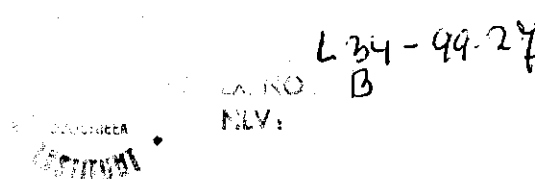


Vergelijking Mest- en Ammoniakmodellen en Stofstromenmodel

Hetty Visee
Hans Leneman



Oktober 1999

Rapport 99.27

LEI, Den Haag

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.
1. Inleiding	7
1.1 Doelstelling	7
1.2 Afbakening	7
1.3 Opzet van het rapport	8
2. Mest- en Ammoniakmodellen	9
2.1 Inhoudelijke beschrijving Mest- en Ammoniakmodellen	9
2.2 Toepassingsmogelijkheden	12
2.3 Kwaliteitsaspecten	13
3. Stofstromenmodel	14
3.1 Inhoudelijke beschrijving Stofstromenmodel	14
3.2 Toepassingsmogelijkheden	16
3.3 Kwaliteitsaspecten	17
4. Verschillen en overeenkomsten	18
4.1 Resultaatgroepen	18
4.1.1 Mestproductie	19
4.1.2 Mestaanvoer, mestafvoer en mestoverschotten	19
4.1.3 Bodembelasting (bodembalansen)	20
4.1.4 Ammoniakemissie	22
4.1.5 Mineralenbalansen	22
4.1.6 Kosten van maatregelen	23
4.2 Invoergegevens en niveau van de berekeningen	23
4.3 Belangrijkste verschillen en overeenkomsten	24
5. Conclusies en aanbevelingen	27
5.1 Conclusies	27
5.2 Aanbevelingen	29

1. Inleiding

De sectie MESO beschikt over twee modellen met betrekking tot de mineralenproblematiek, namelijk de Mest- en Ammoniakmodellen en het Stofstromenmodel. Deels berekenen de modellen dezelfde variabelen zoals de mestproductie en de ammoniakemissie, maar ieder model heeft ook zijn unieke modelresultaten. Steeds vaker bestaat onduidelijkheid over de mogelijkheden van beide modellen en komt de vraag naar boven of bij de beantwoording van een onderzoeksvraag gebruik moet worden gemaakt van het Stofstromenmodel dan wel van de Mest- en Ammoniakmodellen. Deze notitie beoogt deze onduidelijkheid te verminderen door beide modellen met elkaar te vergelijken waarbij vooral wordt gelet op de gevolgen van verschillen en overeenkomsten voor de toepassingsmogelijkheden van beide modellen.

1.1 Doelstelling

De doelstelling van het onderzoek is tweeledig:

1. vergelijken van de Mest- en Ammoniakmodellen met het Stofstromenmodel;
2. aangeven voor welk doel welk model het meest geschikt is.

In de oorspronkelijke doelstelling van het project wordt onder punt 1 ook de vergelijking genoemd met de mineralenbalansen van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Deze notitie beperkt zich tot een vergelijking van de Mest- en Ammoniakmodellen en het Stofstromenmodel. Deze notitie kan vervolgens in een later stadium worden gebruikt als basis voor een overleg met het CBS, waarin verschillen tussen de Mest- en Ammoniakmodellen, het Stofstromenmodel en de mineralenbalansen van het CBS aan de orde zullen komen.

1.2 Afbakening

Zoals aangeven beperkt de vergelijking zich tot een vergelijking van de Mest- en Ammoniakmodellen en het Stofstromenmodel. De aandacht ligt vooral op de toepassingsmogelijkheden van de modellen op basis van inhoudelijke aspecten. De verschillen en overeenkomsten tussen beide modellen zullen niet worden gekwantificeerd in de vorm van vergelijkbare modelruns met beide modellen.

1.3 Opzet van het rapport

In hoofdstuk 2 volgt een beschrijving van het Mest- en Ammoniakmodel waarbij aandacht zal worden besteed aan onder andere inhoudelijke en modelmatige aspecten van het model en de toepassingsmogelijkheden. In hoofdstuk 3 volgt een soortgelijke beschrijving voor het Stofstromenmodel. In hoofdstuk 4 wordt vervolgens aandacht besteed aan de verschillen en overeenkomsten tussen beide modellen. Het rapport wordt afgesloten met een hoofdstuk conclusies waarin antwoord wordt gegeven op de vraag voor welk doel welk model het meest geschikt is.

2. Mest- en Ammoniakmodellen

In dit hoofdstuk zal een beschrijving worden gegeven van de Mest- en Ammoniakmodellen waarbij aandacht zal worden besteed aan inhoudelijke aspecten evenals toepassingsmogelijkheden en zaken met betrekking tot de kwaliteitsaspecten van modellering.

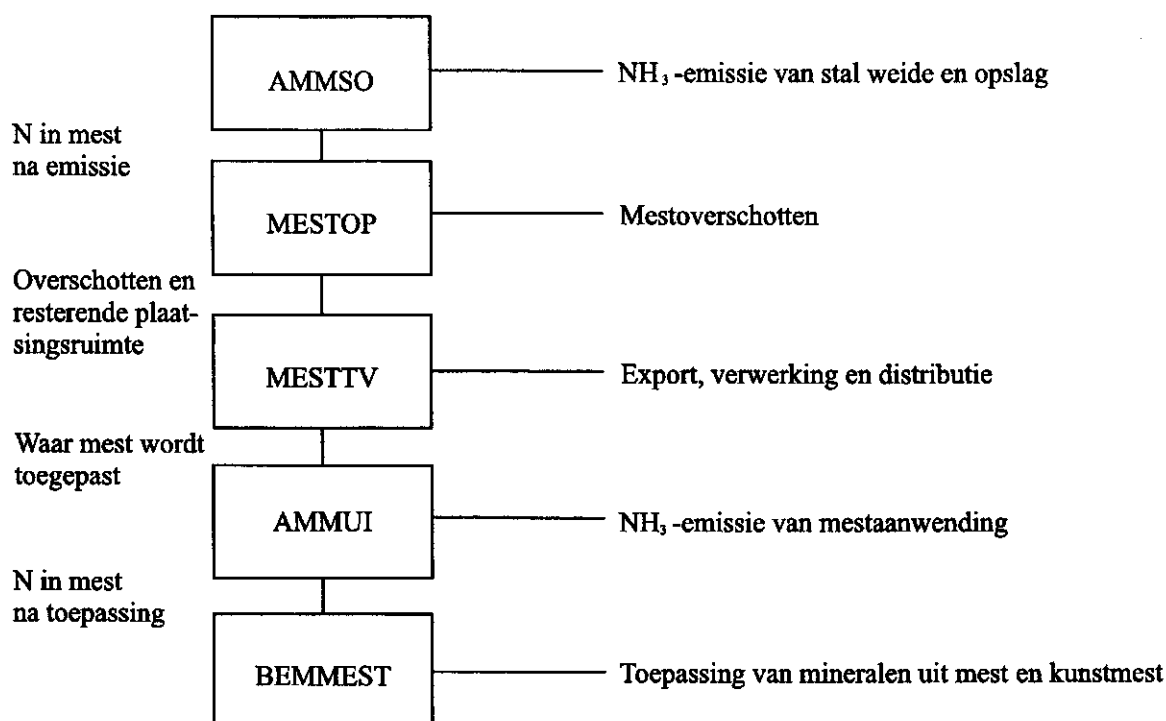
2.1 Inhoudelijke beschrijving Mest- en Ammoniakmodellen

Het doel van het model is het verkrijgen van inzicht in de huidige en toekomstige niveaus van mest- en mineralenoverschotten en ammoniakemissies in Nederland. Als mede in de verwerking, export, kosten en distributie van mest en de bodembelasting met mineralen. De Mest- en Ammoniakmodellen kunnen gezien worden als een clustering van samenhangende modules. De onderstaande modules kunnen worden onderscheiden:

- Ammoniak stal- en opslagmodel (AMMSO); berekent de emissie in de stal, de opslag en de weide bij weidend rundvee;
- Mestoverschotmodel (MESTOP); berekent de mestproductie, plaatsingsmogelijkheden en de resulterende bedrijfsoverschotten;
- Mesttransport- en verwerkingsmodel (MESTTV); berekent de optimale afzet van bedrijfsoverschotten en de bijbehorende kosten;
- Ammoniak uitrijden-model (AMMUI); berekent de emissie van ammoniak tijdens het uitrijden;
- BEMMEST; berekent de belasting van de bodem met mineralen uit dierlijke mest en kunstmest.

In figuur 2.1 staat een schematische weergave van de samenhang tussen de verschillende modules.

