



Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen

O. Oenema, G.L. Velthof (*Alterra*)

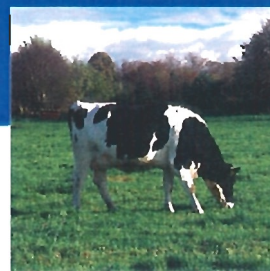
N. Verdoes (*Praktijkonderzoek Varkenshouderij*)

P.W.G. Groot Koerkamp, G.J. Monteny (*IMAG*)

A. Bannink (*ID-Lelystad*)

H.G. van der Meer (*Plant Research International*)

K.W. van der Hoek (*RIVM*)



Alterra-rapport 107, gewijzigde druk, ISSN 1566-7197

Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen

Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen

O. Oenema ¹
G.L. Velthof¹
N. Verdoes²
P.W.G. Groot Koerkamp³
G.J. Monteny³
A. Bannink⁴
H.G. van der Meer⁵
K.W. van der Hoek⁶

¹ Alterra, Wageningen Universiteit en Research Centrum, Wageningen

² Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen

³ IMAG, Wageningen Universiteit en Research Centrum, Wageningen

⁴ ID-Lelystad, Wageningen Universiteit en Research Centrum, Lelystad

⁵ Plant Research International, Wageningen Universiteit en Research Centrum, Wageningen

⁶ RIVM, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven

Adviseurs:

W.J. Bruins, Expertisecentrum LNV, Ede

G.H. Dijksterhuis, Bureau Heffingen, Assen

H.J. Westhoek, Expertisecentrum LNV, Ede

Alterra-rapport 107 gewijzigde druk

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2000

REFERAAT

O. Oenema, G.L. Velthof, N. Verdoes, P.W.G. Groot Koerkamp, G.J. Monteny, A. Bannink, H.G. van der Meer & K.W. van der Hoek, 2000. *Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 107 gewijzigde druk. 186 blz. 2. fig.; 57 tab.; 136 ref.; 10 bijlagen.

De Europese Nitraatrichtlijn stelt grenzen aan de hoeveelheid stikstof (N) die via dierlijke mest op landbouwgronden mag worden toegediend. De Nederlandse mestwetgeving schrijft bovendien voor dat veebedrijven met een mestoverschot contracten moeten afsluiten met akkerbouwers over de afname van het te veel aan mest op hun bedrijven. De oppervlakte landbouwgrond, waarvoor contracten moeten afgesloten, wordt bepaald door de aanvoernormen voor stikstof en door de excretie van stikstof door het vee, gecorrigeerd voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. Experts van acht instellingen in Nederland hebben in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij de beschikbare informatie over gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen bestudeerd. Op basis van deze informatie zijn voor alle diercategorieën vermeld in de Meststoffenwet berekeningen uitgevoerd van de stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen door vervluchtiging van ammoniak (NH₃), stikstofoxide (NO), lachgas (N₂O) en stikstofgas (N₂). Daarbij is onderscheid gemaakt tussen verschillende huisvestingssystemen; variërend van gangbare tot emissie-arme systemen en van batterijen tot potstalsystemen. De berekeningen tonen aan dat de verliezen aan gasvormige stikstofverbindingen fors zijn, variërend van 5 tot meer dan 50% van de door de dieren uitgescheiden stikstof, afhankelijk van vooral mestsamenstelling, huisvestingssysteem en mestbehandeling. De onzekerheid in de berekende stikstofverliezen is echter fors.

Trefwoorden: ammoniak, gasvormige stikstofverliezen, huisvestingssystemen, kippen, koeien, lachgas, landbouwhuishoudieren, mestbehandeling, mestopslagen, stallen, stikstofoxide, stikstofgas, varkens

Key-words: ammonia, cows, di-nitrogen, farm animalsnitrogen oxide, gaseous nitrogen losses, housing systems, manure management, manure storage systems, nitrous oxidepigs, poultry, stables

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 60,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 107 gewijzigde druk. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2000 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Samenvatting	9
Excutive summary	21
1 Inleiding	37
1.1 Achtergrond	37
1.2 Doel	38
1.3 Samenstelling van de Commissie	38
1.4 Werkwijze van de Commissie	39
1.5 Opzet van het rapport	39
2 Gasvormige stikstofverliezen; processen en controlerende factoren	41
2.1 Stikstofverbindingen en de stikstofkringloop	41
2.2 Stikstofuitscheiding door dieren en de samenstelling van mest en urine	42
2.3 Stikstofverliezen door ammoniakvervluchting	44
2.4 Stikstofverliezen door nitrificatie en denitrificatie	46
2.4.1 Nitrificatie	46
2.4.2 Denitrificatie	47
2.5 Methoden voor bepaling van stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen	49
2.5.1 Methodieken voor de directe meting van NH ₃ -vervluchting	49
2.5.2 Methoden voor de directe meting van stikstofverliezen door nitrificatie en denitrificatie	50
2.5.3 Indirecte bepaling van stikstofverliezen via stikstofbalansen	51
3 Berekening van de gasvormige stikstofverliezen	53
3.1 Indeling in diercategorieën en stalsystemen	53
3.2 Stikstofexcreties en stikstofverliezen	54
3.3 Kwantificering van de stikstofverliezen door middel van emissiefactoren	55
3.4 Kwantificering van de stikstofverliezen door middel van mineralenbalansen	56
4 Rundvee	57
4.1 Beschrijving diercategorieën volgens MINAS en UAV	57
4.2 Beschrijving belangrijkste stalsystemen en mestopslagsystemen	58
4.3 Effecten rantsoenen en weidegang op stikstofverliezen	60
4.4 Literatuuroverzicht van stikstofverliezen in stallen en mestopslagen	62
4.4.1 Ammoniak	62
4.4.2 Lachgas	65
4.4.3 Overige verliezen	66
4.4.4 Balansen	67
4.5 Discussie en conclusies	69
5 Varkens	71
5.1 Beschrijving diercategorieën volgens MINAS en UAV	71
5.2 Beschrijving belangrijkste stalsystemen en mestopslagsystemen	74
5.3 Literatuuroverzicht van stikstofverliezen in stallen en mestopslagen	77
5.3.1 Ammoniak	77

5.3.2	Lachgas	81
5.3.3	Overige verliezen	83
5.3.4	Balansen	83
5.4	Discussie en conclusies	85
6	Kippen	89
6.1	Beschrijving van diercategorieën volgens MINAS en UAV	89
6.2	Beschrijving belangrijkste stalsystemen en mestopslagsystemen	90
6.3	Mestbewerking en -opslag	93
6.4	Literatuuroverzicht stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen	94
6.4.1	Ammoniak	94
6.4.2	Lachgas	98
6.4.3	Overige verliezen	100
6.4.4	Balansen	100
6.5	Discussie en conclusies	102
7	Overig vee	103
7.1	Beschrijving diercategorieën volgens MINAS en UAV	103
7.2	Beschrijving belangrijkste stalsystemen en mestopslagsystemen	106
7.3	Literatuuroverzicht van stikstofverliezen in stallen en mestopslag	108
7.3.1	Ammoniak	108
7.3.2	Lachgas	108
7.3.3	Overige verliezen	108
7.3.4	Balansen	108
7.4	Discussie en conclusies	109
8	Discussie en synthese	111
8.1	Uitgangspunten bij de berekening van de vervluchtiging van NH_3	111
8.1.1	Het N-gehalte en het NH_4^+ -gehalte van de mest	112
8.1.2	De pH van de mest	112
8.1.3	Drogstofgehalte van de mest, toevoeging van stro	112
8.1.4	Oppervlak van de mestopslag en met mestbevuilde looproosters en loopvloer	113
8.1.5	Ventilatie in stal en mestopslag	113
8.1.6	Temperatuur in stal en mestopslag	114
8.1.7	Bewaarduur van de mest	114
8.1.8	Luchtwassers en Mestbehandeling	115
8.2	Uitgangspunten bij de berekening van de vervluchtiging van NO , N_2O en N_2	115
8.2.1	De aëratie van de mest	116
8.2.2	Het N- en het NH_4^+ -gehalte van de mest	117
8.2.3	De pH van de mest	117
8.2.4	De temperatuur in stal en mestopslag	117
8.2.5	De bewaarduur van de mest	118
8.2.6	Luchtwassers en Mestbehandeling	118
8.3	Synthese rundvee	118
8.3.1	Uitgangspunten	118
8.3.2	Resultaten	120
8.4	Synthese varkens	123

8.4.1	Uitgangspunten	123
8.4.2	Resultaten	125
8.5	Synthese Kippen	128
8.5.1	Uitgangspunten	128
8.5.2	Resultaten	130
8.6	Synthese overig vee	133
8.6.1	Uitgangspunten	133
8.6.2	Resultaten	134
8.7	Onzekerheden in de schattingen van gasvormige stikstofverliezen	136
8.8	Conclusies en aanbevelingen	136
Literatuur		141

Bijlagen

1	Diercategoriën in Meststoffenwet en de stikstofcorrectie in de huidige Meststoffenwet	153
2	Forfaitaire excretie van stikstof per diercategorie volgens Commissie Tamminga	155
3	Berekeningen rundvee	161
4	Toelichting bij berekening verliezen rundvee	165
5	Berekeningen varkens	167
6	Berekeningen pluimvee	171
7	Berekeningen overig vee	175
8	Schattingen gasvormige N-verliezen via balansberekeningen van Bruins et al.	177
9	Schattingen gasvormige N-verliezen via balansberekeningen met behulp van gegevens van mestanalyses en WUM	179
10	Publicatieoverzicht ammoniakemissies pluimvee	183

Samenvatting

Inleiding

De Europese Nitraatrichtlijn en de Nederlandse mestwetgeving stellen grenzen aan de hoeveelheid dierlijke mest die op landbouwgronden mag worden toegediend. De Nederlandse mestwetgeving schrijft bovendien voor dat (intensieve) veebedrijven met een mestoverschot contracten moeten afsluiten met akkerbouwers over de afname van het te veel aan mest op hun bedrijven. De oppervlakte landbouwgrond, waarvoor veehouders contracten moeten afsluiten, wordt daarbij bepaald door (i) aanvoernormen en (ii) stikstofproductienormen.

Aanvoernormen bepalen hoeveel mest aan landbouwgronden mag worden toegediend. De aanvoernorm voor stikstof uit dierlijke mest is volgens de Nitraatrichtlijn, voor 2003 en daarna, vastgesteld op 170 kg per ha landbouwgrond per jaar. Voor grasland acht de Nederlandse overheid een aanvoernorm van 250 kg per ha toelaatbaar.

Stikstofproductienormen per diercategorie zijn gedefinieerd als de stikstofinhoud van de mest op het moment van toediening van de mest op het land ('ex-storage'). Recent is door de Commissie Tamminga vastgesteld hoe groot de gemiddelde bruto-stikstofuitscheiding ('onder de staart') per diercategorie is in het jaar 2003, als MINAS en de Nitraatrichtlijn volledig zijn geïmplementeerd. Om te komen tot stikstofproductienormen moet de bruto-stikstofuitscheiding (per diercategorie) worden verminderd met gasvormige stikstofverliezen uit stallen en opslagen.

Het ministerie van LNV heeft april 2000 de Commissie *Forfaitaire waarden voor Gasvormige Stikstofverliezen uit Stallen en Mestopslagen* ingesteld om voorstellen te doen voor forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. Tevens is aan de Commissie gevraagd om een transparante en heldere onderbouwing te geven voor de voorgestelde waarden. De resultaten van de Commissie zijn in het onderhavige rapport samengevat.

Gasvormige stikstofverliezen

Gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen worden veroorzaakt door ammoniakvervluchtiging (NH_3 -vervluchtiging) en door de processen nitrificatie en denitrificatie, waarbij stikstofoxide (NO), lachgas (N_2O) en stikstofgas (N_2) kunnen vervluchten. *Ammoniakvervluchtiging* treedt op als de uitgescheiden urine en mest wordt blootgesteld aan de lucht. De vervluchtiging is groter naar mate er meer stikstof aanwezig is in de urine en feces, de temperatuur en pH van de mest hoger zijn en het contactoppervlak tussen enerzijds urine en mest en anderzijds de lucht groter is. De vervluchtiging vindt plaats op de met mest en urine besmeurde roosters en loopvloeren in de stallen, uit mestopslagen onder de roosters en uit de mestopslagen buiten de stal.

Stikstofverliezen door (de)nitrificatie treden op indien zuurstof uit de lucht in de mest en urine kan dringen en de mest en urine daardoor gedeeltelijk aëroob worden.

Nitrificerende bacteriën zetten dan ammoniumstikstof om in nitraatstikstof waarna denitrificerende bacteriën nitraatstikstof om kunnen zetten in stikstofgas (N_2). Daarbij ontwijken NO , N_2O en N_2 in hoeveelheden die vooral afhankelijk zijn van de aëratie van de mest. In de praktijk betekent dit dat NO , N_2O en N_2 vooral ontwijken uit vaste en stro(oisel)rijke mest in stallen en mestopslagen en in potstallen waar dieren in de strooiselrijke mest lopen en wroeten.

Werkwijze van de Commissie

De Commissie heeft voor alle diercategorieën een uniforme werkwijze toegepast voor de kwantificering van gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. Hierbij is gebruik gemaakt van bestaande indelingen van diercategorieën en huisvestingssystemen. De kwantificering van de stikstofverliezen is gebaseerd op bestaande literatuurgegevens en algemeen gehanteerde emissiepercentages. De uitgangspunten en procedure worden hieronder beknopt samengevat:

- Diercategorieën zijn gebaseerd op artikel 2 van het Besluit Stikstofcorrectie Meststoffenwet.
- De bruto-stikstofexcretie per diercategorie is gebaseerd op het rapport van de Commissie Tamminga.
- Huisvestingssystemen genoemd in de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij zijn voor rundvee en varkens geaggregeerd tot een functionele indeling in gangbare stallen, emissie-arme stallen en strooiselstallen, inclusief de stalsystemen uit de biologische veehouderij. Voor kippen is een gedetailleerdere indeling toegepast.
- Maximaal drie mestsoorten zijn onderscheiden, namelijk dunne mest, vaste mest met strooisel en droge of gedroogde mest.
- Literatuurgegevens over stikstofverliezen via vervluchtiging van NH_3 , NO , N_2O en N_2 zijn getabelleerd voor de onderscheiden diercategorieën, mestsoorten, huisvestingssystemen en mestopslagen.
- Op basis van literatuurgegevens is verondersteld dat de stikstofverliezen door emissie van NH_3 , NO , N_2O en N_2 uit stallen en mestopslagen een lineaire functie zijn van de bruto-stikstofuitscheiding, d.w.z. per diercategorie, huisvestingssysteem en mestopslagsysteem een vast percentage bedragen van de uitgescheiden stikstof in mest en urine.
- Voor de kwantificering van de NH_3 -vervluchtiging is gebruik gemaakt van de normatieve waarden genoemd in de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij, na correctie voor de veranderingen in bruto-stikstofuitscheiding tussen 1998 en 2003, conform het rapport van de Commissie Tamminga. De normatieve waarden voor NH_3 -vervluchtiging in de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij zijn gebaseerd op meetgegevens en worden bovendien frequent bijgesteld indien nieuwe meetgegevens beschikbaar komen.
- Voor de kwantificering van de vervluchtiging van NO , N_2O en N_2 zijn op basis van literatuurgegevens emissiepercentages opgesteld, afhankelijk van mestsoort en huisvestingssysteem. Gesteld is dat de emissie van NO gelijk is aan die van N_2O en dat de emissie van N_2 1 tot 10 keer groter is dan die van N_2O , afhankelijk van de aëratie van de mest.

- De aldus berekende stikstofverliezen door NH_3 , NO , N_2O en N_2 per diercategorie, mestsoort en stalsysteem zijn vervolgens getoetst aan onafhankelijke schattingen van stikstofverliezen uit huisvestingssystemen en mestopslagen op basis van stikstofbalansen van praktijkbedrijven. Daarbij zijn mineralenbalansen (stikstof en fosfaat) van bedrijven geanalyseerd op de gewogen gemiddelde N/P-verhoudingen in de aanvoer, in de afvoer via dierlijke producten en in de mest.
- De resultaten van de berekeningen zijn gepresenteerd in tabellen.

Resultaten en discussie

Rundvee

In de hoofdcategorie rundvee vormen melk- en kalfkoeien verreweg de grootste categorie. Voor deze categorie zijn vijf functionele huisvestingssystemen onderscheiden. Bij melkkoeien zijn bovendien 4 beweidingssystemen onderscheiden, omdat het beweidingssysteem een grote invloed heeft op de hoeveelheid mest en op N-verliezen uit de stal in de zomer. Voor de overige dieren die vallen onder deze hoofdcategorie is gekozen voor het meest gangbare huisvestingssysteem per diercategorie (ligboxenstal of loopstal). Per diercategorie en huisvestingssysteem zijn berekeningen gemaakt voor de stikstofverliezen door vervluchting van NH_3 , NO , N_2O en N_2 uit de stallen in de winter en in de zomer, en uit de mestopslagen in de winter en in de zomer. Daarbij is gecorrigeerd voor de hoeveelheden stikstof in mest en urine die per seizoen in stal en mestopslag aanwezig zijn. De resultaten zijn samengevat in tabel i.

De totale verliezen variëren van 3% voor rundvee in een grupstal met dunne mest en onbeperkt beweiden tot 21% voor melkvee in een potstal. Gemiddeld gaat 10 tot 20% verloren in de vorm van gasvormige stikstofverbindingen. In de gangbare huisvestingssystemen is NH_3 -vervluchting verreweg het belangrijkste. Alleen voor systemen met vaste mest, zoals in grupstallen en potstallen, wordt geschat dat de verliezen door vervluchting van NO , N_2O en N_2 van vergelijkbare grootte zijn als of groter zijn dan die door NH_3 -vervluchting.

De met behulp van balansen berekende verliezen komen in het algemeen goed overeen met de berekende verliezen. Bij de categorieën 101, 102, 111, 112 en rosékalveren zijn de N-verliezen volgens de balansen (iets) hoger dan de berekende verliezen. Deze discrepantie kan enerzijds liggen aan de onzekerheden in de schattingen in de emissiepercentages voor de verschillende gasvormige N-verbindingen en anderzijds aan onzekerheden in de balansberekeningen. De Commissie adviseert om in een vervolgstudie deze discrepantie tussen de berekende verliezen en de balansen nader te onderzoeken.

