dat alle weidemest plaatsbaar is binnen de toedieningsnormen. De resterende mest is stalmest. Welke mest dit is, is afhankelijk van de toewijsvolgorde van weidemestsoorten op grasland (model invoer).

¹ De berekeningen van deze items worden in een hoofdmodule uitgewerkt, Qbalans. De naamgeving van dit programma vindt zijn oorsprong in de mestbalans op bedrijfsniveau. Voorafgaand aan de berekeningen met de hoofdmodule worden met een aantal andere modules rekenmodules gestart die ten doel hebben data te genereren voor de hoofdmodule Qbalans.

² Feitelijk wordt weide opgevat als een specifieke vorm van een stal.

³ Voor het hanteren van de toedieningsnormen worden bij de berekeningen voor de milieubalans de verlies- en aanvoernormen voor fosfaat omgerekend naar toedieningsnormen. Daarbij is ervan uitgegaan dat de verliesnorm voor stikstof nog niet beperkend is, waardoor er voor stikstof geen toedieningsnormen zijn vastgesteld. De toedieningsnorm voor fosfaat op akkerbouwgewassen is bij de milieubalans bepaald door de verliesnorm te vermeerderen met de forfaitaire afvoer.

Per mestsoort wordt de productie van mest en mineralen¹ berekend door de dieren aantallen per bedrijf te vermenigvuldigen met de betreffende excretie en de toepassingsfractie van de standplaats. Bij scenarioberekeningen kan de ontwikkeling van het aantal dieren per diersoort en per regio worden opgegeven.

Een mestsoort kan op het bedrijf worden bewerkt, waarbij het op bedrijfsniveau vooral gaat om scheidingstechnieken. De producten die bij mestbewerking ontstaan worden op dezelfde wijze behandeld als onbewerkte mest.

De stalmest wordt op het bedrijf waar het wordt geproduceerd opgeslagen. Met behulp van verdeelsleutel² wordt berekend welk deel van de geproduceerde mest wordt opgeslagen in welke type opslag. Een opslagtype is bijvoorbeeld een afgedekte silo geplaatst op heipalen.

Ammoniak emissie

De voorgaande berekening resulteren in een aanduiding welke mestsoorten en mestproducten zijn ontstaan en in welke hoeveelheden. Al deze mestsoorten en producten hebben hun eigen specifieke ammoniakemissiefactoren. Door de emissiefactoren te vermenigvuldigen met de hoeveelheid per mestsoort wordt de ammoniakemissie uit stallen en weide per bedrijf vastgesteld.

Bij de verwerking van mest komt ook ammoniak vrij. De emissie is afhankelijk van de manier waarop de mest wordt verwerkt. Door de emissiefactor per verwerkingssysteem per mestsoort te vermenigvuldigen met de hoeveelheid mest (van die soort) die met dat systeem is verwerkt, wordt de ammoniakemissie van verwerking per bedrijf berekend.

De mestopslag resulteert ook in een ammoniakemissie. De emissie is afhankelijk van het opslagtype. Zoals eerder vermeld wordt de manier van opslag vastgesteld middels verdeelsleutels. Voor het berekenen van de ammoniakemissie tijdens de mestopslag, wordt de stikstof in de mest vermenigvuldigd met een factor die aangeeft hoeveel ammoniak er vrij komt. Deze factor is afhankelijk van het type opslag en de soort mest.

3.2.2 Mestruimte

Om de mestruimte op een bedrijf te bepalen wordt het areaal landbouwgrond per gewas vermenigvuldigd met de toedieningsnorm. De toedieningsnorm geeft aan hoeveel mineralen op een hectare mogen worden toegediend. De toedieningsnorm is afhankelijk van de gewasgroep en de mestregio.

Indien de mestruimte groter is dan de mestproductie van het eigen bedrijf, dan wordt berekend hoeveel bedrijfsvreemde mest maximaal geaccepteerd kan worden. Deze maximale hoeveelheid is afhankelijk van de acceptatiegraden, die per gewasgroep en regio zijn vastgesteld. Zelfs wanneer de mestruimte kleiner is dan de mestproductie kan er ruimte zijn voor bedrijfsvreemde mest, bijvoorbeeld wanneer bepaalde mestsoorten niet toege-

¹ Bij de mineralen wordt vastgelegd of het om stikstof of zware metalen gaat, omdat daar aparte rekenmodulen op van toepassing zijn. Bij de productie van stikstof wordt er onderscheid gemaakt in: minerale stikstof, effectieve stikstof, resistente stikstof en weidestikstof.

² Modelinput per mestsoort en regio. De verdeelsleutels worden middels literatuuronderzoek bepaald. Veelal zijn deze het resultaat van enquêtes van het CBS.

diend mogen worden op de gewassen die op het eigen bedrijf verbouwd worden. Sommige droge mestsoorten kunnen bijvoorbeeld niet worden uitgereden op grasland.

De hoeveelheid en de soort bedrijfsvreemde mest die geaccepteerd kan worden is afhankelijk van het soort gewassen op het bedrijf en de toewijsvolgorde¹. Gebruikelijk is om die toewijsvolgorde zodanig op te zetten dat gewasgroepen die dierlijke mest goed kunnen verdragen het eerst worden bemest. Gewasgroepen die dierlijke mest minder goed kunnen verdragen, waardoor risico's als opbrengstdaling en kwaliteitsverlies ontstaan, komen als laatste aan bod.

De toewijsvolgorde voor bedrijven die bedrijfsvreemde mest kunnen plaatsen is anders dan voor bedrijven die een overschot aan mest hebben. De toewijsvolgorde verschilt omdat de doelen voor het aanwenden van mest voor die bedrijven anders zijn. Voor bedrijven zonder mestoverschot is het doel om de mest toe te wijzen aan gewassen die daar goed op groeien, waardoor de gewasopbrengsten worden gemaximaliseerd. Voor bedrijven met een mestoverschot is het primaire doel de mestafvoerkosten te minimaliseren.

3.2.3 Mestoverschot

Voor bedrijven die een deel van de mestproductie niet op eigen bedrijf kunnen aanwenden wordt het overschot berekend.² Hierbij is het van belang vast te stellen welke mestsoort het eerst op het eigen bedrijf worden aangewend. Dit wordt wederom bepaald aan de hand van de toewijsvolgordes. Per mestsoort wordt een volgorde in gewassen opgesteld. Daarbij kunnen mestsoorten worden opgegeven die niet toegewezen mogen worden aan bepaalde gewassen. In het vaststellen van volgorde wordt een verschil gemaakt naar weide mest en de overige mestsoorten.

1. Weidemest

Standaard worden weidemestsoorten als eerste aan grasland toegewezen. Kunnen die mestsoorten niet binnen de toedieningsnormen op grasland worden afgezet, dan wordt het restant geteld als stalmest.

2. Overige mestsoorten

Voor het vaststellen van de volgorde van toewijzing van de overige mestsoorten bestaan twee mogelijkheden:

- de gebruiker van het model kan een volgorde opgeven;

¹ De volgorde waarin de bedrijfsvreemde mest op het betreffende bedrijf aan de gewassen wordt toegewezen wordt in het model ingebracht middels een toewijsvolgorde voor niet-overschotbedrijven. Bij de berekeningen worden twee toewijsvolgordes onderscheiden om de eigen mestproductie aan gewassen toe te wijzen:

- voor bedrijven met een mestoverschot;
- voor bedrijven zonder mestoverschot.

Eerst wordt uitgerekend of een bedrijf een mestoverschot heeft en vervolgens wordt met een van de twee toewijsvolgordes berekend welke mest op welk gewas wordt afgezet.

² Voor het mineraal stikstof kan gekozen worden uit twee opties voor de bepaling van het mestoverschot, dat zijn:

- het stikstofgehalte van de mest ten tijde van de excretie;
- het stikstofgehalte van de mest na ammoniakemissie uit stal, opslag, bewerking en weiden.

- het model kan de volgorde uitrekenen. Hierbij worden het af te voeren mestvolume en daarmee de transportkosten geminimaliseerd.

3.3 Berekeningen op regioniveau

3.3.1 Mesttransport

Nadat de mestruimte voor bedrijfsvreemde mest en het mestoverschot op bedrijfsniveau is vastgesteld, wordt het transport van mest tussen landbouwbedrijven (en andere bestemmingen) op regioniveau berekend. Bij het vaststellen¹ van dit transport wordt het minimaliseren van de afzetkosten als uitgangspunt genomen. De afzetkosten omvatten alle kosten die nodig zijn om de mestoverschotten af te zetten, zoals de kosten voor distributie (laden, transport, lossen en opslag), mestverwerking en export.

De berekeningen voor het vaststellen van de mesttransporten gebeuren niet op bedrijfsniveau maar op het niveau van de 31 mestgebieden. De resultaten van de berekeningen op bedrijfsniveau (overschotten en resterende plaatsingsmogelijkheden) worden geaggregeerd naar deze mestgebieden. Op deze manier wordt voor alle 31 mestgebieden de vraag naar mest per gewas (mestruimte bedrijfsvreemde mest) en het aanbod van mest per mestsoort (mestoverschot) vastgesteld. Voor overschotmest in een bepaalde regio bestaan de volgende mogelijkheden:

1. afzet op de resterende plaatsingsruimte in de regio zelf;
2. afzet op resterende plaatsingsruimte in een andere regio;
3. export.

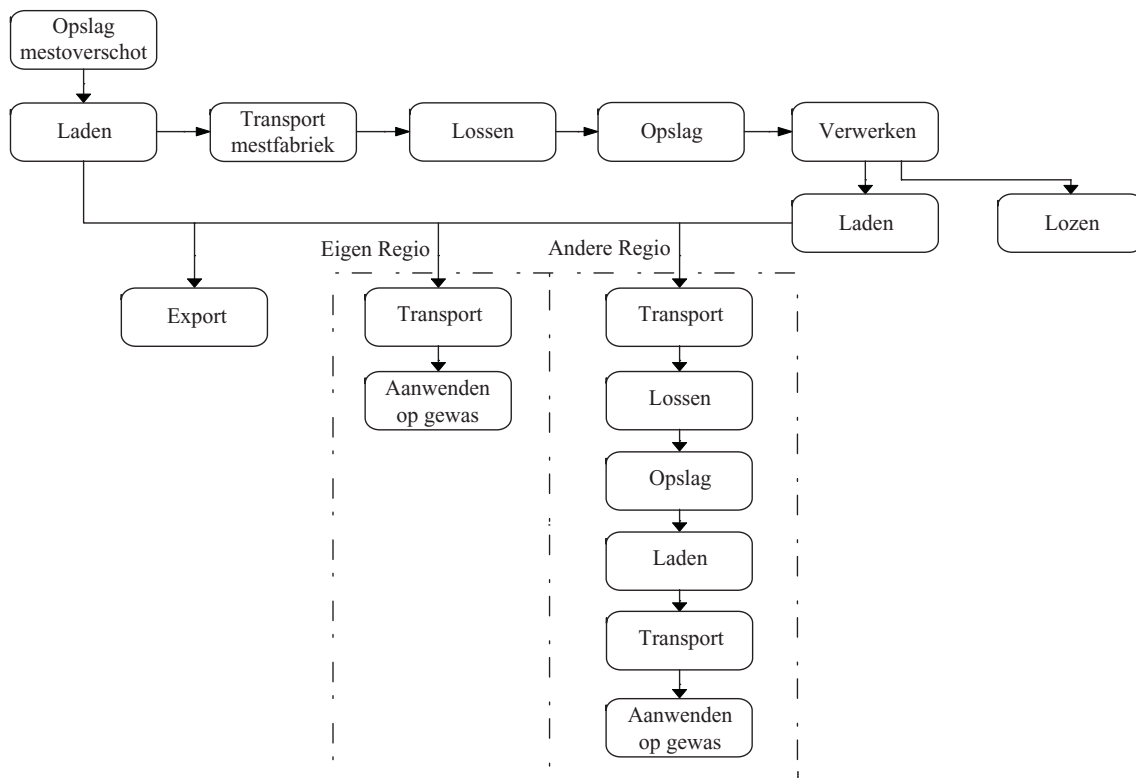
Activiteiten bij de afzet van mest

Bij de afzet van de mestoverschotten worden de volgende activiteiten onderscheiden:

1. laden en lossen van mestsoorten en mestproducten;
2. transporteren en opslaan van mestsoorten en mestproducten;
3. aanwenden van mestsoorten en mestproducten;
4. verwerken van mestsoorten en producten van mestbewerking;
5. exporteren van mest en mestproducten.

Bij transport van mest tussen regio's (lange afstand) met daartussen een verwerkingsinstallatie worden diverse activiteiten uitgevoerd (zie figuur 3.1). Wanneer verwerking niet plaatsvindt dan wordt de mest rechtstreeks geladen voor export, transport naar een ander regio of transport naar de eigen regio. Indien de mest wordt verwerkt, dan wordt eerst de verwerkingsstap uitgevoerd en daarna wordt de mest opnieuw geladen voor verder transport.

¹ Dat gebeurt middels lineaire programmering waarbij de doelstelling wordt gevormd door de minimalisatie van de transportkosten.



Figuur 3.1 Transportactiviteiten bij mest

Transportkosten

De transportkosten van mest binnen een regio zijn vaste bedragen die alleen afhankelijk zijn van de mestklasse en de bestemming. De transportkosten tussen regio's bestaan uit een vast bedrag per mestklasse en bestemming en een variabel deel dat afhankelijk is van de mestklasse en de afstand tussen de regio's.¹

De transportkosten van de mestsoorten verschillen, omdat de hoogte van de kosten afhankelijk zijn van het volume van de mestsoort. Hierdoor zullen mestsoorten met lage gehalten aan mineralen over korte afstanden worden afgezet. Relatief volumineuze mestsoorten zoals van rundvee en fokvarkens worden daardoor veelal in de eigen regio of een naastgelegen 'tekortregio' afgezet. Droge pluimveemestsoorten worden veelal naar verafgelegen 'tekortregio's' getransporteerd of ze worden geëxporteerd. Vleesvarkensdrijfmest en natte pluimveemest worden over de middenlange afstanden getransporteerd.

Kwaliteit van mest

De kwaliteit van mest is van invloed op de export. De vraag naar dierlijke mest stelt bepaalde kwaliteitseisen. De buitenlandse vraag gaat met hogere kwaliteitseisen gepaard. De kwaliteit van mest of een mestproduct wordt uitgedrukt in een bemestingswaarde. De be-

¹ Alle hierboven vermelde kosten worden middels literatuuronderzoek vastgesteld en via invoervariabelen in het model ingelezen.

mestingswaarde wordt bepaald voor de afzonderlijke gewassen en is afhankelijk van de volgende kenmerken:

1. de gehalten aan stikstof, fosfaat en kali;
2. het bemestingsadviesgift voor het betreffende gewas;
3. het aanwezig zijn van ongewenste stoffen in de mestsoort (bijvoorbeeld koper en onkruidzaden);
4. de handelbaarheid van de betreffende mestsoort (mestverwerkingproducten zijn veel handelbaarder dan onverwerkte mest).

Mestverwerking resulteert in een hogere kwaliteit. Wanneer de kwaliteit van een mestsoort door mestverwerking zodanig verbetert dat dit financieel aantrekkelijk is, dan wordt de mest eerst verwerkt en vervolgens afgezet.

Bij de allocatie van mest zal rekening worden gehouden met de bemestingswaarde. Wanneer een gewas bijvoorbeeld bemestingsadviesgiften heeft van 75 kg stikstof, 75 kg fosfaat en 75 kg kali dan zullen daar zoveel mogelijk mestsoorten op worden afgezet die de werkzame N, P en K verhouding van 1:1:1 zo dicht mogelijk benaderen. Op een gewas met bijvoorbeeld bemestingsadviesgiften van 200 kg N, 50 kg fosfaat en 75 kg kali zal een mestsoort worden afgezet waarin verhoudingsgewijs veel werkzame stikstof aanwezig is.

Een ander voorbeeld van de invloed van de bemestingswaarde op de allocatie is het volgende. Wanneer de bemestingswaarde van rundveemest op grasland (door het overdragen van ziektekiemen) erg laag is dan kan het aantrekkelijker zijn om die mest in een verder weg gelegen tekortgebied af te zetten op bijvoorbeeld aardappelen. De hogere transportkosten wegen op tegen de lage bemestingswaarde van rundveemest op grasland.

Allocatie van mest

Aan alle gedefinieerde activiteiten zijn kosten en technische aspecten verbonden. Een groot deel hiervan wordt via invoerparameters in het model gebracht. Hieronder volgt een opsomming van kosten en technische aspecten bij de diverse activiteiten:

1. laden en lossen van mestsoorten en mestproducten:
 - kosten van laden en lossen per mestklasse per volume-eenheid.
2. transporteren en opslaan van mestsoorten en mestproducten:
 - kosten van transport per mestklasse per volume-eenheid per km;
 - kosten van opslag per mestklasse en opslagtype;
 - transportafstanden tussen regio's;
 - toegepaste opslagtypen per regio en mestklasse;
 - opslagperiode naar bestemming (eigen regio, ander regio) van de mest.
3. aanwenden van mestsoorten en mestproducten:
 - kosten van het aanwenden van mest per aanwendingstechniek;
 - bemestingswaarde mestsoorten en mestproducten in verhouding tot kunstmest per gewas per regio per volume-eenheid. Berekend op basis van de mineraleninhoud per mestsoort, een bedrag per kg mineraal, bemestingsadviesgiften per gewas en grondsoort en in te voeren correcties voor de bemestingswaarde per mestsoort/product en hoofdtype gewas;
 - toe te passen aanwendingstechnieken per regio, mestklasse, hoofdtype grondsoort en hoofdtype gewas.

4. verwerken van mestsoorten tot producten:
 - verwerkingskosten per proces per volume-eenheid;
 - kosten van transport en opslag naar verwerkingsunit per mestklasse;
 - ammoniakemissiecoëfficiënten per proces per mestsoort;
 - mestproducten per proces;
 - scheidingsfracties voor volume en mineralen per proces en mestsoort;
 - wel of niet lozen van producten;
 - regio's waar verwerkt mag worden per proces per mestsoort;
 - hoeveelheid die maximaal verwerkt mag worden per mestsoort.
5. exporteren van mest en mestproducten:
 - kosten van export per mestklasse;
 - hoeveelheden die maximaal geëxporteerd mogen worden per mestsoort en product.

Gegeven al deze kosten en aspecten wordt een optimale allocatie gevonden waarbij de totale mestafzetkosten worden geminimaliseerd onder de volgende randvoorwaarden (zie appendix 8 voor een uitgebreide beschrijving van dit model):

1. mestverwerking en export mag de maximumcapaciteit niet te boven gaan;
2. de totale mest productie in een regio plus de aanvoer vanuit andere regio's moet gelijk zijn aan het gebruik op eigen land plus de aanwending van bedrijfsvreemde mest uit dezelfde regio plus de verwerking plus de export naar het buitenland en de afvoer naar andere regio's (voor elke mestsoort en regio);
3. per regio wordt niet meer getransporteerde mest uitgereden dan op basis van de mestruimte bedrijfsvreemde mest geplaatst kan worden (voor elke mestsoort);
4. er vindt geen mesttransport naar een regio plaats indien in de tekorten van bedrijven (mestruimte) kan worden voorzien door andere bedrijven in dezelfde regio (voor elke mestsoort afzonderlijk¹);
5. de hoeveelheid ontstane producten bij het verwerken van mest zijn gelijk aan de afzet in Nederland, de export en de geloosde producten (voor elk type mestproduct);
6. er vindt geen mesttransport uit een regio plaats indien de overschotten van bedrijven op andere bedrijven binnen de eigen regio kunnen worden aangewend (voor elke mestsoort afzonderlijk).