In het vervolg van deze paragraaf zal per module worden aangegeven wat er wordt berekend, op welk niveau de berekeningen plaatsvinden en welke modelresultaten kunnen worden gegenereerd. Deze paragraaf wordt afgesloten met een beschrijving van de databronnen van de Mest- en Ammoniakmodellen. Een uitgebreide inhoudelijke beschrijving kan worden gevonden in Luesink en Van der Veen (1989), Luesink (1993), Oudendag en Wijnands (1989) en Oudendag (1993). Een volledig overzicht van de outputvariabelen van het model is opgenomen in bijlage 1.



Figuur 2.1 Schematische weergave Mest- en Ammoniakmodellen

AMMSO-model

Het AMMSO-model berekent de ammoniakemissie naar diersoort en emissieplaats op basis van de stikstofstromen. De berekeningen worden uitgevoerd op bedrijfsniveau en geaggregeerd naar gemeenteniveau of mestregioniveau ¹. Input zijn het aantal dieren, de stikstofexcretie, de verdeling van de dieren over verschillende huisvestingssystemen, de vervluchtigingspercentages bij de verschillende huisvestingssystemen, de aanwezigheid van opslag en de vraag of de opslag al dan niet afgedekt is. De stikstof in de mest nadat de emissies uit stal en opslag hebben plaatsgevonden, is input voor het volgende model, het MESTOP-model.

MESTOP-model

Het MESTOP-model berekent de mest- en mineralenproducties en mestoverschotten op bedrijfsniveau. De mestoverschotten op bedrijfsniveau bestaan uit de mest die in het kader van toedieningsnormen niet plaatsbaar is op het bedrijf. Deze gegevens worden geaggregeerd naar gemeenteniveau of mestregioniveau. Verder wordt bijgehouden welke arealen nog niet zijn bemest na toedeling van de mest op bedrijfsniveau. Input voor het model zijn de excreties per diergroep, de mestnormering, aantal dieren en aantal hectaren van de ver-

¹ Er worden 31 zogenaamde mestregio's onderscheiden. De 31 onderscheiden gebieden zijn gevormd op basis van een aantal criteria zoals homogeniteit, continuïteit en tot provincies herleidbaar.

schillende gewassen. De mestproducties en -overschotten en de nog onbemeste hectaren zijn input voor het volgende model, het MESTTV-model.

MESTTV-model

In het MESTTV-model wordt overschotmest of verdeeld over Nederland of geëxporteerd en/of verwerkt. Het model is een LP-model wat als doelfunctie heeft de kosten op nationaal niveau te minimaliseren. De verdeling van de mest gebeurt aan de hand van distributiekosten, opbrengsten per mestsoort en acceptatiegraden. De acceptatiegraden geven de bereidheid aan van boeren om bedrijfsvreemde mest op hun land aan te wenden. Hoe lager de acceptatiegraden, hoe groter de kans is dat overschotmest niet binnen Nederland kan worden geplaatst. Bovendien sturen de acceptatiegraden de mesttransportstromen. De acceptatiegraden worden zo gekozen dat de mesttransportstromen zoveel mogelijk overeenkomen met de registratie van de Landelijke Mestbank. Het model rekent op het niveau van de 31 mestregio's. De resultaten worden gedesaggregeerd naar gemeenteniveau. Het model levert als output de mesttransportstromen tussen de regio's, kosten van distributieactiviteiten (opslag, transport, enzovoort) en de benodigde verwerkings- en exportcapaciteit. Het model levert aan het volgende model (AMMUI-model) gegevens omtrent waar welke mest wordt aangewend.

AMMUI-model

In het AMMUI-model wordt de emissie bij het aanwenden van de mest berekend. De gegevens worden berekend op gemeenteniveau en indien nodig geaggregeerd naar mestregioniveau. De benodigde invoer voor het model is de plaats waar de mest wordt afgezet en een verdeling van het gebruik van mestaanwendtechnieken met de bijbehorende vervluchtigingspercentages. Het model houdt bij hoeveel stikstof in de mest aanwezig is na het aanwenden van de mest. Dit is de input voor het laatste deelmodel, het BEMMEST-model.

BEMMEST-model

In het BEMMEST-model wordt de bodembelasting met mineralen berekend, het kunstmestverbruik en de emissie van ammoniak uit kunstmest. Input voor dit model zijn gegevens over het kunstmestgebruik uit het Bedrijven-Informatienet van het LEI (het Informatienet), bemestingsadviesgiften en de bemesting met dierlijke mest uit de voorgaande modellen. De gegevens worden op bedrijfsniveau berekend en geaggregeerd naar gemeenteniveau.

Databronnen

De data die voor de modelberekeningen worden gebruikt, kunnen gegroepeerd worden in gegevens met betrekking tot:

1. aantal dieren en het areaal van verschillende gewassen;
2. mest- en mineralenexcreties;
3. emissiefactoren voor ammoniak;

4. gebruik van technieken om de emissie van ammoniak te beperken;
5. verwerking, export, opbrengsten en distributiekosten van mest;
6. bereidheid om mest van andere bedrijven te accepteren.

Het aantal dieren en het areaal van de verschillende gewassen wordt verkregen uit de jaarlijkse Landbouwtelling. De tweede groep van gegevens worden jaarlijks vastgesteld door de zogenaamde Werkgroep Uniformering Mestcijfers (WUM-werkgroep). De emissiefactoren voor ammoniak (groep 3) zijn gebaseerd op metingen en ervaring. Voor groep 4 zijn voor een deel van Nederland gegevens beschikbaar uit de Landbouwtelling en een ander deel kan verkregen worden via lokale overheden. Data met betrekking tot de verwerking, export, opbrengsten en distributiekosten van mest zijn gebaseerd op praktijk ervaringen. De bereidheid om mest van andere bedrijven te accepteren wordt gebaseerd op gegevens uit het Informatienet en een afstemming op nationaal niveau met gegevens van de Mestbank.

2.2 Toepassingsmogelijkheden

De toepassingsmogelijkheden van de Mest- en Ammoniakmodellen zullen allereerst worden beschreven aan de hand van een algemene beschrijving van de onderzoeksvragen waarvoor het model kan worden gebruikt. Daarnaast zal worden aangegeven voor welke onderzoeksvragen het model al is gebruikt.

Onderzoeksvragen

Het model geeft inzicht in de effecten van verplichte aanpassingen, zoals bijvoorbeeld verplichte stalaanpassingen, toedieningsnormen van dierlijke mest, afdekken van mestsilo's en emissiearm aanwenden, op mest- en mineralenoverschotten, ammoniakemissie en de nationale distributie- en verwerkingskosten van mest. Het model kan in dit kader worden gebruikt voor scenarioanalyses, monitoring en beleidsevaluerend onderzoek.

Onderzoeken met het model

In het kader van beleidsevaluerend onderzoek zijn de Mest- en Ammoniakmodellen ingezet voor onder andere: 'Het Plan van Aanpak Beperking Ammoniakemissie' (1989), 'Evaluatie Mestbeleid' (1993) en 'Evaluatie Ammoniakbeleid' (1993). Een voorbeeld van monitoringsonderzoek waarvoor de Mest- en Ammoniakmodellen regelmatig worden ingezet zijn berekening van de bodembalansen (stikstof, fosfaat en kali) voor de land- en tuinbouw in de provincie Zuid-Holland. Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor de jaren 1989, 1992, 1995 en zullen dit jaar voor 1997 worden uitgevoerd. Daarnaast wordt het model jaarlijks ingezet voor berekeningen in het kader van de Milieu Balansen en vier jaarlijks voor de Milieuverkenningen. Dit gebeurt in de vorm van een samenwerking met het RIVM. Binnen het LEI wordt het model ook vaak ingeschakeld bij uiteenlopende onderzoeksprojecten.

2.3 Kwaliteitsaspecten

Bij een beschrijving van de mogelijkheden van modellen dienen ook softwarematige zaken worden meegenomen. Dit wordt mede gestimuleerd door de wens om in de toekomst te beschikken over ISO-gecertificeerde modellen. Daar het onderzoeken van de mogelijkheden tot certificering van de modellen niet tot de hoofddoelstellingen van dit onderzoek wordt gerekend zal het gedeelte over de IT-aspecten van beide modellen beperkt worden tot eisen waaraan een model softwarematig zou moeten voldoen om ingezet te kunnen worden in het onderzoeksproces. Bouma (1997) heeft vier aspecten genoemd waaraan een model zou moeten voldoen om vragen van opdrachtgevers te kunnen beantwoorden. Het betreffen de aspecten tijdigheid, flexibiliteit, consistentie en geloofwaardigheid. Deze aspecten zijn door hem vertaald in de eisen onderhoudbaarheid, overdraagbaarheid, reproduceerbaarheid en foutgevoeligheid. Op deze eisen zal worden ingezoomd bij de bespreking van de kwaliteitsaspecten van de Mest- en Ammoniakmodellen en het Stofstromenmodel.

De Mest- en Ammoniakmodellen zijn geprogrammeerd in Foxpro en GAMS en draaien op een interne server. De dataopslag wordt intern geregeld. Versie afhankelijke data wordt centraal opgeslagen. Variant afhankelijke data wordt op de eigen schijf opgeslagen. Door het variantbeheer wordt (intern) per variant een directory gecreëerd waarop variant afhankelijke data komen te staan.