Tabel i. Gasvormige stikstofverliezen uit huisvestingssystemen en mestopslagen bij de hoofdcategorie rundvee in kg N per dier per jaar en in procent van de bruto-stikstofuitscheiding in 2003

Cat.	Omschrijving	Huisvesting	Beveidings-systeem	N-excretie in 2003 kg N/dr/jr	N-verlies in 2003	
					kg N/dr/ jr	% van totale N-excretie
100	Melk- en kalfkoeien	Ligboxenstal	onbeperkt	129	10,5	8
100	Melk- en kalfkoeien	Ligboxenstal	beperkt	129	15,7	12
100	Melk- en kalfkoeien	Ligboxenstal	zomerstalvoeding	129	20,2	16
100	Melk- en kalfkoeien	Ligboxenstal	gemiddeld NL	129	13,6	11
100	Melk- en kalfkoeien	Emissie-arme ligboxenstal	onbeperkt	129	6,2	5
100	Melk- en kalfkoeien	Emissie-arme ligboxenstal	beperkt	129	9,1	7
100	Melk- en kalfkoeien	Emissie-arme ligboxenstal	zomerstalvoeding	129	11,6	9
100	Melk- en kalfkoeien	Emissie-arme ligboxenstal	gemiddeld NL	129	7,9	6
100	Melk- en kalfkoeien	Grupstal: dunne mest	onbeperkt	129	4,0	3
100	Melk- en kalfkoeien	Grupstal: vaste mest	onbeperkt	129	22,2	17
100	Melk- en kalfkoeien	Potstal	onbeperkt	129	27,2	21
101	Vrouwelijk jongvee, < 1 jr	Gangbaar	beperkt	40,5	2,5	6
102	Vrouwelijk jongvee, > 1 jr	Gangbaar	beperkt	82,9	5,2	6
103	Stieren fokkerij, < 1 jr	Gangbaar	zomerstalvoeding	38,5	7,1	18
104	Stieren fokkerij > 1 jr	Gangbaar	zomerstalvoeding	69,2	9,2	13
110	Startkalf (0-2 mnd)	Gangbaar	zomerstalvoeding	6,03	1,0	17
111	Kalf (2-6 mnd)	Gangbaar	zomerstalvoeding	15,1	2,7	18
112	Kalf (0-6 mnd)	Gangbaar	zomerstalvoeding	12,0	2,2	18
	Rose-kalveren, 0-3 mnd	Gangbaar	zomerstalvoeding	12,9	2,0	16
	van 3 tot 8 mnd	Gangbaar	zomerstalvoeding	35,9	6,4	18
	van 0 tot 8 mnd	Gangbaar	zomerstalvoeding	27,4	5,5	20
120	Weide- en zoogkoeien	Gangbaar	onbeperkt	86,9	9,0	10
121	Vleesstieren, 0-3 mnd	Gangbaar	zomerstalvoeding	10,0	2,2	22
122	Vleesstieren, 3-16 mnd	Gangbaar	zomerstalvoeding	39,3	7,3	19
123	Vleesstieren, 0-16 mnd	Gangbaar	zomerstalvoeding	34,0	6,5	19
124	Overig vleesvee, < 1 jaar	Gangbaar	zomerstalvoeding	38,5	7,4	19
125	Overig vleesvee, > 1 jaar	Gangbaar	zomerstalvoeding	86,9	10,0	12

Varkens

In de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij worden bij de hoofdcategorie varkens een groot aantal huisvestingssystemen onderscheiden. Deze huisvestingssystemen zijn geaggregeerd tot vier functionele categorieën van systemen, namelijk (i) Gangbaar, (ii) AMvB huisvesting, (iii) Groen label minimum waarde en (iv) Systemen met scharrelvarkens en biologische varkens. Voor AMvB- huisvesting is de beoogde drempelwaarde genomen. De Groen label minimum waarde weerspiegelt de laagst gemeten NH₃-vervluchtiging binnen de Groen label huisvestingssystemen. Het betreft huisvestingssystemen met luchtwassers, d.w.z. de NH₃ in de uitgaande luchtstroom van de mechanisch geventileerde huisvestingssystemen wordt er uitgehaald. In de onderhavige studie wordt uitgegaan dat de NH₃ die met luchtwassers is opgevangen weer aan de mest wordt toegediend als deze wordt afgevoerd (dit is een systeem met een grote N-afvoer via mest). Verder wordt binnen

de drie eerst genoemde categorieën van huisvestingssystemen nog onderscheid gemaakt tussen enkel dunne mest en een combinatie van dunne en vaste mest.

Per diercategorie en huisvestingssysteem zijn berekeningen gemaakt voor de stikstofverliezen door vervluchtiging van NH_3 , NO , N_2O en N_2 uit de stallen en mestopslagen. Daarbij is een schatting gemaakt van de gemiddelde bezetting van een dierplaats in de stal en van de hoeveelheid mest in de stallen en in mestopslagen. De resultaten zijn samengevat in tabel ii.

De totale verliezen variëren van minder dan 5% voor het huisvestingssysteem Groen label minimum waarde met dunne mest tot ongeveer 40% voor huisvestingssystemen met scharrelvarkens en biologische varkens. In gangbare systemen met dunne mest gaat gemiddeld 20 tot 30% verloren en in gangbare systemen met vaste mest al dan niet in combinatie met dunne mest gaat gemiddeld 30 tot 40% verloren in de vorm van gasvormige stikstofverbindingen. In AMvB huisvestingssystemen varieert het totale verlies van 10 tot 30%, afhankelijk van mestsoort. In huisvestingssystemen met dunne mest is NH_3 -vervluchtiging verreweg de grootste verliespost, behalve in die van Groen Label minimum waarde waarbij bijna alle NH_3 uit de lucht wordt gevangen. In gangbare stalsystemen met vaste mest zijn verliezen door vervluchtiging van NO , N_2O en N_2 ook belangrijk. De grote verliezen in huisvestingssystemen met scharrelvarkens en biologische varkens door vervluchtiging van NO , N_2O en N_2 worden toegeschreven aan het wroeten van varkens in de strooiselrijke mest waardoor partiële aëratie optreedt.

De met de balansen berekende N-verliezen komen voor de categorieën 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406 en 411 goed overeen met de berekende verliezen (bij gangbare stalsystemen). De N-verliezen volgens de balansen zijn bij categorie 407 hoger dan de berekende verliezen. Deze discrepantie wordt mogelijk veroorzaakt doordat voor de balansberekeningen van deze categorie maar een zeer beperkte dataset beschikbaar was (deze categorie komt nauwelijks apart voor).

Tabel ii. Gasvormige stikstofverliezen uit huisvestingsystemen en mestopslagen bij de hoofdcategorie varkens in kg N per dier per jaar en in procent van de bruto-stikstofuitscheiding in 2003

Cat.	Omschrijving	Huisvesting	Mestsoort ¹⁾	N-excretie in 2003 kg N/dr/jr	N-verlies in 2003 kg N/dier/jr	% van totale N-excretie
400	Fokzeug, incl. biggen tot 6 weken	Gangbaar	DM	21,4	5,2	24
			DM+VM	21,4	6,5	30
		AMvB Huisvesting	DM	21,4	3,0	14
			DM+VM	21,4	4,3	20
		Groen Label, min.	DM	21,4	0,66	3
			DM+VM	21,4	2,1	10
Scharrel/biologisch	DM+VM	21,4	7,3	34		
401	Fokzeug, incl. biggen tot ca. 25 kg	Gangbaar	DM	28,1	7,4	26
			DM+VM	28,1	9,1	32
		AMvB Huisvesting	DM	28,1	3,7	13
			DM+VM	28,1	5,5	20
		Groen Label, min.	DM	28,1	0,91	3
			DM+VM	28,1	2,8	10
Scharrel/biologisch	DM+VM	28,1	10,1	36		
402	Opfokzeug van 25 kg tot 7 mnd.	Gangbaar	DM	11,4	3,4	30
			DM+VM	11,4	4,1	36
		AMvB Huisvesting	DM	11,4	1,3	11
			DM+VM	11,4	2,00	17
		Groen Label, min.	DM	11,4	0,4	3
			DM+VM	11,4	1,1	10
Scharrel/biologisch	DM+VM	11,4	4,5	40		
403	Opfokzeug: 7 mnd. tot 1 ^e dekking	Gangbaar	DM	16,2	3,9	24
			DM+VM	16,2	4,8	30
		AMvB Huisvesting	DM	16,2	2,6	16
			DM+VM	16,2	3,6	22
		Groen Label, min.	DM	16,2	0,50	3
			DM+VM	16,2	1,6	10
Scharrel/biologisch	DM+VM	16,2	5,5	34		
404	Opfokzeug: 25 kg tot 1 ^e dekking	Gangbaar	DM	11,8	3,5	30
			DM+VM	11,8	4,2	35
		AMvB Huisvesting	DM	11,8	1,5	13
			DM+VM	11,8	2,3	19
		Groen Label, min.	DM	11,8	0,38	3
			DM+VM	11,8	1,2	10
Scharrel/biologisch	DM+VM	11,8	4,6	39		
405	Opfokbeer van 25 kg tot 7 mnd	Gangbaar	DM	11,0	3,4	31
			DM+VM	11,0	4,0	37
		AMvB Huisvesting	DM	11,0	1,5	14
			DM+VM	11,0	2,2	20
		Groen Label, min.	DM	11,0	0,36	3
			DM+VM	11,0	1,1	10
Scharrel/biologisch	DM+VM	11,0	4,5	41		
406	Dekbeer ca. 7 mnd. en ouder	Gangbaar	DM	21,1	5,2	25
			DM+VM	21,1	6,5	31
		AMvB Huisvesting	DM	21,1	3,5	17
			DM+VM	21,1	4,8	23
		Groen Label, min.	DM	21,1	0,66	3
			DM+VM	21,1	2,1	10
Scharrel/biologisch	DM+VM	21,1	7,3	35		

Tabel ii vervolg

Cat.	Omschrijving	Huisvesting	Mestsoort ¹⁾	N-excretie in 2003 kg N/dr/jr	N-verlies in 2003 kg N/dier/jr	% van totale N-excretie
407	Biggen, ca. 6 wk. tot ca. 25 kg	Gangbaar	DM	3,29	0,60	18
			DM+VM	3,29	0,81	25
		AMvB Huisvesting	DM	3,29	0,24	7
			DM+VM	3,29	0,45	14
		Groen Label, min.	DM	3,29	0,09	3
			DM+VM	3,29	0,32	10
Scharrel/biologisch	DM+VM	3,29	0,93	28		
410	Slachtzeugen	Gangbaar	DM	20,9	3,8	18
			DM+VM	20,9	5,1	24
		AMvB Huisvesting	DM	20,9	2,6	13
			DM+VM	20,9	3,9	19
		Groen Label, min.	DM	20,9	0,58	3
			DM+VM	20,9	2,0	10
Scharrel/biologisch	DM+VM	20,9	5,9	28		
411	Vleesvarkens van 25 kg tot 110 kg	Gangbaar	DM	11,7	3,4	29
			DM+VM	11,7	4,1	35
		AMvB Huisvesting	DM	11,7	1,3	11
			DM+VM	11,7	2,0	17
		Groen Label, min.	DM	11,7	0,38	3
			DM+VM	11,7	1,2	10
Scharrel/biologisch	DM+VM	11,7	4,5	39		

¹⁾ DM = dunne mest; VM = vaste mest met stro(oisel)

Kippen

In de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij wordt een groot aantal huisvestingssystemen voor de hoofdcategorie kippen onderscheiden. Deze huisvestingssystemen zijn per diercategorie geaggregeerd in twee tot zeven functionele systeemcategorieën, afhankelijk van de diercategorie.

Per diercategorie en huisvestingssysteem zijn berekeningen gemaakt voor de stikstofverliezen door vervluchtiging van NH₃, NO, N₂O en N₂ uit de stallen en mestopslagen. Daarbij is een schatting gemaakt van de gemiddelde bezetting van een dierplaats in de stal en van de hoeveelheid mest in de stallen en in mestopslagen. De resultaten zijn samengevat in tabel iii.

De totale verliezen variëren van circa 4% voor de emissie-arme stallen met vleeskuikens tot meer dan 60% voor dieppit(kanalen)stallen. Huisvestingssystemen met grondhuisvesting en scharrelkippen hebben een stikstofverlies van 20 tot 50%. Verreweg de grootste verliezen worden hier veroorzaakt door NH₃-vervluchtiging. In huisvestingssystemen met grote stikstofverliezen, zoals bij grondhuisvesting vinden ook forse verliezen plaats door vervluchtiging van NO, N₂O en N₂. Berekeningen voor leghennen geven aan dat de gasvormige stikstofverliezen bij leghennen met 7 tot 14 procent wordt verhoogd, indien een uitloop voor de leghennen wordt gebruikt (bijvoorbeeld in biologische systemen).

De berekende gasvormige stikstofverliezen komen in het algemeen goed overeen met de resultaten van stikstofbalansen van bedrijven. Ook de balansberekeningen geven

aan dat de stikstofverliezen variëren tussen 30 en 60%. Hierbij dient te worden opgemerkt dat door het grote aantal verschillende huisvestingssystemen bij de diercategorieën 300, 301, 310, 311 en 312 het data-bestand voor de balansberekeningen mogelijk ‘vervuild’ is (verschillende huisvestingssystemen door elkaar).

Tabel iii. Gasvormige stikstofverliezen uit huisvestingssystemen en mestopslagen bij de hoofdcategorie kippen in kg N per dier per jaar en in procent van de bruto-stikstofuitscheiding in 2003

Cat.	Omschrijving	Huisvesting	N-excretie in 2003 kg N/dr/jr	N-verlies in 2003 kg N/dier/jr	% van totale N-excretie
300	Opfok legrassen	Batterij, dunne mest	0,325	0,089	27
		Dieppit, kanalenstal	0,325	0,224	69
		Mestbandbat. + droging	0,325	0,084	26
		Mestbandbat. + droging+ extra droging	0,325	0,033	10
		Volledig roostervloer	0,389	0,202	52
		Gedeeltelijk rooster	0,389	0,202	52
		Volière	0,325	0,106	33
		Volledig strooisel	0,389	0,202	52
301	Legrassen	Batterij, dunne mest	0,676	0,177	26
		Dieppit, kanalenstal	0,676	0,425	63
		Mestbandbat. + droging	0,676	0,168	25
		Mestbandbat. + droging+ extra droging	0,676	0,059	9
		Volledig roostervloer	0,872	0,435	50
		Gedeeltelijk rooster(scharrel)	0,872	0,435	50
		Volière	0,676	0,210	31
		NH ₃ -arme grondh. (scharrel). Volledig strooisel	0,872	0,155	18
310	Opfok vleesrassen	Volledig roostervloer	0,414	0,285	69
		Gedeeltelijk roostervloer	0,414	0,285	69
		Volledig strooisel	0,414	0,285	69
311	Ouderdieren	Gedeeltelijk roostervloer	1,130	0,646	57
		Volledig strooisel	1,130	0,646	57
		Emissie-arm	1,130	0,323	29
312	Vleeskuikens	Alle bedrijfssystemen	0,543	0,153	28
		Emissie-arme grondhuisvesting	0,543	0,020	4

Overige hoofdcategorieën dieren

Volgens de Meststoffenwet vallen onder ‘overige hoofdcategorieën’ kalkoenen, schapen, vossen, nertsen, geiten, eenden, konijnen en parelhoenders. In de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij worden ook nog paarden onderscheiden, maar die zijn niet in de Meststoffenwet opgenomen en worden daarom in het onderhavige rapport verder ook niet besproken. Per hoofdcategorie onderscheidt de Meststoffenwet slechts een beperkt aantal diercategorieën. Ook in de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij worden per hoofdcategorie slechts een beperkt aantal huisvestingssystemen onderscheiden.

Per diercategorie en huisvestingssysteem zijn berekeningen gemaakt voor de stikstofverliezen door vervluchtiging van NH₃, NO, N₂O en N₂ uit de stallen en mestopslagen. Daarbij is een schatting gemaakt van de gemiddelde bezetting van een

dierplaats in de stal en van de hoeveelheid mest in de stallen en in mestopslagen. De resultaten zijn samengevat in tabel iv.

De totale berekende gasvormige stikstofverliezen variëren van 0% voor schapen die continu buiten worden gehouden tot 55% voor vossen. Bij kalkoenen, schapen en vleeseenden en (een deel van) geiten en konijnen komen de berekende gasvormige stikstofverliezen goed overeen met de resultaten van stikstofbalansen van bedrijven. De berekende verliezen van nertsen zijn lager dan de resultaten van de balansen. Dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat er gier weglegt bij mestopslag op de grond onder de kooien. Bij een deel van de categorieën van overig vee zijn een beperkte hoeveelheid gegevens beschikbaar, zodat bij de balansberekening bepaalde aannames zijn gemaakt. Uit oogpunt van een uniforme en transparante methodiek, heeft de Commissie gekozen om in tabel iv de met emissiepercentages berekende N-verliezen te rapporteren.

Tabel iv. Gasvormige stikstofverliezen uit huisvestingssystemen en mestopslagen bij de hoofdcategorie overig vee in kg N per dier per jaar en in procent van de bruto-stikstofuitscheiding in 2003

Cat.	Omschrijving	N-excretie in 2003 kg N/dr/jr	N-verlies in kg N/dier/jr	% van totale N-excretie
200	Ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok van 0 tot 6 weken	0,591	0,25	42
201	Ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok van 6 tot 30 weken	2,08	0,71	34
202	Ouderdieren van vleeskalkoenen van 30 weken en ouder	2,73	0,95	35
210	Vleeskalkoenen	1,92	0,88	46
550	Fokschapen	13,3	1,2	9
551	Overige schapen	10,9	0	0
600	Melkgeiten	14,2	6,3	44
	Melkgeiten: biologisch, met weidegang	14,2	5,6	39
601	Overige geiten	9,4	3,7	39
	Overige geiten: biologisch, met weidegang	9,4	3,3	35
700	Vossen: fokmoeren	4,28	2,3	55
701	Vossen: fokrekels	3,46	1,9	55
702	Vossen: pups	3,00	1,6	55
750	Nertsen: fokteven, open mestopslag	1,28	0,55	43
	Nertsen: fokteven, Groen Label, dagontmesting	1,28	0,26	20
751	Nertsen: fokreuen	1,48	0,63	43
752	Nertsen: pups	1,05	0,45	43
800	Ouderdieren van vleeseenden	1,24	0,65	53
801	Vleeseenden	0,948	0,49	52
900	Voedsters	2,56	1,1	44
901	Fokrammen	1,58	0,70	44
902	Opfokkonijnen	1,43	0,24	17
903	Vleeskonijnen	0,703	0,23	32
951	Parelhoenders	0,664 ¹	0,15	22

¹Niet door Tamminga et al. (2000) afgeleid. N-excretie gebaseerd op Westhoek (2000).