3.4 Berekeningen op gemeenteniveau

De berekeningen van de bodembelasting vinden op gemeenteniveau plaats.² De totale aanwending van mest binnen een gemeente wordt gevormd door de mest die op het eigen bedrijf wordt geproduceerd en gebruikt plus de mest die vanuit andere gebieden wordt aangevoerd en op bedrijven binnen de gemeente wordt gebruikt. Voor deze laatste categorie worden de resultaten van het mesttransport op regioniveau omgerekend naar

¹ Het kan dus wel zijn dat een bepaalde mestsoort wel naar de regio getransporteerd mag worden en een andere mestsoort niet.

² Op gemeenteniveau is een tweetal basismodules opgezet (QbodBel en Qkunst). In beide modules speelt de bodembelasting een rol.

gemeenteniveau. Op basis van het totale mestgebruik in de gemeente wordt de ammoniakemissie bij het aanwenden van de mest berekend en vervolgens wordt de belasting van de bodem met mineralen¹ vastgesteld. In aansluiting daarop wordt de bodembelasting met kunstmest berekend.

3.4.1 Berekening aangewende hoeveelheid mest.

De totale aanwending van mest binnen een gemeente wordt gevormd door de mest die op het eigen bedrijf wordt geproduceerd en gebruikt plus de mest die vanuit andere gebieden wordt aangevoerd en op bedrijven binnen de gemeente wordt gebruikt. Het gebruik van mest op bedrijfsniveau is beschreven in paragraaf 3.2. Het totale gebruik in een gemeente kan eenvoudig worden vastgesteld door het gebruik op een bedrijf te sommeren over alle bedrijven die zich in die gemeente bevinden.

De aanvoer van bedrijfsvreemde mest is vastgesteld op regioniveau (zoals beschreven in de vorige paragraaf). Deze regiogegevens worden vervolgens gededageerd naar gemeente niveau. Omdat de exacte verdeling over de gemeentes niet bekend is, wordt hierbij gebruikgemaakt van de cijfers omtrent de mestruimte voor bedrijfsvreemde mest. Verondersteld wordt dat de verdeling over de gemeentes van de aangevoerde mest gerelateerd is aan de mestruimte voor bedrijfsvreemde per gemeente (per mestsoort).

Door het eigen gebruik en de aanvoer bij elkaar op te tellen wordt de totale mestafzet per gemeente, gewas en mestsoort² verkregen.

3.4.2 Berekening ammoniakemissie bij aanwending

Op basis van de totale aanwending van mest op gemeenteniveau kan de ammoniakemissie per gemeente worden berekend. Hiervoor zijn de hoeveelheid per mestsoort afgezette minerale stikstof per gemeente op een gewas en de bijbehorende emissiecoëfficiënt nodig. De emissiecoëfficiënt geeft aan hoeveel procent van de minerale stikstof vervluchtigt. Dit percentage is afhankelijk van de aanwendingstechniek.³

3.4.3 Berekening bodembelasting met mineralen

In paragraaf 3.4.1 is beschreven hoe de hoeveelheid aangewende dierlijke mest wordt vastgesteld. Dit wordt vastgesteld per gemeente, gewas en mestsoort. Deze gegevens vormen de basis om de belasting van de bodem met mineralen uit dierlijke mest per gemeente vast te stellen (per gewas en grondsoort). Daarbij wordt de aangewende hoeveelheid dierlijke mest (volume) vermenigvuldigd met de mineraleninhoud per mestsoort en mestproduct.

Naast de bodembelasting per gemeente wordt een verdeling gemaakt naar de belasting van verschillende grondsoorten. Informatie omtrent de grondsoorten wordt gehaald uit de LGN3-bestanden (Landelijke Gebruikskaart Nederland, versie 3). Het grondsoortenbe-

¹ Per gemeente, gewas, mestsoort en mestproducten) en grondsoort.

² De mestsoorten zijn inclusief de producten die zijn ontstaan bij bewerking en verwerking van mest.

³ Middels sleutels (modelinput) is bekend welke aanwendingstechniek waar wordt toegepast. De betreffende sleutels (toepassingsfractie aanwendingstechniek) zijn afhankelijk van zowel regio, hoofdtype gewas als mestklasse.

stand is een bestand waarin de grondsoorten per gemeente in percentages zijn weergegeven. De gewasarealen uit de Landbouwtelling worden over de grondsoorten in de betreffende gemeenten verdeeld.¹

Bij stikstof wordt de bodembelasting uitgedrukt in minerale stikstof, effectieve stikstof, resistente stikstof en weide stikstof. Bij de andere mineralen worden de mineralen uitgesplitst in mineralen die in de stal- en in de weide zijn geproduceerd.

3.4.4 Berekening van de kunstmestgiften

In deze paragraaf worden de kunstmestgiften berekend. In het eerste deel wordt een globale beschrijving van deze procedure gegeven. In het daaropvolgende deel worden twee uitbreidingen beschreven. De eerste houdt rekening met de veebezetting bij het bepalen van de kunstmestgift op grasland. De tweede uitbreiding is het afstemmen van de berekende gegevens met de kunstmestgegevens uit het Informatienet.

Niet kalibreren met kunstmestgegevens en onafhankelijk stellen van stikstof op grasland

De kunstmestgift is de bemestingsadviesgift verminderd met de werkzame hoeveelheid mineralen uit dierlijke mest. De bemestingsadviesgift en de startgift vormen invoer voor het model en worden per gewas en per grondsoort ingevoerd.

De aanvulling vanuit kunstmest die nodig is, is afhankelijk van de werkzaamheid van de mineralen uit de dierlijke mest. Voor de niet-stikstofmineralen wordt er in de berekeningen vanuit gegaan dat de werking van mineralen in stalmest 100% is. Voor weidemest ligt dit percentage lager en wordt middels een werkingscoëfficiënt in het model ingevoerd.

De werking van stikstofmineralen is iets complexer. Bij de berekening van de werking van stikstof uit mest wordt rekening gehouden met het onderscheid naar minerale stikstof, effectieve stikstof en resistente stikstof (N_m , N_e en N_r). Verder wordt er rekening gehouden met het aanwendingstijdstip van de dierlijke mest en de grondsoort. De minerale en effectieve stikstof is de minerale en effectieve stikstof die bij de bodembelasting is berekend (paragraaf 3.4.3).

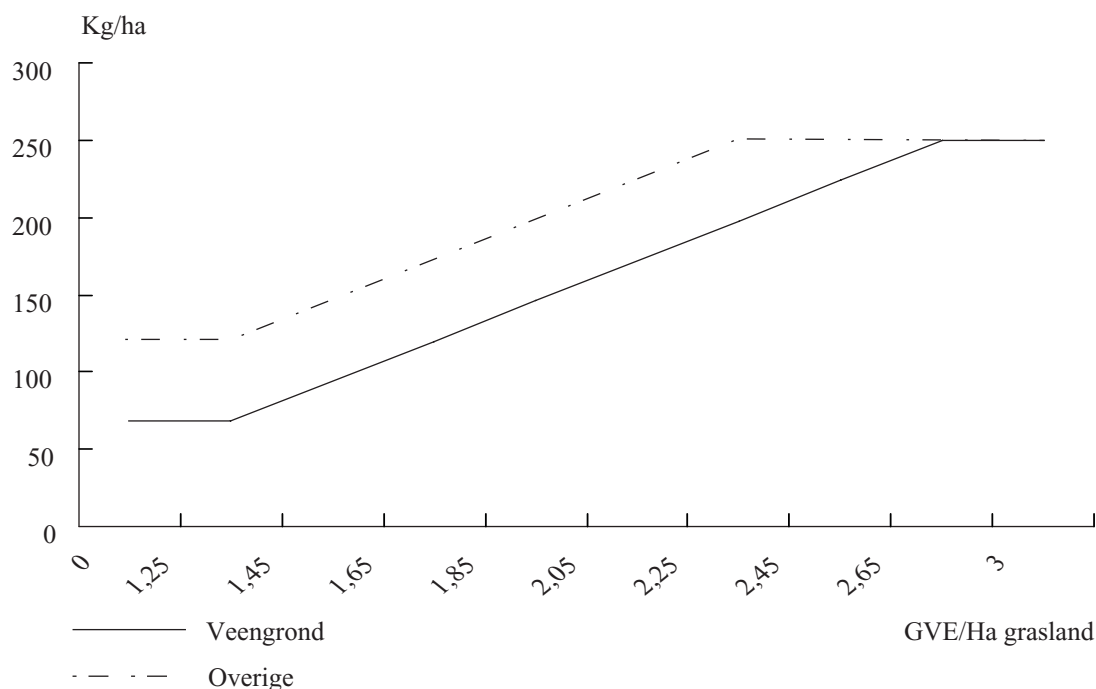
Omdat de werking afhankelijk is van het aanwendingstijdstip wordt per type gewas en per type grondsoort opgegeven welk deel van de mest vlak voor of tijdens het groeiseizoen wordt aangewend. Tevens wordt per type grondsoort opgegeven welk deel van de effectieve stikstof als minerale stikstof werkzaam is.

Kunstmestgift op grasland afhankelijk van de veebezetting

Een meer gedetailleerde manier om de kunstmestgift op grasland vast te stellen is deze afhankelijk te stellen van de veebezetting. De stikstofgift uit kunstmest op grasland wordt afhankelijk gesteld van grondsoort en de veebezetting. In figuur 3.2 is weergegeven hoe deze

¹ Op basis van de gewasarealen uit de Landbouwtelling en een verdeelsleutel van grondsoorten en gewassen (modelinput) worden de gewasarealen uit de Landbouwtelling over de grondsoorten in de betreffende gemeente verdeeld. De verdeelsleutels worden vastgesteld op basis van beschikbare kennis en gegevens over welk gewas naar verwachting op welke grondsoort zal staan.

afhankelijkheid voor grasland in 1997 in Zuid-Holland is geweest (Luesink et al., 2000). De stikstofgift uit kunstmest is uitgezet tegen de veebezetting. De twee lijnen geven de verschillende grondsoorten weer. De relatie is specifiek geschat voor Zuid-Holland voor het jaar 1997. Het verdient aanbeveling de relatie opnieuw te schatten voor ander onderzoek.



Figuur 3.2 Invloed van grondsoort en veebezetting op stikstofgift uit kunstmest

Kalibreren met kunstmestgegevens uit het Informatienet

Het model biedt de mogelijkheid de uitkomsten te kalibreren met de kunstmestgegevens uit het Informatienet. In eerste instantie wordt dezelfde berekening gemaakt als in de voorgaande paragrafen beschreven. De resultaten van deze berekeningen worden geaggregeerd naar regio en gewas. Vervolgens worden de resultaten vergeleken met gegevens uit het Informatienet. Op basis van eventuele verschillen wordt de adviesgift aangepast (Oudendag, 2001).¹

¹ De kunstmestgegevens berekend met het model worden vervolgens verminderd met de kunstmestgegevens uit het Informatienet. Het resultaat daarvan wordt afgetrokken van de bemestingsadviesgiften. Die waarden worden vervolgens gebruikt als 'gecorrigeerde bemestingsadviesgiften', waarna de berekeningen die beschreven zijn bij 'niet kalibreren met kunstmestgegevens uit het Informatienet' en 'kalibreren met kunstmestgegevens uit het Informatienet' worden herhaald maar dan met de 'gecorrigeerde bemestingsadviesgiften'. Bovengenoemde procedure wordt vervolgens tweemaal herhaald en het eindresultaat daarvan zijn de kunstmestgiften die met gegevens uit het Informatienet zijn gekalibreerd.

3.4.5 Ammoniakemissie uit stikstofkunstmest

Door de berekende stikstofkunstmestgift per gewas en per grondsoort te vermenigvuldigen met de emissiecoëfficiënt voor stikstofkunstmest, wordt de ammoniakemissie uit stikstofkunstmest per gemeente, per gewas en per grondsoort berekend.

4. Wiskundige modellering van het model

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de wiskundige beschrijving van het Mest- en Ammoniakmodel. De beschrijving is opgesplitst in de volgende paragrafen¹:

1. mest- en mineralenproducties op bedrijfsniveau;
2. mest- en mineralenoverschotten op bedrijfsniveau;
3. mesttransporten, -verwerking en export;
4. bodembelasting met dierlijke mest;
5. kunstmestgiften;
6. ammoniakemissies.

In de volgende paragrafen zullen de functies worden beschreven zoals die in het model worden gebruikt. In sommige gevallen zal worden volstaan met een opsomming van de variabelen die een rol spelen. Een formele beschrijving is vaak niet eenduidig te geven doordat rekening wordt gehouden met tal van praktijksituaties in de vorm van allerlei varianten van de functie.

4.2 Mest- en mineralenproducties op bedrijfsniveau

In het Mest- en Ammoniakmodel wordt gerekend met mestsoorten. Bij de meeste diersoorten zoals slachtkuikens en leghennen komt de mestsoort overeen met de mestproductie van het betreffende diersoort. Vooral bij rundvee worden verschillende mestsoorten onderscheiden. In dergelijke gevallen worden verschillende mestsoorten gedefinieerd op basis van een combinatie van diersoort (d), stalsysteem (s) en rantsoen (r). De mestexcretie per dier is dan ook afhankelijk van diersoort, stalsysteem en rantsoen.

$$\text{MestExcretie}_{d,s,r} = f(\text{diersoort, stalsysteem, voersamenstelling}) \quad (4.1)$$

De excretie van mineralen (per dier) wordt eveneens gedefinieerd voor een combinatie van de diersoort, het stalsysteem en de voersamenstelling.

$$\text{MineraalExcretie}_{d,s,r,\text{min}} = f(\text{MestExcretie}_{d,s,r}) \quad (4.2)$$

¹ De documentatie van de mesttransporten, mestverwerking en de exporten heeft reeds plaatsgevonden in 1999 en is bijgevoegd als bijlage (bijlage 8).

De mestproducties van de verschillende soorten per bedrijf b zijn dan:

$$\text{Mest Pr oductie}_{b,d,s,r} = f\text{Toepas}_{d,s,r} \cdot \text{AantalDier}_{b,d} \cdot \text{MestExcretie}_{d,s,r} \quad (4.3)$$

De productie van een mestsoort op bedrijf b is gelijk aan het aantal dieren keer de mestproductie per dier keer de fractie dat een bepaald dier-stal-rantsoen-systeem voorkomt. Deze fracties worden exogeen in de schermen ingevoerd. De productie van mineraal min op bedrijf b in een bepaalde mestsoort is een functie van de productie van de mestsoort op dat bedrijf en de mate waarin het mineraal in de mestsoort voorkomt.

$$\text{Mineraal Pr oductie}_{b,d,s,r,min} = \text{Mest Pr oductie}_{b,d,s,r} \cdot \frac{\text{MineraalExcretie}_{d,s,r,min}}{\text{MestExcretie}_{d,s,r}} \quad (4.4)$$

Omdat meerdere mestnormeringen bestaan (stikstof en fosfaat) en van deze normen de meest beperkende moet worden geselecteerd bij het plaatsen van de mest, wordt eerst de plaatsingsruimte per bedrijf b per gewas g en mineraal min berekend.

De mestruimte op bedrijf b per mineraal min en gewas g is het product van het gewasareaal van gewas g op bedrijf b en de bijbehorende mestnorm per gewas g en mineraal min .

$$\text{Mestruimte}_{b,g,min} = \text{Oppervlak}_{b,g} \cdot \text{Mestnorm}_{g,min} \quad (4.5)$$

Hoe de meest beperkende norm wordt gekozen, wordt behandeld in de volgende paragraaf.

4.3 Mest- en mineralenafzet en mestoverschot op bedrijfsniveau

Het berekenen van de mest- en mineralenafzet op een bedrijf gebeurt aan de hand van de toewijzingsvolgorde van mest aan gewassen en/of gewassen aan mest. De toewijzingsvolgorde kan handmatig worden opgegeven of automatisch worden berekend. Daarbij geldt dat overschotbedrijven een andere volgorde kennen dan niet-overschotbedrijven. Bij overschotbedrijven wordt verondersteld dat de afzetkosten worden geminimaliseerd. Met andere woorden: de natste mest wordt op het eigen bedrijf geplaatst en de droge wordt van het bedrijf afgevoerd. Bij niet-overschotbedrijven wordt ook rekening gehouden met het effect van mest op de gewassen.

In deze paragraaf wordt behandeld hoe aan de hand van het berekenen van de toewijzingsvolgorde de afzet van mest wordt bepaald. Eerst wordt per mestsoort, mineraal min en gewas g combinatie bepaald hoeveel mest op één ha gewas afgezet kan worden (kg_{ha}).

$$\text{Kg_ha}_{g,d,s,r,min} = \text{Mestnorm}_{g,min} \cdot \frac{\text{MestExcretie}_{d,s,r}}{\text{MineraalExcretie}_{d,s,r,min}} \quad (4.6)$$

Deze hoeveelheid is afhankelijk van de mestnorm en de hoeveelheid kilogrammen mest die samenhangt met een kilo mineraal.

De hoeveelheden worden gesorteerd in afnemende volgorde. De gewas-mestsoort-mineraalcombinatie waarbij de meeste mest per ha wordt afgezet, krijgt de hoogste prioriteit. Dit minimaliseert de afvoerkosten van de mest van het bedrijf.

Vervolgens worden de gewas-mestsoort-mineraalcombinaties van boven naar beneden afgevoerd. Waarbij geldt dat zolang er gewasoppervlak en mest is, de mest wordt toebedeeld aan het gewas. Als een bedrijf nog onbemeste gewassen heeft, maar geen mest meer dan gaat het om een mesttekortbedrijf. Als er mest is maar geen gewas gaat het om een overschotbedrijf.¹ In meer gestructureerde termen ziet de procedure er als volgt uit:

0. sorteer alle combinaties van gewas g , mestsoort (d,s,r) en mineraal min in aflopende volgorde (kg_ha). Begin aan het begin van de lijst;
1. neem een gewas g , mestsoort (d,s,r) en mineraal min combinatie;
2. is er nog te plaatsen mest van soort d,s,r en onbemeste gewas g ?
 - Zo nee, evalueer volgende combinatie. Ga naar stap 1.
 - Zo ja, ga naar stap 3.
3. kan alle nog te plaatsen mest worden geplaatst op gewas g ?
 - Zo nee,
 - nog te bemesten oppervlak van gewas g wordt nul;
 - nog te plaatsen mest van soort d,s,r wordt verlaagd met de mest die voor het oppervlak van gewas g wordt aangewend. Aangewend/geplaatst op gewas g is:

$$Kg_ha_{g,d,s,r} \cdot \frac{MineraalExcretie_{d,s,r,min}}{MestExcretie_{d,s,r,min}} \cdot Oppervlag_{b,g} \quad (4.7)$$

- Zo ja,
 - nog te plaatsen mest van soort d,s,r wordt nul;
 - nog te bemesten oppervlak gewas g wordt verlaagd met het oppervlak dat met mest van soort d,s,r kan worden bemest. Het oppervlak dat kan worden bemest is gelijk aan:

$$MestProductie_{b,d,s,r} / (Kg_ha_{g,d,s,r,min}) \quad (4.8)$$

4. is er nog te plaatsen mest of onbemeste gewassen?
 - Zo ja, neem de volgende combinatie en ga naar stap 1.
5. einde van de procedure.