Ten aanzien van de *onderhoudbaarheid* van het model kan worden opgemerkt dat er een behoorlijke inspanning moet worden geleverd om gegevens voor een nieuwe berekening te verzamelen en handmatig in te voeren. Een nieuwe berekening kan betrekking hebben op zowel een recent jaar waarvoor de gegevens recent beschikbaar zijn gekomen, een toekomstig jaar of een jaar in het verleden waarvoor nog niet eerder berekeningen zijn uitgevoerd. Veranderingen in de uitgangspunten voor berekeningen kosten vervolgens veel minder aanpassingstijd.

Ten aanzien van de *overdraagbaarheid* kan voor de Mest- en Ammoniakmodellen worden opgemerkt dat er enkele mensen (3, 1 fte) met het model kunnen werken. Wanneer deze mensen niet meer beschikbaar zouden zijn dan blijft de documentatie met betrekking tot het model beperkt tot de onderzoeksverslagen. De documentatie om daadwerkelijk zelfstandig en verantwoord met het model te kunnen werken is nog niet beschikbaar.

Voor de eis van *reproduceerbaarheid* kan worden opgemerkt dat zaken als invoergegevens en codes reproduceerbaar zijn opgeslagen. In een uitvoerfile worden echter niet alle gegevens, zoals gebruikte invoerbestanden opgenomen om berekeningen en bewerkingen op basis van de uitvoerfile te kunnen reproduceren. Deze liggen echter wel vast middels het versie- en variantbeheer.

De *foutgevoeligheid* van het model wordt binnen de Mest- en Ammoniakmodellen enerzijds beperkt doordat er voorzieningen zijn tegen misbruik van het model onder andere in de vorm van signalering van fouten, ontbrekende gegevens en parameters. Anderzijds is de correctheid van de berekeningen/bewerkingen getoetst. Ook aan de validatie van het model, i.e. of het model de werkelijkheid beschrijft, is veel aandacht besteed.

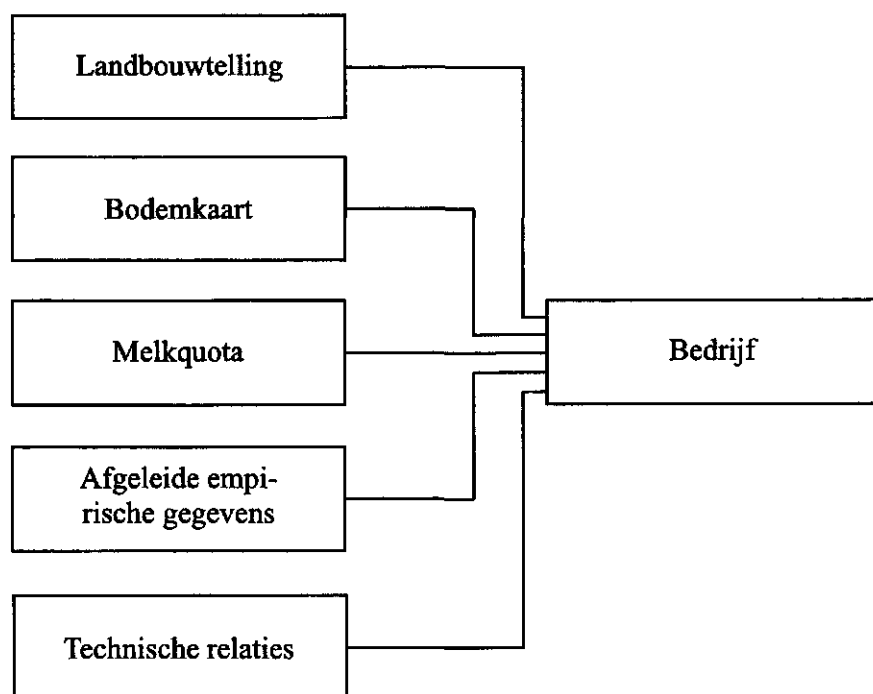
3. Stofstromenmodel

In dit hoofdstuk zal op dezelfde wijze als in hoofdstuk 2 gedaan is voor de Mest- en Ammoniakmodel een beschrijving worden gegeven van het Stofstromenmodel. Voor het Stofstromenmodel kan een uitgebreidere inhoudelijke beschrijving worden gevonden in Van der Veen et al. (1993), Leneman et al. (in press) en Leneman et al. (in press).

3.1 Inhoudelijke beschrijving Stofstromenmodel

Het doel van het Stofstromenmodel is het bepalen van de aard en omvang en de ruimtelijke verdeling van de emissies van N, P, K en C vanuit landbouwbedrijven naar het milieu in Nederland en het aangeven van de milieu en economische effecten van 'autonome' ontwikkelingen en van specifieke maatregelen in Nederland.

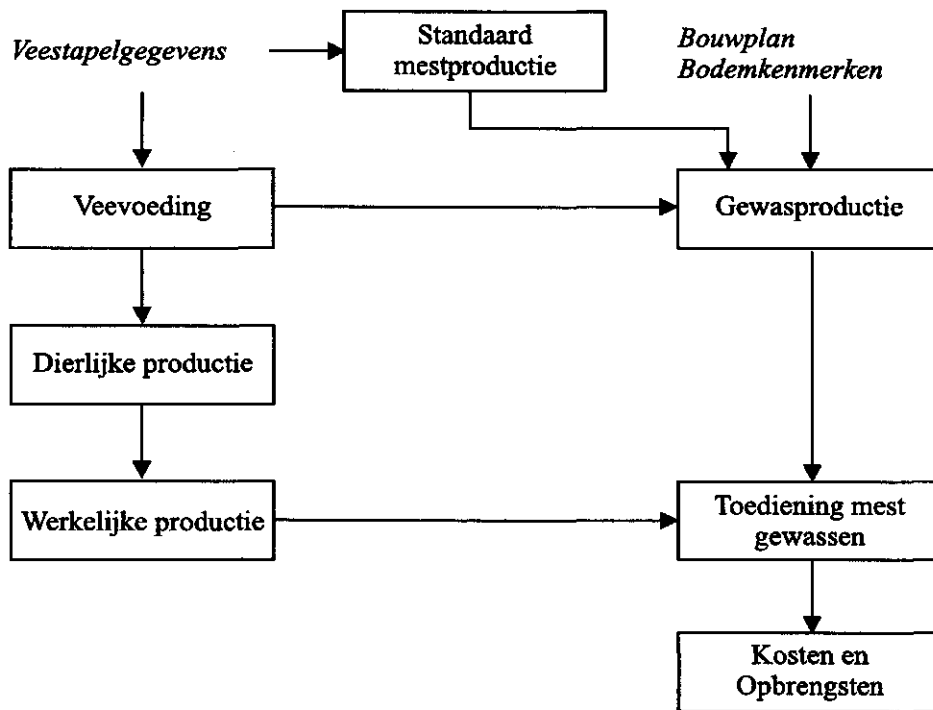
Het Stofstromenmodel is een microsimulatiemodel dat de N-, P-, K- en C-stromen en de aard, omvang en locatie van de bijbehorende emissies in de gehele Nederlandse landbouw beschrijft. Het model bestaat uit een combinatie van relaties afkomstig uit technisch onderzoek, empirische gegevens over de structuur van de landbouw en over de bodem in Nederland, afgeleide empirische gegevens (bijvoorbeeld aankoop van kunstmest voor grasland), informatie over de locatie van de landbouw en melkquota bestanden voor de produc-



Figuur 3.1 Informatiebronnen Stofstromenmodel

tie van melkvee. Figuur 3.1 geeft een overzicht van de informatie die bij het Stofstromenmodel wordt gebruikt.

Startpunt voor de modelberekeningen vormen de individuele landbouwbedrijven. De berekeningen van de mineralenstromen binnen het model vinden op bedrijfsniveau plaats. De systeemgrenzen zijn de onderkant van de wortelzone en de bovenzijde van gewassen en gebouwen (verticaal) en de ruimtelijke begrenzing van het bedrijf (horizontaal). Het bedrijfsmodel berekent voor ieder individueel bedrijf de nutriëntenstromen. Resultaten kunnen worden geaggregeerd tot een aantal gewenste niveaus, bijvoorbeeld grid, gemeente of sector. Figuur 3.2 geeft het principe van het bedrijfsmodel weer.



Figuur 3.2 Stroomschema van het bedrijfsmodel

Toelichting op figuur 3.2

Op basis van de omvang en samenstelling van de veestapel en een ingeschatte mest- en nutriëntenproductie per dier wordt de mestproductie op bedrijfsniveau berekend. Aan de hand van het bouwplan, de bemestingsnormen per gewas en de regio waarin het bedrijf zich bevindt, worden vervolgens de plaatsingsmogelijkheden van mest berekend.