Conclusies en aanbevelingen

Voor alle diercategorieën die in de Meststoffenwet worden onderscheiden heeft de Commissie in het onderhavige rapport berekeningen gemaakt van de totale gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagsystemen. De berekeningen tonen aan dat de totale stikstofverliezen variëren van minder dan 5% voor emissie-arme huisvestingssystemen tot 50% en meer voor huisvestingssystemen met los

lopende dieren op strooisel en voor huisvestingssystemen met mestdroging. Dit betekent dat verliezen van gasvormige stikstofverbindingen uit stallen en mestopslagen fors zijn op bedrijfsniveau.

Ammoniakvervluchtiging is de belangrijkste oorzaak van de stikstofverliezen. In huisvestingssystemen met vaste mest en met los lopende dieren op strooisel en/of met geforceerde mestdroging is vervluchtiging van NO, N₂O en N₂ een belangrijke bron van N-verlies.

Voor de hoofdcategorie rundvee zijn de verliezen voor gangbare huisvestingssystemen gemiddeld 10 tot 15%. Voor de hoofdcategorie varkens zijn de verliezen voor gangbare huisvestingssystemen gemiddeld 20 tot 30%. De grotere verliezen bij varkens worden veroorzaakt doordat varkens gedurende het gehele jaar op stal staan en rundvee niet. Bij varkens komt daardoor alle mest in de stal en mestopslag terecht. Daarnaast is de temperatuur in varkensstallen hoger dan in rundveestallen. Bij de hoofdcategorie kippen zijn er diverse gangbare huisvestingssystemen; de gemiddeld verliezen variëren van 10 tot 50%, afhankelijk van het huisvestingssysteem.

De berekende stikstofverliezen komen goed overeen met de schattingen voor een aantal diercategorieën en huisvestingssystemen in Denemarken. Ook uit de Deense metingen en berekeningen blijkt dat gemiddeld 10 tot 20% van de door melkkoeien uitgescheiden stikstof in gangbare stallen en mestopslagen verloren gaat via gasvormige stikstofverbindingen en dat het percentage voor varkens gemiddeld een factor 2 hoger is. Uit de literatuurgegevens blijkt ook dat de stikstofverliezen groter zijn in strooiselstallen en in huisvestingssystemen met vaste mest dan in stallen en mestopslagen met dunne mest.

De berekende stikstofverliezen op basis van emissiepercentages zijn getoetst aan de hand van resultaten van N- en P-balansen. In de meeste gevallen was er een redelijke tot goede overeenstemming tussen de stikstofverliezen berekend met behulp van emissiepercentages en die berekend met behulp van N- en P-balansen. Dit betekent dat de berekende N-verliezen gemiddeld genomen betrouwbaar zijn. In enkele gevallen was de overeenstemming matig tot slecht; de stikstofverliezen op basis van N- en P-balansen waren hoger dan de stikstofverliezen berekend op basis van emissiepercentages. Deze discrepanties verdienen nadere aandacht. Omdat beide methoden voor het bepalen van gasvormige stikstofverliezen voor- en nadelen hebben, doet de Commissie de aanbeveling beide methoden gelijktijdig toe te passen voor een aantal case-studies.

Er zijn weinig literatuurgegevens beschikbaar van verliezen door NO, N₂O en N₂. Voor N₂ zijn in het geheel geen gegevens beschikbaar. Om toch schattingen te maken van de verliezen door NO, N₂O en N₂ heeft de commissie waarden afgeleid uit bodemkundige literatuur. Of de omstandigheden en de relatieve verhoudingen bij de vervluchtiging van NO, N₂O en N₂ in de bodem gelijk zijn aan die in stallen en mestopslagsystemen behoeft verificatie. De onzekerheid in de berekende vervluchtiging van NO, N₂O en N₂ uit stallen en mestopslagen is derhalve groot.

De Commissie benadrukt dat bij de berekening van de stikstofverliezen verondersteld is dat het verband tussen de grootte van de stikstofuitscheiding in de mest en de grootte van de vervluchtiging van NH_3 , NO , N_2O en N_2 lineair is. Deze aanname is wellicht niet volledig correct en leidt mogelijk tot een overschatting van de stikstofverliezen door NH_3 -vervluchtiging in 2003 en daarna, omdat de verwachte verlaging van de stikstofuitscheiding wordt veroorzaakt door verlaging van de stikstofuitscheiding via urine en juist de stikstof in de urine bijdraagt tot NH_3 -vervluchtiging. Ook hier is verificatie gewenst.

Uit de bestudeerde literatuur blijkt dat de spreiding in gemeten emissies tussen vergelijkbare stalsystemen soms groot is. Verder blijkt dat bij veel combinaties van diercategorieën en huisvestingssystemen nog geen metingen zijn uitgevoerd. Voor deze categorieën zijn schattingen gemaakt op basis van expert judgement. De onzekerheid in de schattingen van totale gasvormige N verliezen verschilt per huisvestings- en mestopslagsysteem. Kwantificering van de onzekerheden in de schattingen met behulp van wiskundige technieken is echter niet goed mogelijk, omdat het aantal meetgegevens daarvoor te gering is. Aan de hand van de beschikbare gegevens en expert judgement kan wel een globale indicatie worden aangegeven. De onzekerheid wordt hierbij aangegeven als range (spreiding tussen minimale en maximale waarde). De onzekerheid in de ammoniakverliezen uit stallen is geschat op ± 25 procent. De onzekerheid voor ammoniakverliezen uit mestopslagen is geschat op ± 50 procent. De grotere onzekerheid bij mestopslagen heeft te maken met zowel de onzekerheid over de hoeveelheid mest die buiten wordt opgeslagen als met onzekerheden over de werkelijk emissie per kg stikstof. De onzekerheid in de berekende verliezen aan N_2 , N_2O en NO uit stallen en mestopslagen is geschat op ± 75 procent. De grote onzekerheid wordt hier veroorzaakt door het ontbreken van (voldoende) metingen van de emissies van N_2 , N_2O en NO . De onzekerheid in de totale gasvormige stikstofverliezen wordt geschat op ± 25 tot 50 procent, waarbij de onzekerheid van verliezen bij systemen met vaste mest (relatief veel N_2 -, N_2O - en NO -verliezen) groter is dan die van systemen met dunne mest.

Vanwege de ontwikkeling naar strooiselsystemen en opslag van vaste mest (bijvoorbeeld in de biologische landbouw) wordt verwacht dat het N-verlies gaat verschuiven van ammoniak naar overige N-verbindingen (N_2O , NO en N_2). Een evaluatie van de hier gepresenteerde verliespercentages is derhalve wenselijk na enige tijd. Met name de vaste mestopslagen met stro(oisel) zijn een onzekere factor in de berekeningen, omdat de emissie van vooral N_2 daar aanzienlijk kan zijn. Wanneer in de toekomst overkapping van mestopslagen van vaste mest (containers) mogelijk ook verplicht wordt, zal de NH_3 -vervluchtiging minder worden.

In biologische varkens- en pluimveehouderijen is steeds vaker sprake van huisvestingssystemen met uitloop. Hierdoor komt een deel van de mest en urine in de uitloop terecht en wordt dus niet opgeslagen of afgevoerd. Het is van belang om na te gaan hoeveel mest er niet wordt afgevoerd en hoe groot de verliezen hierbij zijn.

Verliezen die optreden bij mestbewerking op bedrijfsniveau zijn in deze studie meegenomen. Er is een ontwikkeling gaande naar zogenaamde geïntegreerde stalsystemen. In deze systemen wordt de mest in de stal behandeld (bijvoorbeeld gedroogd met ventilatielucht). Op deze wijze wordt gepoogd de thema's mest, ammoniak, geur, stof en energie gezamenlijk aan te pakken. De emissiepercentages voor ammoniak zullen waarschijnlijk gaan dalen, met name door het toepassen van luchtzuivering als laatste stap. Nader onderzoek aan het effect van mestbewerking op het bedrijf op de grootte van gasvormige stikstofverliezen is gewenst.

Door middel van luchtwassers kan veel ammoniak uit stallen worden weggevangen. De N-verliezen van bedrijven met luchtwassers kan worden teruggedrongen indien de opgevangen ammoniak weer wordt hergebruikt (bijvoorbeeld door deze weer in de mest terug te brengen of deze als meststof te gebruiken). Indien de opgevangen ammoniak door middel van nitrificatie en denitrificatie wordt omgezet in N_2 , NO en N_2O , is de N definitief verloren.

Bij de analyse van de diercategorieën en huisvestingssystemen volgens de Meststoffenwet en volgens de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (UAV) is geconstateerd dat er soms een grote discrepantie bestaat tussen de omschrijving van diercategorieën en huisvestingssystemen binnen MINAS en die van de UAV. Het verdient aanbeveling om te komen tot grotere uniformiteit voor diercategorieën en huisvestingssystemen

Tenslotte doet de Commissie de aanbeveling om via N- en P-balansen de stikstofverliezen uit huisvestingssystemen en mestopslagen van grondloze bedrijven te monitoren. Hiervoor kunnen de MINAS-gegevens die door Bureau Heffingen worden verzameld, worden gebruikt. Een goede toets wordt verkregen indien op enkele van deze bedrijven de verliezen door vervluchtiging van NH_3 , NO, N_2O en N_2 ook direct zouden worden gemeten.

Executive summary

Calculated losses of gaseous nitrogen compounds from livestock manure in stables and manure storage systems

O. Oenema, G.L. Velthof, N. Verdoes, P.W.G. Groot Koerkamp, G.J. Monteny, A. Bannink, H.G. van der Meer, K.W. van der Hoek

Abstract

Many livestock farms in The Netherlands do not have enough agricultural land to discharge all livestock manure produced on the farm in a proper way. According to the European Nitrates Directive, the amount of manure applied to agricultural land may not exceed an equivalence of 170 kg of nitrogen (N) per ha per year. For grassland the Netherlands government has proposed 250 kg of N per ha per year. The surplus amount of manure at farm level has to be exported from the livestock farm to arable farms that can utilise this manure properly. To manage and regulate the transfer of manure, livestock farms have to make contracts with arable farms for the acreage of agricultural land they need to discharge the surplus manure. This acreage is defined by the maximum amount of manure N that can be applied to the arable land and by the amount of N in the manure 'ex storage', i.e. the amount of N in the manure storage system at the time of application. The amount of N in the manure 'ex storage' is calculated from the N excretion rate by the livestock, corrected for N losses from stables and manure storage systems via volatilisation of gaseous N compounds, i.e. ammonia (NH₃), nitric oxide (NO), nitrous oxide (N₂O) and dinitrogen (N₂).

The current report presents estimates of N losses from stables and manure storage systems for all livestock categories and for all common stables and manure storage units in The Netherlands. The estimates are based on literature data of measured rates of volatilisation of NH₃, NO, N₂O and N₂. Because there are few measurements of NO, N₂O and N₂ losses, the assumption has been made that the ratio of NO:N₂O:N₂ is 1:1:(1-10). These estimates have been checked by data on N and P balances of livestock farms without land; the N loss from stables and manure storage systems has been estimated from the weighted average N/P ratios in purchased inputs, sold livestock and exported livestock manure. Total losses of gaseous N compounds have been related to the standardised N excretion rate per livestock category for the year 2003, i.e. when the Nitrates Directive and MINAS (Minerals accounting system) have been fully implemented.

The results for dairy cattle housed in common stables (cubicle houses with slatted floors and manure storage below the slatted floors) indicate that the average total N loss from stables and manure storage ranges from 5 to 20% of the total N excretion.

For housing systems with solid manure and with straw admixture, the total N loss is 15 to 30% of the N excretion.

The results for pigs show that the average total N loss ranges from 20 to 30% of the N excretion for the common housing system with slurry and 35 to 45% for the common housing system with solid manure with straw admixture. For low-emission stables with slurry, total losses range from 5 to 15% and for low-emission stables with solid manure from 15 to 30%. Deep litter stables have a total N loss of 50 to 60%.

The results for chicken indicate that total N losses range from 5% in low-emission stables to 50% in ground-based housing systems and in battery cages with forced drying of chicken manure.

Rather similar results have been obtained for the other farm animal categories, i.e. turkeys, sheep, foxes, minks, goats, ducks, rabbits and guinea fowls. Total N losses range from 5 to 10% in low-emissions stables up to 30 to 60% in ground-based systems with solid manure and straw.

Volatilisation of NH_3 is the major N loss pathway for systems with slurry, i.e. a mixture of dung and urine with a dry matter content of (much) less than 20%. These losses are twice as high in pig farms than in cattle farms, because of differences in temperature, manure composition and housing. Losses via NO , N_2O en N_2 volatilisation are important in systems with solid manure with straw, especially deep litter stables, in ground-based poultry housing systems and in systems where the manure is partially dried. Straw admixture, reworking of the manure in deep litter systems, and partially drying all facilitate the partial aeration of the manure and thereby the transformation of N compounds via nitrification and denitrification processes and the loss of NO , N_2O en N_2 . However, the results have to be interpreted cautiously, because the number experimental data in literature is very limited.

Summarising, the results of this study clearly indicate that N losses from stables and manure storage systems significantly contribute to the total N loss from livestock farming systems. The total N loss is related to N excretion rate, manure composition, housing system, and manure management.

Introduction

Many livestock farms in The Netherlands do not have enough agricultural land to discharge all livestock manure produced on the farm in a proper way. According to the European Nitrates Directive, the amount of manure applied to agricultural land may not exceed an equivalence of 170 kg of nitrogen (N) per ha per year. For grassland the Netherlands government has proposed 250 kg of N per ha per year. The surplus amount of manure at farm level has to be exported from the livestock farm to arable farms that can utilise this manure properly. To manage and regulate the transfer of manure, livestock farms have to make contracts with arable farms for the acreage of agricultural land they need to discharge the surplus manure properly.

This acreage is defined by the maximum amount of manure N that can be applied to the arable land and by the amount of N in the manure 'ex storage', i.e. the amount of N in the manure storage system at the time of application. The amount of N in the manure 'ex storage' is calculated from the N excretion rate by the livestock, corrected for N losses from stables and manure storage systems via volatilisation of gaseous N compounds, i.e. ammonia (NH_3), nitric oxide (NO), nitrous oxide (N_2O) and dinitrogen (N_2).

Recently, standard values for the N excretion by all types of animals in the Netherlands have been proposed for the year 2003 (Tamminga et al., 2000), when the Nitrates Directive and the Minerals Accounting System MINAS fully have been implemented in practice. Because of a lower protein content of the animal feed, N excretion rates will be considerably lower in 2003 than in the nineties, when the effects of policies and measures on the N input into the agricultural system and on the protein content of the animal feed were still small.

In April 2000, the Netherlands Ministry of Agriculture, Nature management and Fisheries (LNV) made the request to Wageningen University and Research Centre, the Research Station for Pig Husbandry, and to the National Institute of Public Health and the Environment to prepare a report about standard values for losses of gaseous N compounds from stables and manure storage systems for all types of animals and stables. These standard values for N losses are needed to correct the gross N excretion rates proposed by Tamminga et al. (2000), and to calculate the total amount of manure N that has to be applied to agricultural land per livestock farm ('ex storage'). The current report presents estimates of N losses from stables and manure storage systems for all livestock categories and for all common stables and manure storage units in The Netherlands.

Losses of gaseous N compounds

Losses of gaseous N compounds from stables and manure storage systems occur through the processes of ammonia (NH_3) volatilisation and nitrification and denitrification. In the latter case, the gaseous N compounds NO, N_2O and N_2 escape from the manure into the atmosphere.

Ammonia volatilisation occurs whenever urine and faeces excreted by animals (in stables) are exposed to the atmosphere. The NH_3 volatilisation is related to the amount of N in the urine and faeces, i.e. the more N, the larger the NH_3 loss. Further, the NH_3 loss is large when the pH and the temperature of the urine and faeces are high, and when the surface area of the urine and faeces exposed to the atmosphere are large. Volatilisation of NH_3 takes place on the (slatted) floors of stables which are fouled with urine and faeces, and at the surface of the manure in manure storage systems, both below slatted floors in the stables and outside the stables in separate manure storage systems.

Nitrogen losses through nitrification and denitrification occur when molecular oxygen (O_2) penetrates into the manure through aeration. Then, nitrifying bacteria are able to transform the ammoniacal nitrogen (NH_4^+) in the manure into nitrate

nitrogen (NO_3). Thereafter, denitrifying bacteria may convert the nitrate nitrogen into N_2 , when the nitrate migrates from oxic sites where nitrifying bacteria can be active to anoxic sites where denitrifying bacteria can be active. During the processes of nitrification and denitrification, the volatile intermediate compounds (NO and N_2O) may escape into the atmosphere and the volatile end product N_2 of the denitrification process will escape into the atmosphere. The loss of NO , N_2O and N_2 is related to the degree of aeration of the manure. As a consequence, losses of NO , N_2O and N_2 are low in slurry systems because of the anaerobiosis, but relatively high in systems with solid manure and manure with straw admixtures, especially when animals are able to tread, snout and scratch on and in the manure, as in deep litter stables.

Material and Methods

This report is based on existing literature data and on expert views. Available literature data dealing with measurements of gaseous N losses from stables and manure storage systems in The Netherlands and other countries have been compiled in tables. Research experts from eight (research) organisations have been involved and have discussed the data, methodology and results.

A uniform methodology has been applied to calculate the gaseous N losses from stables and manure storage systems for four main categories of farm animals, i.e. cattle, pigs, chicken, and other main categories. The methodology and the basic assumptions are briefly summarised below.