Een bedrijf is een overschotbedrijf als na het einde van deze procedure nog mest moet worden afgezet. Dit is ongeacht de aanwezigheid van gewassen waar nog mest geplaatst zou kunnen worden. De mogelijkheid bestaat dat een bepaalde mestsoort niet op een gewas mag worden afgezet, terwijl een bedrijf een overschot aan deze mest heeft en

¹ Voor tekortbedrijven bestaat in het model een optie om af te wijken van de toewijzingsvolgorde van overschotbedrijven. Hier wordt verder niet op ingegaan.

dat specifieke gewas nog niet bemest is. In dat geval is sprake van een overschot terwijl er nog ruimte is om mest af te zetten. Een bedrijf is een tekortbedrijf als geen mestsoorten meer kunnen worden afgezet terwijl er ruimte is om mest te plaatsen.

4.4 Bodembelasting met dierlijke mest

De bodembelasting is de som van de direct op de bedrijven geplaatste mest en de aangevoerde (overschot)mest en mestverwerkingproducten (afzet $_{gem,g,d,s,r}$). Tevens wordt de bodembelasting toegewezen aan de grondsoorten op basis van het gemeente-gewasgrondsoortbestand. Dit bestand wordt samengesteld op basis van het gemeentegrondsoortenbestand en de toedeling van gewassen aan grondsoorten¹.

$$\text{Gewasgrondsoort}_{gem,g,gr} = f(\text{Gemeentegrondsoort}_{gem,gr}, \text{Toedelinggewas}_{g,gr}) \quad (4.9)$$

Het berekenen van de bodembelasting gebeurt op gemeenteniveau. De bodembelasting van mineraal *min* uit mestsoort *d,s,r* in gewas *g* op grondsoort *gr* in gemeente *gem* wordt berekend aan de hand van de totale hoeveelheid gebruikte mest van een soort (geplaatst plus afzet), de mate waarin het gewas op een grondsoort voorkomt in de gemeente en de mineralen inhoud van de mestsoort:

$$\text{Bodembelasting}_{gem,g,gr,d,s,r,min} = \left(\sum_b \text{Geplaatst}_{b,g,d,s,r} + \text{Afzet}_{gem,g,d,s,r} \right) \cdot \text{Gewasgrondsoort}_{gem,g,gr} \cdot \frac{\text{MineraalExcretie}_{d,s,r,min}}{\text{MestExcretie}_{d,s,r}} \quad (4.10)$$

De bodembelasting wordt eventueel nog aangevuld met de mineralen van de afgezette producten van verwerkte en/of bewerkte mest.

Voor het vaststellen van de totale minerale belasting van mineraal *min* in een gemeente wordt geaggregeerd over de verschillende grondsoorten, mestsoorten en gewassen.

4.5 Kunstmestgiften

In deze paragraaf komt het vaststellen van de kunstmestgiften aan de orde. Allereerst wordt ingegaan op het berekenen van de kunstmestgift per hectare op basis van gegevens van het LEI en het CBS. De kunstmestberekeningen in het model zelf komen in de daaropvolgende paragraaf aan de orde.

¹ Deze toedeling gebeurt bij een van de invulschermen van het Mest- en Ammoniakmodel.

4.5.1 Kunstmestgiften volgens het Informatienet

In het Informatienet zijn de kosten en de hoeveelheden aangekochte kunstmest naar mineraal geregistreerd. Voor het mineraal stikstof is het verbruik per gewas bekend (met uitzondering van grasland). Voor fosfaat en kali zijn alleen de totale aankopen bekend. Via normatieve cijfers omtrent de onttrekking van deze mineralen door gewassen worden fosfaat en kali toegerekend aan gewassen.

De boekhoudgift (bkhgift) per regio rg , gewas g en mineraal min voor de mineralen p en k wordt als volgt berekend¹:

$$Bkhgift_{rg,g,min} = \sum_{bin \in rg} (Aankoop_{bin,min} \cdot \frac{Oppervlak_{bin,g} \cdot Onttrekkingpha_{min,g}}{\sum_g Oppervlak_{bin,g} \cdot Onttrekkingpha_{min,g}} \cdot Weging_{bin}) \quad (4.11)$$

De aangekochte hoeveelheid kg zuivere kunstmest per BIN-bedrijf bin per mineraal min ($Aankoop_{bin,min}$) wordt op basis van de relatieve onttrekking van dit mineraal door het gewas (oppervlakte per BIN-bedrijf bin per gewas g keer de onttrekking per hectare van mineraal min door het gewas g gedeeld door de totale onttrekking) toegerekend aan de gewassen. Middels de wegingsfactor van BIN-bedrijven wordt de schatting opgehoogd tot de regio.

De boekhoudgift (bkhgift) per regio rg , gewas g en mineraal min voor de mineraal stikstof wordt als volgt berekend:

$$Bkhgift_{rg,g,stikstof} = \sum_{bin \in rg} (NGift_{bin,g} \cdot Weging_{bin}) \quad (4.12)$$

De totale stikstofgift voor gewas g op BIN-bedrijf bin ($NGift_{b,g}$) wordt middels de gewichten opgehoogd tot de regio.

Vervolgens worden de mineraal giften omgerekend naar giften per hectare. Voor alle gewas en mineraalcombinaties wordt de gift per hectare berekend op de volgende wijze:

$$Bkhgiftperha_{rg,g,min} = \frac{Bkhgift_{rg,g,min}}{\sum_{bin \in rg} (Oppervlak_{bin,g} \cdot Weging_{bin})} \quad (4.13)$$

Waarbij:

$Bkhgiftperha_{rg,g,min}$ = de gift van mineraal min per hectare voor gewas g in regio rg voor mineraal min

¹ De berekende giften worden gewogen. De bedrijven in het Informatienet kennen een wegingsfactor per bedrijf.

Een totaalschatting van het mineraalverbruik wordt verkregen door de giften per regio per gewas per mineraal te vermenigvuldigen met de areaal gegevens uit de Landbouwtelling. De totale gift per mineraal is de som van de producten van de giften per ha gewas per regio per mineraal en de oppervlakten van de gewassen.

$$\text{Totalegift}_{\min} = \sum_{\text{berg}} \sum_{\text{g}} \text{Oppervlak}_{\text{b,g}} \cdot \text{Bhkgiftperha}_{\text{rg,g,min}} \quad (4.14)$$

Op deze manier worden de totale giften berekend op basis van de BIN cijfers. Deze uitkomsten worden vergeleken met de gegevens uit de landbouwcijfers van het CBS (totalegift_{cbs}). Op basis van deze vergelijking wordt een correctiefactor berekend waarmee de giften van het Informatienet worden gecorrigeerd.

$$\text{Bhkgiftperha}_{\text{geijkt}_{\text{rg,g,min}}} = \text{Bhkgiftperha}_{\text{rg,g,min}} \cdot \frac{\text{Totalegift}_{\text{cbs}_{\min}}}{\text{Totalegift}_{\min}} \quad (4.15)$$

4.5.2 Kunstmestberekeningen in het Mest- en Ammoniakmodel

De kunstmestberekeningen bestaan uit de berekening van de kunstmestgift en de ijking van de berekende kunstmestgiften aan de giften volgens het Informatienet. Deze laatste actie is optioneel.

De berekening van de kunstmestgiften is afhankelijk van de adviesgift en de werkzame dierlijke mestgift. De adviesgift is gebaseerd op gegevens van proefstations en is onder andere afhankelijk van gewas en grondsoort. Als de adviesgift groter is dan de werkzame dierlijke mestgift dan is de kunstmestgift gelijk aan de adviesgift minus de werkzame dierlijke mestgift anders is de kunstmestgift gelijk aan 0. De volgende rekenregels worden gebruikt:

- als de adviesgift groter is dan de werkzame dierlijke gift dan:

$$\text{Kunstmestgift}_{\text{rg,g,gr,min}} = \text{Adviesgift}_{\text{rg,g,gr,min}} - \text{Werkzamedierlijkemest}_{\text{rg,g,gr,min}} \quad (4.16)$$

- als de adviesgift kleiner is dan de werkzame dierlijke gift dan:

$$\text{Kunstmestgift}_{\text{rg,g,gr,min}} = 0 \quad (4.17)$$

De werkzame dierlijke mest is afhankelijk van de bodembelasting, het gewas, de grondsoort en het tijdstip van toediening.¹ Omdat de werkzame dierlijke mestgift bekend is per gemeente, gewas, grondsoortcombinatie voor de verschillende mineralen, wordt daarmee de kunstmestgift eveneens afhankelijk van dezelfde factoren.²

¹ Het tijdstip van toediening wordt exogeen ingevoerd. Er wordt vastgesteld op welk gewas hoeveel van de mest in het voorjaar- en najaar wordt toegediend. In relatie met de grondsoort wordt dan een bepaalde werkingscoëfficiënt berekend.

² Recentelijk zijn ook andere formules ingebouwd onder speciale condities. Zo wordt voor stikstof op gras in versie 1-4 gebruikgemaakt van regressiemodellen om de kunstmestgiften te bepalen.

Als bij de invoer wordt aangegeven dat de kunstmestgift moet worden geijkt aan de Informatienet-gegevens dan moeten de volgende acties nog worden uitgevoerd.

Na het vaststellen van de kunstmestgift wordt deze vergeleken met de cijfers uit het Informatienet. Op basis van eventuele verschillen wordt de adviesgift aangepast.

Zoals hiervoor beschreven is de kunstmestgift gelijk aan de adviesgift minus de werkzame dierlijke mestgift. De ijking stelt als aanvullende eis dat de kunstmestgift bovendien gelijk moet zijn aan de boekhoudgift. Om dit te bewerkstelligen wordt de adviesgift vermenigvuldigd met een correctiefactor. De correctiefactor wordt op de volgende manier berekend:

$$\text{Correctiefactor} = (\text{Boekhoudgift} + \text{Werkzame Dierlijke Mest}) / \text{Adviesgift} \quad (4.18)$$

Door gebruik te maken van deze correctiefactor wordt de kunstmestgift per regio gelijk aan de Boekhoudgift.

Om de giften per regio per gewas per mineraal per hectare te kunnen berekenen moeten de berekende kunstmestgiften per gemeente worden opgehoogd naar regio.

$$\text{GiftKunstmest}_{\text{rg,g,min}} = \frac{(\sum_{\text{gem} \in \text{rg}} \sum_{\text{gr}} \text{Kunstmest}_{\text{gem,g,gr,min}} \cdot \text{Ha}_{\text{gem,g,gr,min}})}{\sum_{\text{gem} \in \text{rg}} \sum_{\text{gr}} \text{Ha}_{\text{gem,g,gr,min}}} \quad (4.19)$$

Deze gift wordt vergeleken met boekhoudgift. Met de factor wordt de adviesgift gecorrigeerd.

$$\text{AangepastAdviesgift}_{\text{rg,g,gr,min}} = \text{Adviesgift}_{\text{rg,g,gr,min}} \cdot \frac{\text{Correctiefactor}_{\text{rg,g,min}}}{\text{GiftKunstmest}_{\text{rg,g,min}}} \quad (4.20)$$

De kunstmestgift wordt dan opnieuw berekend, waarbij de aangepaste adviesgift op de plaats van de adviesgift wordt ingevuld.

4.6 Ammoniakemissie

In deze paragraaf worden de rekenregels voor het berekenen van de ammoniakemissie beschreven. Hierbij wordt de emissie per emissieplaats berekend (stal, opslag, weide en aanwenden).

De stikstofinhoud van mest verandert in de loop van de tijd. De mest die in de stal wordt geproduceerd gaat naar de opslag en vervolgens wordt deze aangewend. Gedurende deze stappen vervluchtigt een deel van de ammoniak. Daarom wordt per emissieplek bijgehouden hoeveel is vervluchtigd zodat op de volgende plek met de juiste stikstofinhoud van de mest kan worden gerekend¹.

¹ Voor een meer inhoudelijke beschrijving wordt verwezen naar Oudendag (1993). Alle berekeningen in deze paragraaf gelden alleen voor mineraal stikstof. Met andere woorden min is vervangen door 'N'.

4.6.1 Ammoniakemissie uit stal, opslag en weide

De ammoniakemissie uit stal, opslag en weide wordt op bedrijfsniveau uitgerekend. Vervolgens worden de gegevens geaggregeerd naar gemeente- en regioniveau.

De emissie uit de stal per mestsoort per bedrijf b is de som van de emissies van de afzonderlijke dieren per stalsysteem. Deze emissie is afhankelijk van de mineralenproductie op het bedrijf en de mate waarin stikstof in dat stalsysteem vrijkomt.

$$\text{EmissieStal}_{b,d,s,r} = f_{\text{StalEmissie}}_{d,s,r} \cdot \text{Mineraal Pr oductie}_{b,d,s,r,'N'} \quad (4.21)$$

De ammoniakemissie uit opslag per mestsoort per bedrijf is de som van de emissies van de afzonderlijke opslagen per mestsoort. De emissie uit opslag per mestsoort is het product van de emissie die voortkomt uit een bepaald type opslag, de mate waarin een bepaald type opslag voorkomt (f_{Opslag}), en de mineraleninhoud van de mest na aftrek van de stalemissie.

$$\begin{aligned} \text{EmissieOpslag}_{b,d,s,r} = \sum_{\text{op}} f_{\text{OpslagEmissie}}_{\text{op},d,s,r} \cdot f_{\text{Opslag}}_{\text{op},d,s,r} \cdot \\ (\text{MineralenProductie}_{b,d,s,r,'N'} - \text{EmissieStal}_{b,d,s,r}) \end{aligned} \quad (4.22)$$

De ammoniakemissie bij het weiden per diersoort per bedrijf is het product van de emissiefactor bij de wei en de mineralenproductie (van de mestsoorten die bij weide horen).

$$\text{EmissieWeide}_{b,d,s,r} = f_{\text{WeideEmissie}}_{d,s,r} \cdot \text{Mineralen Pr oductie}_{b,d,s,r,'N'} \quad (4.23)$$

4.6.2 Ammoniakemissie bij het bewerken en verwerken van mest

In hoofdstuk drie is al aangegeven (paragraaf 3.2.1) dat mest bewerkt en/of verwerkt kan worden. Bewerking van mest vindt plaats op bedrijfsniveau en verwerking van mest vindt plaats op niveau van de 31 mestregio's. Bij beide processen kan ammoniak vrijkomen. De hoeveelheid ammoniak die vrij komt is afhankelijk van de mestsoort en het bewerkings/verwerkingsproces. Opgemerkt moet worden dat bewerkte mest weer verwerkt kan worden.

Bewerking van de mest vindt plaats na de opslag in de stal. De stalemissie moet dan van de stikstofproductie worden afgetrokken.

$$\begin{aligned} \text{EmissieBewerk}_{b,d,s,r} = \sum_{\text{bp}} f_{\text{BewerkEmissie}}_{d,s,r,\text{bp}} \cdot f_{\text{BewerkToepas}}_{b,d,s,r,\text{bp}} \\ \cdot (\text{Mineralen Pr oductie}_{b,d,s,r,'N'} - \text{EmissieStal}_{b,d,s,r}) \end{aligned} \quad (4.24)$$

$$\text{EmissieVerwerk}_{rg,d} = \sum_{vp} f_{\text{VerwerkEmissie}}_{d,vp} \cdot f_{\text{VerwerkToepas}}_{rg,d,vp} \cdot \text{GemMinProd}_{d,'N'} \quad (4.25)$$

Hierbij is GemMinProd de gewogen gemiddelde stikstofinhoud in de mest per diersoort. Er is dus gesommeerd over rantsoen en standplaats. De emissie uit stal, opslag en eventueel bewerking is ervan afgetrokken.

4.6.3 Ammoniakemissie bij aanwending van dierlijke mest en kunstmest

De ammoniakemissie bij het aanwenden van mest wordt berekend nadat de mest is verdeeld over Nederland. Deze verdeling van de mest vindt plaats op het niveau van de 31 mestregio's. Deze regiogegevens worden vervolgens gedesaggregeerd naar gemeentenniveau. De aanwendemissie wordt dan bepaald aan de hand van de aangewende mest en mineralen, de gehanteerde aanwendingstechnieken en de bijbehorende emissiefactoren. Deze berekening vindt op gemeentenniveau plaats.

$$\text{EmissieAanwending}_{gem,g,gr,m} = \sum_{tech} f_{\text{AanwendingEmissie}}_{tech} \cdot f_{\text{AanwendingsTechniek}}_{tech,d,r} \cdot \text{BodemBelasting}_{gem,g,gr,m,'N'} \quad (4.26)$$

De berekende emissies kunnen naar elk gewenst aggregatieniveau worden omgezet. De ammoniakemissie uit kunstmest wordt afgeleid uit de berekende kunstmestgiften. De ammoniakemissie is daarbij een fractie van de hoeveelheid toegediende stikstof. De berekening vindt plaats op gemeentenniveau.

$$\text{EmissieKunstmest}_{gem,g,gr} = f_{\text{KunstmestEmissie}} \cdot \text{Kunstmest}_{gem,g,gr,'N'} \quad (4.27)$$

5. Modelgegevens

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk staan de gegevens centraal die in het MAM een rol spelen. In het Mest- en Ammoniakmodel wordt onderscheid gemaakt tussen input- en outputgegevens. Voorbeelden van inputgegevens zijn de dierenaantallen en de gewasarealen uit de Landbouwtelling, bodemgegevens van het RIVM en kunstmestgiften uit het Informatienet. Andere voorbeelden zijn opsommingen van relevante mineralen (stikstof, fosfaten en kali) en onderscheiden mestklassen (drijfmest, droge mest en mestkorrels). Daarnaast zijn nog coëfficiënten die bijvoorbeeld excretie gegevens van dieren (drijfmest per vleeskalf 3736 kg) of acceptatiegraden van mest weergeven (grasland 80%).

Vanwege de grote diversiteit in dieren en gewassen, worden vanuit de Landbouwtelling groepen samengesteld. Daarnaast worden gegevens vastgelegd die binnen het model worden gedefinieerd, zoals bijvoorbeeld rantsoenen, mineralen, mestklassen, mestproducten, bewerkings- en verwerkingsprocessen en aanwendungssystemen.

In dit hoofdstuk vindt de beschrijving van het datamodel plaats via *Entiteitrelatiediagrammen* (ERD). Hiermee kunnen relevante entiteitstypen en relaties tussen entiteitstypen worden weergegeven. In bijlage 7 is een compleet entiteitrelatiediagram weergegeven van de inpuuttabellen voor het Mest- en Ammoniakmodel.

5.2 Werking van ERD's

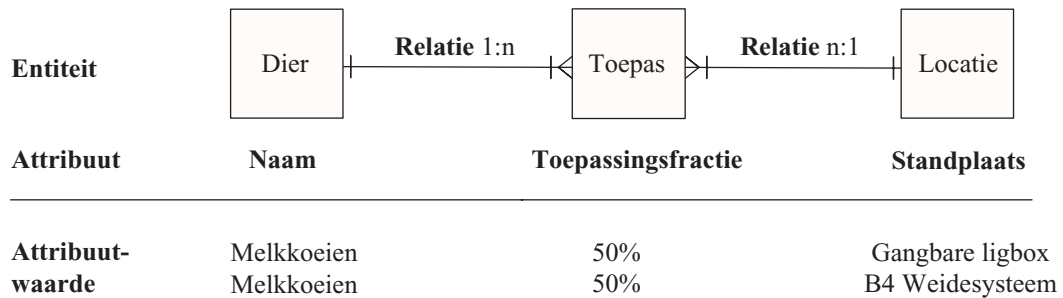
In dit hoofdstuk zal het ERD in delen worden besproken. In figuur 5.1 is in een voorbeeld aangegeven hoe een ERD moet worden gelezen. Een entiteitstype representeert een klasse van bij elkaar horende objecten waarover men gegevens vast wil leggen, bijvoorbeeld stallen of koeien. De entiteitstypen worden gedefinieerd aan de hand van de eigenschappen die van belang zijn, dit zijn de attribuuttypen, bijvoorbeeld naam en geboortedatum. Een entiteit representeert een bepaald object uit de werkelijkheid en wordt gedefinieerd aan de hand van de specifieke waarden voor de attribuuttypen, de attributen, bijvoorbeeld 'Bontje 13' en '26 mei 1986'.