Voor relaties tussen bemestingniveaus en productieniveau is een indeling naar gewasgroepen gemaakt. De gewasproductie is afhankelijk van de dierlijke mestgift, kunstmestgift, nutriënten in tijdens de beweiding uitgescheiden mest en urine, de mineralisatie in de bodem, de nutriënten die met de depositie mee komen en het vochtleverende vermogen van de bodem. Voor ongeveer 90% van het landbouwareaal zijn specifieke gewaspro-

ductiefuncties gemodelleerd. Voor de overige gewassen wordt een gemiddelde productie verondersteld. Gegevens over bemesting met kunstmest en dierlijke mest en beweidingssysteem worden uit het Informatienet afgeleid.

Ook de veestapel is in groepen gedeeld. Het modelleren van de intensieve veehouderij vindt plaats volgens de rekenmethode die door de Werkgroep Uniformering Mestcijfers is gevolgd om de excretie te berekenen. Een belangrijk aspect van het Stofstromenmodel is de integratie tussen dierlijke en plantaardige productie op melkveebedrijven. Een deel van de gewassen dient als veevoer. Voor melkkoeien wordt het rantsoen berekend op basis van de energiebehoefte. Deze wordt bepaald door de melk- en vetproductie per koe. Voor de overige diergroepen is met de WUM als basis per diergroep een vast rantsoen aangenomen (ruwvoer, krachtvoer). Het niveau van de dierlijke productie en de plantaardige productie bepalen gezamenlijk de benodigde aankoop van zowel kracht- als ruwvoer.

De ammoniakvervluchtiging van uitgereden drijfmest is afhankelijk van de gebruikte toedieningstechniek. De ammoniakvervluchtiging uit de weide geproduceerde mest en urine wordt berekend op basis van een emissiepercentage vermenigvuldigd met de totale hoeveelheid. Een soortgelijke benadering is gekozen voor de overige ammoniakemissies. Voor de nutriënten N, P, K en C kan de mutatie van de bodemvoorraad worden berekend als de som van de aanvoer in de vorm van onder andere de nutriënten in de toegediende mest en de weide en oogstverliezen en de som van de afvoer (onder andere mineralisatie).

Voorlopige resultaten van het model worden op een aantal punten vergeleken met andere bronnen en indien nodig vinden aanpassingen van aannames of relaties in het model plaats. De productie van akkerbouwgewassen is geïjkt op basis van vergelijkingen op hectare basis. Krachtvoeraankopen, ruwvoeraankopen en -verkopen worden bij de ijking samengenomen vanwege hun onderlinge afhankelijkheid. De aan- en afvoer van ruwvoer moeten nationaal gezien ongeveer met elkaar in evenwicht zijn. Op bedrijfsniveau vindt de ijking van deze voerstromen plaats door vergelijking met de waarnemingen in het Informatienet. De uitkomsten hiervan worden vervolgens vergeleken met statistieken die op nationaal niveau worden bijgehouden. De transporten van dierlijke mest zijn vergeleken met de gegevens van de Landelijke Mestbank.

De resultaten van het Stofstromenmodel kunnen worden weergegeven in de vorm van een stikstof-, een kalium- en een fosforbalans voor individuele bedrijven. De balansen voor individuele bedrijven kunnen worden geaggregeerd tot resultaten per sector, per gewasgroep, per gemeente, per groep gridcoördinaten, per provincie of per landbouwgebied. Verder kunnen er ook balansen per gewasgroep en per diergroep worden weergegeven. De balansen voor gewassen en diergroepen geven met name inzicht in de interne stromen op bedrijven en in de emissies. De balansen per bedrijf bevatten onder andere informatie over de stromen tussen bedrijven, transporten van ruwvoer en dierlijke mest, en over emissies. Voor een volledige beschrijving van de modelresultaten van het Stofstromenmodel wordt verwezen naar bijlage 1.

3.2 Toepassingsmogelijkheden

De toepassingsmogelijkheden voor het Stofstromenmodel kunnen nog niet zo zeer worden afgeleid van de reeds onderzochte onderzoeksvragen, daar het model de laatste jaren nog

volop in ontwikkeling was. In het onderdeel onderzoeken met het model zal dan ook vooral worden ingegaan op lopende ontwikkelingen op dit terrein.

Onderzoeksvragen

Het model kan worden gebruikt voor monitoring en analyse van nutriëntenstromen en nutriëntenverliezen. Ook kan het model op basis van veronderstellingen toekomstige ontwikkelingen, bijvoorbeeld in de vorm van gebieds- en verbodsbepalingen inzichtelijk maken (scenarioanalyses).

Onderzoeken met het model

De verschillende onderzoeksverslagen waarin het model wordt beschreven, geven naast een modelbeschrijving ook inzicht in de mogelijke onderzoeksvragen die met het model kunnen worden beantwoord. Het Stofstromenmodel is reeds gebruikt voor berekeningen in het kader van een onderzoek op het gebied van Levenscyclusanalyse (LCA). Ook wordt er binnen verschillende programmaonderzoeken gewerkt aan de koppeling van het Stofstromenmodel met andere modellen binnen DLO. Zo is er een koppeling gemaakt met ANIMO voor het consistent doorrekenen van nutriëntenstromen naar milieukwaliteit. Daarnaast wordt er gewerkt aan het toevoegen van waterstromen aan het model.

3.3 Kwaliteitsaspecten

Het Stofstromenmodel is geprogrammeerd in Fortran en draait op VAX/AXP. De data-opslag is in ASCII en binaire files.

Het Stofstromenmodel is data-intensief. Dit betekent ten aanzien van de onderhoudbaarheid van het model dat er behoorlijke tijdsinspanning nodig is bij berekeningen voor een nieuw jaar.

Met het Stofstromenmodel kunnen 2 personen binnen het LEI werken (1 fte en 0,5 fte bij AB-DLO). De overdraagbaarheid van het model is verder geregeld in de vorm van onderzoeksverslagen en een verouderde gebruikershandleiding. Op basis van de gebruikershandleiding is het echter niet mogelijk zelfstandig (zonder ondersteuning van de huidige gebruikers) het onderzoek met het Stofstromenmodel voort te zetten.

Ten aanzien van de reproduceerbaarheid kan worden opgemerkt dat zaken als invoergegevens en codes reproduceerbaar zijn opgeslagen. In een uitvoerfile worden echter niet alle gegevens, zoals gebruikte invoerbestanden opgenomen om een berekeningen en bewerkingen op basis van de uitvoerfile te kunnen reproduceren.

De foutgevoeligheid van het model wordt ondervangen doordat is geconcludeerd dat de berekeningen/bewerkingen correct worden uitgevoerd. Er zijn echter geen voorzieningen getroffen tegen misbruik van het model en ontbrekende parameters worden niet gesignaleerd. Ook een volledige validatie van het model vergt nog een behoorlijke tijdsinspanning.

4. Verschillen en overeenkomsten

In dit hoofdstuk zal aandacht worden besteed aan de belangrijkste verschillen en overeenkomsten tussen de Mest- en Ammoniakmodellen en het Stofstromenmodel. De consequenties die deze verschillen hebben voor de gebruiksmogelijkheden van de Mest- en Ammoniakmodellen enerzijds en het Stofstromenmodel anderzijds worden toegelicht in hoofdstuk 5. Allereerst zullen de belangrijkste verschillen tussen beide modellen worden toegelicht aan de hand van resultaatgroepen (paragraaf 4.1). Alvorens in paragraaf 4.3 de conclusies omtrent de belangrijkste verschillen en overeenkomsten tussen beide modellen worden gepresenteerd zal in paragraaf 4.2 nog expliciet aandacht worden besteed aan het niveau waarop de modelberekeningen plaatsvinden en de informatiebronnen die worden gebruikt.

4.1 Resultaatgroepen

De belangrijkste verschillen en overeenkomsten tussen de Mest- en Ammoniakmodellen en het Stofstromenmodel worden geanalyseerd aan de hand van resultaatgroepen. Deze resultaatgroepen zijn op basis van de mogelijke output van beide modellen gevormd en sluiten aan bij concrete beleidsthema's. De volgende resultaatgroepen worden achtereenvolgens besproken: mestproductie, mestaanvoer, mestafvoer en mestoverschotten, bodembelasting (bodembalansen), ammoniakemissie, mineralenbalansen en kosten van maatregelen. Per resultaatgroep wordt een beschrijving gegeven van de manier van berekenen in beide modellen en het niveau waarop de berekening plaatsvindt.

Bij de resultaatgroepen mestproductie en mestoverschotten kunnen de resultaten worden verbijzonderd naar soorten dieren, mineralen en mest. Mestaanvoer en -afvoer kunnen worden weergegeven naar soorten mineralen en soorten mest. De bodembelasting naar soorten mineralen en gewassoorten. De ammoniakemissie naar mestsoort en diersoort. De berekening van de mineralenbalansen in het Stofstromenmodel kan worden uitgesplitst naar soorten gewas, dier en mineralen.