- Farm animal categories are based on article 2 of the Manure legislation in The Netherlands (Besluit Stikstofcorrectie Meststoffenwet).
- The N excretion rates of all types of animals are based on Tamminga et al. (2000).
- The numerous animal housing systems and manure types described in the legislation 'Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij' and in the legislation Besluit Stikstofcorrectie Meststoffenwet have been compared and aggregated to a limited number of functional housing systems categories. For cattle and pigs four to five animal housing categories have been distinguished, namely common systems, two low-emission systems (upper level and lower level) and litter systems. The latter include the systems that are common in organic farming. For poultry two to seven aggregated categories of housing systems have been distinguished.
- Three types of animal manure have been distinguished, namely slurry (dry matter content $<20\%$), solid manure with litter (dry matter content $>20\%$ and $<50\%$) and dried manure (dry matter content $>50\%$)
- Literature data on N losses via NH_3 volatilisation and (de)nitrification have been compiled for the main categories of farm animals, aggregated animal housing systems and manure storage systems.
- On the basis of literature data, linear relationships have been assumed between total N excretion and N losses via NH_3 volatilisation and via NO , N_2O and N_2 volatilisation from housing systems and manure storage systems.
- For the calculation of NH_3 losses, data compiled in the Legislation Ammonia and Animal Husbandry ('Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij'), have been used, after a correction for changes in the gross N excretion per animal between

1998 and 2003, as discussed before. The standard values for NH₃ losses from animal housing systems in the Legislation Ammonia and Animal Husbandry are based on measurements and furthermore are regularly updated.

- For the calculation of N losses via the volatilisation of NO, N₂O and N₂, the following assumptions have been made, based on literature data and expert judgement:
 - the loss of NO is equal to the loss of N₂O
 - the loss of N₂ is 1 to 10 times the loss of N₂O, depending on the degree of aeration of the manure
- Three functional categories of manure types and animal housing systems have distinguished, each with a fixed ratio of NO:N₂O:N₂, and fixed emissions percentages of the N in the manure, as follows:
 - slurry systems NO: N₂O: N₂ = 0.1 : 0.1 : 1
 - solid manure with admixture of litter NO: N₂O: N₂ = 2 : 2 : 10
 - deep litter stables for pigs and cattle NO: N₂O: N₂ = 10 : 10 : 10
- The calculated total N losses from stables and manure storage systems via the volatilisation of NH₃, NO, N₂O en N₂ have been checked by independent data from nitrogen and phosphorus balances of the livestock component of livestock farming systems. The N loss fraction has been calculated from the formula:

$$\text{N loss fraction} = (\text{N:P}_{\text{excretion}} - \text{N:P}_{\text{manure}}) / (\text{N:P}_{\text{excretion}}),$$

where N:P_{excretion} = the weighted mean N to P ratio in the excretion (urine and faeces), calculated on the basis of known N to P ratios in the animal feed, animal retention and animal products, and N: P_{manure} = the weighted mean N to P ratio in the manure, on the basis of measured N and P contents of the manure.

- The results are presented in tables.

Results and discussion

Cattle

Dairy cattle are by far the largest category of animals in the main category 'cattle' in The Netherlands. A total of five functional housing systems have been distinguished for dairy cattle (Table i). Moreover, four grazing systems have distinguished, because the grazing system affects the N losses from stables during the growing season, and also defines how much manure can be collected in the stables and manure storage systems. Only one housing system has been defined for all other categories of animals in the main category 'cattle', which is the common systems of cubicle houses with slatted floors. For each animal category, estimates have been made of the N losses via volatilisation of NH₃, NO, N₂O en N₂ from stables in winter and summer, and from manure storage systems during winter and summer. For each subsystem, corrections have been made for the amount of N excreted in the stables and storage systems for each season. Results are summarised in Table i.

Total N losses range from 3% for tie stalls with slats and slurry and day and night grazing (about 180 days per year) to 21% for dairy cattle in deep-litter stalls. For most of the housing and manure storage systems, the total N loss is in the range of 10 to 20%. Volatilisation of NH₃ is by far the largest pathway in the common

housing system (cubicle houses with slatted floors). However, losses via volatilisation of NO, N₂O and N₂ appear to be as large as or larger than the losses via NH₃ volatilisation for tie stalls with solid manure and for deep litter stables.

The estimated N losses on the basis of N and P balances of cattle farms are on average in fair to good agreement with the estimated N losses based on the emission percentages for NH₃, NO, N₂O and N₂. Estimated N losses according to the N and P balances are somewhat larger than the estimated losses according to the emission percentages for the animal numbers 101, 102, 111 and 112. As yet, there is no clear explanation for this discrepancy. There are uncertainties in both methodologies. Because of the discrepancies between the results of the two methods, and the importance of having accurate values for gaseous N losses from stables and manure storage systems, the suggestion has been made to further analyse the background and cause of the differences.

Table i. Estimated total gaseous N losses from housing systems and manure storage systems for cattle. Losses have been expressed as kg N per animal per year and as a percentage of the gross N excretion of the animals in the year 2003

No.	Animal category	Housing system	Grazing system	Total N-excretion in 2003, kg N/animal/yr	Total N loss	
					kg N /animal/yr	% of total N-excretion
100	Dairy cattle	Cubicle house	Day and night	129	10.5	8
100	Dairy cattle	Cubicle house	Day-time only	129	15.7	12
100	Dairy cattle	Cubicle house	Zero grazing	129	20.2	16
100	Dairy cattle	Cubicle house	average in NL	129	13.6	11
100	Dairy cattle	Low-emission housing	Day and night	129	6.2	5
100	Dairy cattle	Low-emission housing	Day-time only	129	9.1	7
100	Dairy cattle	Low-emission housing	Zero grazing	129	11.6	9
100	Dairy cattle	Low-emission housing	average in NL	129	7.9	6
100	Dairy cattle	Tie stall: slats, slurry	Day and night	129	4.0	3
100	Dairy cattle	Tie stall, solid manure	Day and night	129	22.2	17
100	Dairy cattle	Deep litter stall	Day and night	129	27.2	21
101	Young cattle, < 1 yr	Cubicle house	Day-time only	40.5	2.5	6
102	Young cattle, > 1 yr	Cubicle house	Day-time only	82.9	5.2	6
103	Bulls, rearing, < 1 yr	Cubicle house	Zero grazing	38.5	7.1	18
104	Bulls, rearing > 1 yr	Cubicle house	Zero grazing	69.2	9.2	13
110	Calf (0-2 months)	Cubicle house	Zero grazing	6.03	1.0	17
111	Calf (2-6 months)	Cubicle house	Zero grazing	15.1	2.7	18
112	Calf (0-6 months)	Cubicle house	Zero grazing	12.0	2.2	18
	Rose-calves, 0-3 months	Cubicle house	Zero grazing	12.9	2.0	16
	Rose-calves, 3-8 months	Cubicle house	Zero grazing	35.9	6.4	18
	Rose-calves, 0-8 months	Cubicle house	Zero grazing	27.4	5.5	20
120	Rearing and nursery cows	Cubicle house	Day and night	86.9	9.0	10
121	Fattening bulls, 0-3 months	Cubicle house	Zero grazing	10.0	2.2	22
122	Fattening bulls, 3-16 months	Cubicle house	Zero grazing	39.3	7.3	19
123	Fattening bulls, 0-16 months	Cubicle house	Zero grazing	34.0	6.5	19
124	Other fattening cattle < 1 yr	Cubicle house	Zero grazing	38.5	7.4	19
125	Other fattening cattle > 1 yr	Cubicle house	Zero grazing	86.9	10.0	12

Pigs

A large number of housing systems are distinguished in the legislation 'Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij'. This wide variety of housing systems have been aggregated into four functional categories, namely (i) Common housing systems, (ii) Low emissions stables, upper border level, as described for the legislation 'AMvB huisvesting', (iii) Low emission stables, lowest achievable level, as described in the legislation (Groen label minimum waarde), and (iv) Systems with ground-based (loose housing) and free-range pigs and pigs on organic farms. The category 'Low emissions stable, upper border level' represents a modern stable that just meets the criteria for low emission stable according to the legislation 'AMvB huisvesting'. The category 'Low emissions stable, lowest achievable level' represents a modern technological stable with the lowest NH₃ volatilisation measured so far. These are mechanically vented stables with NH₃ scrubbers, i.e. the NH₃ is scavenged from the exhaust air via wet scrubbers (acidic solution). It is assumed that the trapped NH₃ is added to the slurry when it is exported from the farm. For the first three aggregated categories, two types of manure have been distinguished, i.e. slurry (DM) and a combination of slurry and solid manure (DM+VM).

For each pig category, N losses via volatilisation of NH₃, NO, N₂O en N₂ from stables and manure storage systems have been made. For each category and housing system corrections have been made for the number of days there are animals in the stable (place occupancy) and hence how much N in dung and faeces enters the stables and storage systems. Results of the summed calculations are summarised in Table ii.

Table ii. Estimated total gaseous N losses from housing systems and manure storage systems for pigs. Losses have been expressed as kg N per pig per year and as a percentage of the gross N excretion of the pigs in the year 2003

No.	Animal category	Housing system ¹⁾	Type of manure ²⁾	Total N-excretion in 2003 kg N/animal/yr	Total N loss	
					kg N/animal/yr	% of total N-excretion
400	Sows, incl. piglets till 6 weeks old	Common	DM	21.4	5.2	24
			DM+VM	21.4	6.5	30
		Low emission, +	DM	21.4	3.0	14
			DM+VM	21.4	4.3	20
		Low emission, -	DM	21.4	0.66	3
			DM+VM	21.4	2.1	10
Free range, organic	DM+VM	21.4	7.3	34		
401	Sows, incl. piglets till 25 kg	Common	DM	28.1	7.4	26
			DM+VM	28.1	9.1	32
		Low emission, +	DM	28.1	3.7	13
			DM+VM	28.1	5.5	20
		Low emission, -	DM	28.1	0.91	3
			DM+VM	28.1	2.8	10
Free range, organic	DM+VM	28.1	10.1	36		
402	Rearing Sows of 25 kg to 7 months	Common	DM	11.4	3.4	30
			DM+VM	11.4	4.1	36
		Low emission, +	DM	11.4	1.3	11
			DM+VM	11.4	2.00	17
		Low emission, -	DM	11.4	0.4	3
			DM+VM	11.4	1.1	10
Free range, organic	DM+VM	11.4	4.5	40		

Table ii (continuation)

No	Animal category	Housing system ¹⁾	Type of manure ²⁾	Total N-excretion in 2003 kg N/animal/yr	Total N loss kg N/animal/yr	% of total N-excretion
403	Rearing Sows: 7 months till first service	Common	DM	16.2	3.9	24
			DM+VM	16.2	4.8	30
		Low emission, +	DM	16.2	2.6	16
			DM+VM	16.2	3.6	22
		Low emission, -	DM	16.2	0.50	3
			DM+VM	16.2	1.6	10
Free range, organic	DM+VM	16.2	5.5	34		
404	Rearing Sows: 25 kg till first service	Common	DM	11.8	3.5	30
			DM+VM	11.8	4.2	35
		Low emission, +	DM	11.8	1.5	13
			DM+VM	11.8	2.3	19
		Low emission, -	DM	11.8	0.38	3
			DM+VM	11.8	1.2	10
Free range, organic	DM+VM	11.8	4.6	39		
405	Rearing boar, 25 kg to 7 months	Common	DM	11.0	3.4	31
			DM+VM	11.0	4.0	37
		Low emission, +	DM	11.0	1.5	14
			DM+VM	11.0	2.2	20
		Low emission, -	DM	11.0	0.36	3
			DM+VM	11.0	1.1	10
Free range, organic	DM+VM	11.0	4.5	41		
406	Service boar, >7 months	Common	DM	21.1	5.2	25
			DM+VM	21.1	6.5	31
		Low emission, +	DM	21.1	3.5	17
			DM+VM	21.1	4.8	23
		Low emission, -	DM	21.1	0.66	3
			DM+VM	21.1	2.1	10
Free range, organic	DM+VM	21.1	7.3	35		
407	Piglets, 6 weeks to 25 kg	Common	DM	3.29	0.60	18
			DM+VM	3.29	0.81	25
		Low emission, +	DM	3.29	0.24	7
			DM+VM	3.29	0.45	14
		Low emission, -	DM	3.29	0.09	3
			DM+VM	3.29	0.32	10
Free range, organic	DM+VM	3.29	0.93	28		
410	Sows for slaughtering	Common	DM	20.9	3.8	18
			DM+VM	20.9	5.1	24
		Low emission, +	DM	20.9	2.6	13
			DM+VM	20.9	3.9	19
		Low emission, -	DM	20.9	0.58	3
			DM+VM	20.9	2.0	10
Free range, organic	DM+VM	20.9	5.9	28		
411	Fattening pigs, 25 to 110 kg	Common	DM	11.7	3.4	29
			DM+VM	11.7	4.1	35
		Low emission, +	DM	11.7	1.3	11
			DM+VM	11.7	2.0	17
		Low emission, -	DM	11.7	0.38	3
			DM+VM	11.7	1.2	10
Free range, organic	DM+VM	11.7	4.5	39		

- 1) Four categories of housing systems have been distinguished:
 (i) Common housing systems (Common),
 (ii) Low emissions stables, upper border level (Low emission +)
 (iii) Low emission stables, lowest achievable level (Low emission -), and
 (iv) Systems with free-range pigs and pigs on organic farms (Free range, organic).
- 2) DM = slurry; VM = solid manure with admixture of litter

Estimated total N losses via gaseous N compounds range from less than 5% for the low emissions stables, lowest achievable level with slurry, to about 40% for housing systems with free range pigs and pigs in deep litter stables on organic farms. In the common systems with slurry, N losses are in the range of 20 to 30%. In the common systems with solid manure and slurry, N losses are in the range of 30 to 40%. In the low emissions stables upper level, losses range from 10 to 30%, depending on the type of manure.

Volatilisation of NH_3 is the main N loss pathway in housing systems with slurry. Losses via volatilisation of NO , N_2O en N_2 are important in housing systems with solid manure. The large losses in the systems with free range pigs and deep litter stables are mainly the result of losses via NO , N_2O en N_2 from nitrification denitrification. These processes are stimulated by the rooting of the pigs in the litter and manure, which facilitates aeration.

The N losses estimated from N and P balances of pig farms are on average in good agreement with the N losses estimated from the emission percentages for NH_3 , NO , N_2O and N_2 . This holds especially for the animal numbers 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406 en 411. However, estimated N losses are 14% higher for number 407, when the results are based on the N and P balance in comparison to the results based on emission percentages. There is no clear explanation for this discrepancy, though the number of N and P balances for animal numbers 407 is limited.

Chicken

There are a large number of different housing systems for chicken in the legislation 'Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij'. For the purpose of this study, the different housing systems have been aggregated into two to seven functional categories per chicken category (Table iii). These systems differ in housing and (manure) management.

For each chicken category, N losses via volatilisation of NH_3 , NO , N_2O en N_2 from stables and manure storage systems have been made. For each chicken category and housing system corrections have been made for the number of days there are animals in the housing system (place occupancy) and hence how much N in the chicken manure enters the housing system and storage systems. Results of the calculations have been summarised in Table iii.

Table iii. Estimated total gaseous N losses from chicken housing and manure storage systems. Losses have been expressed as kg N per animal per year and as a percentage of the gross N excretion of the animals in the year 2003

No.	Animal Category	Housing system	N-excretion in 2003 kg N /chicken/yr	Total N loss	
				kg N /chicken/yr	% of total N- excretion
300	Rearing layers	Battery cages, slurry	0.325	0.089	27
		Battery cages, deep pit,	0.325	0.224	69
		Battery cages, manure belt + drying	0.325	0.084	26
		Battery cages, manure belt + drying + drying	0.325	0.033	10
		Perchery, fully slatted floor	0.389	0.202	52
		Perchery, partially slatted floor	0.389	0.202	52
		Aviary housing, with > 50% slatted floor	0.325	0.106	33
		Ground based, litter system (100%)	0.389	0.202	52
301	Layers	Battery cages, slurry	0.676	0.177	26
		Battery cages, deep pit, canal system	0.676	0.425	63
		Battery cages, manure belt + drying	0.676	0.168	25
		Battery cages, manure belt + drying + drying	0.676	0.059	9
		Perchery, fully slatted floor	0.872	0.435	50
		Perchery, partially slatted floor	0.872	0.435	50
		Aviary housing, with > 50% slatted floor	0.676	0.210	31
		Perchery, low-emission	0.872	0.155	18
Ground based, litter system (100%)	0.872	0.435	50		
310	Rearing broilers	Perchery, fully slatted floor	0.414	0.285	69
		Perchery, partialy slatted floor	0.414	0.285	69
		Ground basede, litter system (100%)	0.414	0.285	69
311	Breeders	Perchery, fully slatted floor	1.130	0.646	57
		Perchery, partially slatted floor	1.130	0.646	57
		Perchery, low-emission	1.130	0.323	29
312	Broilers	All common systems	0.543	0.153	28
		Perchery, low-emission.	0.543	0.020	4

Total N losses range from 4% of the total N excretion for low emissions housing systems with broilers to 69% for cage housing with deep pit manure collection. Losses from loose housing and litter housing systems are about 50% of the total N excretion.

Volatilisation of NH₃ is the main N loss pathway. Losses via volatilisation of NO, N₂O en N₂ are important in ground-based housing and with free range and litter housing systems. Losses increase by 7 to 14 % when layers in loose housing systems get the opportunity to free range outside.

The estimated N losses from N and P balances of chicken farms are on average in good agreement with the estimated N losses from emission percentages for NH₃, NO, N₂O and N₂. Results of the N and P balances indicate that the mean N losses range from 30 to 60% of the N excretion, depending on housing system and manure management. However, the scatter in the N and P balances of chicken farms is large, partly because of the wide range of housing and manure management systems in practice.

Other main categories of farm animals

In the current report, 'other main categories of farm animals' include the following main categories of farm animals, as described in the Manure legislation ('Meststoffenwet'): turkeys, sheep, foxes, minks, goats, ducks, rabbits and guinea fowls. The legislation 'Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij' also includes horses, but horses have not been in the Manure legislation and therefore are not described in the current report. For each main category of farm animals only a limited number of categories have been distinguished, as shown in Table iv.

For each category of farm animals, N losses via volatilisation of NH₃, NO, N₂O en N₂ from stables and manure storage systems have been made. For each category and housing system corrections have been made for the number of days there are animals in the housing system (place occupancy) and hence how much N in animal manure enters the housing system and storage systems. Results of the calculations have been summarised in Table iv.