Relaties tussen entiteitstypen worden in de schema's door middel van pijlen aangegeven. Een dergelijke relatie geeft aan dat er verband bestaat tussen entiteiten van het ene type en entiteiten van het andere type, bijvoorbeeld koe 'Bontje 13' staat in stal 'X'. Bij het definiëren van relaties kunnen 3 typen worden onderscheiden. Bij een 1 op 1 relatie heeft één entiteit een bepaalde relatie met één andere entiteit. Bij een 1 op m relatie heeft een entiteit een relatie met meerdere entiteiten van het andere type. Het is gebruikelijk dat een stal bij één boerderij hoort, een boerderij kan echter wel meerdere stallen hebben. Bij een m op n relatie hebben entiteiten van beide types meerdere relaties met entiteiten van het

andere type. Een dier kan gedurende een jaar op meerdere locaties staan en een locatie kan voor meerdere dieren worden gebruikt.

In een logisch model zijn dergelijke m op n relaties geen enkel probleem. De implementatie van een dergelijke relatie levert echter problemen op voor de software van het database managementsysteem. Daarom wordt een m op n relatie in het technisch ontwerp uit elkaar getrokken in meerdere 1 op n relaties.

In het voorbeeld in figuur 5.1 is een extra entiteittype toegevoegd tussen dier en locatie omdat men hier iets wil weten over de inhoud van de relatie, de verblijfsduur (in % per jaar). Het entiteittype 'toepas' heeft een attribuuttype 'toepassingsfractie'.



Figuur 5.1 Notatiewijze in een Entiteitrelatiediagram (ERD)

5.3 Versiebeheer

In een *versie* worden twee groepen gegevens beheerd, de rekenmodules en de gegevens die worden gebruikt (Figuur 5.2).

Rekenmodules

Binnen versiebeheer worden de verschillende *rekenmodules per versie* beheerd. Per versie wordt vastgelegd welke rekenmodules voor bijvoorbeeld het vaststellen van de mestproductie per dier per bedrijf wordt gebruikt.

De rekenmodules bepalen de rekenwijze en daarmee de uitvoer van het model. Bij elke aanpassing, uitbreiding of nieuwe optie in de *rekenmodules* wordt een nieuwe *versie* van het model aangemaakt. Dat gebeurt op een dusdanige wijze dat met de nieuwe *versie* ook alle *rekenmodules* kunnen worden aangestuurd van die van de oude *versies*. Omdat oude *versies* bewaard blijven zijn resultaten altijd reproduceerbaar.

Gegevens

Verder wordt binnen een versie vastgelegd van welke gegevens gebruikgemaakt wordt. Bijvoorbeeld op welk detailniveau gegevens uit de Landbouwtelling worden gebruikt binnen het model. Zo kan bijvoorbeeld een specifiek *diersoort* in het model zijn samengesteld uit meerdere diersoorten volgens de Landbouwtelling (leghennen als geaggregeerde vorm van leghennen tot 18 weken en leghennen 18 weken en ouder).

Voor gewassen vindt hetzelfde plaats. Gewassen kunnen worden ingedeeld naar diverse *gewasgroepen*. Met gewasgroep is het mogelijk om een aggregatie van gewassen te maken die aansluit bij de informatiebehoefte. Dit wordt bijvoorbeeld toegepast voor rapportages die minder gedetailleerd hoeven te zijn.

Naast diersoorten en gewasgroepen wordt gebruikgemaakt van grondsoorten. Ten behoeve van het aanwenden van mest worden *grondsoorten* gegroepeerd tot een categorie grondsoorten bij aanwending (*aanwenden per grondsoort*).

Gegevensbronnen

De dier- en gewasgegevens worden via *LBT-rubrieken* gekoppeld aan externe bronnen. In de meeste gevallen is dit de *Landbouwtelling*.¹

In het databestand hectare/grondsoort/gemeente is vastgelegd welke *grondsoorten* per *gemeente* voorkomen. Deze verdeling is nodig voor de berekening van mestaanwending en kunstmestgiften. De *bodemgegevens* zijn op gemeenteniveau beschikbaar, waarbij de *gewassen* via een *toewijsvolgorde* worden verdeeld over de verschillende *grondsoorten*.

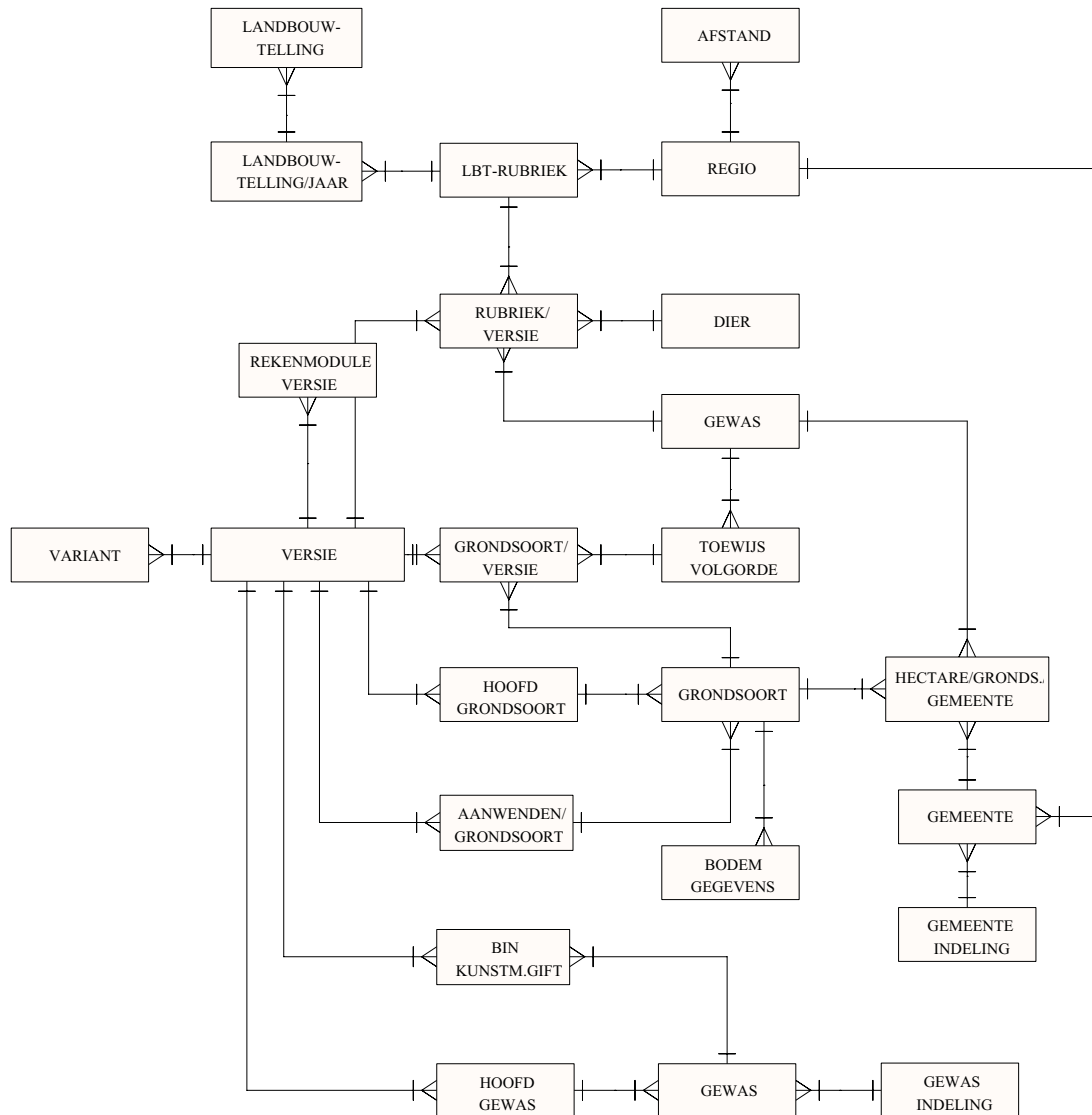
Voor het transport model wordt gebruikgemaakt van de tabel *afstand*. Hierin is de onderlinge afstanden tussen *regio's* vastgelegd. Aan de hand van de afstanden worden optimale transportschema's berekend.

Voor het ijken van de berekende kunstmestgiften worden *BIN kunstmestgiften* per gewas gebruikt.

Varianten

Binnen een *versie* worden verschillende *varianten* gedefinieerd. Een *variant* beschrijft van welke feiten, coëfficiënten en rekenmodules gebruik wordt gemaakt. Hierdoor is het mogelijk om voor dezelfde feiten scenario's door te rekenen, waarbij gedeeltelijk andere uitgangspunten (coëfficiënten) worden gebruikt, zoals bijvoorbeeld de acceptatiegraden voor mestaanwending.

¹ De *LBT-rubrieken* zijn jaarafhankelijk. De gegevens vanuit de Landbouwtelling en *LBT-rubrieken* worden daarom per jaar toegewezen via de tabel *Landbouwtelling per jaar*.



Figuur 5.2 Versiebeheer van rekenmodules, dieren en gewassen

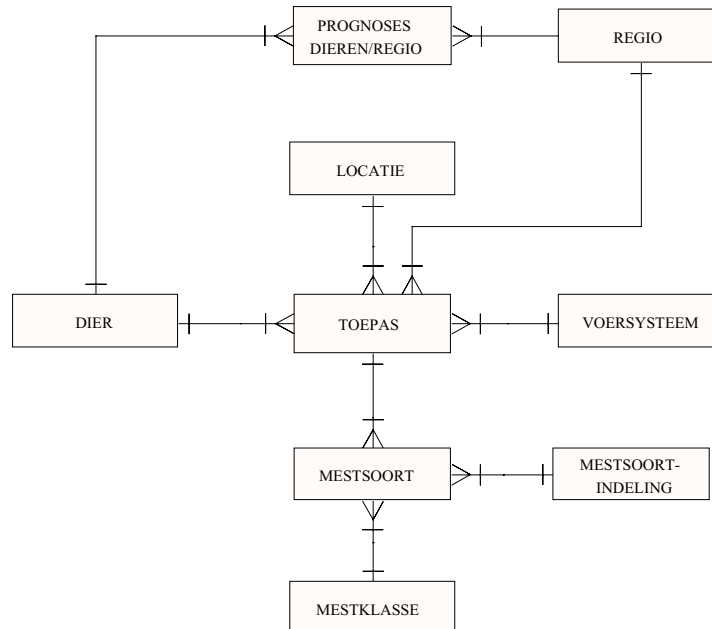
5.4 Diergegevens

De *diersoort* bepaalt samen met *locatie* en het *voersysteem* de *mestsoort* (Figuur 5.3) die geproduceerd wordt. Door middel van *toepas* wordt per *diersoort* en per *regio* opgegeven welke mestsoorten de betreffende *diersoort* per *regio* produceren.

Mestsoorten worden ingedeeld naar *mestklassen*. De *Mestklasse* ligt op een hoger aggregatieniveau dan *mestsoort* en wordt gebruikt om de diverse aanwendsystemen eenvoudiger aan een bepaald type mestsoort te kunnen koppelen. Zo wordt bijvoorbeeld drijfmest of droge mest gebruikt voor de bepaling van het benodigde opslag- en aanwendsystemen. Ook wordt *mestklasse* gebruikt bij de berekening van de transportkosten (zie

resp. paragraaf 4.6 mestaanwending en 4.7 mesttransport). Voor rapportagedoeleinden kunnen *mestsoorten* worden ingedeeld naar *mestsoortindelingen*, bijvoorbeeld naar rundvee-, varkens- en kippenmest.

Het aantal dieren op een bedrijf voor toekomstscenario's wordt via *prognoses* (*prognoses dieren per regio*) geschat. De *prognoses* worden als coëfficiënt per *regio* vastgelegd.



Figuur 5.3 Diergegevens en gerelateerde gegevens

5.5 Bemestingsgegevens

In het model zijn de bemestingsgegevens afhankelijk van het *hoofdgewas* of van het *gewas*. Het hoofdtype gewas is ingevoerd om op een hoger niveau gegevens te kunnen koppelen

Hoofdgewas

De volgende drie aspecten zijn afhankelijk van het hoofdgewas:

1. vaststellen van de *bemestingswaarde* per *mestsoort*:
de bemestingswaarde wordt per hoofdgewas vastgesteld omdat het effect hoofdzakelijk door de mestsoort wordt bepaald.
2. het *aanwenden* van mest:
aanwenden is afhankelijk van het *hoofdgewas*. Zo is bijvoorbeeld het aanwendsysteem 'onderwerken van drijfmest' alleen van toepassing voor het gewas 'snijmaïs' en 'overige gewassen';
3. bepalen van het tijdstip waarop de mest aangewend wordt.

Mest kan 'vlak voor of tijdens het groeiseizoen' of 'buiten het groeiseizoen' worden aangewend. De verdeling tussen beide perioden wordt vastgelegd in *mestfractie per gewas per grondsoort* en is daarbij afhankelijk van de *hoofdgrondsoort* en het *hoofdgewas*. De werkingscoëfficiënt wordt bij beide aanwendingsstijdstippen per *hoofdgrondsoort* vastgelegd in *werkbaar deel*. Per hoofdtype grondsoort zijn de N_e en N_m fracties van stikstof en het werkbaar deel van de weidemestsoorten vastgelegd. Bij de weidemestsoorten wordt gekeken naar de totale mineraleninhoud van N, P en K in de mest. Door de slechte verdeling over het perceel is de werking van de mineralen veelal lager dan 100% (model invoer). Bij de stalmestsoorten wordt uitgegaan van een 100% werking van P en K. De werking van stikstof is afhankelijk van:

- de verhouding tussen de stikstof fracties N_m , N_e en N_r per mestsoort;
- het tijdstip van mestaanwending;
- de hoofdgrondsoort;
- het hoofdgewas.

Gewas

De volgende relaties zijn afhankelijk van het *gewas*:

1. *acceptatiegraad van mest*

Landbouwers accepteren tot een bepaalde hoogte mest per *gewas*. De mestacceptatie wordt aangegeven met *acceptatiegraden*. De *acceptatiegraden* zijn afhankelijk van *regio* en de bemesting op *gewassen*. Met de entiteit *gewas* wordt de toewijsvolgorde van mest voor bedrijven die geen mestoverschot hebben vastgelegd.

2. *mineralenbehoefte*

Een *gewas* heeft behoefte aan een bepaalde hoeveelheid mineralen, dit is de *adviesgift*. De *adviesgift* is afhankelijk van zowel *grondsoort*, *mineraal* als *gewas*. De *adviesgift* aan mineralen kan zowel worden gedekt door werkzame mineralen uit dierlijke mest (*kg mineraal per gewas* en *kg mineraal per mestsoort*) als mineralen uit kunstmest¹ (*rekenmodule kunstmestgift*). De maximale hoeveelheid aan te wenden mineralen uit dierlijke mest wordt per *gewas* vastgelegd in de entiteit *kg mineraal per gewas*. Optioneel is de specificatie van deze hoeveelheid naar *regio*.

3. *aanwendingsvolgorde van mest*

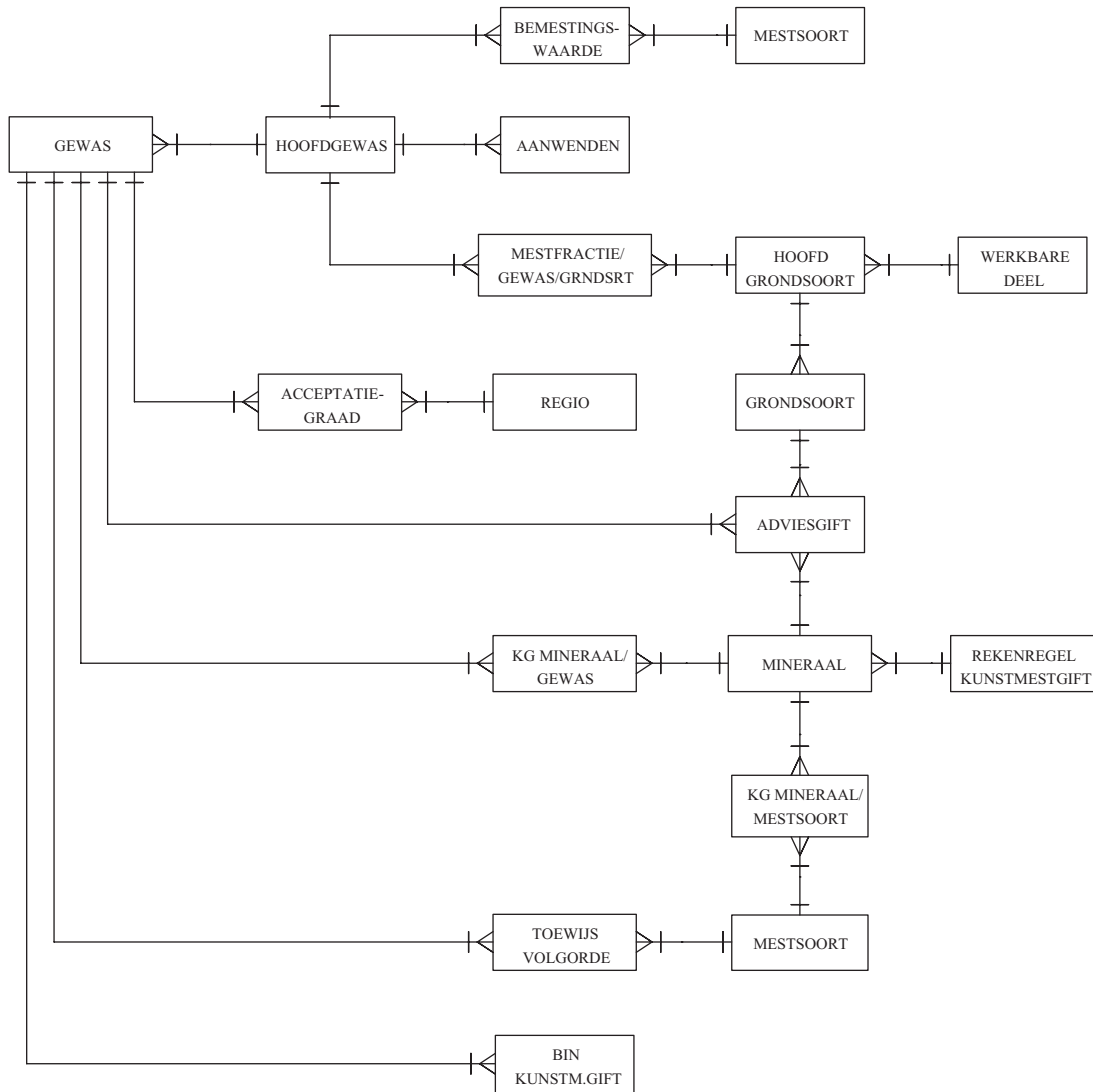
Per *gewas* wordt bepaald welke *mestsoorten* het eerst worden toegediend. Deze *toewijsvolgorde* is afhankelijk van de samenstelling (*kg mineraal per mestsoort*) van de *mestsoort*, de *mestsoort* zelf en de vraag of het bedrijf wel of geen mestoverschot heeft. Via de entiteit *kg mineraal per mestsoort* wordt ook de werkingscoëfficiënt van de weidemest vastgelegd.