De modellen kennen een andere mate van detail ten aanzien van soorten dieren, gewassen, mineralen en mest. In de Mest- en Ammoniakmodellen worden meer mestsoorten onderscheiden dan in het Stofstromenmodel door de koppeling die wordt gemaakt met huisvesting van dieren. Voor soorten dieren, gewassen en mineralen geldt dat in de Mest- en Ammoniakmodellen de gewenste uitsplitsing per modelberekening kan worden aangegeven waarbij voor de uitsplitsing naar gewassen en dieren de mate van uitsplitsing in de Landbouwtelling als bovengrens geldt. Voor het Stofstromenmodel geldt dat er standaard 30 diersoorten, 14 gewassoorten en 4 soorten mineralen worden onderscheiden (zie ook bijlage 1).

4.1.1 Mestproductie

In beide modellen wordt de mestproductie op bedrijfsniveau berekend door het aantal dieren of het aantal dieren binnen een diercategorie te vermenigvuldigen met de gemiddelde excretie van de betreffende diersoort. In de Mest- en Ammoniakmodellen wordt de nutriëntenuitscheiding per dier bepaald door te rekenen met gemiddelde WUM-excretiecijfers per diersoort. In het Stofstromenmodel wordt expliciet aandacht besteed aan de bedrijfsspecifieke samenhang tussen plantaardige en dierlijke productie door op bedrijfsniveau een koppeling te maken tussen gewasproductie en de samenstelling van de mest. De berekening van de dierlijke mest en de gewasproductie wordt enige malen uitgevoerd om de verschillen tussen dierlijke en plantaardige productie te beperken. Beide modellen kunnen inzicht geven in de mestproductie op verschillende aggregatieniveaus vanaf het bedrijfsniveau, voor de onderscheiden diercategorieën, verschillende mestsoorten en verschillende soorten mineralen.

Ter berekening van de mestproductie maken de Mest- en Ammoniakmodellen gebruik van gegevens omtrent de aanwezige veestapel uit de Landbouwtelling. Voor berekeningen van de mestproductie op een hoger aggregatieniveau, bijvoorbeeld gemeente of voor Nederland wordt dezelfde methode gehanteerd.

Voor de berekening van de mestproductie op bedrijfsniveau wordt in het Stofstromenmodel gebruikgemaakt van gegevens uit de Landbouwtelling. In het Stofstromenmodel kan de mestproductie voor een gebied worden bepaald door per bedrijf in het betreffende gebied de mestproductie te bepalen.

4.1.2 Mestaanvoer, mestafvoer en mestoverschotten

Zowel in het Stofstromenmodel als in de Mest- en Ammoniakmodellen wordt het mestoverschot of de beschikbare plaatsingsmogelijkheden op bedrijfsniveau bepaald door te kijken naar het deel van de mestproductie van het eigen bedrijf dat gelet op de (wettelijke) bemestingsnormen en het bouwplan wel of niet plaatsbaar is op het eigen bedrijf. Voor bedrijven die meer dan 1 mestsoort produceren of meer dan 1 gewas verbouwen is niet eenduidig bepaald welke mest zal worden aangewend ten behoeve van welk gewas. Iedere mestproducent zal hiervoor zijn eigen manier hebben. In de Mest- en Ammoniakmodellen zijn er twee alternatieven om met deze problematiek om te gaan. De eerste mogelijkheid is gebruik te maken van de geformuleerde toewijzingsregels waarbij voor overschotbedrijven wordt gestreefd naar een minimalisatie van de afvoerkosten. Vervolgens wordt elke mestsoort afzonderlijk in een bepaalde volgorde aan gewasgroepen toegedeeld. Deze volgorde is verschillend voor bedrijven met en bedrijven zonder een mestoverschot. Een tweede mogelijkheid is om handmatig een volgorde in het model in te voeren.

In het Stofstromenmodel wordt wanneer er een keuze kan worden gemaakt uit verschillende mestsoorten eerst zoveel mogelijk natte mest op het eigen bedrijf aangewend om watertransport te beperken. Op het eigen bedrijf wordt dus eerst runderdrijfmest gebruikt, vervolgens varkensmest en tenslotte pluimveemest. Bij de toedeling aan gewassen wordt een vaste volgorde gehanteerd.

Het transport van de mest tussen bedrijven wordt in de Mest- en Ammoniakmodellen berekend met behulp van een lineair-programmeringsmodel. Dit model berekent bestem-

mingen voor de overschotmest (inclusief export en de verwerking van mest) op basis van het criterium dat de totale afzetkosten minimaal zijn en dat voor alle overschotmest een bestemming is gevonden. Deze berekeningen vinden plaats op het niveau van de 31 mestregio's. Per mestregio wordt de mestafzet op de beschikbare plaatsingsruimte berekend. Hierbij wordt rekening gehouden met de mate waarin boeren bereid zijn om bedrijfsvreemde mest aan te wenden (acceptatiegraden). Deze acceptatiegraden worden bepaald aan de hand van gegevens uit de registratie van de Landelijke Mestbank en gegevens uit het Informatienet.

In het Stofstromenmodel wordt de aanvoer en afvoer van mest bepaald op bedrijfsniveau. Bij een overschot aan dierlijke mest wordt er mest afgevoerd, bij een tekort kan dierlijke mest van buiten het bedrijf worden aangevoerd. Hoe groot de aanvoer van buiten het bedrijf is hangt af van de regio, de geteelde gewassen, de mestproductie op het eigen bedrijf en het regionale aanbod. Per gewas is de benutting bekend (regiospecifiek) wanneer de mestproductie lager is dan de benutting dan vindt aanvoer van mest plaats.

4.1.3 Bodembelasting (bodembalansen)

Een veel gebruikte manier om de bodembelasting te presenteren is in de vorm van een bodembalans. Een bodembalans geeft een overzicht van de aanvoer en de afvoer van mineralen per hectare cultuurgrond. Het verschil tussen de aanvoer en de afvoer van mineralen is het overschot of te wel de bodembelasting. In figuur 4.1 is een voorbeeld opgenomen van de mogelijke posten van een bodembalans van stikstof voor een hectare cultuurgrond.

Qua omvang belangrijke posten op de mineralenbalans zijn de toediening van dierlijke mest en kunstmest, depositie en de afvoer van mineralen met gewassen. Hoe deze posten in de beide modellen worden bepaald zal in het vervolg van deze paragraaf aan de orde komen.

Input stikstof	Output Stikstof
Depositie	Nettoproduct
Kunstmest	Bijproduct
Drijfmest	NO ₃ -overschot
Nmin	NH ₃ -vervluchtiging
	K-overschot
	Denitrificatie
NE	CO ₂ -drijfmest
	CO ₂ -kunstmest
	CO ₂ -gewasverlies
NR	Mutatie bodemvoorraad
(Totale mestgift)	
Zaaizaad	
N-binding	
C-assimilatie	
Totale input	Totale output

Figuur 4.1 Mogelijke bodembalans voor een hectare cultuurgrond

Aanwending van dierlijke mest

De aanwending van dierlijke mest volgt voor de Mest- en Ammoniakmodellen en het Stofstromenmodel rechtstreeks uit de berekeningen van de mestaanvoer en mestafvoer.

Depositie

In beide modellen is de depositie een exogene variabele. In de Mest- en Ammoniakmodellen wordt de depositie per regio constant wordt verondersteld. Depositie maakt geen standaard onderdeel uit van de Mest- en Ammoniakmodellen. In het Stofstromenmodel is de depositie specifiek per bedrijf door het gebruik van depositiecijfers per grid.

Kunstmestgift

Beide modellen gebruiken een andere methodiek om een inschatting te geven van de kunstmestgift. In de Mest- en Ammoniakmodellen vindt in eerste instantie een berekening plaats op bedrijfsniveau. Daarnaast wordt de aanname gemaakt dat de berekende giften en het nationale gebruik (gegevens uit het Informatienet en de Landbouwtelling) met elkaar in overeenstemming moeten zijn. De ijking van de voorlopig berekende giften aan het nationale gebruik van kunstmest leidt tot de definitieve kunstmestgiften op bedrijfsniveau. De berekening van de voorlopige kunstmestgiften op bedrijfsniveau is afgestemd op de berekende giften met dierlijke mest, daarnaast spelen adviesgiften van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, wettelijke mestnormering (alleen voor fosfaat) en eventuele startgiften een rol. De hoeveelheid werkzame stikstof in de mest, respectievelijk de hoeveelheid fosfaat in de mest wordt aangevuld middels een kunstmestgift tot de adviesgift of wettelijke mestnormering bij fosfaat. De startgiften zijn een ondergrens die ervoor zorgdragen dat er voldoende voor het gewas opneembare nutriënten beschikbaar zijn. De verschillende kengetallen worden zoveel mogelijk verbijzonderd naar regio en of gewas.

In het Stofstromenmodel worden de kunstmestgiften (N) voor gras en maïs uit het Informatienet ingeschat, onder andere afhankelijk van de (geschatte) N-gift uit dierlijke mest. Voor de overige gewassen wordt er een gemiddelde kunstmestgift uit het Informatienet afgeleid en in het Stofstromenmodel gebruikt.