Table iv. Estimated total gaseous N losses from housing systems and manure storage systems of other farm animals. Losses have been expressed as kg N per animal per year and as a percentage of the gross N excretion of the animals in the year 2003

No.	Animal category	N-excretion in 2003 kg N/animal/yr	Total N loss	
			kg N/animal/yr	% of total N- excretion
200	Rearing parental turkeys, 0 to 6 weeks	0.591	0.25	42
201	Rearing parental turkeys, 6 to 30 weeks	2.08	0.71	34
202	Rearing parental turkeys, > 30 weeks	2.73	0.95	35
210	Turkeys, broilers	1.92	0.88	46
550	Rearing sheep	13.3	1.2	9
551	Other sheep, free range	10.9	0	0
600	Lactating goats	14.2	6.3	44
	Lactating goats, organic farming with grazing	14.2	5.6	39
601	Other goats	9.4	3.7	39
	Other goats, organic farming with grazing	9.4	3.3	35
700	Rearing foxes, females	4.28	2.3	55
701	Rearing foxes, males	3.46	1.9	55
702	Foxes, pups	3.00	1.6	55
750	Rearing minks, females, open manure storage	1.28	0.55	43
	Rearing minks, females, low emission manure storage	1.28	0.26	20
751	Rearing minks, males	1.48	0.63	43
752	Minks, pups	1.05	0.45	43
800	Parental ducks	1.24	0.65	53
801	Ducks, broilers	0.948	0.49	52
900	Nursery rabbits	2.56	1.1	44
901	Rearing rabbits, males	1.58	0.70	44
902	Rearing rabbits, females	1.43	0.24	17
903	Fattening rabbits	0.703	0.23	32
951	Guinea fowls	0.664 ¹	0.15	22

¹) Not in Tamminga et al. (2000); N-excretion based on Westhoek (2000).

Estimated total N losses from animal housing systems and manure storage systems range from 0% for free range sheep (whole year) to 55% for foxes. Losses from animals in cages are in the range of 30 to 50% of the total N excretion.

Volatilisation of NH_3 is the main N loss pathway. Losses via volatilisation of NO , N_2O en N_2 are important in housing systems with ground-based housing and with free range and litter housing systems.

The estimated N losses from (the limited number of) N and P balances of farms with turkeys, sheep, ducks, goats and rabbits are in reasonable agreement with the estimated N losses from the emission percentages for NH_3 , NO , N_2O and N_2 . However, the results of the N and P balances for mink farms indicate that the N losses are larger than the estimated N losses based on the emission percentages. This difference has been ascribed to leakage of urine from open manure storage systems on these farms. Because such losses are not considered as gaseous N losses, no further attention has been given here to the discrepancy between N losses based on emission percentages and on N and P balances.

Conclusions and recommendations

The current report presents estimates of gaseous N losses from housing systems and manure storage systems for all farm animal categories described in the Manure legislation (Meststoffenwet), and for all important manure management systems as found in practice in The Netherlands. The estimates have been based on recent literature data and on expert views. The losses of gaseous N compounds from housing systems and from manure storage systems have been summed and the summed losses have been presented in the tables. The report also contains (separately) estimates for NH_3 volatilisation from grazing animals, but these have not been included in the estimates of the total losses in the tables presented here. Further, gaseous N losses that occur during central manure processing and during and after application of the manure to land are also not included in the estimates presented here.

The results indicate that the volatilisation of gaseous N compounds from housing systems and manure storage systems is a significant N loss at farm level. Volatilisation of NH_3 is the main N loss pathway. Nitrification and denitrification, which may lead to volatilisation of NO , N_2O and N_2 , can be an important N loss pathway for systems with ground-based chicken housing, free range, deep litter stables and for systems with solid manure.

Total losses of gaseous N compounds range from about 5% of the total N excretion for some of the low-emissions housing systems up to 50% and more for some of the ground-based housing systems and litter systems. Hence, differences in N losses between housing systems and manure management systems can be very large.

Losses are lower from cattle manure than from pig and poultry manure, because of differences in manure composition (ruminants versus monogastric animals), manure management and temperature. Losses from common stables and manure storage systems for cattle are on average 10 to 15% of the total N excretion per animal per year. For pigs, losses are on average 20 to 30% of the total N excretion per animal per year. The smaller losses from stables and manure storage systems for cattle are explained by the fact that most of the cattle are only housed for part of the year. As a

result, only a fraction of the dung and faeces excreted by cattle will be collected in the stable and manure storage systems. Further, the temperature in pig and poultry housing systems is higher than in cattle housing systems, and the composition of the manures differ too. Total losses of gaseous N compounds from chicken housing systems and manure storage systems are as high as or higher than those of pigs. There is a wide variety in chicken housing systems and manure management systems, and as a result estimated total losses vary widely, from 10 to more than 50%, depending on the housing system and manure management.

The estimated total gaseous N losses presented here agree reasonably well with the few available estimates for Denmark. Measurements and desk studies in Denmark also indicate that 10 to 20% of the N excreted by dairy cattle is lost via gaseous N compounds from common stables and manure storage systems. For pig housing and manure storage systems, the estimated losses are a factor two higher, as is the case for the estimates presented in this report (compare tables i and ii). Further, literature data from Denmark indicate that N losses are larger from systems with deep litter and solid manure than from slurry systems. Only few additional references are available from other countries, but these are also in reasonable agreement with the data presented here. However, there is a wide variety in housing systems, manure management and environmental conditions within and between countries, and these interacting factors can have a large effect on the total loss of gaseous N compounds. Evidently, more data are needed for a correct comparison.

The estimated total gaseous N losses, based on emission percentages, agree reasonably well with N losses estimated from N and P balances of livestock farms without land. This suggests that most estimates presented in this report are accurate. However, N losses based on N and P balances were larger than those based on emission percentages in a number of cases. These discrepancies deserve further attention, because there is no clear explanation for the observed systematic differences. It has been suggested to further analyse the data and to compare both methods for estimating gaseous N losses simultaneously in a number of case studies.

Currently, there are only few accurate measurements of N losses from housing systems and manure storage systems via volatilisation of NO, N₂O and N₂. There are no direct measurements of N₂, very few of NO, and few of N₂O. In the current report, the assumption has been made that the ratio of NO : N₂O : N₂ is 1 : 1 : (1-10), based in part on soil science literature. Evidently, this assumption needs verification by measurements.

The estimation of N losses from emission percentages of the total N excretion assumes that there is a linear relationship between the amount of N in the manure and the volatilisation of NH₃, NO, N₂O and N₂. Though there is indeed evidence in literature that gaseous N losses are linearly related to the amount of N in the manure, there is also evidence that gaseous N losses are related curvilinearly to the amount of N in manure. In the latter case, estimates presented in this report may overestimate the gaseous N losses from stables and manure storage systems in the year 2003 and thereafter. The possible overestimation is related to the expected decrease in N excretion, following the full implementation of the Nitrates Directive and MINAS in

practice in 2003. The decrease in N excretion will show up in lower urinary N excretion (which is suggested to be the main source of NH₃ volatilisation) and not in the amount of N in faeces. Evidently, the assumption of a linear relationship between total N excretion and total gaseous N losses needs verification by measurements.

Because of the limited number of accurate measurements and the diversity in manure composition, housing systems, manure management and environmental conditions in practice, there is a considerable uncertainty in the estimates presented in this report. The uncertainty has been estimated via expert judgement, after careful examination of all data. The uncertainty is expressed here as a percentage of the estimated N loss; the uncertainty range (minimum to maximum) is expressed as the estimated N loss \pm uncertainty percentage. The uncertainty percentage for N losses via NH₃ volatilisation from stables has been estimated at 25% and that for N losses via NH₃ volatilisation from manure storage systems at 50%. The larger uncertainty for manure storage systems is related to the uncertainty in both the amount of manure N in the manure storage systems in practice, and to the variability in the measured emissions. The uncertainty percentage for N losses via volatilisation of N₂, N₂O and NO from both stables and manure storage systems has been estimated at 75%. This large uncertainty is related mainly to the scarcity of measurements. Evidently, there is considerable uncertainty in the estimated N losses from ground-based housing systems and litter systems with solid manure.

Currently, there is an increased interest in the development of organic farming and in housing systems with litter. This development will contribute to a shift in N loss pathway; losses via volatilisation of N₂O, NO and N₂ will probably increase, and losses via volatilisation of NH₃ will probably decrease, when storage systems for solid manure also have to be covered to circumvent NH₃ volatilisation. Evidently, careful monitoring of trends and on-farm measurements of the volatilisation of NH₃, N₂O, NO and N₂, and re-examination of available data will remain necessary, given also the uncertainties in the estimated total N losses.

Because of the increasing importance of organic farming, there is also a trend that pigs and poultry have the facility to free range outside. Part of the urine and faeces of the free range animals will be deposited outside and hence will be not collected in the stable and manure storage system. Evidently, these trends need to be monitored and analysed, to find out how much manure is deposited outside and how much N is lost.

There is also a increasing interest and development in integrated animal housing and manure management systems at farm level. In these systems, the liquids and solids are separated and exhaust warm air from the stables is used to dry the manure. Further, ammonia, odour and dust are scavenged from the exhaust air by scrubbers. These integrated animal housing and manure management systems aim at an integrated answer to the many environmental aspects of livestock farming, i.e. manure, ammonia, odour, dust, via improvements in technology and management. Losses of gaseous N compounds from these farms will be low, as clearly shown in

the data presented in for example Table ii. However, effects of manure processing and the N losses that occur during and after manure processing have not been considered in depth in the current report. Further, there is also uncertainty about the fate of the NH_3 scrubbed from the exhaust air. Basically, the trapped NH_3 in chemical scrubbers can be re-utilised efficiently in agriculture, but it is unclear what happens with it in practice. The trapped NH_3 in biological scrubbers is converted into N_2O , NO and N_2 and will be lost. Evidently, more attention is needed to monitor the trends, to analyse the effects of manure processing at farm level, and to analyse how much N is lost during and after processing.

Finally, it has been suggested that N and P balances may become an important instrument for monitoring total losses of gaseous N compounds from stables and manure storage systems in practice. However, the methodology of N and P balances for estimating total losses of gaseous N compounds need to be further developed. The data acquisition and data handling and processing have to be improved and standardised, and the assumption and uncertainties need to be analysed statistically. The methodology must be tested via direct and simultaneous measurements of the volatilisation of NH_3 , NO , N_2O and N_2 at farm level.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Nederland heeft een omvangrijke en diverse veestapel. Intensieve veehouderij-systemen worden vooral in het zuiden en oosten van het land aangetroffen. Op intensieve bedrijven wordt meer dierlijke mest geproduceerd dan op eigen land bemestingskundig en milieukundig verantwoord kan worden toegediend. Het overschot aan mest moet van de bedrijven worden afgevoerd naar elders, naar (akkerbouw)bedrijven die de mest verantwoord kunnen gebruiken.

De Nederlandse en de Europese wet- en regelgevingen geven richtlijnen voor de hoeveelheid dierlijke mest die op landbouwgronden mag worden toegediend. Een belangrijk onderdeel van de integrale aanpak van de mestproblematiek in Nederland is het nieuwe stelsel van mestafzetcontracten. Veehouders met een mestoverschot moeten contracten sluiten met akkerbouwers over de afname van het te veel aan mest. De oppervlakte landbouwgrond, waarvoor veehouders contracten moeten afsluiten, is afhankelijk van (i) de aanvoernormen en (ii) de stikstofproductienormen.

De *aanvoernorm* voor stikstof uit dierlijke mest is volgens de Nitraatrichtlijn, voor 2003 en daarna, vastgesteld op 170 kg per ha landbouwgrond per jaar. Deze aanvoernorm is inclusief de stikstof die door weidend vee op het land wordt gedeponereerd. Voor grasland kan de aanvoernorm hoger zijn dan 170 kg per ha (Willems et al., 2000). Daarom heeft de Nederlandse regering een derogatieverzoek ingediend bij de Europese Commissie om voor grasland een aanvoernorm van 250 kg per ha grasland per jaar toe te staan.

Stikstofproductienormen per diercategorie zijn gedefinieerd als de stikstofinhoud van de mest op het moment van toediening van de mest op het land ('ex-storage'). Recent is door de Commissie Tamminga vastgesteld hoe groot de gemiddelde bruto-stikstofuitscheiding ('onder de staart') per diercategorie is in het jaar 2003, als MINAS en de Nitraatrichtlijn volledig zijn geïmplementeerd (Tamminga et al., 2000; zie bijlage 2). Om te komen tot stikstofproductienormen moet de bruto-uitscheiding (per diercategorie) nog worden verminderd met gasvormige stikstofverliezen uit stallen en opslagen. In het Besluit Stikstofcorrectie Meststoffenwet (Staatsblad 1997, 658, 28 oktober 1997) zijn waarden (stikstofcorrecties) voor deze stikstofverliezen opgenomen (bijlage 1). Deze waarden zijn echter niet goed onderbouwd en bovendien gebaseerd op de bruto-stikstofuitscheiding zoals die in de jaren negentig voorkwam. De stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen zijn echter afhankelijk van de hoeveelheid stikstof in de mest, dus van de bruto-stikstofuitscheiding. Omdat de bruto-stikstofuitscheiding na volledige implementatie van de mestwetgeving lager zal zijn dan in de jaren negentig (Tamminga et al., 2000; zie bijlage 2), is de verwachting dat ook de stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen zullen afnemen.

Het ministerie van LNV heeft begin april 2000 de commissie *Forfaitaire waarden voor Gasvormige Stikstofverliezen uit Stallen en Mestopslagen* ingesteld en aan deze commissie gevraagd om op basis van bestaande onderzoeksgegevens voorstellen te doen voor forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. Tevens is aan de commissie gevraagd om een transparante en heldere onderbouwing te geven voor de voorgestelde waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. De resultaten van de commissie zijn in het onderhavige rapport samengevat. Het rapport van de commissie Tamminga (Tamminga et al., 2000) is als uitgangspunt genomen voor de bruto-stikstofuitscheiding.

1.2 Doel

Het doel van de Commissie '*Forfaitaire waarden voor Gasvormige Stikstofverliezen uit Stallen en Mestopslagen*' is om:

- voor iedere diercategorie uit de mestwetgeving een voorstel te doen voor de te hanteren gemiddelde waarde en spreiding van de gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen.
- deze waarden te onderbouwen op een transparante wijze en de resultaten van de voorgestelde waarden en onderbouwing vast te leggen in een rapport.

1.3 Samenstelling van de Commissie

De volgende instellingen en leden zijn vertegenwoordigd in de Commissie:

Alterra:	Oene Oenema (voorzitter) en Gerard Velthof (secretaris)
IMAG:	Peter Groot Koerkamp en Gert-Jan Monteny
Praktijkonderzoek Varkenshouderij:	Nico Verdoes
RIVM:	Klaas van der Hoek
Plant Research International:	Hugo van der Meer
ID-Lelystad:	Andre Bannink

De volgende instellingen en personen zijn als adviseur aan het project verbonden:

Bureau Heffingen:	Gert Dijksterhuis
Expertisecentrum LNV	Pim Bruins en Henk Westhoek

De werkwijze van de Commissie gasvormige stikstofverliezen en het concept-rapport zijn ter beoordeling en advies voorgelegd aan een begeleidingscommissie. De begeleidingscommissie heeft ingestemd met de werkwijze van de Commissie, zoals weergegeven in hoofdstuk 3. In de begeleidingscommissie waren vertegenwoordigd:

LTO-Nederland,
Ministerie van LNV,
Ministerie van VROM,
Platform Biologica,
Stichting Natuur en Milieu,

1.4 Werkwijze van de Commissie

De Commissie heeft gebruik gemaakt van bestaande kennis, onderzoeksgegevens en inzichten, zoals beschreven in diverse rapporten en wetenschappelijke artikelen, aangevuld met expert judgement en enkele eenvoudige berekeningen. Er zijn geen berekeningen uitgevoerd met simulatiemodellen om de effecten van (wijzigingen in) mestsamenvatting, stalsystemen en mestopslagsystemen te analyseren.

Gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen worden veroorzaakt door ammoniakvervluchtiging (NH_3 -vervluchtiging) en door de processen nitrificatie en denitrificatie, waarbij stikstofoxide (NO), lachgas (N_2O) en stikstofgas (N_2) vervluchtigen (zie hoofdstuk 3). De Commissie heeft per categorie dieren (rundvee, varkens, kippen en overig vee) en per stalstelsel beschikbare meetgegevens uit de literatuur over stikstofverliezen door NH_3 -vervluchtiging en (de)nitrificatie getabelleerd. De meetgegevens hebben betrekking op metingen van de directe verliezen van NH_3 , NO , N_2O en N_2 uit stallen en mestopslagen. Ook is gebruik gemaakt van balansberekeningen, waarbij wordt aangenomen dat het verschil tussen de hoeveelheden stikstof die in de mest zijn gemeten en die in de mest hadden moeten zitten op basis van rantsoensamenvatting en dierlijke productie, als gasvormige stikstofverliezen zijn verdwenen (zie hoofdstuk 3).

De gemeten en berekende stikstofverliezen worden per diercategorie gerapporteerd in de hoofdstukken 4 t/m 7 voor rundvee, varkens, kippen en overig vee. Het aantal meetgegevens is echter beperkt en ook zijn er relatief weinig gegevens beschikbaar voor het maken van balansberekeningen. Voor diercategorieën en stallen waarvoor geen cijfers beschikbaar waren, zijn cijfers op basis van expert judgement vastgesteld. Deze cijfers en de overwegingen daarbij staan vermeld in hoofdstuk 8.

Binnen de Commissie is een 'schrijfgroep' actief geweest die de rapportage heeft verzorgd. De schrijfgroep is samengesteld op basis van complementariteit in expertise, als volgt:

Gerard Velthof (Rundveehouderij, hoofdstukken 4 en 8).

Nico Verdoes (Varkenshouderij en Overige Dieren, hoofdstukken 5, 7 en 8).

Peter Groot Koerkamp (Kippenhouderij, hoofdstukken 6 en 8).

Oene Oenema (eindredactie; hoofdstukken 1, 2, 3 en 8)

1.5 Opzet van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de processen die leiden tot gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. Ook wordt aangegeven welke factoren de grootte en het tijdstip van de verliezen bepalen, en welke methodieken en procedures worden toegepast om gasvormige stikstofverliezen te meten. In hoofdstuk 3 wordt de werkwijze van de Commissie toegelicht. Het rapport van de commissie Tamminga (Tamminga et al., 2000) is als uitgangspunt genomen voor de bruto-stikstofuitscheiding.