In de *toewijsvolgorde* wordt onderscheid gemaakt tussen gewone mest en weidemestsoorten. Weidemestsoorten worden op grasland aangewend. Bij bedrijven zonder

¹ Bij de berekening van de mineralengift uit kunstmest kan gekozen worden uit de opties: uitsluitend rekening houden met de adviesgift (*rekenmodule kunstmestgift*) en de werkzame hoeveelheid mineralen uit dierlijke mest of ook de gerealiseerde kunstmestgiften uit het Informatienet bij de berekening betrekken (*BIN kunstm.gift*).

mestoverschot wordt de mest op basis van een toewijsvolgorde per gewas op de gewassen aangewend. Bij overschotbedrijven zijn twee opties:

- mest met de laagste mineralensamenstelling wordt standaard het eerste toegediend, daarbij kunnen mest-gewassoortcombinaties worden uitgesloten;
- een door de gebruiker op te geven volgorde.



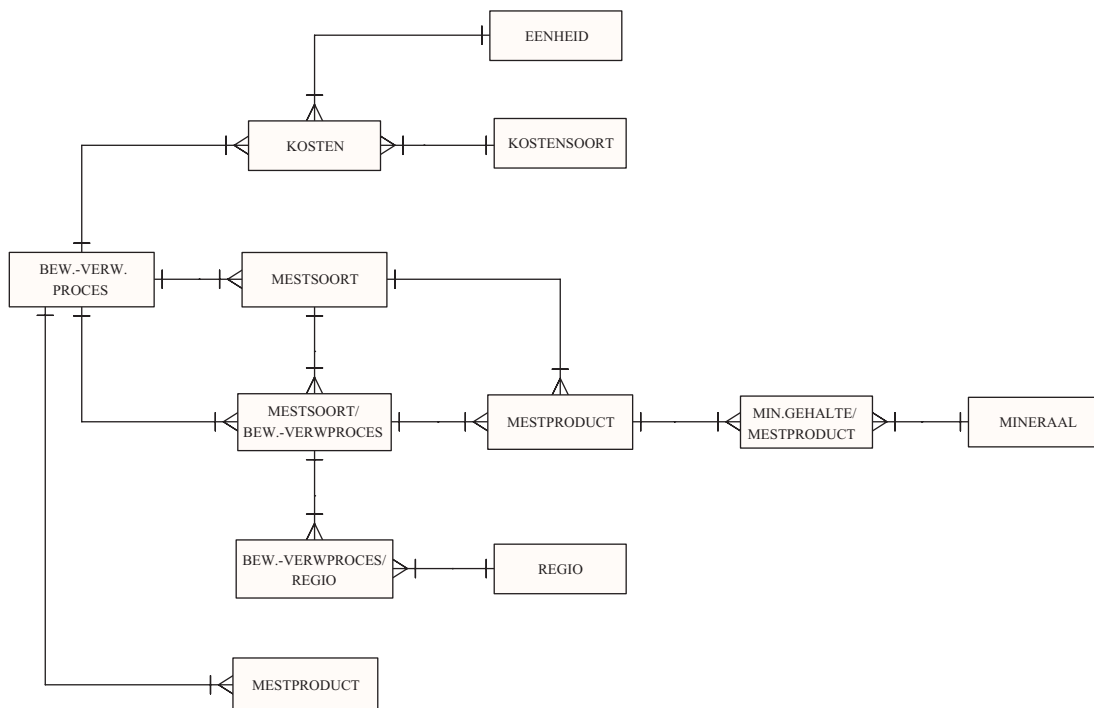
Figuur 5.4 Gewasgegevens met betrekking tot aanwenden van mest en toewijsvolgorde

5.6 Mestverwerking en –bewerking

De processen van *mestbewerking en -verwerking* worden aan *mestsoort* gekoppeld omdat niet alle *mestsoorten* dezelfde processen ondergaan. Zo is het bijvoorbeeld uitgesloten dat weidemest kan worden verwerkt.

In de kruistabel *mestsoort per bew.-verwerkingsproces* wordt de samenstelling van de nieuwe *mestproducten* vastgelegd in fracties per *mestsoort*. Sommige verwerkingsinstallaties komen alleen in bepaalde *regio's* voor. Deze regionale verwerking wordt vastgelegd in de kruistabel *bewerkings- en verwerkingsproces per regio*.

Aan het verwerken of bewerken worden rechtstreeks *mestproducten* gekoppeld, zoals bijvoorbeeld het *proces* drogen dat *mestproducten* als mestkorrels en water oplevert. In de mestverwerking zelf worden *mestsoorten* verwerkt tot mestkorrels en water in bepaalde fracties en gehalten. In de tabel *mestproduct* staat welke delen van de oorspronkelijke *mestsoorten* in welke producten terechtkomen. In de tabel *mineralengehalte per mestproduct* staan van de *mineralen* welke delen van de oorspronkelijke *mestsoorten* in welk *mestproduct* terechtkomen. Aan het *bew.-verwerkingsproces* zijn *kosten* verbonden. De kosten worden in een *eenheid* uitgedrukt, zoals bijvoorbeeld eenheden per bedrijf, hectare of per ton. De diverse soorten *kosten* zoals bijvoorbeeld kosten voor verwerking, opslag, laden enzovoort worden vastgelegd in *kostensoort*. Deze kostenspecificatie wordt momenteel nog niet toegepast, maar is zeker bruikbaar bij economisch onderzoek van de mest- en ammoniakproblematiek en voor het schrijven van rapportages.

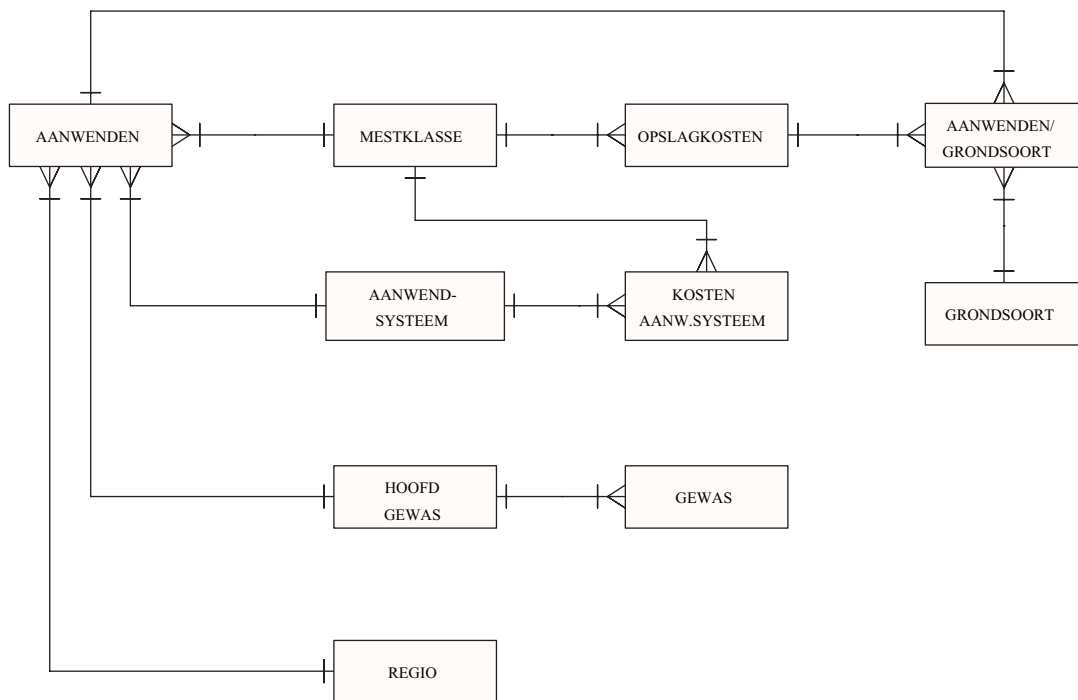


Figuur 5.5 Processen voor mestverwerking en –bewerking en mestproducten

5.7 Mestaanwending

Mestaanwending wordt toegepast per *mestklasse*, voorbeelden van mestklassen zijn drijfmest of droge mest (figuur 4.6). *Mestklasse* is een hoofdtype van *mestsoort*. In mestklassen

worden vooral gegevens vastgelegd over koppelingen met de diverse *aanwendsystemen* en bijbehorende *kosten van aanwendsystemen*. Bij iedere *mestklasse* hoort een bepaald soort *aanwendsysteem*. Het aanwenden is specifiek per *grondsoort* (*aanwenden per grondsoort*) en *regio* bepaald. Daarnaast is het *aanwenden* bepaald per *hoofdgewas*. Welk *aanwendingsysteem* voor welke *mestklasse*, *hoofdgewas*, *aanwenden grondsoort* en *regio* wordt toegepast is vastgelegd in de kruistabel *aanwenden*. De aanwendkosten en emissiecoëfficiënten van ammoniak bij aanwenden worden bepaald door het *aanwendsysteem* en de *mestklasse*.



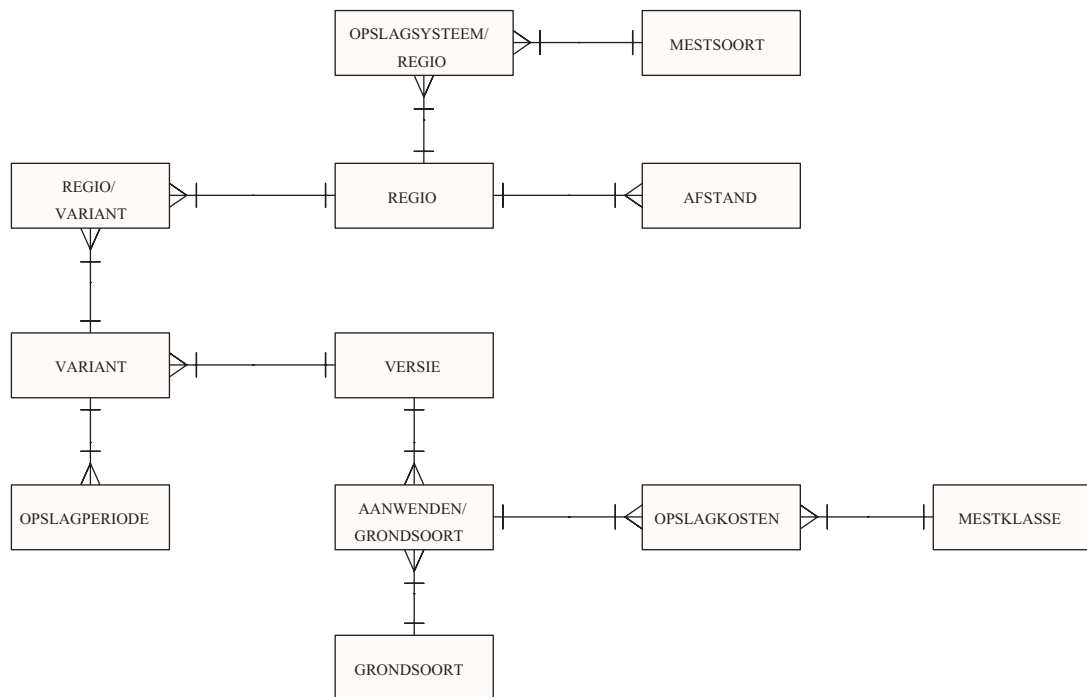
Figuur 5.6 Aanwenden van mest per gewas, mestklasse, grondsoort en kosten

5.8 Mesttransport

Bij het mesttransport wordt rekening gehouden met *opslagkosten* van mest voordat het transport begint. Deze opslagkosten zijn *versiegebonden* en hangen samen met *aanwenden* en *grondsoort*. Daarnaast wordt per variant de opslagperiode tijdens verwerking en periode van opslag binnen en buiten de eigen regio vastgelegd. Het opslagsysteem wordt per *mestsoort* en *regio* vastgelegd in een *opslagsysteem per regio* en bepaalt de mate van emissie. De opslagsystemen die onderscheiden worden zijn: geen opslag, afgedekte opslag en niet-afgedekte opslag.

De *transportafstand* wordt vastgelegd voor alle mogelijke combinaties van transport tussen regio's. Welke *regio's* van toepassing zijn, wordt geregeld in *regio per variant* (standaard alle regio's). Tenslotte zijn de transportkosten vastgelegd per mestklasse. Hierin

wordt onderscheid gemaakt naar vaste transportkosten binnen en buiten eigen regio, variabele kosten, transportkosten naar een verwerkingseenheid en exportkosten.



Figuur 5.7 Transport en opslag van mest

6. Beperkingen van het model

6.1 Onzekerheden en aanbevelingen

Een groot deel van de onzekerheid van de uitkomsten wordt bepaald door de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van de invoergegevens. De onzekerheden van het model komen voort uit het maken van inschattingen van excreties, penetratiegraden (van emissiebeperkende voorzieningen), emissiefactoren en mesttransporten. Deze variabelen worden zo goed mogelijk geschat met behulp van externe bronnen of informatie uit het Informatienet. Deze inschattingen worden vastgelegd in de vorm van coëfficiënten (parameters). Een voorbeeld van het gebruik van externe bronnen is het schatten van de excreties van de verschillende diersoorten op basis van gegevens van de Werkgroep Uniformering Mest- en Mineralcijfers (WUM, Van Eerdt, diverse jaren).

In opdracht van het Milieuplanbureau heeft een breed samengestelde commissie van deskundigen met vertegenwoordigers van DLO, RIVM, CBS en IKC-L in 1998 het model aan een kritische analyse onderworpen (Steenvoorden et al., 1999). De resultaten van het model zijn daarbij getoetst aan gegevensbestanden die verzameld en beheerd worden door diverse instellingen, zoals Bureau Heffingen, CBS en LEI. De belangrijkste conclusie uit dat onderzoek is dat een accurate kwantificering van de ammoniakemissie een dynamisch proces is dat afhankelijk is van mestsamenvatting en klimatologische factoren die allen zeer variabel zijn in de tijd en per locatie. Detail informatie hierover ontbreekt of het onderzoek hiernaar is nog niet afgerond.

Deze analyses hebben geresulteerd in een aantal aanbevelingen. Aanbevelingen voor het verfijnen van de berekeningsmethode door onder andere een verdere onderverdeling in diersoorten en een grotere regionale differentiatie ten aanzien van het voer zijn inmiddels opgevolgd.

Een nog niet gerealiseerde aanbeveling is het flexibiliseren van de aggregatie van diercategorieën uit de Landbouwtelling naar diersoorten. Met de realisatie van deze aanbeveling zouden schattingen van de mestproducties, ammoniakemissies en overschotten op regionaal niveau nauwkeuriger worden. Momenteel kan de regionale ammoniakemissie 4% verschillen al naar gelang het aggregatieniveau van dieren.

Andere aanbevelingen hebben betrekking op verbetering van de te gebruiken invoerdata of nader te onderzoeken aspecten, die na aanvullend onderzoek geïmplementeerd kunnen worden in MAM.

Een belangrijke aanbeveling voor onderzoek die nog niet is uitgevoerd is het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse naar de invloed van de rekenmodules ten aanzien van het transport op de resultaten met betrekking tot de ammoniakemissie en de belasting van de bodem met mineralen.

6.2 Validatie

Ten behoeve van de jaarlijkse Milieubalans worden de resultaten ten aanzien van de hoeveelheid getransporteerde mest jaarlijks vergeleken met de getransporteerde hoeveelheden op basis van de mestafleveringsbewijzen (CBS, diverse jaren). Daaruit komen verschillen naar voren die in hoofdzaak te herleiden zijn tot:

1. het niet beschikbaar zijn van benodigde data;
2. verschil in uitgangspunten.

Slechts een klein deel van de verschillen wordt veroorzaakt door de gebruikte methode¹. Naast het transport van mest wordt de mest- en mineralenproductie gevalideerd met de mest- en mineralenproducties die het CBS berekent (Van Eerd, diverse jaren). Een vergelijking van de resultaten laat zien dat de fosfaat- en stikstofproducties vrijwel identiek aan elkaar zijn. De afwijkingen zijn kleiner dan 1 promille. Afwijkingen in het mestvolume worden veroorzaakt door verschillen in uitgangspunten ten aanzien van het soort dieren en de mest die zij produceren.

In 1999 zijn door Oudendag de berekende ammoniakemissies van het model gevalideerd met gemeten waarnemingen in het gebied de Driesprong te Ede (Oudendag, 1999). De belangrijkste conclusie daaruit was dat emissies op een laag aggregatieniveau (kleiner dan gemeenten) alleen goed berekend kunnen worden wanneer een aantal essentiële gegevens op bedrijfsniveau beschikbaar zijn. Een belangrijke variabele is het staltype en juist deze variabele is momenteel alleen maar op regionaal niveau beschikbaar.

Eind 1998 zijn door DLO (Halbertsma, 1998) alle DLO-modellen die ingezet worden voor de MilieuplanBureau berekeningen getoetst op kwaliteit. Het Mest- en Ammoniakmodel kreeg daarbij een goede beoordeling. De modellen zijn daarbij op de volgende punten beoordeeld:

1. ontwikkeling van de software volgens een kwaliteitssysteem;
2. versie- en variantbeheer, reproduceerbaarheid en de ondersteuning van gebruikers;
3. documentatie;
4. uitgevoerde testen en validaties;
5. organisatiestructuur rondom de bewaking van de kwaliteit.

6.3 Doorlooptijd en rekentijd

De benodigde tijd voor het 'runnen' van een scenario hangt met name af van de omvang van het probleem. De omvang is afhankelijk van het aantal gedefinieerde mestproducten en gewasgroepen. Het oplossen van het transportprobleem met behulp van Lineaire Programmering kost ongeveer 20% van de tijd. Functies zoals het berekenen van kunstmestgiften en bodembelasting zijn de grootgebruikers van de processor. De rekentijd bedraagt op een redelijk snelle computer bij de maximale dimensionering nu circa tien uur. Door het ontwikkelen van een versnelde methode voor het ijken van kunstmestgegevens is de rekentijd teruggebracht naar maximaal vijf uur.

¹ Zie daarvoor de concept MPB-notitie *Transport en gebruik van mest en mineralen* (Luesink, 1999).

7. Gebruiksmogelijkheden

7.1 Inzetbaarheid

Het Mest- en Ammoniakmodel wordt voor tal van doeleinden ingezet. Vaak wordt het model gebruikt bij beleids(evaluerend) onderzoek. Voorbeelden van dergelijke onderzoeken zijn:

1. *De effecten van de integrale notitie mest- en ammoniakbeleid op de ammoniakemissie in relatie tot natuur en bos* (Klein et al., 1996);
2. *Mest en mineralenoverschotten in 2000* (LNV, 1995);
3. *Integrale notitie Mest- en Ammoniakbeleid* (VROM en LNV, 1995) en;
4. *Het Landelijk Mestoverschot 2003, Methodiek en Berekening* (Van Staalduinen et al., 2001).

Ten behoeve van de berekeningen van de fosfaatverzadigingstoestand van mestoverschotgebieden, is het Mest- en Ammoniakmodel ingezet om de fosfaatbelasting van de bodem na 1970 met dierlijke mest te berekenen (Reijerink, 1993).

MAM maakt onderdeel uit van de breed gedragen methodiek voor de berekening van de mestproductie, ammoniakemissie en bodembelasting van de Coördinatie Commissie Doelgroep Monitoring (CCDM).

In opdracht van de Permanente Commissie van deskundigen mest en ammoniak, wordt met behulp van MAM de meest waarschijnlijke schatting van het landelijke mestoverschot voor het jaar 2003 berekend.