Afvoer van mineralen met gewassen

Om de bodembelasting te kunnen bepalen dient ook de afvoer van mineralen via gewassen in ogenschouw te worden genomen. In de 'standaard' versie van de Mest- en Ammoniakmodellen wordt geen rekening gehouden met de afvoer van mineralen via gewassen. In een onderzoek met de Mest- en Ammoniakmodellen voor de provincie Zuid-Holland is een berekening van de afvoer van gewassen met mineralen toegevoegd. De inschatting van de afvoer van mineralen wordt op verschillende manieren afhankelijk gemaakt van het soort gewas. Er wordt gebruikgemaakt van gegevens uit de literatuur, de Landbouwtelling en het Informatienet.

In het Stofstromenmodel wordt expliciet aandacht besteed aan de afvoer van mineralen via gewassen op bedrijfsniveau als onderdeel van de nutriëntenbalansen. De afvoer van mineralen met het gewas maakt deel uit van het bedrijfsmodel. De afvoer van mineralen via gewassen wordt geïjkt, deels in samenhang met kracht- en ruwvoer aankopen en deels apart (voor akkerbouwgewassen) door een vergelijking te maken met andere beschikbare gegevens.

De overige posten van de mineralenbalans maken geen onderdeel uit van de 'standaard versie' van het Mest- en Ammoniakmodel. In het Stofstromenmodel worden al deze posten meegenomen.

4.1.4 Ammoniakemissie

Belangrijk onderdeel van beide modellen vormt de berekening van de ammoniakemissie. In de Ammoniakmodellen wordt de emissie berekend naar diersoort en emissieplaats. Alsmede de emissie tijdens het uitrijden. Het model werkt met vervluchtigingspercentages en penetratiegraden van stalsystemen, opslagsystemen en aanwendsystemen. De vervluchtigingspercentages zijn afgeleid uit een groot aantal bronnen. Het model houdt per emissieplaats de hoeveelheid stikstof die in de mest aanwezig is bij. Voor de opgeslagen mest wordt het stikstofgehalte van de mest als volgt bepaald. Per staltype wordt bepaald hoeveel stikstof in de mest terecht komt die opgeslagen of direct aangewend wordt. Daarna wordt nagegaan hoe vaak dit staltype verhoudingsgewijs voorkomt (penetratiegraden) in vergelijking met de andere staltypen behorende bij een diersoort. Met behulp van deze verhoudingen wordt het gemiddelde stikstofgehalte berekend in de mest die opgeslagen wordt of direct wordt aangewend. Dit gebeurt eveneens voor het stikstofgehalte in de mest na (mogelijke) opslag. De berekeningen vinden plaats op bedrijfsniveau. De emissie tijdens het uitrijden wordt bepaald door de gebruikte techniek en de bijbehorende vervluchtigingspercentages. Deze emissie worden berekend op gemeente niveau.

De ammoniakemissie in het Stofstromenmodel van uitgereden drijfmest is afhankelijk van de gebruikte toedieningstechniek. De ammoniakvervluchtiging uit de weide geproduceerde mest en urine wordt berekend op basis van een vervluchtigingspercentage vermenigvuldigd met de totale hoeveelheid. Een soortgelijke benadering is gekozen voor de ammoniakvervluchtiging uit stal en opslag. De vervluchtigingspercentages zijn gebaseerd op literatuur en percentages zoals gebruikt in de Mest- en Ammoniakmodellen. In tegenstelling tot de Mest- en Ammoniakmodellen wordt er in het Stofstromenmodel gewerkt met 1 stalsysteem per diertype (met uitzondering van ligbox en grupstal) en opslag- en aanwendsysteem.

4.1.5 Mineralenbalansen

Een mineralenbalans ('farm-gate balance') geeft een overzicht van de aanvoer en afvoer van mineralen op bedrijfsniveau. Een voorbeeld van een mineralenbalans op bedrijfsniveau is opgenomen in figuur 4.2.

Mineralenbalansen dienen te worden onderscheiden van de eerder genoemde bodembalansen daar het balansen op bedrijfsniveau betreft en er andere posten moeten worden meegenomen. In de standaardversie van de Mest- en Ammoniakmodellen worden niet alle

posten berekend die deel uit maken van een mineralenbalans. In het Stofstromenmodel kunnen mineralenbalansen worden opgesteld voor individuele bedrijven en voor ieder gewenst hoger aggregatieniveau. De in figuur 4.2 genoemde posten kunnen nog verder worden verbijzonderd in het Stofstromenmodel.

Input mineraal	Output mineraal
Aanvoer	Afvoer
Krachtvoer	- dierlijke producten
Overig ruwvoer	- mest
Kunstmest	- plantaardige producten
Dierlijke mest	Denitrificatie
Depositie	Uitspoeling
Mineralisatie	Vervluchting
	Ophoping
Totaal input	Totaal output

Figuur 4.2 Mineralenbalans op bedrijfsniveau (kilogram mineraal per bedrijf)

4.1.6 Kosten van maatregelen

Met beide modellen is het mogelijk om een inschatting te maken van de kosten van maatregelen gericht op het beperken van de emissie van mineralen (bijvoorbeeld ammoniakemissie). In de Mest- en Ammoniakmodellen wordt een inschatting gemaakt van de additionele kosten en opbrengsten van een maatregel gericht op het terugdringen van de emissie. Door vervolgens deze te koppelen aan de mate waarin de techniek zal worden toegepast (regionale penetratiegraden) kan een inschatting worden gegeven van de kosten en eventuele opbrengsten van een maatregel.

In het Stofstromenmodel is het mogelijk om de mineralenbalans uit te drukken in kosten en opbrengsten. Door vervolgens deze balansen uit te rekenen in de situatie voor en na de introductie van de maatregel rekening houdend met de investeringskosten, kan inzicht worden gekregen in de economische gevolgen van de betreffende maatregel. Om een inschatting te maken van de mate waarin de nieuwe techniek zal worden toegepast, wordt gebruik gemaakt van regionale verdelingen. En conform deze verdeling wordt op willekeurig gekozen bedrijven de betreffende maatregel toegepast.

4.2 Invoergegevens en niveau van de berekeningen

In de bovenstaande beschrijving van de resultaatgroepen is al naar voren gekomen uit welke bronnen de voor de berekeningen benodigde gegevens worden gehaald en wat het laagste niveau van berekenen is. Hieruit kan worden afgeleid dat in een aantal gevallen de berekeningen plaatsvinden op een ander niveau dan het niveau van de invoergegevens, bijvoorbeeld de berekening worden gedaan op bedrijfsniveau maar er wordt deels gebruik-

gemaakt van landelijke of regionale invoergegevens. Dit kan consequenties hebben voor de toepassingsmogelijkheden van de modellen. Om dit beeld expliciet en volledig te krijgen, is een overzicht toegevoegd waarin per resultaatgroep een overzicht wordt gegeven van de gebruikte invoergegevens, het niveau van deze gegevens en het niveau van berekenen (zie figuur 4.3).

4.3 Belangrijkste verschillen en overeenkomsten

Op basis van de beschrijving in dit hoofdstuk is het mogelijk om aan te geven wat de belangrijkste verschillen en overeenkomsten zijn tussen het Stofstromenmodel en de Mest- en Ammoniakmodellen. Met name deze verschillen zullen bepalend zijn voor de beantwoording van de vraag welke onderzoeksvraag met welk model kan worden beantwoord.

Resultaatgroepen

Ten aanzien van de mestproductie hanteren beide modellen globaal dezelfde berekeningsmethode, waarbij het Stofstromenmodel zich onderscheidt door op bedrijfsniveau een koppeling te maken tussen dierlijke en plantaardige productie. Dit betekent dat de mestproductie op bedrijfsniveau door bedrijfsspecifieke omstandigheden kan afwijken van de mestproductie welke zou zijn berekend wanneer wordt uitgegaan van de WUM-cijfers.

Ten aanzien van de resultaatgroep mestaanvoer, mestafvoer en mestoverschotten kan worden opgemerkt dat de mestoverschotten op bedrijfsniveau op dezelfde manier worden berekend. In het Mest- en Ammoniakmodel wordt het transport van mest en de verdeling van de overschotmest naar tekortbedrijven, de verwerking van mest en de export van mest op mestregioniveau expliciet gemodelleerd in de vorm van een LP-model, waarbij de distributiekosten van mest worden geminimaliseerd. In het Stofstromenmodel wordt de mestaanvoer op bedrijfsniveau bepaald door rekening te houden met de regio en het regionale aanbod van mest. De verwerking van mest en de export van mest maken geen deel uit van het Stofstromenmodel.

Bij de berekening van de bodembalans onderscheidt het Stofstromenmodel zich van de Mest- en Ammoniakmodellen door de reeds eerder genoemde koppeling tussen plantaardige en dierlijke productie.