In hoofdstukken 4 t/m 7 wordt een beknopte beschrijving gegeven van de onderscheiden diercategorieën, stalsystemen en mestopslagsystemen voor achtereenvolgens rundvee, varkens, kippen en overig vee. Verder worden de resultaten van metingen en balansberekeningen samengevat en wordt een discussie gewijd aan de grootte van de gasvormige stikstofverliezen per diercategorie.

In hoofdstuk 8, tenslotte wordt een synthese gegeven en wordt een overzicht gegeven van de voorgestelde waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen.

In de bijlagen wordt aanvullende informatie gegeven over berekeningswijzen.

2 Gasvormige stikstofverliezen; processen en controlerende factoren

Het begrijpen van gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen vergt kennis van de eigenschappen van stikstofverbindingen en de stikstofkringloop en van de factoren die de grootte van de gasvormige stikstofverliezen bepalen. Dit hoofdstuk geeft een beknopt overzicht van de eigenschappen van stikstofverbindingen, van de processen die leiden tot stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen, en van de factoren die deze processen beïnvloeden. Bij stikstofverliezen wordt onderscheid gemaakt tussen:

- emissie van ammoniak (NH_3) en
- emissie van stikstofgas (N_2), lachgas (N_2O) en stikstofoxiden (NO).

2.1 Stikstofverbindingen en de stikstofkringloop

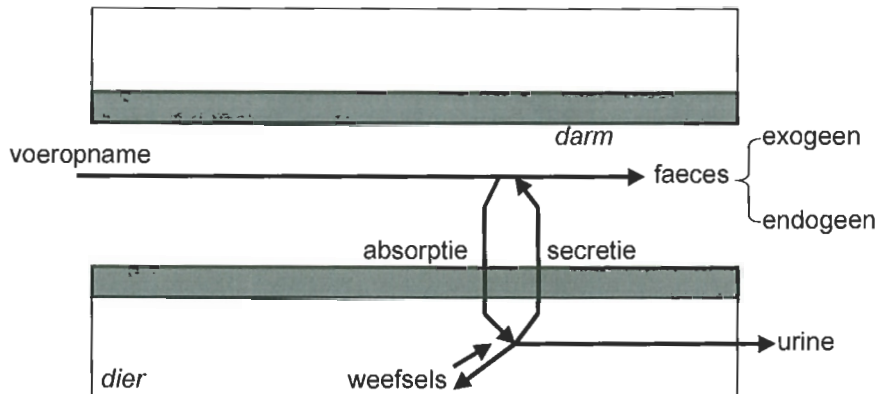
Stikstof (N) is een essentieel element in eiwitten van plant, dier en mens en betrokken bij tal van processen in het milieu. Het komt voor in verschillende vormen en verbindingen met sterk uiteenlopende eigenschappen en functies. Sommige stikstofverbindingen, zoals NO en NH_3 , zijn gasvormig en chemisch heel reactief, worden snel omgezet en hebben daardoor een zeer korte verblijftijd in de atmosfeer. Andere gasvormige verbindingen, zoals stikstofgas (N_2), zijn chemisch inert. De stikstofverbindingen N_2 , NH_3 , N_2O en NO zijn vluchtig (gasvormig) en daardoor mobiel. De meeste anorganische stikstofverbindingen en ook ureum zijn goed oplosbaar in water en daardoor gemakkelijk transporteerbaar. De meeste organisch gebonden stikstofverbindingen (aminen, eiwitten, fenolen) zijn slecht oplosbaar in water en daardoor immobiel.

De stikstofkringloop is deels gekoppeld aan de kringloop van koolstof. Die koppeling tussen koolstof en stikstof is heel duidelijk en sterk in organisch gebonden stikstofverbindingen in bodem, plant, dier en mens. Koppeling vindt plaats bij assimilatieprocessen; bij de fotosynthese, biologische stikstofbinding en aminozuursynthese in levende planten. Ontkoppeling gebeurt bij de afbraak van organische stof door heterotrofe organismen in bodem, dier, mens en mest. Bij de afbraak van organische stof ontstaan kooldioxide (CO_2) en ammoniumstikstof ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$). Urine bevat gemakkelijk mineraliseerbare stikstofverbindingen zoals ureum ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) met een lage C/N-verhouding die binnen enkele dagen (uren) mineraliseren tot $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$. Feces daarentegen bevat vooral organisch gebonden stikstofverbindingen met een relatief hoge C/N-verhouding, die veel minder snel mineraliseren. Bij kippen (vogels) wordt mest en urine samen uitgescheiden; de organisch gebonden stikstofverbindingen met een relatief hoge C/N-verhouding worden tegelijk met de gemakkelijk mineraliseerbare stikstofverbindingen in de vorm van hoofdzakelijk urinezuur ($\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_3\text{N}_4$) uitgescheiden. Zowel ureum als urinezuur worden door bacteriën met behulp van enzymen (urease en uricase) snel omgezet in

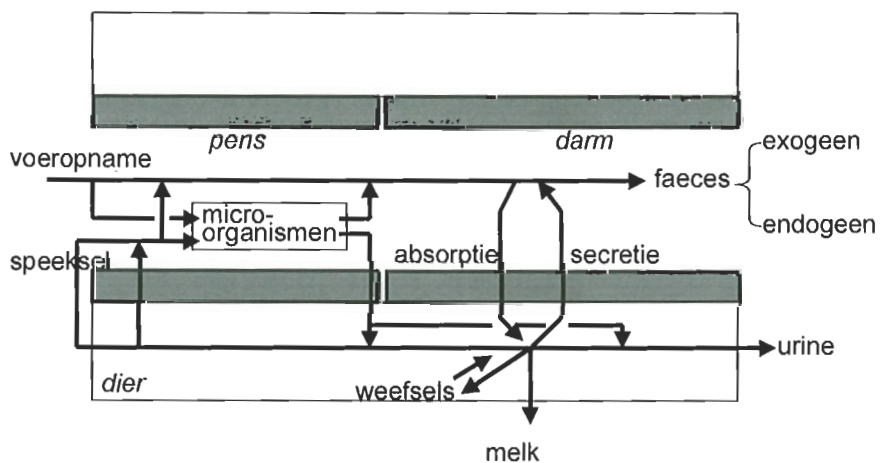
ammoniumstikstof ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) en kooldioxide (CO_2); dit gebeurt vaak al op de vloer van de stal.

2.2 Stikstofuitscheiding door dieren en de samenstelling van mest en urine

Het rantsoen, diersoorten en productieniveau bepalen de uitscheiding van stikstof door dieren. De N-huishouding in herkauwers verschilt van die in eenmagigen (figuur 2.1). Herkauwers hebben een pens waarin bacterien plantaardig eiwit en celwanden afbreken. Een deel van de stikstof die daarbij vrijkomt wordt gefermenteerd tot ammoniak en vanuit de pens geabsorbeerd naar bloed, een ander deel wordt omgezet in microbiel eiwit en verteerd in het vervolg van het maagdarmkanaal na de pens. De geabsorbeerde ammoniak wordt grotendeels in de vorm van ureum uitgescheiden met de urine. Naast de microbiele activiteit in de pens onderscheiden herkauwers zich doordat ze ook in staat zijn om aanzienlijke hoeveelheden ureum te recyclen vanuit het bloed naar de pens (via de wand van de pens en via de speekselproductie). Het eiwitgehalte en de verteerbaarheid van het aangeboden eiwit in het rantsoen bepalen hoeveel stikstof via de urine en hoeveel via de faeces wordt uitgescheiden. Feces bevat vooral organisch gebonden stikstof in de vorm van onverteerd plantaardig materiaal en microbiel en endogeen (door het dier gesecreteerd in het maagdarmkanaal) materiaal. Urine bevat vooral het gemakkelijk afbreekbare ureum. Een overmaat aan verteerbaar stikstof in het rantsoen die het dier niet benut wordt via de urine uitgescheiden. Naarmate het eiwitgehalte in het rantsoen hoger is, neemt de uitscheiding (en het gehalte) van stikstof met urine dus toe en daarmee de kans op stikstofverliezen t.g.v. NH_3 -vervluchtiging. De overmaat aan stikstof in het rantsoen wordt dus vooral via de urine uitgescheiden. De samenstelling van de koolhydraten en de eiwitten in het rantsoen en de ionenbalans (vooral de verhouding tussen Na^+ en K^+ enerzijds en Cl^- en S^{2-} anderzijds) hebben invloed op de pH en pH-buffering van de uitgescheiden mest en urine en op het volume van de uitgescheiden urine en daardoor ook op de grootte van de NH_3 -vervluchtiging (Canh, 1998; Bannink & Van Vuuren, 1998).



Vereenvoudigd schema van de N-stromen in monogastrische dieren



Vereenvoudigd schema van de N-stromen in herkauwers

Figuur 2.1 Vereenvoudigde schema's van N-stromen in monogastrische dieren en herkauwers.

In tabel 2.1 wordt een overzicht gegeven van de variatie in de gehalten van stikstofverbindingen in mest en urine van een aantal diercategorieën. Per diercategorie kan de uitscheiding van een stikstofverbinding fors variëren, al naar gelang de samenstelling van het rantsoen en de verteerbaarheid van het aangeboden eiwit.

Tabel 2.1. Variatie in de gehalten van stikstofverbindingen in mest en urine van een aantal diercategorieën

Diercategorie	Drogestof g per kg	N-totaal g per kg mest/urine	Ureum % van N-totaal	Urinezuur % van N-totaal	Eiwit-N % van N-totaal	Ammonium % van N-totaal
Melkkoeien ¹³⁶⁷⁹						
mest	100-175	1-17	0	0	90-95	1-4
urine	30-40	4-10	60-95	0-2	0	1
Vlees- & fokvarkens ⁴⁵⁸						
mest	200-300	7-15	0		90-95	1-7
urine	10-50	2-10	30-90		10-20	5-65 ¹⁰
Pluimvee ²	200-300	10-20	5-8	35-50	30-50	6-8

¹ Bussink, 1996

² De Jong et al., 1999

³ Van Vuuren & Smits, 1997.

⁴ Canh, 1998

⁵ Bakker et al., 1995.

⁶ Van Mosel, 1991.

⁷ Kappers & Valk, 1996

⁸ Voermans & van Asseldonk, 1990.

⁹ Van der Meer, 1991

¹⁰ een hoge ammoniumconcentratie in urine duidt er op dat een deel van ureum al is gehydrolyseerd tijdens bewaring; waarschijnlijk is de ammoniumconcentratie in verse urine veel lager

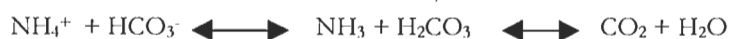
Stikstofverliezen uit urine en mest in stallen en mestopslagen kunnen ontstaan door:

- vervluchtiging van ammoniak (NH₃), en
- vervluchtiging van stikstofoxide (NO), lachgas (N₂O) en stikstofgas (N₂), die ontstaan bij de oxidatie en/of reductie van stikstofverbindingen.

Deze processen verschillen sterk van elkaar. Ammoniakvervluchtiging is een fysisch-chemisch proces waarvan de snelheid en grootte vooral door fysische (windsnelheid, mestoppervlak, temperatuur, etc.) en chemische (NH₄⁺ concentratie, pH, ionsterkte, etc.) factoren wordt bepaald. Vervluchtiging van NO, N₂O en N₂ is gekoppeld aan de microbiologische oxidatie en reductie van stikstofverbindingen; het wordt gestuurd door microbiologische (bacteriënpopulatie), chemische (pH, O₂, NH₄⁺ en NO₃⁻ concentraties) en fysische (windsnelheid, mestoppervlak, temperatuur, etc.) factoren. Beide processen worden hieronder beknopt toegelicht.

2.3 Stikstofverliezen door ammoniakvervluchtiging

De gemakkelijk mineraliseerbare stikstofverbindingen, als ureum (CO(NH₂)₂) en urinezuur (C₅H₄O₃N₄), in urine en feces worden na uitscheiding relatief snel omgezet in ammoniumstikstof (NH₄⁺), bicarbonaat (HCO₃⁻) en kooldioxide (CO₂). Het gevormde CO₂ ontwijkt naar de atmosfeer. Daardoor stijgt de pH van de mest (zuurgraad daalt), omdat het bicarbonaat associeert met een proton, afkomstig van NH₄⁺ tot H₂CO₃ volgens:



Dat heeft tot gevolg dat het evenwicht tussen ammonium (NH_4^+) en ammoniak (NH_3) verschuift in de richting van ammoniak, volgens:



In de eerste stap van $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ naar $\text{NH}_3(\text{aq})$ wordt een proton (H^+) afgegeven door ammonium aan het in de mestoplossing aanwezige bicarbonaat. Het in de mest opgeloste ammoniak ($\text{NH}_3(\text{aq})$) is in evenwicht met gasvormig ammoniak in de mest ($\text{NH}_3(\text{g,mest})$), dat op haar beurt in evenwicht is met ammoniak in de atmosfeer ($\text{NH}_3(\text{g, atmosfeer})$).

De hoeveelheid $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ opgelost in de mest wordt uitgedrukt in activiteit. De hoeveelheid $\text{NH}_3(\text{g,mest})$ in de gasvormige fase in partiële gasdruk. De omzetting van $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ in $\text{NH}_3(\text{aq})$ en vervolgens in $\text{NH}_3(\text{g,mest})$ en dan in $\text{NH}_3(\text{g, atmosfeer})$ verloopt volgens fysisch-chemische wetmatigheden (eerste orde reactie). Ammoniakvervluchtiging is gedefinieerd als de ontsnapping van gasvormige NH_3 uit de mest naar de atmosfeer. Ammoniakvervluchtiging is dus een uitwisselingsproces dat plaatsvindt op het grensvlak van mest en atmosfeer. De grootte van de NH_3 -vervluchtiging kan worden berekend met de volgende formule:

$$R_{\text{NH}_3} = K_R * A_{\text{rea}} * \frac{\text{NH}_3(\text{g,mest})}{\text{NH}_3(\text{g, atmosfeer})}$$

Deze formule geeft weer dat de ammoniakvervluchtiging R_{NH_3} groter is naarmate de uitwisselingsconstante K_R , het grensoppervlak tussen mest en atmosfeer A_{rea} en de partiële gasdruk $\text{NH}_3(\text{g,mest})$ in de mest aan het oppervlak groter zijn en de partiële gasdruk $\text{NH}_3(\text{g, atmosfeer})$ lager is. De partiële gasdruk $\text{NH}_3(\text{g,mest})$ in de mest is een functie van de pH en de activiteit van $\text{NH}_3(\text{aq})$ in de mest. De uitwisselingsconstante K_R is een functie van de temperatuur, de ruwheid van het mestoppervlak en de windsnelheid.

Uit metingen in varkensstallen blijkt dat de NH_3 -vervluchtiging evenredig is met het mestoppervlak (Aarnink, 1997). De dikte van de mestlaag in de put of silo heeft weinig of geen effect. In stallen met roosters wordt de NH_3 -vervluchtiging bepaald door het oppervlak van de mestopslag onder de roosters en door het roosteroppervlak dat wordt bevuild met mest en urine. Verkleining van het bevuilde roosteroppervlak vermindert de NH_3 -vervluchtiging. De ventilatie en temperatuur beïnvloeden de uitwisseling van NH_3 tussen mest en atmosfeer; hoe groter de ventilatie en hoe hoger de temperatuur, hoe groter de NH_3 -vervluchtiging.

Samenvattend, ammoniakvervluchtiging is een fysisch-chemisch proces dat verloopt via eerste orde reactiekinetiek. De drijvende krachten achter de ammoniakvervluchtiging uit stallen en mestopslagen zijn:

- de uitwisselingsconstante tussen gasvormig ammoniak in de mest en in de atmosfeer, die een functie is van luchtsnelheid, de ruwheid van het oppervlak en de temperatuur;
- de grootte van het mestoppervlak dat in contact staat met de atmosfeer en

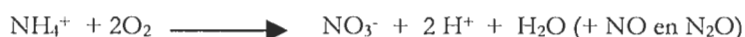
- de partiële gasdruk van ammoniak in de mest en atmosfeer, die een functie is van NH_4^+ concentratie, pH en ionsterkte van de mest.

Deze drijvende krachten kunnen worden beïnvloed door management. Door verandering van het rantsoen van het vee verandert de mestsamenstelling (hoeveelheid stikstof, ionsterkte, pH). Door verandering van de mestopslag verandert de uitwisselingsconstante en/of het uitwisselingsoppervlak.

2.4 Stikstofverliezen door nitrificatie en denitrificatie

2.4.1 Nitrificatie

Nitrificatie is de microbiële oxidatie van NH_4^+ in NO_3^- (figuur 2.2), waarbij NO en N_2O gevormd kunnen worden.



De grootte van de NO- en N_2O -productie varieert naar gelang de omstandigheden. Vaak ontsnapt één tot enkele procenten van de genitrificeerde ammoniumstikstof als NO en N_2O in de atmosfeer.

Voor nitrificatie is nodig:

- moleculaire zuurstof (O_2),
- ammoniumstikstof (NH_4^+);
- een pH tussen 5 en 8 en
- een temperatuur tussen 4 en 50°C

In dunne mest is zuurstof de beperkende factor voor nitrificatie, omdat urine en feces bij uitscheiding volledig zuurstofloos (anaëroob) zijn. Bovendien is de chemische en biologische zuurstofvraag van jonge mest zo hoog dat de nitrificerende bacteriën nauwelijks of geen kans krijgen om zich te ontwikkelen. Alleen bij veroudering van de mest krijgt moleculaire zuurstof (O_2) de kans in de mest te diffunderen, daarbij gefaciliteerd door uitdroging van de oppervlakkige mest en korstvorming. Bij bepaalde mestverwerkingsprocédés wordt door mechanische beluchting geforceerd zuurstof in de mest gebracht en geforceerd nitrificatie op gang gebracht. Daarbij kan veel stikstof verloren gaan, door gekoppelde nitrificatie – denitrificatie (Figuur 2.2). Het mechanisch roeren en homogeniseren van de dunne mest in mestopslagen op de boerderij kan echter niet worden vergeleken met de geforceerde beluchting en nitrificatie van mestverwerkingsprocedee's en is ontoereikend om nitrificatie in de mest echt op gang te brengen. In dunne mest in kelders van stallen en mestopslagen is bij een mestopslagperiode van een half jaar of minder nog weinig nitrificatie opgetreden (Oenema & Velthof, 1993).