Via een samenwerkingsverband met het RIVM participeert het LEI jaarlijks met het Mest- en Ammoniakmodel in berekeningen voor de Milieubalans en regelmatig in berekeningen voor de Milieuverkenningen (RIVM, diverse jaren).

Daarnaast wordt het model ook voor meer specifieke onderwerpen ingezet. Zo worden voor de provincie Zuid-Holland om de drie jaar mineralenbalansen gemaakt voor verschillende gewasgroepen en mineralen (Luesink, et al, 2000). Voor andere provincies, Noord-Brabant (De Hoop et al., 2000) en Gelderland (Luesink, 1997), wordt het Mest- en Ammoniakmodel ingezet om mestoverschotten te evalueren en toekomstverkenningen te doen voor de mestsituatie op provinciaal en regionaal niveau.

Ook binnen het LEI worden de modellen bij diverse onderzoeken ingezet. Hierbij valt te denken aan infrastructurele voorzieningen voor mest in 2000 (Luesink, 1993), toekomstverkenningen in *Vorbij het verleden* (De Groot, 1994) en *Landbouw, Milieu en Economie* (Brouwer en Poppe et al., diverse jaren).

Daarnaast wordt het model ingezet voor internationale studies. Het model is gebruikt in een onderzoek om de milieu- en economische effecten van het gebruik van synthetisch bereide aminozuren in mengvoer vast te stellen (Brouwer et al., 1999).

7.2 Modeluitkomsten

De uitkomsten (resultaten) van het model zijn zeer divers. De uitkomsten zijn zowel van technische als economische aard en worden op een zo laag mogelijk aggregatieniveau in de database van resultaten opgeslagen. Voor de presentatie van de uitkomsten zijn een groot aantal standaardrapporten beschikbaar.¹ Er zijn rapporten beschikbaar over de volgende onderwerpen:

1. ammoniakemissie van stalmest en weidemest bij opslag en aanwenden;
2. ammoniakemissie bij de bewerking en verwerking van mest;
3. ammoniakemissie van kunstmest;
4. omvang en kosten van ammoniakemissiebeperkende maatregelen zoals stalaanpassingen en voedingsmaatregelen;
5. mest- en mineralenproductie;
6. mestoverschotten;
7. plaatsingsruimte voor mest;
8. mesttransportstromen tussen mestregio's;
9. mogelijke export en bewerking en verwerking van mest;
10. bemesting van dierlijke mest en kunstmest;
11. benodigde infrastructurele voorzieningen:
 - omvang, plaats en aard van opslagcapaciteit;
 - aantal transportcombinaties voor transport van mest;
 - aantal, plaats en aard van benodigde werktuigen voor het uitrijden van mest;
 - behoefte aan mest be- en verwerking op verschillende plaatsen.
12. kosten van mestlogistiek opslag, transport, uitrijden, verwerking, export, enzovoort;
13. doorrekenen van de economische voordelen van alternatieve vormen van transport, ammoniakemissie beperkende maatregelen, verwerking en bewerking van mest. Idem het effect hiervan op de omvang van de ammoniakemissie, de mestoverschotsituatie en de benodigde infrastructurele voorzieningen.

De uitkomsten kunnen op verschillende manieren worden gepresenteerd:

- de uitkomsten kunnen op verschillende aggregatieniveaus worden gepresenteerd:
 - geografisch (grid, gemeente, elke vorm van aggregatie van gemeenten, nationaal);
 - mestsoorten, gewassen en grondsoorten (de bij de invoer van het model onderscheiden mestsoorten en gewassen kunnen tot elk gewenst aggregatieniveau geaggregeerd en gemiddeld worden).
- bij het presenteren van de uitkomsten bestaan de volgende mogelijkheden:
 - tabellen in zowel elektronische vorm als op papier. Met de tabellen in elektronische vorm (ASCII en Excel) kunnen de resultaten in andere pakketten verder worden geanalyseerd;
 - GIS plaatjes (mogelijk voor ongeveer de helft van de beschikbare rapporten).

¹ Wanneer dat nodig is kunnen op betrekkelijk eenvoudige wijze nieuwe rapporten worden gemaakt op basis van al opgeslagen resultaten in de database.

Literatuur

- Brouwer, F., P. Hellegers, M. Hoogeveen en H. Luesink, *Managing nitrogen pollution from intensive livestock production in the EU*. Rapport 2.99.04. Den Haag, LEI-DLO, 1999.
- Eerdt, M.M. van, 'Mestproductie en mineralenuitscheiding in 1994'. In: *Kwartaalbericht Milieustatistieken 95/4*. Voorburg, CBS, 1995.
- Eerdt, M.M. van, 'Mestproductie en mineralenuitscheiding in 1995'. In: *Kwartaalbericht Milieustatistieken 96/4*. Voorburg, CBS, 1996.
- Eerdt, M.M. van, 'Mestproductie en mineralenuitscheiding in 1996'. In: *Kwartaalbericht Milieustatistieken 97/4*. Voorburg, CBS, 1997.
- Eerdt, M.M. van, 'Mestproductie en mineralenuitscheiding in 1997'. In: *Kwartaalbericht Milieustatistieken 98/4*. Voorburg, CBS, 1998.
- Eerdt, M.M. van, 'Mestproductie en mineralenuitscheiding in 1998'. In: *Kwartaalbericht Milieustatistieken 99/4*. Voorburg, CBS, 1999.
- Halbertsma, J. en S. Conijn, *Rapportage inventarisatie kwaliteit MPB en NPB modellen en gegevensbestanden*. Intern DLO-document. Wageningen, Alterra, 1998.
- Klein, M.H.J., H.M. Beijer, A. Bleeker, J.W. Erisman, H.H. Luesink, D.A. Oudendag en L. Lekkerkerk, *De effecten van de integrale notitie Mest- en Ammoniakbeleid op de ammoniakproblematiek in relatie tot natuur en bos in de EHS*. Wageningen, IKC Natuurbeheer, 1996.
- Luesink, H. en van der Veen, *Twee modellen voor de economische evaluatie van de mestproblematiek*. Onderzoekverslag 47. LEI, Den Haag, 1989.
- Luesink, H., *Mestproductie en -overschotten in de provincie Noord-Brabant voor de jaren 1990 t/m 1994*. Mededeling 555. LEI, Den Haag, 1996.
- Luesink, H., *Verkenning infrastructurele voorzieningen in 2000 voor mestafzet*. Onderzoekverslag 103. LEI, Den Haag, 1993.
- Luesink, H. et al., *Bodembalansen in de land- en tuinbouw in Zuid-Holland*. Rapport 2.00.07. LEI, Den Haag, 2000.

Luesink, H.H. et al., *Bodembalansen in de land- en tuinbouw in Zuid-Holland Stikstof-, fosfaat- en kalibalansen van de bodem voor 1997*. Rapport 2.00.07. LEI-DLO, Den Haag, 2000.

Luesink, H., *Acceptatie- en benuttinggraden per gewasgroep*. Notitie in het kader van werkzaamheden voor Milieu Planbureau. Den Haag, LEI, 1999.

Luesink, H.H., *Methode voor berekening van acceptatie- en benuttinggraden van dierlijke mest per gewasgroep*. Notitie in het kader van Milieuplanbureau werkzaamheden. Den Haag, LEI, 2000.

Ministerie LNV, *Mest- en mineralenoverschotten in 2000*. Den Haag, 1995.

Ministerie LNV en ministerie VROM, *Integrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid*. POM, 1995.

Oudendag, D., *Reductie van ammoniakemissie*. Onderzoekverslag 102. LEI, Den Haag, 1993.

Oudendag, D., *Beschrijving Berekenen bodembelasting met dierlijke mest: ObodbelTabelMaken*. Intern Rapport. 2001.

Oudendag, D., *Beschrijving Kunstmestberekeningen: QIJkenkunstmest*. Intern Rapport. 2001.

Oudendag D., *Beschrijving van het wiskundige model van het LP-deel van de mestmodellen*. Intern Rapport. 1998.

Oudendag, D., *Het importeren van bodembestanden*. Intern Rapport. 2001.

Oudendag, D.A., *Validatie Mest- en Ammoniakmodel, vergelijking van de berekende ammoniakemissies bij stal- en aanwenden met metingen*. Notitie 99.33. Den Haag, LEI, 1999.

Oudendag, D.A., *Gebruikershandleiding Mest- en Ammoniakmodel*. Den Haag, LEI, 2002.

Praktijkonderzoek Rundveehouderij, 'Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen, november'. In: *Themaboek Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR)*. Lelystad, 1998.

Reijering, J.G.A. et al., *Rekenmodel voor de fosfaatverzadigingstoestand van mestoverschotgebieden*. Rapport 241. Wageningen, Staring Centrum, 1993.

RIVM, *Nationale milieuverkenning 2 1990-2000*. Samsom, Alphen aan den Rijn, 1991.

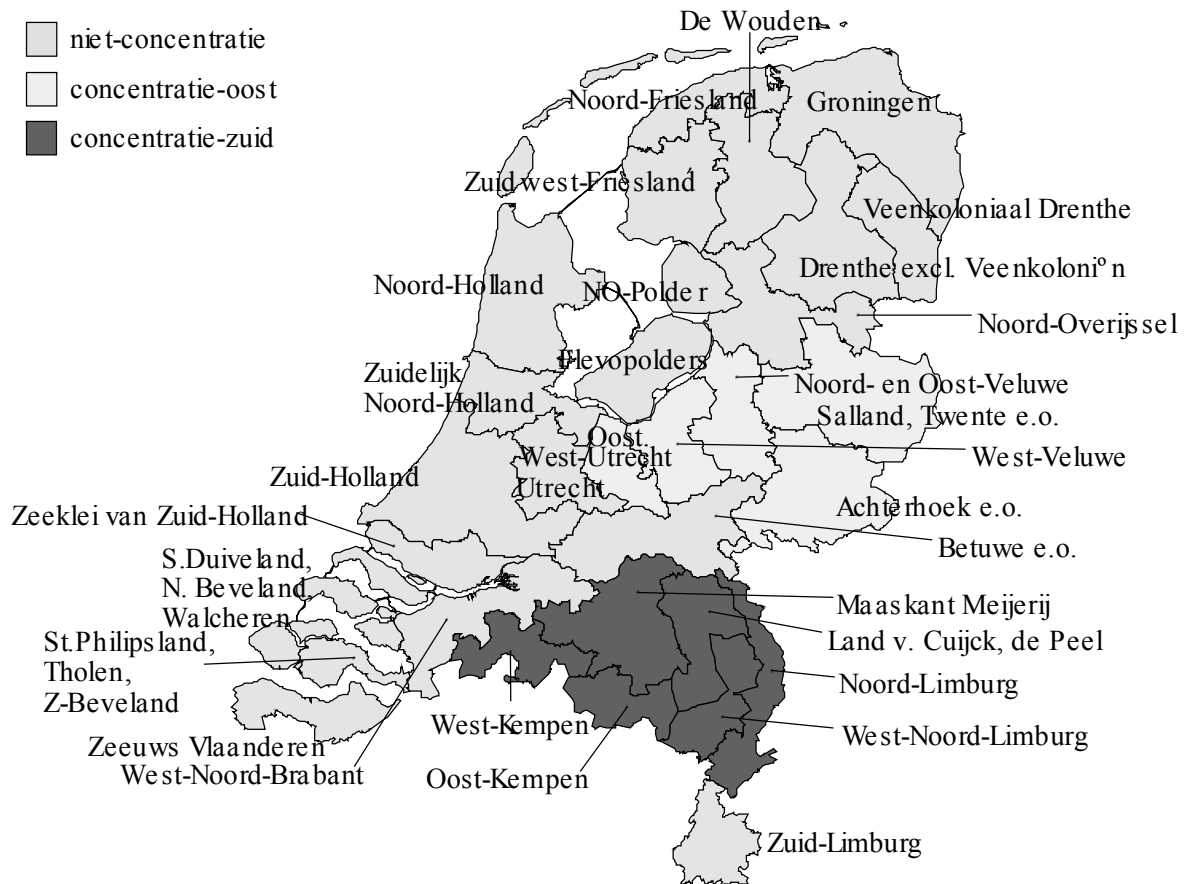
RIVM, *Het landbouwsценario in de NM3 Uitgangspunten en berekeningen*. 1991.

- RIVM, *Nationale milieuverkenning 3 1993-2015*. Samsom, Alphen aan den Rijn, 1993.
- RIVM, *Achtergronddocument landbouw bij NM3 Uitgangspunten en berekeningen*. Samsom, Alphen aan den Rijn. 1995.
- RIVM, *Milieurendement van het NMP-2 Aanvulling op de NM3*. Samsom, Alphen aan den Rijn, 1995.
- RIVM, *Nationale milieuverkenning 4 1997-2020*. Samsom, Alphen aan den Rijn, 1997.
- RIVM, *Milieubalans 1995*. Samsom, Alphen aan den Rijn. 1995.
- RIVM, *Milieubalans 1996*. Samsom, Alphen aan den Rijn, 1996.
- RIVM, *Milieubalans 1997*. Samsom, Alphen aan den Rijn, 1997.
- RIVM, *Milieubalans 1998*. Samsom, Alphen aan den Rijn, 1998.
- RIVM, *Milieubalans 1999*. Samsom, Alphen aan den Rijn, 1999.
- RIVM, *Milieubalans 2000*. Samsom, Alphen aan den Rijn, 2000.
- Staalduinen, L. van et al., 'Het Landelijk Mestoverschot 2003'. In: *Methodiek en Berekening*. LEI, Den Haag, 2001.
- Steenvoorden, J.H.A.M., W.J. Bruins, M.M. van Eerdt, M.W. Hoogeveen, N. Hoogervorst, J.F.M. Huijsmans, H. Leneman, H.G. van der Meer, G.J. Monteny en F.J. de Ruijter, *Monitoring van nationale ammoniakemissies uit de landbouw; op weg naar een verbeterde rekenmethodiek*. Reeks Milieuplanbureau 6. Wageningen, DLO Staring Centrum, 1999.

Bijlage 1 Begrippenlijst

Domein:	ruimte waarbinnen de gegevens worden beschreven.
Entiteittype:	een begrip waarover informatie vastgehouden wordt.
Attribuut:	een karakteristiek van één entiteittype.
Attribuutwaarde:	een beschrijving van attribuut.
Databestanden:	vaste set van gegevens die niet kunnen worden gewijzigd.
Inputgegevens:	gegevens die kunnen worden ingesteld.
Coëfficiënten:	instellingen van inputgegevens.
Versie:	set van rekenmodules en databestanden.
Variant:	set van gegevens en coëfficiënten.
Rubriek:	coderingsstelsel van Landbouwtelling.

Bijlage 2 De 31 mestgebieden met indeling naar concentratiegebied



Figuur B2.1 Concentratie in de 31 mestgebieden

Bijlage 3 Programma Stuur Diagram van Qbalans (bedrijfsniveau)

Doorloop per regio

- Bereken gewasprognoses
- Bereken ontwikkeling en productie van dieren en weidedieren
- Bepaal toewijsvolgorde per mestsoort van overschotbedrijven
- Bepaal toewijsvolgorde per mestsoort van tekortbedrijven
- Bepaal toewijsvolgorde per mestsoort van overschot- en tekortbedrijven

Doorloop per bedrijf

- Bepaal hectares per gewas
- Bepaal toewijzingsvolgorde mest aan gewassen
- Bepaal mestexcretie per diersoort
- Indien weidemest, dan deze eerst toewijzen

Is er gras op het bedrijf?

NEE

Mest is stalmest

JA

Mest toewijzen aan gras en hectares markeren als mestaanwending
Is er nog mest over na toewijzing?

JA

Mest is stalmest

NEE

Mestruimte op gras

Indien stalmest, controleer of bedrijf mest moet afvoeren of dat er mestruimte op bepaalde gewassen beschikbaar is

Vastleggen op regio niveau

Gewasarealen voor mestruimte (QbalReg)

Mestoverschot per mestsoort (QbalRegM)

Hoeveelheid mest per mestsoort per gewas toegediend (QBalRMG)

Einde loop per bedrijf

Einde loop per regio

Bijlage 4 Voorbeeld van mestsoorten volgens stal- en weide- en voersystemen en seizoen

Rundveemestsoorten	Diersoort	Staltype	Rantsoen	Seizoen
AAG.Melkvee ligboxdrijfmest (stal) gras	Melk-en kalfkoeien	Ligbox	Grasland	Stal
ADG.Melkvee ligboxdrijfmest (weide) gras	Melk-en kalfkoeien	Ligbox	Grasland	Weide
AAS.Melkvee ligboxdrijfmest (stal) snijmaïs	Melk-en kalfkoeien	Ligbox	Snijmaïs	Stal
ADS.Melkvee ligboxdrijfmest (weide) snijmaïs	Melk-en kalfkoeien	Ligbox	Snijmaïs	Weide
ABG.Melkvee grupstaldrijfmest (stal) gras	Melk-en kalfkoeien	Grupstal (nat)	Grasland	Stal
AEG.Melkvee grupstaldrijfmest (weide) gras	Melk-en kalfkoeien	Grupstal (nat)	Grasland	Weide
ABS.Melkvee grupstaldrijfmest (stal) snijmaïs	Melk-en kalfkoeien	Grupstal (nat)	Snijmaïs	Stal
AES.Melkvee grupstaldrijfmest (weide) snijmaïs	Melk-en kalfkoeien	Grupstal (nat)	Snijmaïs	Weide
BAG.Jongveedrijfmest ligbox (stal) gras	Jongvee	Drijfmest	Grasland	Stal
BCG.Jongveedrijfmest ligbox (weide) gras	Jongvee	Drijfmest	Grasland	Weide
BAS.Jongveedrijfmest ligbox (stal) snijmaïs	Jongvee	Drijfmest	Snijmaïs	Stal
BCG.Jongveedrijfmest ligbox (weide) snijmaïs	Jongvee	Drijfmest	Snijmaïs	Weide
CAG.Vleesveedrijfmest (stal) gras	Vleesvee wei	Drijfmest	Grasland	Stal
CCG.Vleesveedrijfmest (weide) gras	Vleesvee wei	Drijfmest	Grasland	Weide
CAS.Vleesveedrijfmest (stal) snijmaïs	Vleesvee wei	Drijfmest	Snijmaïs	Stal
CCS.Vleesveedrijfmest (weide) snijmaïs	Vleesvee wei	Drijfmest	Snijmaïs	Weide
CBG.Vleesvee droge-mest (stal) gras	Vleesvee wei	Vaste-mest	Grasland	Stal
CBS.Vleesvee droge-mest (stal) snijmaïs	Vleesvee wei	Vaste-mest	Snijmaïs	Stal
DAB.Stalvleesvee drijfmest vleesvee stal	Traditioneel Nederland	Stal		
EAB.Vleeskalverendrijfmest vleeskalveren	Traditioneel Nederland	Stal		
Varkensmestsoorten	Diersoort	Staltype		
GAB.Fokvarkensdrijfmest norm-stal	Fokvarkens	Traditioneel		
GBB.Fokvarkensdrijfmest arm-1	Fokvarkens	Emissie arm-1		
FAB.Vleesvarkensdrijfmest norm-stal	Vleesvarkens	Traditioneel		
FBB.Vleesvarkensdrijfmest arm-1	Vleesvarkens	Emissie arm-1		
Pluimveemestsoorten	Diersoort	Staltype		
HAB.Leghennendrijfmest open opslag	Leghennen	Batterij open opslag onder batterij (drijfmest)		
HBB.Leghennendrijfmest gesl.put	Leghennen	Mestbandbatterij afvoer gesloten put (drijfmest)		
HCB.Leghennenmest droog deeppit	Leghennen	Kanalen en deeppit (droge mest)		
HFB.Leghennenmest droog grondh.	Leghennen	Grondhuisvesting (droge mest)		
HDB.Leghennenmest droog mestband	Leghennen	Mestband met geforceerde droging (droge mest)		
HEB Leghennenmest droog mestband+opslag	Leghennen	Mestband met geforceerde droging en opslag loads (droge mest)		
IAB.Vleeskuikenmest norm.stal	Vleeskuikens	Traditionele stal		