Voor het bepalen van de ammoniakemissie hanteren beide modellen soortgelijke berekeningsprincipes. Voor deze resultaatgroep geldt dat in de Mest- en Ammoniakmodellen meer detail wordt opgenomen door de emissie te koppelen aan de mate waarin bepaalde huisvestings-, opslag- en aanwendsystemen (regionale penetratiegraden) worden toegepast voor de verschillende diersoorten. Het Stofstromenmodel is gedetailleerder door de koppeling te maken tussen dierlijke en plantaardige productie.

Voor de resultaatgroep kosten en opbrengsten van maatregelen om de emissies te beperken kan hetzelfde worden opgemerkt als bij de ammoniakemissie.

Mineralenbalansen geven specifiek de nutriëntenstromen weer op bedrijfsniveau. In tegenstelling tot de Mest- en Ammoniakmodellen is het Stofstromenmodel specifiek ontwikkeld om inzicht te geven in de mineralenbalansen. In de standaardversie van de Mest- en Ammoniakmodellen worden niet alle posten berekend die onderdeel uitmaken van een mineralenbalans.

Output	Bronnen van inputgegevens		Niveau van inputgegevens (resp.)		Niveau van berekening	
	MAM	SSM	MAM	SSM	MAM	SSM
<i>Mestproductie</i>	WUM-cijfers en Landbouwtelling	WUM-cijfers, Landbouwtelling en modelberekeningen	Landelijke en bedrijfsgegevens	Landelijke en bedrijfsgegevens	Bedrijf	Bedrijf
<i>Mestaanvoer, -afvoer en -overschotten</i>						
- Mestoverschotten en vuistregels	- Landbouwtelling en vuistregels	- Landbouwtelling	- Bedrijfs- en landelijke gegevens	- Bedrijfs- en landelijke gegevens	- Bedrijf	- Bedrijf
- Mestaanvoer en -afvoer	- Landbouwtelling, Informatienet exog. afzetkosten mest	- Informatienet	- Bedrijfs-, regionale en landelijke gegevens	- Bedrijfs-, regionale gegevens	- Mestregio	- Bedrijf
<i>Bodembalans</i>						
- Mestaanwending	- Zie mestproductie en aan- en afvoer	- Zie mestproductie en aan- en afvoer	- Zie mestproductie en aan- en afvoer	- Zie mestproductie en aan- en afvoer	- Zie mestproductie en aan- en afvoer	- Zie mestproductie en aan- en afvoer
- Kunstmestgift	- Landbouwtelling, Informatienet en wettelijke of adviesgiften	- Informatienet	- Bedrijfs- en landelijke gegevens	- Bedrijfsgegevens	- Bedrijf en landelijke ijking	- Bedrijf
- Depositie	- Literatuur	- Literatuur	- Regionaal	- Regionaal	- Bedrijf	- Bedrijf
- Afvoer via gewassen	- Landbouwtelling, Informatienet en literatuur	- Informatienet en agronomische relaties	- Regionaal	- Bedrijfsniveau en landelijke coëfficiënten	- Bedrijf	- Bedrijf en ijking (gem. uit Informaticienet nationaal)
<i>Ammoniakemissie</i>	Literatuur (o.a. Milieubalans), techn. onderz. en inschattingen van experts n.v.t.	Literatuur (o.a. Milieubalans), techn. onderz. en inschattingen van experts	Landelijke ver- vluchtigingsper- centages en regionale penetratiegraden n.v.t.	Nationale en regionale gegevens	Bedrijf/gemeente	Bedrijf
<i>Mineralenbalansen</i>		Afhankelijk van de specifieke post van de balans		Verschillende niveaus afhankelijk van de betreffende post	n.v.t.	Bedrijf
<i>Kosten van maatregelen</i>	Literatuur	Literatuur	Landelijk en regio	Landelijk en regio	Bedrijf en regio	Bedrijf

Figuur 4.3 Overzicht gebruikte invoergegevens, niveau van gegevens en berekening per resultaatgroep

Concluderend

De Mest- en Ammoniakmodellen en het Stofstromenmodel zijn beide modellen waarin de mineralenproblematiek centraal staat. Wanneer gekeken wordt naar beleidsthema's op dit terrein dan zijn beide modellen in staat resultaten te berekenen voor de mestproductie, het mestoverschot, de ammoniakemissie, bodembelasting en de kosten en opbrengsten van emissiereducerende maatregelen.

De algemene conclusies die kunnen worden getrokken ten aanzien van de verschillen tussen de Mest- en Ammoniakmodellen en het Stofstromenmodel is dat de belangrijkste verschillen voor de toepassingsmogelijkheden ontstaan op het gebied van nutriëntenstromen op bedrijfsniveau, de distributie, export en verwerking van mest en mestsoorten. De berekening van nutriëntenstromen op bedrijfsniveau onderscheidt zich in het Stofstromenmodel door de koppeling die op bedrijfsniveau wordt gemaakt tussen dierlijke en plantaardige productie. Dit betekent dat er bij de berekening van de outputgegevens rekening wordt gehouden met bedrijfsspecifieke omstandigheden, wat ten goede kan komen aan berekeningen op een laag aggregatieniveau (bijvoorbeeld gemeente). In de Mest- en Ammoniakmodellen wordt expliciet aandacht besteed aan het transport, de verwerking en de export van mest. Daarnaast maakt de uitsplitsing naar mestsoorten op basis van regionale penetratiegraden van huisvestingssystemen in de Mest- en Ammoniakmodellen gedetailleerdere output mogelijk op terreinen die gerelateerd zijn aan mestsoorten en emissies.

5. Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk zal worden ingegaan op de verschillen tussen de Mest- en Ammoniakmodellen en de gevolgen die deze verschillen hebben voor de gebruiksmogelijkheden van beide modellen.

5.1 Conclusies

De Mest- en Ammoniakmodellen en het Stofstromenmodel zijn beide modellen waarin de mineralenproblematiek centraal staat. Dit maakt dat beide modellen elkaar deels overlappen zowel qua modelresultaten als de manier waarop de resultaten worden berekend. Zo kunnen beide modellen resultaten berekenen voor de thema's mestproductie, mestoverschot, ammoniakemissie, bodembelasting en kosten en opbrengsten van emissiereduceerende maatregelen.

De belangrijkste verschillen tussen beide modellen liggen op het terrein van het berekenen van de nutriëntenstromen op bedrijfsniveau, de distributie, export en verwerking van mest en mestsoorten. De gevolgen van deze verschillen voor de gebruiksmogelijkheden van de modellen zullen in het vervolg van dit hoofdstuk worden toegelicht. De overige verschillen tussen de modellen komen voldoende tot hun recht wanneer op basis van de onderzoeksvraag wordt nagegaan welke resultaten gewenst zijn en welke output kan worden aangeleverd door de beide modellen.

Berekening nutriëntenstromen op bedrijfsniveau

In het Stofstromenmodel wordt op bedrijfsniveau een koppeling gemaakt tussen de dierlijke en plantaardige productie. Dit betekent dat er bij de berekening van de outputgegevens rekening wordt gehouden met bedrijfsspecifieke omstandigheden. Wanneer in een onderzoeksvraag de nadruk ligt op een analyse op laag aggregatieniveau (bijvoorbeeld bedrijven of gemeenten) of gevraagd wordt naar mineralenbalansen dan kan het Stofstromenmodel beter in deze informatiebehoefte voorzien. Daarnaast levert de koppeling tussen dierlijke en plantaardige productie additionele informatie op wanneer de effecten van maatregelen worden geanalyseerd. Zo komt het effect van verandering van de kunstmestgift op de uitscheiding van nutriënten direct tot uiting via het voederrantsoen.

Distributie, verwerking en export van mest

Distributie, verwerking en export van mest zijn gemodelleerd in de Mest- en Ammoniakmodellen, waarbij ook rekening wordt gehouden met verwerkingscapaciteit, acceptatiegraden en distributiekosten. In het Stofstromenmodel wordt overschotmest afgevoerd en bedrijven met een tekort aan mest vullen dit gedeeltelijke aan. Distributie, verwerking en

export van mest worden niet gemodelleerd. Onderzoeksvragen op het gebied van deze thema's zullen derhalve beter kunnen worden onderzocht met de Mest- en Ammoniakmodellen.

Mestsoorten

In de Mest- en Ammoniakmodellen wordt onder andere op basis van huisvestingsystemen een indeling gemaakt in mestsoorten. Het aantal onderscheiden mestsoorten is groter dan in het Stofstromenmodel¹. De penetratiegraden van verschillende huisvestingssystemen zijn vooral van belang bij de ammoniakemissie en kosten van emissiereducerende maatregelen die in sterke mate samenhangen met huisvesting van dieren en het aanwenden van mest. Voor vragen op dit terrein ligt een analyse met de Mest- en Ammoniakmodellen in de rede.