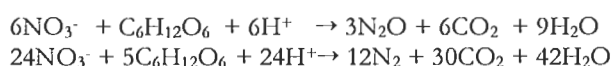
Strorijke vaste mest op mestvaalten, afkomstig van grupstallen, en in potstallen heeft een relatief open en losse structuur. In strorijke mest kan zuurstof dan ook veel gemakkelijker diffunderen dan in dunne mest. Ook pluimveemest heeft een relatief

hoog drogestofgehalte, al dan niet bevordert door geforceerde droging, en een losse structuur. Hierdoor kan O₂ relatief gemakkelijk in de pluimveemest diffunderen. Bij een drogestofgehalte van meer dan 60% wordt het vochtgehalte een beperkende factor.

De kennis over de nitrificatie van NH₄⁺ in mest en over de stikstofverliezen die daarbij optreden, is gering. Ten dele heeft dat te maken met de veronderstelling dat de stikstofverliezen door nitrificatie heel gering zijn, ten dele ook vanwege analytische problemen bij het meten van nitrificatie in mest. De analytische problemen bij het meten van nitrificatie in dunne mest hangen samen met de heel fijn gelaagde structuur met steile O₂-gradiënten aan het oppervlak van de mest, met de vorming van intermediaire gasvormige stikstofverbindingen die ontwijken en met de koppeling tussen nitrificatie en denitrificatie (zie figuur 2.2). De ammoniumstikstof kan onder bepaalde omstandigheden ook geoxideerd worden tot NO₂⁻ en meteen worden gereduceerd tot N₂O en N₂. Dit wordt aangegeven met nitrifier denitrification (Figuur 2.2) en ook wel met gekoppelde nitrificatiedenitrificatie. Door de koppeling met denitrificatie hoopt zich weinig of geen nitriet en/of nitraat op in de mest; het wordt meteen via denitrificerende bacteriën omgezet in vooral N₂ en enige NO en N₂O. Via dissimilaire nitraatreductie kan het gevormde nitriet en nitraat zelfs worden gereduceerd tot NH₄⁺. Kortom, de afname van het gehalte aan NH₄⁺ in mest door nitrificatie is niet evenredig met de toename van de gehalten aan NO₃⁻ en NO₂⁻ in de mest. Bovendien neemt het NH₄⁺-gehalte in de mest toe door mineralisatie van organische gebonden stikstof en kan het afnemen door ammoniakvervluchtiging.

2.4.2 Denitrificatie

Denitrificatie is de microbiologische omzetting van NO₃⁻ via NO₂⁻, NO en N₂O tot N₂ (figuur 2.2):



Voor denitrificatie is nodig:

- nitraatstikstof (NO₃⁻) of nitriet (NO₂⁻) of stikstofoxide (NO) of lachgas (N₂O) als electronacceptoren,
- zuurstofloze omstandigheden,
- gemakkelijk afbreekbare organische stof (of andere energierijke en gereduceerde verbindingen als methaan en sulfiden),
- een pH tussen 5 en 8 en
- een temperatuur tussen 4 en 65°C

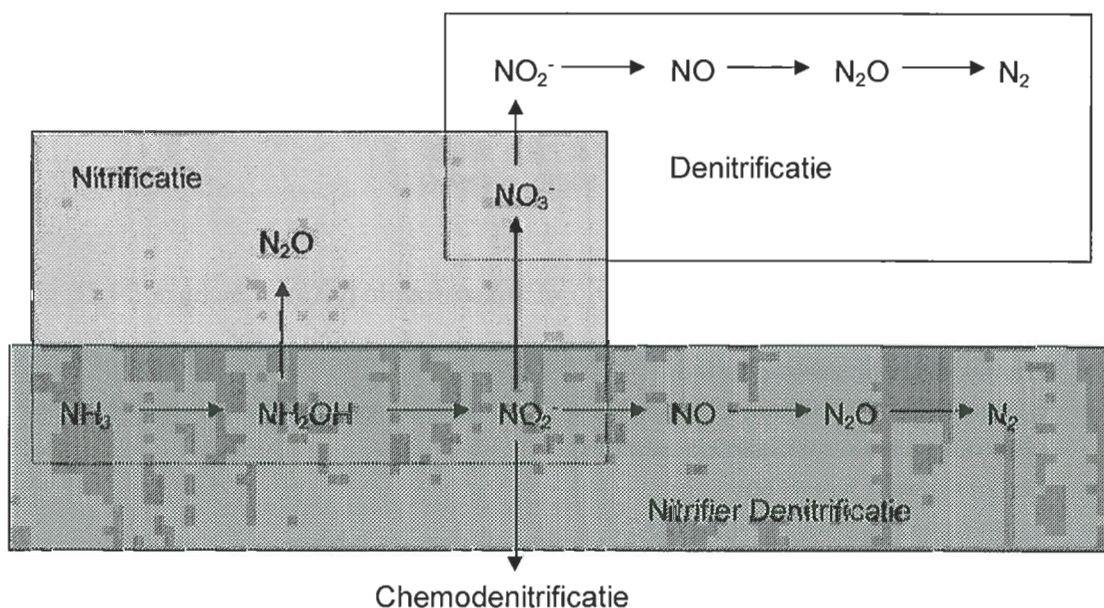
Aanwezigheid van NO₃⁻, NO₂⁻, NO en/of N₂O is de beperkende factor voor denitrificatie in dunne mest, omdat urine en feces bij uitscheiding volledig zuurstofloos zijn en daardoor geen geoxideerde stikstofverbindingen bevatten. Denitrificatie in stallen en mestopslagen is dus volledig afhankelijk van het

nitrificatieproces, dat de geoxideerde stikstofverbindingen moet leveren. Indien nitraathoudende voerresten, zoals nitratrijk gras bij zomerstalvoeding, in de mest terechtkomen, dan kan echter ook het nitraat van die voerresten worden gedenitrificeerd.

Onder bepaalde omstandigheden kan nitriet (NO_2^-) ook chemisch ontleden tot vooral stikstofoxide (NO) en lachgas (N_2O), maar het is onduidelijk of chemo-denitrificatie een rol van betekenis speelt in stallen en mestopslagen, omdat er weinig of geen specifiek onderzoek is uitgevoerd. In strorijke en stapelbare mest speelt chemo-denitrificatie mogelijk wel een rol.

De kennis over denitrificatie in mest en over de stikstofverliezen die daarbij optreden, is gering. Dit heeft te maken met de veronderstelling dat de stikstofverliezen door denitrificatie gering (en onvermijdelijk) zijn. Het heeft ook te maken met de analytische problemen bij het nauwkeurig meten van stikstofverliezen door denitrificatie in mest en met name bij de directe bepaling van emissies van N_2 . Daarnaast bemoeilijken de vorming van intermediaire gasvormige stikstofverbindingen en de directe koppeling van denitrificatie met nitrificatie (zie figuur 2.2) de kwantificering van denitrificatieverliezen uit mest.

Vanwege de recente afspraken in het kader van het Kyoto protocol (UNFCCC, 1997) is er een toenemende belangstelling voor broeikasgasemissies en atmosferische stikstofchemie. Daardoor is er ook een toenemende belangstelling voor de emissie van N_2O uit stallen en mestopslagen. Daardoor komen er nu meetgegevens beschikbaar, maar deze meetgegevens geven geen antwoord op de vraag hoeveel stikstof er in totaal uit stallen en mestopslagen verdwijnt.



Figuur 2.2. Schematische weergave van de omzettingen van stikstofverbindingen door oxidatie-reductie processen.

2.5 Methoden voor bepaling van stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen

Voor het meten van de stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen gelden twee basisprocedures die voor beide routes gelden, namelijk:

1. Directe meting van de hoeveelheid stikstof die ontwijkt in de vorm van NH_3 , NO , N_2O en N_2 , en
2. Meting van de afname van de hoeveelheid stikstof in de mest voor de duur dat de mest in de stallen en mestopslagen aanwezig is.

Voor beide basisprocedures kunnen een aantal varianten worden onderscheiden. De eerst genoemde procedure (directe metingen) verschaft ook informatie over de manier waarop stikstof uit stallen en mestopslagen ontwijkt. De tweede procedure (indirecte metingen) verschaft alleen informatie over het totale verlies, dus zonder onderscheid te maken tussen verliezen door NH_3 -vervluchtiging en (de)nitrificatie.

In deze paragraaf wordt een beknopt overzicht gegeven van de technieken en procedures voor het vaststellen van stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. Deze toelichting is vooral bedoeld om informatie te verstrekken over de achtergronden en betrouwbaarheid van de onderzoeksresultaten die in de onderhavige studie worden gebruikt. Indirect wordt ook duidelijk gemaakt waarom er relatief weinig kwantitatieve schattingen beschikbaar zijn.

2.5.1 Methodieken voor de directe meting van NH_3 -vervluchtiging

Er kunnen twee typen meetstrategieën worden toegepast om de NH_3 -vervluchtiging uit stallen te meten, namelijk (i) de emissie uit de gehele stal en (ii) de emissie van een representatief deel van het emitterend oppervlak (Monteny & Erisman, 1998). Om verschillende redenen wordt de voorkeur gegeven aan de eerstgenoemde strategie. Die strategie wordt hieronder alleen verder toegelicht. Bij meting op een representatief deel van de stal wordt gebruik gemaakt van 'dynamische' fluxkamers (Lindvalldoos). Met deze methodiek kan goedkoop en snel een schatting van de vervluchtiging worden verkregen, maar omdat de condities in de fluxkamer anders zijn dan er buiten kunnen er systematische fouten ontstaan. Deze methodiek wordt derhalve alleen toegepast om verschillende behandelingen (mestsoorten, stalvloeren, etc.) te vergelijken, en niet om de absolute NH_3 -vervluchtiging uit stallen te meten.

De NH_3 -vervluchtiging uit (gehele) stallen wordt bepaald door metingen van het ventilatiedebiet en het verschil in NH_3 -concentratie van de inkomende en uitgaande luchtstromen (Monteny & Erisman, 1998).

Het meten van de NH_3 -concentratie in lucht is relatief eenvoudig. Er bestaan snelle en gevoelige meetinstrumenten, die gebruik maken van infra-rood spectrometrie of chemiluminiscentie, om de NH_3 -concentratie in lucht nauwkeurig en direct te meten in het traject van minder dan 5 ppbv ($5 \mu\text{l NH}_3$ per m^3) tot meer dan 1 ppmv (1 ml NH_3 per m^3). Dit is ruwweg het traject van NH_3 -concentraties die voorkomen in

schone buitenlucht en in stallen en mestopslagen. Deze snelle methodieken zijn nu ruim tien jaar beschikbaar. Daarvoor werd vooral gebruik gemaakt van nat-chemische methodieken, waarbij de NH_3 uit de lucht eerst wordt geabsorbeerd in een zure waterige oplossing (veelal H_2SO_4), waarna de concentratie van NH_4^+ via nat-chemische procedures werd bepaald. Deze metingen geven een gemiddelde concentratie weer over een bepaalde tijdsperiode, d.w.z. de periode waarin de NH_3 uit de lucht werd geabsorbeerd in de oplossing.

In mechanisch geventileerde stallen met een gecontroleerd aantal ventilatieopeningen is het debiet met gecalibreerde windsnelheidsmeters (anemometer) redelijk nauwkeurig vast te stellen. Veel lastiger wordt het bij de natuurlijk geventileerde stallen die in de praktijk hoofdzakelijk bij rundvee voorkomen. In dat geval zijn er vele openingen in de stal waarlangs zowel lucht binnenstroomt als uitstroomt. Om het ventilatiedebiet te meten wordt dan gebruik gemaakt van tracerassen, d.w.z. gassen die niet of nauwelijks voorkomen in de stal, niet of nauwelijks reactief zijn en die met een constante en bekende snelheid in de stal vrijkomen (bijvoorbeeld zwavel fluoride (SF_6); Johnson et al., 1994; Ulyatt et al., 1999). Het ventilatiedebiet wordt berekend op basis van de gemeten tracerassen concentratie in de stal, stalvolume en de afgiftesnelheid van het tracerassen in de stal. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een simulatiemodel. Metingen van NH_3 -emissies uit stallen vereisen een goede kennis van de ventilatie van natuurlijke stallen, van de menging van gassen in de stallen en van de NH_3 -bronnen in de stallen. Het vereist bovenal ook apparatuur en programmatuur om de concentratie van gassen nauwkeurig te meten en de NH_3 -vervluchtiging te berekenen.

Voor het meten van de NH_3 -vervluchtiging uit mestopslagen buiten de stal gelden globaal dezelfde meetprincipes. Een overkapte mestopslag kan worden opgevat als een 'slecht' geventileerde stal met slechts één of enkele openingen waarlangs gasuitwisseling met de atmosfeer kan plaatsvinden. Voor mestopslagen zonder duidelijke overkapping, bijvoorbeeld mesthopen of silo's met een strolaag, worden micrometeorologische methodieken toegepast, met name de massabalansmethode.. Bij de massabalansmethode wordt de NH_3 -vervluchtiging berekend op basis van micrometeorologische parameters (windsnelheid, turbulentie, ruwheid oppervlak) en gemeten NH_3 -concentraties in de atmosfeer aan de loefzijde en de lijzijde van de mestopslag en op verschillende hoogten.

2.5.2 Methoden voor de directe meting van stikstofverliezen door nitrificatie en denitrificatie

Voor het meten van de stikstofverliezen uit stallen door nitrificatie en denitrificatie, in de vorm van NO en N_2O gelden in principe dezelfde meetprocedures als die voor NH_3 -vervluchtiging.

De concentratie van NO in de lucht wordt gemeten via chemiluminiscentie en die van N_2O via infra rood spectrometrie of gaschromatografie. Meting van NO via chemiluminiscentie kan nauwkeurig worden uitgevoerd in het traject van minder dan

5 ppbv ($5 \mu\text{l NH}_3$ per m^3) tot meer dan 100 ppbv ($0,1 \text{ ml NO}$ per m^3). Dit is ruwweg het traject van NO-concentraties dat voorkomt in schone buitenlucht en in stallen en mestopslagen. Meting van N_2O via infra rood spectrometrie of gaschromatografie kan nauwkeurig worden uitgevoerd in het traject van 0,3 ppmv ($0,3 \text{ ml NH}_3$ per m^3) tot meer dan 1 ppmv (1 ml NO per m^3). Dit is ruwweg het traject van N_2O -concentraties dat voorkomt in schone buitenlucht en in stallen en mestopslagen. Desalnietemін is het aantal metingen dat is uitgevoerd naar NO en N_2O verliezen uit stallen en mestopslagen uitermate beperkt. De stikstofverliezen via NO en N_2O uit stallen en mestopslagen zijn landbouwkundig gezien ook verwaarloosbaar klein en daardoor is er ook heel weinig aandacht voor geweest. Door de aandacht voor broeikasgasemissies en het Kyoto protocol (UNFCCC, 1997) is daar nu wel verandering in gekomen. Lachgas is een krachtig broeikasgas en stikstofoxide is betrokken bij de tal van reacties in de atmosfeer en als zodanig een precursor van broeikasgassen en ook van atmosferische stikstofdepositie.

Voor stikstofverliezen door denitrificatie in de vorm van N_2 geldt de hiervoor genoemde meetprocedure niet. De atmosfeer, ook die in stallen, bestaat voor 80% uit N_2 en een kleine toename van de N_2 -concentratie in stallen en boven mestopslagen door denitrificatie kan onmogelijk met de huidige technieken worden gemeten in complete stalsystemen. De totale stikstofverliezen door nitrificatie en denitrificatie is gemiddeld genomen 90% in de vorm van N_2 (Granli & Böckman, 1994). Om de stikstofverliezen door (de)nitrificatie in stallen en mestopslagen te meten kan gebruik worden gemaakt van gelabelde stikstof ($^{15}\text{NH}_4^+$). De gelabelde stikstof moet dan door de mest worden gemengd en de ontweken $^{15}\text{N}_2$, $^{15}\text{N}_2\text{O}$ en ^{15}NO worden gemeten via massaspectrometrie. Dit type metingen zijn relatief duur en in stallen en mestopslagen niet uitgevoerd. De acetyleen-inhibitie-methode die veelal wordt toegepast voor het meten van denitrificatie in grond is geen geschikte methode voor stallen en mestopslagen omdat acetyleen nitrificatie remt en in stallen en mestopslagen nitrificatie juist de beperkende factor is voor stikstofverliezen door zowel nitrificatie als denitrificatie. De zogenoemde helium-methode die wordt toegepast voor het meten van denitrificatie in sedimenten en bodem (Swerts et al., 1995) is voor stallen en mestopslagen ook niet mogelijk, al kan deze techniek wel op laboratoriumschaal worden toegepast. Kortom, het meten van stikstofverliezen via N_2 is zeer lastig via directe methoden vast te stellen.

2.5.3 Indirecte bepaling van stikstofverliezen via stikstofbalansen

Stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen zijn indirect af te leiden uit stikstofbalansen. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt tussen balansen die op het niveau van enkel mest worden samengesteld en balansen die betrekking hebben op de keten voer - dier mest.

In proefopstellingen kunnen stikstofbalansen worden opgesteld van de keten voer – dier – mest. Dat gebeurt bij voederproeven, waarin de hoeveelheden stikstof in voer, dierlijke producten en mest worden bepaald. Voorbeelden zijn voederproeven die op

proefbedrijf Droevendaal van Plant Research International en op de proefbedrijven van ID-Lelystad worden uitgevoerd.

Relatief nauwkeurig kan de relatieve stikstofafname in de mest worden vastgesteld. Dat kan aan de hand van een element in de mest dat niet vervluchtigt, zoals bijvoorbeeld fosfor (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De relatieve afname van het stikstofgehalte is dan een maat voor het stikstofverlies. In formule:

$$\text{N-verlies} = \{(\text{N/P})_{\text{initieel}} - (\text{N/P})_{\text{einde}}\} \times \text{P-concentratie}$$

waarin:

N-verlies = totale stikstofverlies uit mest in g per kg.

$(\text{N/P})_{\text{initieel}}$ = verhouding van de stikstof /fosfor concentraties in de mest bij de start

$(\text{N/P})_{\text{einde}}$ = verhouding van de stikstof /fosfor concentraties aan het eind

P-concentratie = fosfor concentratie in de mest in g per kg.