Kader B4.1 Mestsoorten

Bijlage 5 Voorbeeld van attributen per entiteit binnen het domeinveld Mest- en Ammoniakmodel

1. *Dier: diereenheden*
 - Melk- en kalfkoeien grupstal
 - Melk- en kalfkoeien ligbox
 - Jongvee voor de melkproductie
 - Weidend vleesvee en schapen
 - Stalvleesvee en geiten
 - Vleeskalveren
 - Vleesvarkens
 - Zeugen en opfokvarkens
 - Leghennen, konijnen en pelsdieren
 - Vleeskuikens en kalkoenen

2. *Gewas: gewaseenheden*
 - Grasland
 - Snijmaïs
 - Consumptie-, voer- en fabrieks aardappelen, bloembollen
 - Pootaardappelen en suikerbieten
 - Wintertarwe
 - Handelsgewassen en snelgroeiend hout
 - Overige akker- en tuinbouw
 - Overige granen
 - Overige gewassen

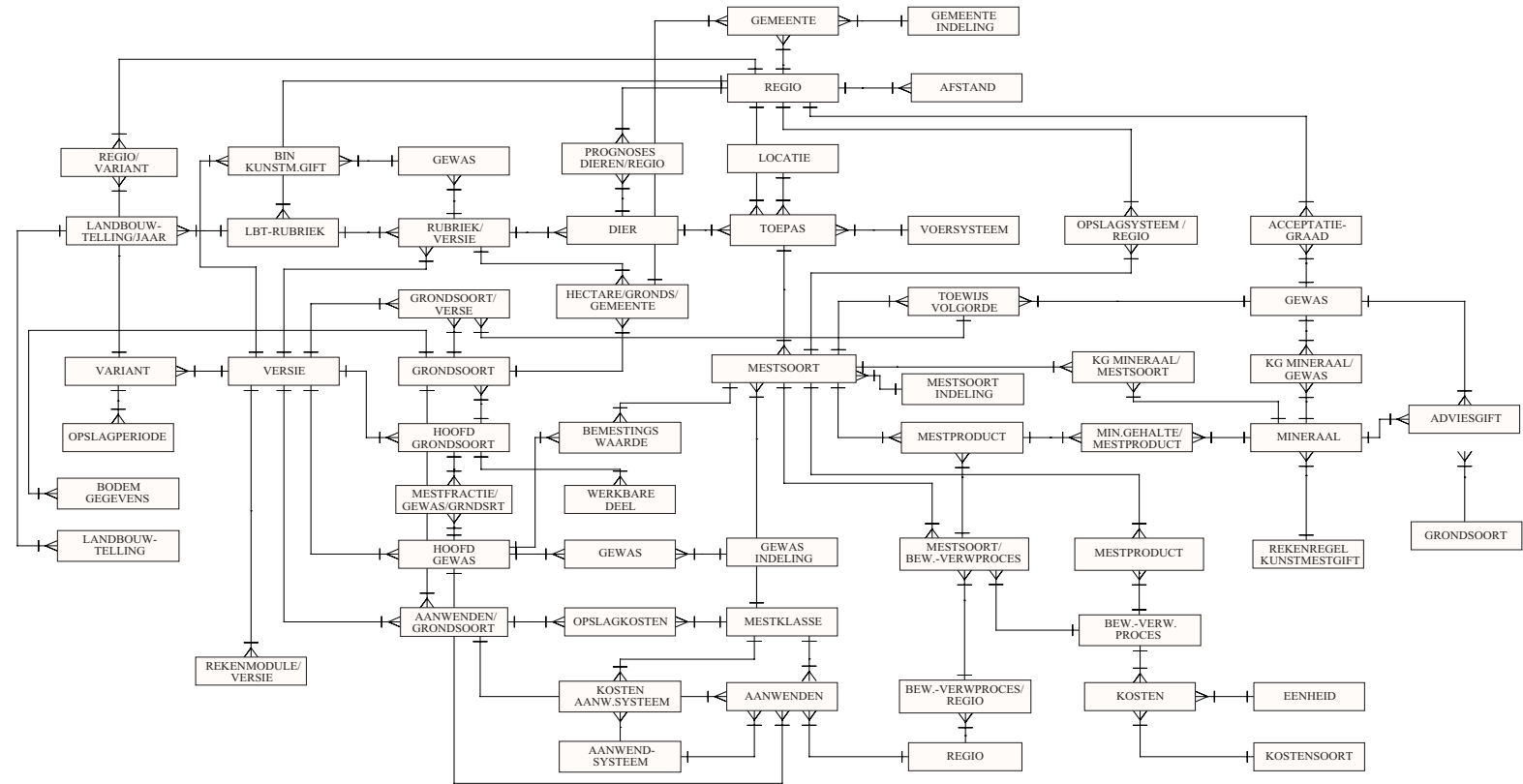
3. *Locatie: staltypen*
 - Ligbox
 - Grupstal
 - Normale stal
 - Deeppit/kanalenstal
 - Open opslag onder batterij
 - Emissie arme stal
 - B4 beweidingssysteem

4. *Voersysteem: rantsoenen*
 - Normaal rantsoen
 - Grasland rantsoen
 - Snijmaïs rantsoen

5. *Mineraal*
Stikstof
Fosfaat
Kali
Koper
6. *Kostensoort*
Totale kosten
Uitrijkosten
7. *Mestklasse*
Drijfmest
Droge mest
Korrels
Water
8. *Mestproduct*
Gedroogde mest
Mestkorrels
Permeaat
Dikke mest
Compost
Dunne mest
Waterdamp
Dikke fractie na scheiden
9. *Bewerking- en verwerkingsproces*
Centraal drogen
Centraal verwerken
Zuiveren
Scheiden
Composter
10. *Aanwendsysteem*
Oppervlakkig aanwenden
Direct onderwerken
Onderwerken binnen 1 uur, 4 uur of 8 uur
Zodeinjectie
Sleepvoeten
Sleufkouter
11. *Hoofdgrondsoort*
Kleigronden
Overige gronden

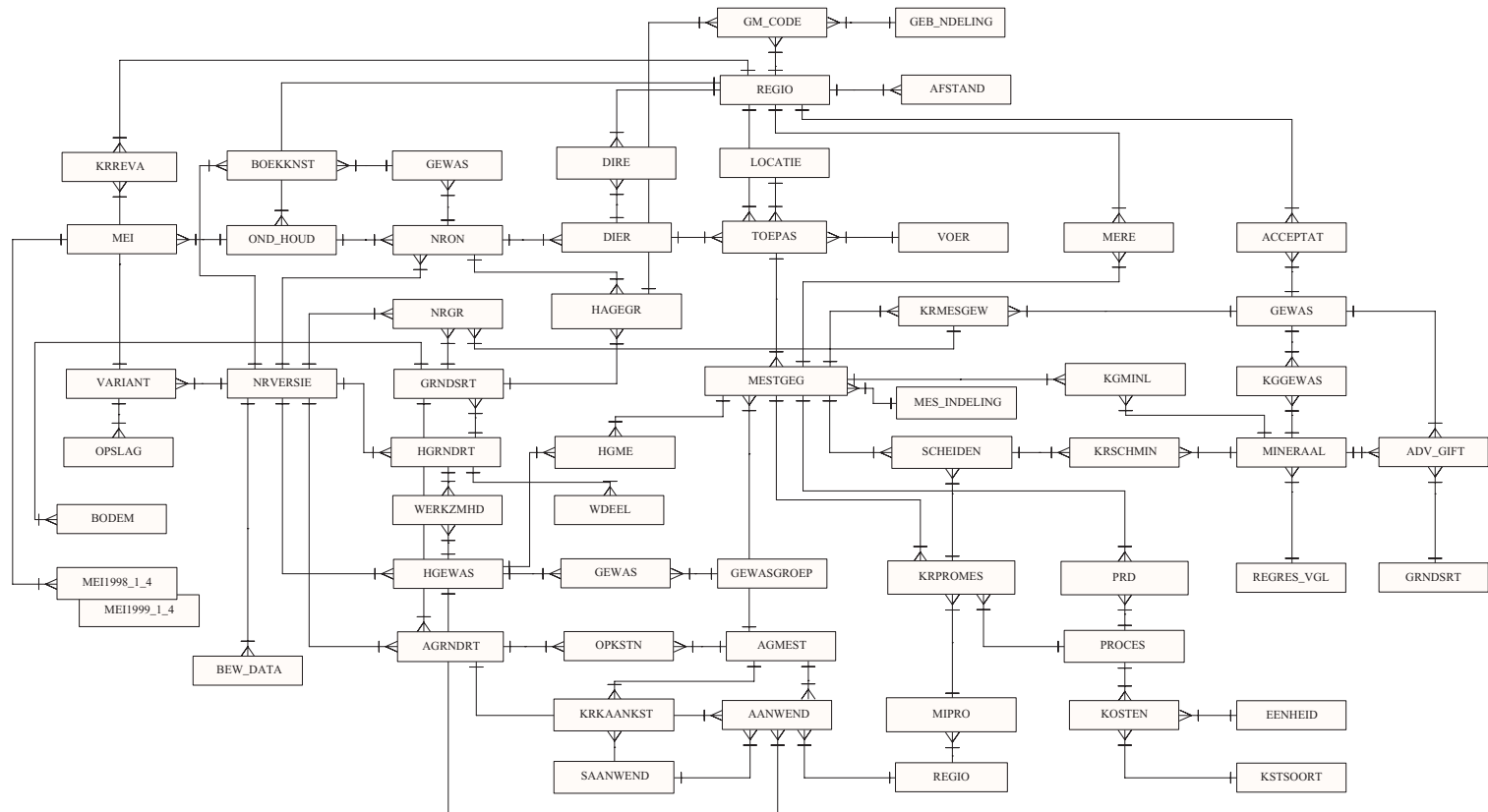
12. *Grondsoort*
Dalgrond
Leemgrond
Oude klei
Rivierklei
Veengrond
Zandgrond
Zeeklei

Bijlage 6 Entiteitrelatiediagram Mest- en Ammoniakmodel



Figuur B6.1 Entiteitrelatiediagram Mest- en Ammoniakmodel

Bijlage 7 Implementatie van entiteiten naar fysieke tabellen Mest- en Ammoniakmodel



Figuur B7.1 Tabellen in het Mest- en Ammoniakmodel

Bijlage 8 Beschrijving van LP-model

B8.1 Inleiding

Deze bijlage beschrijft het wiskundig model van het lineair programmeringonderdeel in het Mest- en Ammoniakmodel. De bijlage is als volgt opgebouwd. In de daaropvolgende paragrafen wordt een beschrijving gegeven van alle in het model gebruikte variabelen en parameters. In paragraaf 2 komen de indexen aan de orde. De booleaanse parameters, de inhoudelijke parameters (worden door het model berekend) en de exogenen (via de invoerschermen van een waarde voorzien) worden beschreven in paragraaf 3. In paragraaf 4 worden de rekenregels wiskundig geformuleerd en beschreven.

B8.2 Indexen

s	=	onverwerkte mestsoorten [1... $SMes$]
m	=	regio's waarin de mest wordt geproduceerd [1... $MReg$]
g	=	regio's waarin de mest wordt afgezet [1... $GReg$]
p	=	proces waarmee de mest verwerkt mag worden [1... $Proc$]
prd	=	product dat ontstaat door mest te verwerken [1... Prd]
gew	=	type gewas waar mest wordt afgezet [1... Gew]
agm	=	hoofdklasse mestsoort [1... AgM]
$type$	=	teksten die gebruikt worden als array-indicator bij de kostenvergelijking [1... $t4$]
		t1 = in regio
		t2 = out regio
		t3 = export
		t4 = naar fabriek

B8.3 Parameters

Booleaanse

$rMstProc_{s,p}$	=	1 als mestsoort s met proces p verwerkt mag worden
$rRegReg_{g,m}$	=	1 als er transport van regio m naar regio g mag plaatsvinden ($g=m$ v $g<>m$)
$rExpPrd_{prd}$	=	1 als het product prd geëxporteerd mag worden naar buiten Nederland
$rVerw_{s,p,prd}$	=	1 als mestsoort s met een proces p tot product prd mag worden verwerkt

$rPrdGew_{prd,gew,g}$	=	1 als product prd op gewas gew in regio g mag worden afgezet
$rSMesGew_{s,gew,g}$	=	1 als mestsoort s op gewas gew in regio g mag worden afgezet
$rAgM_{s,agm}$	=	1 als mestsoort s tot mestklasse agm van de mestsoorten behoort
$rExport_s$	=	1 als mestsoort s onverwerkt geëxporteerd mag worden

In overige gevallen zijn de parameters 0.

Exogenen; output van MAM voor het LP-gedeelte

$qVerw_{s,p,prd}$	=	omrekeningsfactor voor het verwerken van mest. Het is een factor om de hoeveelheid onverwerkte mest s (in ton) die met proces p wordt verwerkt, om te rekenen naar ton product prd
$qSMesGew_{s,gew,g}$	=	aantal ha van een gewas gew die nodig is om 1 ton onverwerkte mest s af te zetten op gewas gew in regio g
$qKstOps_{m,agm}$	=	de kosten per ton op te slagen hoofdklasse mest agm die verwerkt gaat worden in de eigen regio m
$qOpbrengst_{s,gew,g}$	=	de opbrengst per ton onverwerkte mest s die op gewas gew in regio g wordt afgezet
$qPrdOpbr_{prd,gew,g}$	=	opbrengst in fl/ton afgezet product prd op gewas gew in regio g
$qKstSMes_{s,gew,g}$	=	de kosten per ton (fl/ton) afgezette onverwerkte mest s op gewas gew in regio g
$qKstPrd_{prd,gew,g}$	=	de kosten (fl/ton) van afzet van producten prd op gewas gew in regio g
$qKstOpsEig_{m,agm}$	=	de kosten van opslag (fl/ton) van onverwerkte mest (naar hoofdklasse agm) die in de eigen regio m wordt opgeslagen
$qKstOpsBui_{m,agm}$	=	idem die in een andere regio wordt opgeslagen
$qPrdGew_{prd,gew,g}$	=	aantal ha van gewas gew nodig om 1 ton product prd in regio g af te zetten
$MstRegio_{s,m}$	=	de hoeveelheid geproduceerde mest (in ton) van mestsoort s in regio m

Overige parameters (exogeen ingevoerd)

$ExpSmes_s$	=	de hoeveelheid (ton) onverwerkte mest s die maximaal geëxporteerd mag worden
$VerwMax_{s,p}$	=	de hoeveelheid (ton) onverwerkte mest s die maximaal met een proces p verwerkt mag worden
$ExpMax_{prd}$	=	de hoeveelheid (ton) product prd die maximaal geëxporteerd mag worden
$GewRegio_{gew,g}$	=	het aantal ha van gewas gew in regio g
$FixKst_{agm,type}$	=	vaste kosten (f,-/ton) van $type$ transport naar hoofdklasse mest agm
$VarKst_{agm,type}$	=	variabele kosten (f,-/ton per km) van $type$ transport naar hoofdklasse mest agm
$Afstand_{g,m}$	=	de afstand (km) tussen regio g en regio m
$KstProc_{s,p}$	=	kosten (f,-/ton) voor het verwerken van mestsoort s met proces p

Variabelen

$vExport_{s,m}$	=	de hoeveelheid (ton) onverwerkte mest s die geëxporteerd wordt
$vProc_{s,p,m}$	=	de hoeveelheid (ton) onverwerkte mest s die met een bepaalde procedure p wordt verwerkt in regio m
$vMst_{s,g,m}$	=	de hoeveelheid (ton) onverwerkte mest s die regio m wordt geproduceerd en in regio g wordt afgezet
$vExpPrd_{prd,m}$	=	de hoeveelheid (ton) product prd die uit regio m wordt geëxporteerd
$vPrd_{prd,g,m}$	=	de hoeveelheid (ton) product prd die in regio m wordt geproduceerd en die in regio g wordt afgezet
$vPrdGew_{prd,gew,g,m}$	=	de hoeveelheid (ton) product die op gewas gew in regio g wordt afgezet terwijl het product in regio m is geproduceerd
$vMstGew_{s,gew,g,m}$	=	de hoeveelheid (ton) onverwerkte mest s die op gewas gew in regio g wordt afgezet terwijl de mest in regio m is geproduceerd
$vSMes_{s,m}$	=	de hoeveelheid (ton) mest van mestsoort s die niet wordt verwerkt

B8.4 Vergelijkingen

Wiskundig geformuleerd

Doelfunctie (minimaliseringprobleem)

Minimaliseer het verschil tussen de kosten en de opbrengsten voor mestafzet (incl. transport, opslag e.a.) die zich gedurende een jaar voordoen. Tijd speelt dus geen rol in de formules. Het minteken van de opbrengsten is verwerkt in de coëfficiënten.