Typen onderzoek

Beide modellen zijn geschikt voor beleidsevaluerend of monitoringsonderzoek, daar het vooral beschrijvende modellen zijn. De modellen kunnen ook worden gebruikt voor scenarioanalyses. Op basis van veronderstellingen kunnen de gevolgen van toekomstige ontwikkelingen inzichtelijk worden gemaakt. Een beperking bij scenarioanalyses is het feit dat gedrag en markten in beide modellen niet of nauwelijks endogeen zijn gemodelleerd. Om een antwoord te geven op vragen die betrekking hebben op het hoe en waarom van een bepaalde situatie (analysevraagstukken) heeft elk model zijn eigen competentie die sterk samenhangt met het doel waarvoor het model ooit is ontwikkeld. De Mest- en Ammoniakmodellen kunnen een verklaring bieden voor het verloop van meststromen tussen regio's en de verwerking en export van mest. Het Stofstromenmodel is analytisch verder ontwikkeld waar het de nutriëntenstromen op bedrijfsniveau betreft.

Kwaliteitsaspecten van modellering

Een model zou om ingezet te kunnen worden voor de beantwoording van vragen van opdrachtgevers moeten voldoen aan eisen met betrekking tot onderhoudbaarheid, overdraagbaarheid, reproduceerbaarheid en foutgevoeligheid. Wanneer beide modellen worden vergeleken op deze aspecten dan blijkt dat de modellen niet of nauwelijks voor elkaar onderdoen op de punten van overdraagbaarheid en reproduceerbaarheid. Qua foutgevoeligheid scoren de Mest- en Ammoniakmodellen beter doordat ontbrekende gegevens worden gesignaleerd. Ook aan de validatie van de Mest- en Ammoniakmodellen, i.e. of het model de werkelijkheid beschrijft, is tijdens de herstructurering veel aandacht besteed. Op het aspect van onderhoudbaarheid ontlopen de modellen elkaar niet veel. Daar de Mest- en Ammoniakmodellen reeds langer in gebruik zijn en voor een groot aantal onderzoeken zijn derhalve al modelaanpassingen doorgevoerd en de benodigde gegevens ingevoerd. Dit maakt dat in

¹ Er wordt hier alleen aandacht besteed aan mestsoorten en niet aan de andere categorieën zoals diersoorten en gewassoorten. Het aantal mestsoorten is namelijk niet alleen belangrijk voor de mogelijke output van het model, maar is ook bepalend voor de analysemogelijkheden van het model.

specifieke gevallen de Mest- en Ammoniakmodellen beter zullen scoren op het punt van onderhoudbaarheid.

5.2 Aanbevelingen

Beide modellen overlappen elkaar op een redelijk aantal terreinen zowel qua thematiek als methodiek. Dit biedt mogelijkheden om op een aantal terreinen gebruik te maken van elkaars bevindingen en gegevens om dubbelwerk te voorkomen. Hierbij verdient het mijn inziens niet de voorkeur om tot één model te komen. Dit is niet wenselijk omdat beide modellen hun eigen onderzoeksvragen en klantenkring hebben.

Samenwerking is enerzijds mogelijk op terreinen waar dezelfde databronnen worden gebruikt om invoergegevens te berekenen, denk bijvoorbeeld aan de kosten van bepaalde maatregelen. Gegevens omtrent de kosten van emissiereducerende maatregelen worden door beide modellen op soortgelijke manier bepaald. Anderzijds is samenwerking mogelijk op terreinen waar het ene model nader is uitgewerkt ten opzichte van het andere model. Zo kunnen berekeningen met betrekking tot de meststromen binnen Nederland uit de Mest- en Ammoniakmodellen worden gebruikt als invoer in het Stofstromenmodel en omgekeerd zouden gegevens omtrent de afvoer van nutriënten via gewassen berekend met het Stofstromenmodel kunnen worden gebruikt in de Mest- en Ammoniakmodellen bij het berekenen van bodembelasting (bodembalansen).

Ten aanzien van de kwaliteitsaspecten van modellering heeft mijn inziens de documentatie van beide modellen prioriteit. Het betreft enerzijds een handleiding voor het verantwoord gebruik van de modellen en anderzijds recente inhoudelijke rapporten waarin ook wordt ingespeeld op de toepassingsmogelijkheden van de modellen voor beleidsvraagstukken.

Literatuur

Bouma, F., *De software kwaliteit van modellen LEI-DLO, Problemen en aanbevelingen ter verbetering*. Interne nota. LEI-DLO, Den Haag, 1997.

Helming, J.F.M. en L.C. van Staalduinen, *Analyse van modellen van LEI-DLO ten behoeve van milieuonderzoek*, Interne nota 473. LEI-DLO, Den Haag, 1997.

Leneman, H., E.R. Boons-Prins, M.W. Hoogeveen, M.W. Dijk en J. Aarts (in press), *Stofstromen in de Nederlandse Landbouw, Deel 2; Nutriëntenstromen in de Zandgebieden*. Onderzoekverslag. LEI-DLO en AB-DLO, Den Haag en Wageningen.

Leneman, H., M.W. Hoogeveen, L.C. van Staalduinen, A.H.J. van der Putten en W.J. Corre (in press), *Stofstromen in de Nederlandse Landbouw, Deel 3; Nutriëntenstromen op Nederlandse Landbouwbedrijven*. Onderzoekverslag. LEI-DLO en AB-DLO, Den Haag en Wageningen.

Luesink, H.H. en M.Q. van der Veen, *Twee modellen voor de economische evaluatie van de mestproblematiek*. Onderzoekverslag 47. LEI, Den Haag, 1989.

Luesink, H.H., *Verkenning infrastructurele voorzieningen in 2000 voor mestafzet; Capaciteiten en kosten van opslag, distributiemiddelen en verwerking*. Onderzoekverslag 103. LEI-DLO, Den Haag, 1993.

Oudendag, D.A., *Beperking van de ammoniakemissie uit dierlijke mest; Een verkenning van de mogelijkheden en kosten*. Onderzoekverslag 56. LEI, Den Haag, 1989.

Oudendag, D.A., *Reductie van ammoniakemissie; Mogelijkheden en kosten van beperking van ammoniakemissie op nationaal en regionaal niveau*. Onderzoekverslag 102. LEI-DLO, Den Haag, 1993.

Oudendag, D.A. en H.H. Luesink, 'The manure model: manure, minerals (N, P and K), ammonia emission, heavy metals and the use of fertiliser in Dutch agriculture'. In: *Environmental Pollution* 102, S1 (1998), pp. 241-246.

Veen, M.Q. van der, H.F.M. Aarts, J. Dijk, N. Middelkoop en C.S. van der Werf, *Stofstromen in de Nederlandse Landbouw, deel 1; Nutriëntenstromen op melkveebedrijven in Gelderland*. Onderzoekverslag 112, LEI-DLO, Den Haag en Onderzoekverslag 174, CABO-DLO, Wageningen, 1993.

Bijlage 1 De resultaten van de Mest- en Ammoniakmodellen en het Stofstromenmodel

Output Mest- en Ammoniakmodellen (Helming en Van Staalduinen, 1997)

Variabelen ammoniakmodellen (AMMUI en AMMSO):

E(D,R,I): Emissie naar diersoort, bedrijf (gemeente, regio) en emissieplaats (stal, opslag, weide en mestaanwending)

Variabelen MESTOP:

Mestproductie en mestoverschotten op elk gewenst niveau

Variabelen MESTTV:

CAPVW(F): totale verwerkingsomvang van mest in Nederland van verwerkingstype F (bijvoorbeeld centraal drogen, zuiveren van mestkalverenmest) (1.000 ton)

CAPTR(H): totale omvang van de transportactiviteiten H (bijvoorbeeld laden, lossen, verspreiden) (1.000 ton)

CAPKMDR: transportkilometers van drijfmest (1.000 ton * kilometers)

CAPKMVA: transportkilometers van vaste mest (1.000 ton * kilometers)

BR(J,F): hoeveelheid verwerkte mest in gebied J van verwerkingstype F (1.000 ton)

UR(J,K,N): hoeveelheid uitgereden mest van mestsoort K in gebied J op gewasgroep N (1.000 ton)

TM(I,J,K): transport van gebied I naar gebied J van mestsoort K met tussenopslag (1.000 ton)

TZ(I,J,K): transport van gebied I naar gebied J van mestsoort K (1.000 ton)

I,J = 1..31 gebieden

K mestsoorten, bijvoorbeeld rundveedrijfmest, mestvarkendrijfmest, legkippen drijfmest, legkippen droge mest enzovoort.

Output Stofstromenmodel (Helming en Van Staalduinen, 1997)

Het model maakt simulaties voor de volgende grootheden:

- Afzonderlijke N-, P- en K-balansen in kilogrammen, per gebied en per hectare; droge stof balans per bedrijf in kilogrammen.

AANVOER	AFVOER
Krachtvoer rundvee	Vlees rundvee
Krachtvoer varkens	Vlees intensieve vee
Krachtvoer pluimvee	Eieren
Mais	Melk
Kuilgras	Kuilgras
Rundveemest	Snijmaïs
Varkensmest	Pootaardappelen