De kosten voor opslag van de te verwerken mest

$$\sum_{s=1}^{Smes} \sum_{agm=1}^{AgM} \sum_{p=1}^{Proc} \sum_{m=1}^{MReg} (vProc_{s,p,m} * rMstProc_{s,p} * rAgM_{s,agm} * qKstOps_{m,agm}) \quad +$$

De kosten van verwerking van mest

$$\sum_{s=1}^{Smes} \sum_{p=1}^{Proc} \sum_{m=1}^{MReg} (vProc_{s,p,m} * rMstProc_{s,p} * KstProc_{s,p}) \quad +$$

De opbrengsten van afzet van mest in een regio

$$\sum_{s=1}^{Smes} \sum_{gew=1}^{Gew} \sum_{g=1}^{Greg} \sum_{m=1}^{MReg} (rRegReg_{g,m} * vMstGew_{s,gew,g,m} * qOpbrengt_{s,gew,g}) \quad +$$

De opbrengst van afzet van producten in een regio

$$\sum_{prd=1}^{Prd} \sum_{gew=1}^{Gew} \sum_{g=1}^{Greg} \sum_{m=1}^{MReg} (rRegReg_{g,m} * vPrdGew_{prd,g,m} * qPrdOpbr_{prd,gew,g}) \quad +$$

De vaste kosten van export onverwerkte mest

$$\sum_{s=1}^{SMes} \sum_{m=1}^{MReg} \sum_{agm=1}^{AgM} (rExport_s * vExport_{s,m} * rAgM_{s,agm} * FixKst_{agm,t3}) \quad +$$

De vaste kosten van export van producten

$$\sum_{prd=1}^{Prd} \sum_{m=1}^{MReg} \sum_{agm=1}^{AgM} (rExpPrd_{prd} * vExpPrd_{prd,m} * rAgM_{prd,agm} * FixKst_{agm,t3}) \quad +$$

De vaste kosten van transport van te verwerken mest naar de fabriek

$$\sum_{s=1}^{SMes} \sum_{agm=1}^{AgM} \sum_{p=1}^{Proc} \sum_{m=1}^{MReg} (vProc_{s,p,m} * rMstProc_{s,p} * rAgM_{s,agm} * FixKst_{agm,t4}) \quad +$$

De kosten van afzet van onverwerkte mest in de regio

$$\sum_{prd=1}^{Prd} \sum_{gew=1}^{Gew} \sum_{g=1}^{Greg} \sum_{m=1}^{MReg} (rRegReg_{g,m} * vMstGew_{s,gew,g,m} * qKstSMes_{s,gew,g}) \quad +$$

De kosten van afzet van producten in een regio

$$\sum_{prd=1}^{Prd} \sum_{gew=1}^{Gew} \sum_{g=1}^{Greg} \sum_{m=1}^{MReg} (rRegReg_{g,m} * vPrdGew_{prd,gew,g,m} * qKstPrd_{prd,gew,g}) \quad +$$

Als de regio waar de mest wordt afgezet gelijk is aan de regio waar de mest wordt geproduceerd dan wordt nog bij de kostenfunctie opgeteld:

De vaste kosten van transport van mest in de eigen regio

$$\sum_{s=1}^{SMes} \sum_{agm=1}^{AgM} \sum_{p=1}^{Proc} \sum_{m=1}^{MReg} (rRegReg_{g,m} * vMst_{s,g,m} * rAgM_{s,agm} * FixKst_{agm,t1}) \quad +$$

De vaste kosten van transport van producten in de eigen regio

$$\sum_{prd=1}^{Prd} \sum_{agm=1}^{AgM} \sum_{p=1}^{Proc} \sum_{m=1}^{MReg} (rRegReg_{g,m} * vPrd_{prd,g,m} * rAgM_{prd,agm} * FixKst_{agm,t1}) \quad +$$

De kosten van opslag van onverwerkte mest in de eigen regio

$$\sum_{s=1}^{SMes} \sum_{agm=1}^{AgM} \sum_{p=1}^{Proc} \sum_{m=1}^{MReg} (rRegReg_{g,m} * vMst_{s,g,m}) * (rAgM_{s,agm} * qKstOPsEig_{m,agm}) \quad +$$

Anders worden de volgende kosten bij de kostenfunctie opgeteld:

De vaste + de variabele kosten van transport van mest naar de andere regio

$$\sum_{s=1}^{SMes} \sum_{agm=1}^{AgM} \sum_{p=1}^{Proc} \sum_{m=1}^{MReg} ((rRegReg_{g,m} * vMst_{s,g,m} * rAgM_{s,agm} * FixKst_{agm,t1}) \quad +$$

$$(rRegReg_{g,m} * vMst_{s,g,m} * rAgM_{s,agm} * VarKst_{agm,t2} * Afstand_{g,m}))$$

De vaste + de variabele kosten van transport van producten naar de andere regio

$$\sum_{prd=1}^{Prd} \sum_{agm=1}^{AgM} \sum_{p=1}^{Proc} \sum_{m=1}^{MReg} ((rRegReg_{g,m} * vPrd_{prd,g,m} * rAgM_{prd,agm} * FixKst_{agm,t1}) \quad +$$

$$(rRegReg_{g,m} * vPrd_{prd,g,m} * rAgM_{prd,agm} * VarKst_{agm,t2} * Afstand_{g,m}))$$

De kosten voor opslag van onverwerkte mest in de andere regio

$$\sum_{s=1}^{SMes} \sum_{agm=1}^{AgM} \sum_{p=1}^{Proc} \sum_{m=1}^{MReg} (rRegReg_{g,m} * vMst_{s,g,m} * rAgM_{s,agm} * qKstOpsBui_{m,agm})$$

$$= \quad vKosten \quad (4.1)$$

Randvoorwaarden

Voor alle mestsoorten s in alle regio's m geldt dat de hoeveelheid onverwerkte mest die ge-exporteerd wordt groter of gelijk is aan 0.

$$\forall_{s,m} vExport_{s,m} \geq 0 \quad (4.2)$$

Voor alle mestsoorten s in alle regio's m geldt dat de hoeveelheid mest die met een bepaalde procedure p wordt verwerkt groter of gelijk is aan 0.

$$\forall_{s,p} vProc_{s,p,m} \geq 0 \quad (4.3)$$

Voor alle mestsoorten s die geproduceerd zijn in regio m en afgezet worden in regio g geldt dat hun hoeveelheid groter of gelijk is aan 0.

$$\forall_{s,g,m} vMst_{s,g,m} \geq 0 \quad (4.4)$$

Voor alle producten prd die uit regio m worden geëxporteerd geldt dat de hoeveelheid groter of gelijk is aan 0.

$$\forall_{prd,m} vExpPrd_{prd,m} \geq 0 \quad (4.5)$$

Voor alle producten prd die in regio m worden geproduceerd en in regio g worden afgezet, geldt dat de hoeveelheid groter of gelijk is aan 0.

$$\forall_{prd,g,m} vPrd_{prd,g,m} \geq 0 \quad (4.6)$$

Voor alle producten prd die op gewas gew in regio g worden afgezet en in regio m zijn geproduceerd, geldt dat de hoeveelheid groter of gelijk is aan 0.

$$\forall_{prd,gew,g,m} vPrdGew_{prd,gew,g,m} \geq 0 \quad (4.7)$$

Voor alle mestsoorten s die op gewas gew in regio g worden afgezet en in regio m zijn geproduceerd, geldt dat de hoeveelheid groter of gelijk is aan 0.

$$\forall_{s,gew,g,m} vMstGew_{s,gew,g,m} \geq 0 \quad (4.8)$$

De hoeveelheid mest van mestsoort s geproduceerd in regio m , is groter of gelijk aan 0

$$\forall_{s,m} vSMes_{s,m} \geq 0 \quad (4.9)$$

De hoeveelheid geëxporteerde onverwerkte mest s is kleiner of gelijk aan de hoeveelheid onverwerkte mest die maximaal geëxporteerd mag worden.

$$\forall_s ExpSMes_s \geq rExport_s * \sum_{m=1}^{mReg} vExport_{s,m} \quad (4.10)$$

De hoeveelheid verwerkte mest s met een proces p is kleiner of gelijk aan de hoeveelheid mest die maximaal met dat proces verwerkt mag worden.

$$\forall_{s,p} VerwMax_{s,p} \geq rMstProc_{s,p} * \sum_{m=1}^{mReg} vProc_{s,p,m} \quad (4.11)$$

De hoeveelheid geëxporteerde producten prd is kleiner of gelijk aan de hoeveelheid producten prd die maximaal geëxporteerd mogen worden.

$$\forall_{prd} ExpMax_{prd} \geq rExp_{prd} * \sum_{m=1}^{mReg} vExpPrd_{prd,m} \quad (4.12)$$

De hoeveelheid gewas gew die nodig is om de producten af te zetten en de de onverwerkte mest in regio g , is kleiner of gelijk aan de hoeveelheid aanwezig gewas gew in regio g .

$$\begin{aligned} \forall_{gew,g} GewRegio_{gew,g} \geq & \\ & \sum_{m=1}^{mReg} rRegReg_{g,m} * \\ & \left(\sum_{prd=1}^{Prd} (vPrdGew_{prd,gew,g,m} * qPrdGew_{prd,gew,g} * rPrdGew_{prd,gew,g}) \right) + \\ & \left(\sum_{s=1}^{SMes} (vMstGews_{gew,g,m} * qSMesGews_{gew,g} * rSMesGews_{gew,g}) \right) + \end{aligned} \quad (4.13)$$

Evenwichtsvergelijkingen

Voor alle mestsoorten s en regio's m geldt dat de mestproductie s in regio m gelijk is aan de hoeveelheid mest s in regio m die verwerkt mag worden en de hoeveelheid mest s die niet wordt verwerkt.

$$\forall_{s,m} MstRegio_{s,m} = \sum_{p=1}^{Proc} rMstProc_{s,p} * VProc_{s,p,m} + vSMes_{s,m} \quad (4.14)$$

Voor alle producten prd geldt dat de producten die ontstaan door het verwerken van mestsoort s gelijk is aan de afgezette producten in de regio en de geëxporteerde producten.

$$\begin{aligned} \forall_{prd} \sum_{m=1}^{mReg} \sum_{s=1}^{SMes} \sum_{p=1}^{Proc} (rMstProc_{s,p} * rVerw_{s,p,prd} * qVerw_{s,p,prd} * vProc_{s,p,m}) = \\ \sum_{m=1}^{mReg} \sum_{g=1}^{Greg} rRegReg_{g,m} * vPrd_{prd,g,m} + rExpPrd_{prd} * vExpPrd_{prd,m} \end{aligned} \quad (4.15)$$

Voor alle mestsoorten s in regio m geldt dat de hoeveelheid mest die niet wordt verwerkt gelijk aan de hoeveelheid onverwerkte mest die in regio m wordt geproduceerd en in regio g wordt afgezet en de hoeveelheid mest die wordt geëxporteerd.

$$\forall_{s,m} vSMes_{s,m} = \sum_{g=1}^{Greg} (rRegReg_{g,m} * vMst_{s,g,m}) + vExport_{s,m} * rExport_{s,m} \quad (4.16)$$

Voor alle producten prd in regio m geldt dat de hoeveelheid product die geproduceerd is in regio m en afgezet in regio g gelijk is aan de som van de hoeveelheid producten prd afgezet op de verschillende gewassen gew in regio g .

$$\forall_{prd,g,m} vPrd_{prd,g,m} = \sum_{gew=1}^{Gew} rPrdGew_{prd,gew,g} * vPrdGew_{prd,gew,g,m} \quad (4.17)$$

Voor alle mestsoorten s in regio m geldt dat de hoeveelheid geproduceerde mest s in regio m en afgezet in regio g gelijk is aan de som van de afzet van de mestsoort s op de verschillende gewassen gew in regio g .

$$\forall_{s,g,m} vMst_{s,g,m} = \sum_{gew=1}^{Gew} rSMesGew_{s,gew,g} * vMstGew_{s,gew,g,m} \quad (4.18)$$

In bewoording

Doelstellingsfunctie

Vergelijking (4.1)

De kosten zijn:

- de kosten van opslag van te verwerken mest +
- de kosten van verwerking van mest +
- de opbrengsten van afzet van mest in de regio +
- de opbrengsten van afzet van producten in de regio +
- de vaste kosten van export van onverwerkte mest +
- de vaste kosten van export van producten +
- de vaste kosten van transport van te verwerken mest naar de fabriek +
- de kosten van afzet van onverwerkte mest in de regio +
- de kosten van afzet van onverwerkte mest in de regio +

Als de regio waar de mest wordt afgezet gelijk is aan de regio waar de mest is geproduceerd dan:

- de vaste kosten van transport van mest in de eigen regio +

- de vaste kosten van transport van producten in de eigen regio +
- de kosten van opslag van onverwerkte mest in de eigen regio

Anders:

- de vaste kosten van transport van mest naar de andere regio +
- de variabele kosten van transport van mest naar de andere regio +
- de vaste kosten van transport van producten naar de andere regio +
- de variabele kosten van transport van producten naar de andere regio +
- de kosten voor opslag van onverwerkte mest in de andere regio

Einde als.

Randvoorwaarden

Vergelijkingen (4.2) t/m (4.9)

Alle te berekenen variabelen zijn groter of gelijk aan 0.

Vergelijking (4.10)

De door het model berekende export van onverwerkte mest is kleiner of gelijk aan de opgegeven maximaal te exporteren hoeveelheid onverwerkte mest.

Vergelijking (4.11)

De door het model berekende verwerking van mest is kleiner of gelijk aan de opgegeven maximaal te verwerken hoeveelheid mest.

Vergelijking (4.12)

De door het model berekende export van producten is kleiner of gelijk aan de opgegeven maximaal te exporteren hoeveelheid producten.

Vergelijking (4.13)

De ha's van de verschillende gewassen nodig om de producten in Nederland af te zetten + de ha's van de verschillende gewassen nodig om de onverwerkte mest in Nederland af te zetten = de som van de ha's van de verschillende gewassen in de verschillende regio's.

Evenwichtsvergelijkingen

Vergelijking (4.14)

De in een regio geproduceerde mest van mestsoort s is gelijk aan de mest die verwerkt mag worden en de mest die niet wordt verwerkt.

Vergelijking (4.15)

De ontstane producten door het verwerken van mest zijn gelijk aan de afgezette producten in Nederland en de producten die geëxporteerd worden.

Vergelijking (4.16)

De hoeveelheid onverwerkte mest is gelijk aan de mest die wordt afgezet in Nederland en de export van onverwerkte mest naar het buitenland.

Vergelijking (4.17)

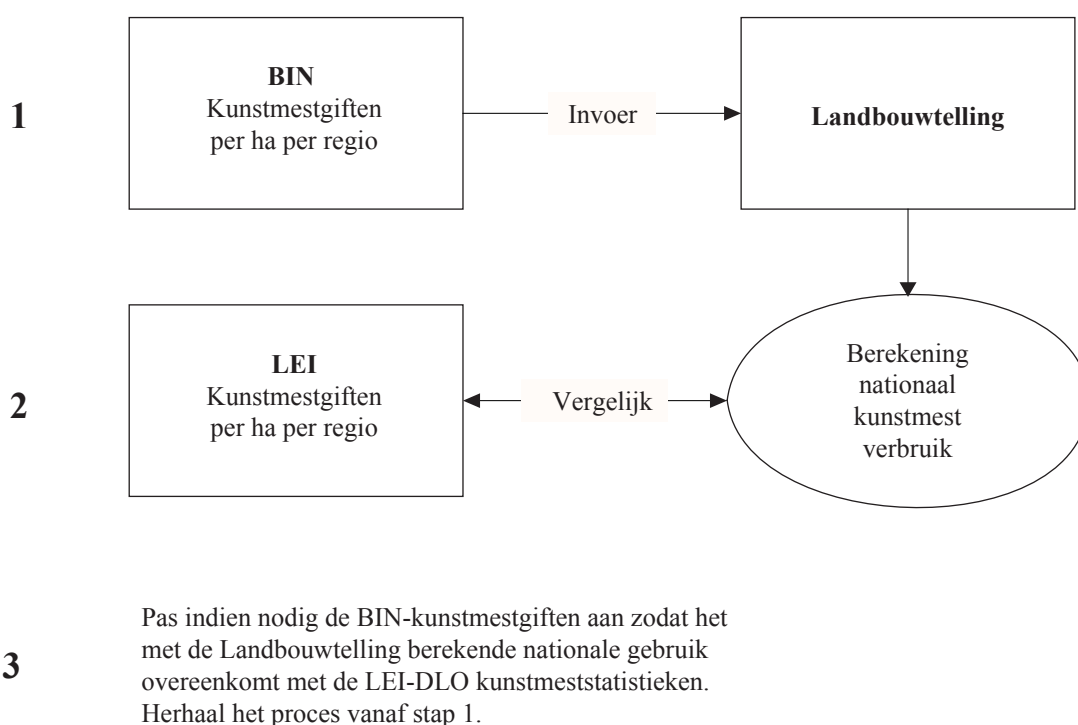
De hoeveelheid producten die in Nederland worden afgezet is gelijk aan de som van de producten die per gewas worden afgezet.

Vergelijking (4.18)

De onverwerkte mest die in Nederland wordt afgezet is gelijk aan de som van de mest die per gewas in Nederland wordt afgezet.

Bijlage 9 IJken van de kunstmestgiften

Met het RIVM is in het verleden afgesproken dat het door het LEI-DLO berekende nationale gebruik van kunstmest overeen moet stemmen met de LEI_DLO kunstmeststatistieken. Het ijken van de berekende kunstmestgiften per ha gewas per regio aan de LEI-DLO kunstmeststatistieken is op te splitsen in 2 fasen:

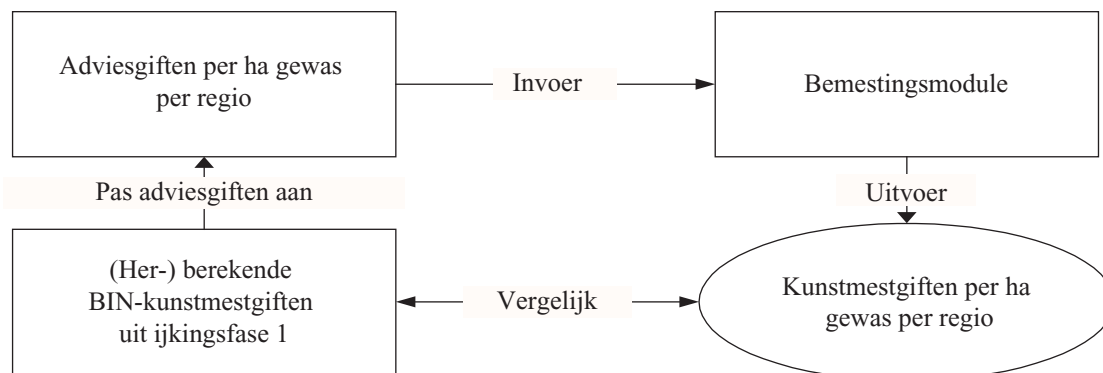


Figuur B9.1 Overzicht eerste ijkingsfase

Uit het Informatienet worden voor stikstof, fosfaat en kali de kunstmestgiften per ha gewas per regio afgeleid. Deze giften worden gebruikt voor het berekenen van het landelijk verbruik. Hiertoe worden de gewassen voor alle bedrijven in de Landbouwtelling vermenigvuldigd met de kunstmestgiften uit het Informatienet (fase I). Het nu berekende gebruik van kunstmest op nationaal niveau wordt vergeleken met de LEI-DLO kunstmeststatistieken (fase II). Als hiertussen verschillen bestaan dan worden de kunstmestgiften per ha gewas per regio met het procentuele verschil aangepast. Met andere woorden voor alle regio's en gewassen worden de giften evenredig verhoogd of verlaagd.

Vervolgens wordt opnieuw fase I, II en III doorlopen, net zolang tot de nationaal berekende kunstmestgiften uit de Landbouwtelling overeenkomen met de LEI-DLO

kunstmeststatistieken. Meestal is deze overeenstemming bereikt na de uitvoering van 1 stap.



Figuur B9.2 Overzicht tweede ijkingsfase

In de tweede ijkingfase wordt gestart met de adviesgiften. Deze dienen als invoer van de bemestingsmodule. Aan de hand van de adviesgiften en andere kengetallen worden de kunstmestgiften op bedrijfsniveau berekend. Deze berekende kunstmestgiften per gewas op bedrijfsniveau worden geaggregeerd naar de kunstmestgiften per ha gewas per regio. Deze berekende giften worden vergeleken met de (her)berekende kunstmestgiften uit het Informatienet uit fase I. Als er verschillen zijn, worden de adviesgiften procentueel met het verschil aangepast. Vervolgens start het proces opnieuw. Dit gaat net zolang door totdat de berekende kunstmestgiften per ha gewas per regio uit de bemestingsmodule overeenkomen met de (her)berekende BIN- kunstmestgiften (Dit gaat in ongeveer 20 berekeningsronden).

Punten voor verbetering

De LEI-DLO kunstmeststatistieken zijn gebaseerd op enquêtes onder kunstmestproducenten en een groot aantal importeurs. Hieruit wordt onder andere de afzet van kunstmest in Nederland afgeleid. In de huidige ijkingprocedure worden afzetcijfers vergeleken met gebruikscijfers. Er wordt geen rekening gehouden met voorraadvorming.

Een ander probleem is dat in de Mest- en Ammoniakmodellen geen rekening wordt gehouden met het kunstmestgebruik in de glastuinbouw en dit verbruik is wel verwerkt in de afzetcijfers (globaal gaat het om 2% van het stikstofkunstmestverbruik).

Nog een probleem is dat de fosfaat- en kalikunstmestgiften worden toegedeeld aan de hand van de onttrekking van de gewassen. Deze verdeling hoeft niet altijd juist te zijn.