Bij toepassing van deze formule is het dus niet essentieel om de voorraadveranderingen in de mest nauwkeurig te meten. De totale hoeveelheid moet bekend zijn en er moeten representatieve mestmonsters aan het begin en aan het einde van opslagperiode worden genomen en geanalyseerd worden op N en P (of K, Mg, etc.).

Op grondloze praktijkbedrijven kan een schatting gemaakt worden uit de N- en P-balans van het bedrijf: de N- en P-aanvoer via voer, vee en stalstrooisel en de N- en P-afvoer via dierlijke producten en mest. Het relatieve verschil (op basis van N/P-verhoudingen) is dan een maat voor het stikstofverlies uit stallen en mestopslagen. Voorwaarden hierbij zijn dat de beschouwde periode van voldoende omvang is en dat er bij de start niet veel mest aanwezig was van vee dat een ander rantsoen kreeg voorgeschoteld. Voorraadvorming op het bedrijf van een bepaald product met een eigenaardige N/P-verhouding mag ook niet voorkomen.

In de onderhavige studie worden de gasvormige verliezen zowel geschat met behulp van emissiepercentages als met N/P-balansen. In hoofdstuk 3 wordt nader beschreven welke werkwijze de Commissie heeft gevolgd bij de berekeningen van de gasvormige stikstofverliezen.

3 Berekening van de gasvormige stikstofverliezen

In dit hoofdstuk wordt de werkwijze van de Commissie op hoofdlijnen beschreven. De Commissie heeft gekozen voor een transparante en voor alle diercategorieën uniforme werkwijze om de stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen te kwantificeren. Hierbij is gebruik gemaakt van bestaande indelingen van diercategorieën en stalsystemen. De berekeningen van de verliezen zijn gebaseerd op literatuurgegevens en algemeen geldende emissiepercentages¹. Alle berekeningen, aannames en schattingen worden in hoofdstukken 4, 5, 6, 7 en 8 in detail besproken, zodat het duidelijk is hoe de uiteindelijke cijfers voor de gasvormige stikstofverliezen tot stand zijn gekomen.

3.1 Indeling in diercategorieën en stalsystemen

De gasvormige stikstofverliezen zijn bepaald voor de diercategorieën uit artikel 2 van het Besluit Stikstofcorrectie Meststoffenwet (Staatscourant nr. 71, 10 april 2000, p. 12). Deze diercategorieën komen overeen met diercategorieën/mestcodes uit MINAS. Er zijn drie extra categorieën opgenomen, die waarschijnlijk bij een herziening worden opgenomen in bovengenoemd besluit. De Commissie Tamminga heeft voor deze categorieën aparte stikstofexcreties berekend (Tamminga et al., 2000). De categorieën behoren tot de vleeskalveren voor de rosévvleesproductie:

Vleeskalveren (doorgaans binnen 8 maanden na de geboorte geslacht; in hoofdzaak met snijmais en krachtvoer afgemest):

- startkalf t.b.v. vleeskalf, van ca. 0 tot ca. 3 maanden (kalveren die worden opgefokt van ca. 0 tot ca. 3 maanden, waarna ze voor afmesting aan een ander bedrijf worden geleverd)
- van startkalf tot vleeskalf, van ca. 3 tot ca. 8 maanden (kalveren die zijn aangeleverd als startkalf van ca. 3 maanden en die verder worden afgemest tot vleeskalf van ca. 8 maanden)
- vleeskalf, van ca. 0 tot ca. 8 maanden (kalveren die worden gemest van ca. 0 tot ca. 8 maanden).

De diercategorieën worden in dit rapport in vier hoofdcategorieën opgedeeld:

- rundvee,
- varkens,
- kippen en
- overige diersoorten.

¹ in de literatuur wordt bij NH₃ vaak de term vervluchtigingspercentage gehanteerd (in % van de N-excretie), terwijl bij N₂O, NO en N₂ de term emissiefactor wordt gehanteerd (in % van de N-excretie). In de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (UAV) wordt voor NH₃ de term emissiefactor gehanteerd (in kg NH₃ per dierplaats per jaar). In de onderhavige studie worden voor alle gassen twee termen gehanteerd: emissiepercentage (in % van de N-excretie) en emissiefactor (in kg N per dier (plaats) per jaar).

Aan de hand van de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (UAV²) zijn voor de verschillende diercategorieën de belangrijkste stalsystemen gedefinieerd (Staatscourant 1999, nr. 139, p.16). Aangezien de UAV een groot aantal stalsystemen beschrijft, zijn de stalsystemen geclusterd tot functionele eenheden, bijvoorbeeld emissiearme stallen, gangbare stallen, strooiselstallen (zie hoofdstukken 4, 5, 6 en 7). Voor elke hoofdcategorie zijn ook één of meerdere biologische stalsystemen opgenomen.

3.2 Stikstofexcreties en stikstofverliezen

Om de UAV-waarden, die zijn uitgedrukt in kg N per dierplaats per jaar, om te rekenen naar emissiepercentages (in percentage van de N-excretie), zijn de huidige N-excreties gebruikt. De op deze wijze afgeleide emissiepercentages worden daarna toegepast op de N-excreties in 2003 volgens Tamminga et al. (2000). Voor het verkrijgen van data van de huidige N-excreties zijn de WUM-cijfers (Van Eerd, 1997, 1998, 1999; WUM, 1994a, b, en c) en de N-excreties voor 1998 ('actuele' N-excretie) uit Tamminga et al. (2000) beschouwd. Hoewel de WUM-cijfers breed geaccepteerd zijn en worden toegepast om de jaarlijkse gemiddelde excretiecijfers per diercategorie te bepalen, uitgaande van de gegevens van de landbouwtelling, is gekozen om verder te rekenen met de waarden voor 1998 uit Tamminga et al. (2000), omdat:

1. Niet voor elke MINAS-diercategorie N-excreties uit WUM bekend zijn.
2. De waarden uit Tamminga et al. (2000) zijn genormaliseerd, dat wil zeggen ontdaan van specifieke jaareffecten.

Er is een literatuurstudie uitgevoerd naar NH₃-, N₂-, N₂O- en NO-emissies uit stallen en mestopslagen voor de verschillende diercategorieën. De resultaten van de literatuurstudie worden in hoofdstukken 4 (rundvee), 5 (varkens), 6 (kippen) en 7 (overig vee) gerapporteerd. Door de Commissie zijn geen emissiepercentages voor ammoniak opgesteld. Voor elke diercategorie en stalsysteem is de bijbehorende waarde voor de ammoniakemissie overgenomen uit de UAV voor verschillende stalsystemen. In de UAV staan normatieve waarden die op basis van nieuwe meetcijfers en andere bevindingen regelmatig worden aangepast. De ammoniak-emissiefactoren in de UAV staan uitgedrukt in kg NH₃ per dierplaats per jaar. Deze zijn omgerekend naar emissiepercentages, dat wil zeggen percentages van de N-excretie met behulp van

- de bezetting van de stal (Van der Hoek et al., 1999);
- het aantal weidedagen en overdracht van zommest naar de stal en mestopslag (Van der Hoek, 2000);
- de molfractie van N in NH₃;

² de UAV is in mei 2000 enigszins gewijzigd (Staatscourant 9 mei 2000, nr. 89, p. 11). In de huidige studie is hiermee alleen bij kippen rekening gehouden; bij overige diercategorieën zijn de gegevens uit de gewijzigde UAV uit de Staatscourant 1999, nr. 139, p. 16 gebruikt.

- de huidige N-excretie (1998): de UAV-waarden gelden voor de huidige omstandigheden, zodat het emissiepercentage bij de huidige N-excretie (1998) is geschat.

De emissiefactoren voor N₂O, N₂ en NO en die van NH₃ uit mestopslagen zijn afgeleid op basis van de resultaten uit de literatuur.

3.3 Kwantificering van de stikstofverliezen door middel van emissiefactoren

De totale gasvormige N-verliezen in de stal (inclusief mestopslag binnen) en de mestopslag buiten zijn als volgt berekend:

$$\begin{aligned} \text{totaal N-verlies} &= \text{N-verlies}_{\text{stal}} + \text{N-verlies}_{\text{opslag}} = \\ &\text{NH}_3\text{-emissiepercentage}_{\text{stal}} * (\text{N-excretie}_{\text{stal}} \text{ in } 2003) + \\ &\text{N}_2\text{-emissiepercentage}_{\text{stal}} * (\text{N-excretie}_{\text{stal}} \text{ in } 2003) + \\ &\text{N}_2\text{O-emissiepercentage}_{\text{stal}} * (\text{N-excretie}_{\text{stal}} \text{ in } 2003) + \\ &\text{NO-emissiepercentage}_{\text{stal}} * (\text{N-excretie}_{\text{stal}} \text{ in } 2003) + \\ &\text{NH}_3\text{-emissiepercentage}_{\text{opslag}} * (\text{N-opslag} \text{ in } 2003) + \\ &\text{N}_2\text{-emissiepercentage}_{\text{opslag}} * (\text{N-opslag} \text{ in } 2003) + \\ &\text{N}_2\text{O-emissiepercentage}_{\text{opslag}} * (\text{N-opslag} \text{ in } 2003) + \\ &\text{NO-emissiepercentage}_{\text{opslag}} * (\text{N-opslag} \text{ in } 2003) \end{aligned}$$

waarbij:

- emissiepercentage = percentage van de N die als NH₃-N, N₂-N, N₂O-N en NO-N verloren gaat;
- N-excretie stal in 2003 = de N-excretie in kg N per dier per jaar in 2003 volgens de Commissie Tamminga;
- N-opslag in 2003 = de hoeveelheid N in de opslag, berekend uit de N-excretie, de N-verliezen uit de stal en een percentage voor overdracht van de stal naar de buitenopslag (Van der Hoek, 2000).

Bij deze berekeningswijze zijn verschillende aannames gedaan, die in hoofdstuk 8 in detail worden besproken. Voor diercategorieën die ‘s-zomers in de wei lopen is met behulp van literatuurgegevens een schatting gemaakt van de hoeveelheid ammoniak die tijdens de beweiding vervluchtigt.³

³ De oorspronkelijke opdracht van de Commissie bestond alleen uit het kwantificeren van de gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. Op 23 mei 2000 is de Commissie verzocht, door het ministerie van LNV, om ook de ammoniakverliezen tijdens beweiding te kwantificeren.

3.4 Kwantificering van de stikstofverliezen door middel van mineralenbalansen

Bruins et al. (bijlage 8) hebben, op basis van resultaten van mineralenbalansen volgens de MINAS-systematiek van (vrijwel) grondloze bedrijven, stikstofverliezen afgeleid voor geselecteerde mestcodes uit de database van Bureau Heffingen in Assen. Er zijn mestnummers geselecteerd waar:

- Eén of enkele aanverwante diersoorten op zijn geregistreerd. Bij aanverwante diersoorten moet gedacht worden aan diersoorten die (bijna) altijd samen worden gehouden bijv. fokteven (nertsen) met bijbehorende pups en reuen.
- Maximaal 3 ha grond bij is geregistreerd. Deze beperking is gehanteerd om te waarborgen dat mestnummers worden geselecteerd die het grootste deel van de geproduceerde mest (moeten) afvoeren.
- Minstens 15 GVE per ha worden gehouden. De reden om deze eis te hanteren is dezelfde als verwoord bij 2).
- Geen dierlijke mest is aangevoerd. Deze beperking is gehanteerd omdat niet bekend is welk soort mest wordt aangevoerd. Omdat het vrijwel grondloze mestnummers betreft is het waarschijnlijk dat (een deel van) de aangevoerde mest ook weer is afgevoerd. Dit kan verstorend werken op de zuiverheid van de uitkomsten.
- Meer dan 75% van het aangevoerde voer afkomstig is van 'erkende' voerleveranciers. Deze beperking is opgenomen omdat alleen bij erkende voerleveranciers het N- en P-gehalte van het voer regelmatig wordt geanalyseerd.

Uit de stikstof/fosfaat (N/P-verhouding) van het opgenomen rantsoen en de dierlijke producten (inclusief de geproduceerde dieren) kan de N/P-verhouding van de bruto uitgescheiden mest worden berekend. Uit de N/P-verhouding van de bruto uitgescheiden mest en de N/P-verhouding van de daadwerkelijk afgevoerde mest kan het percentage N-verlies worden berekend.

Bruins et al. (bijlage 8) en Van der Hoek (bijlage 9) hebben ook balansberekeningen uitgevoerd met behulp van gemiddelde N/P-verhoudingen in rantsoenen, dierlijke mest en dierlijke producten. Deze berekeningen zijn ook uitgevoerd voor grondgebonden bedrijven. De gemiddelde waarden voor de N/P-verhoudingen zijn afgeleid uit de WUM (1994a, b & c), standaardwaarden uit de Meststoffenwet en de literatuur. De resultaten van de balansberekeningen worden in hoofdstuk 4, 5, 6 en 7 besproken en in hoofdstuk 8 wordt een vergelijking gemaakt van de met deze balansen berekende verliezen en de met emissiefactoren berekende verliezen.

4 Rundvee

4.1 Beschrijving diercategorieën volgens MINAS en UAV

In tabel 4.1 staan de diercategorieën uit de Meststoffenwet weergegeven. In tabel 4.2 staan de diercategorieën die worden weergegeven in de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (UAV; Interimwet Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij). In deze tabel zijn tevens de ammoniakemissiefactoren volgens de UAV voor de verschillende huisvestingssystemen opgenomen.

De Commissie Tamminga heeft voor drie categorieën die (nog) niet in de Meststoffenwet zijn opgenomen excretiecijfers berekend, namelijk rosé-kalveren van 0-3 maanden, van 3 tot 8 maanden van 0 tot 8 maanden. In de huidige studie worden de N-verliezen van rosé-kalveren berekend op basis van de N-excreties volgens de Commissie Tamminga (dus als extra categorie).

Tabel 4.1. Diercategorieën rundvee uit de Meststoffenwet (Anon., 1998).

Nr.	Omschrijving
Fok- en gebruiksvee	
100	Melk- en kalfkoeien (alle koeien die ten minste éénmaal hebben gekalfd en die voor de melkproductie of de fokkerij worden gehouden; ook koeien die drooggezet zijn alsmede koeien die worden vetgemest en in de mesttijd worden gemolken)
	Vrouwelijk jongvee (alle vrouwelijke dieren die nog nooit gekalfd hebben en die worden aangehouden voor de vervanging van de eigen veestapel of de veestapel van derden; ook drachtige dieren die niet eerder hebben gekalfd):
101	- Jonger dan 1 jaar
102	- 1 jaar en ouder
	Stieren voor de fokkerij (stieren bestemd voor het fokken van melk- of vleesvee):
103	- jonger dan 1 jaar
104	- 1 jaar en ouder
Witvleesproductie	
	Vleeskalveren (doorgaans binnen 6 maanden na de geboorte geslacht; in hoofdzaak met melkproducten afgemest):
110	- startkalf t.b.v. vleeskalf, van ca. 0 tot ca. 2 maanden (kalveren die worden opgefokt van ca. 0 tot ca. 2 maanden, waarna ze voor afmesting aan een ander bedrijf worden geleverd)
111	- van startkalf tot vleeskalf, van ca. 2 tot ca. 6 maanden (kalveren die zijn aangeleverd als startkalf van ca. 2 maanden en die verder worden afgemest tot vleeskalf van ca. 6 maanden)
112	- vleeskalf, van ca. 0 tot ca. 6 maanden (kalveren die worden gemest van ca. 0 tot ca. 6 maanden)
Roodvleesproductie	
120	Weide- en zoogkoeien (koeien die niet meer worden gemolken, maar worden vetgeweid)
	Vleesstieren, alsook vrouwelijke dieren en ossen die op dezelfde wijze worden gemest (vee dat tot ca. 16 maanden wordt gemest voor roodvlees):
121	- startkalf t.b.v. vleesstier, ca. 0 tot 3 maanden (kalveren die worden opgefokt van ca. 0 tot ca. 3 maanden, waarna ze voor afmesting aan een ander bedrijf worden geleverd)
122	- van startkalf tot vleesstier, ca. 3 tot ca. 16 maanden (kalveren die zijn aangeleverd als startkalf van ca. 3 maanden en die verder worden afgemest tot vleesstier van ca. 16 maanden)
123	- vleesstier, ca. 0 tot ca. 16 maanden (stieren die worden gemest van ca. 0 tot ca. 16 maanden)
	Overige vleesvee (vee bestemd voor roodvleesproductie, dat niet behoort tot de categorieën weidekoeien of vleesstieren; ook vleesstieren, vrouwelijke dieren en ossen ouder dan ca. 16 maanden):
124	- jonger dan 1 jaar
125	- 1 jaar en ouder

Tabel 4.1 (vervolg)

Extra categorieën: Vleeskalveren voor rosé vleesproductie	
Vleeskalveren (doorgaans binnen 8 maanden na de geboorte geslacht; in hoofdzaak met snijmais en krachtvoer afgemest):	
110	- startkalf t.b.v. vleeskalv, van ca. 0 tot ca. 3 maanden (kalveren die worden opgefokt van ca. 0 tot ca. 3 maanden, waarna ze voor afmesting aan een ander bedrijf worden geleverd)
111	- van startkalf tot vleeskalv, van ca. 3 tot ca. 8 maanden (kalveren die zijn aangeleverd als startkalf van ca. 3 maanden en die verder worden afgemest tot vleeskalv van ca. 8 maanden)
112	- vleeskalv, van ca. 0 tot ca. 8 maanden (kalveren die worden gemest van ca. 0 tot ca. 8 maanden)

Tabel 4.2. Diercategorieën rundvee (hoofdcategorie A) uit de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij en de NH₃-emissie (Staatscourant 1999, nr. 139)

Categorie		Emissie in kg NH ₃ en kg NH ₃ -N per dierplaats per jaar	
		NH ₃	NH ₃ -N
A 1	Melk- en kalkkoeien ouder dan 2 jaar¹		
A 1.1	Grupstal met drijfmest, ammoniakverdampend oppervlak van grup en kelder max. 1,2 m ² per koe ²	3,0	2,5
A 1.2	Loopstal met hellende vloer en giergoot of met roostervloer; beide met spoelsysteem	4,4	3,6
A 1.3	Loopstal met hellende vloer en giergoot; max. 3 m ² mestbesmeurd oppervlak per koe ³	4,4	3,6
A 1.4	Loopstal met hellende vloer en spoelsysteem; max. 3,75 m ² mestbesmeurd oppervlak per koe ⁴	4,0	3,3
A 1.5	Loopstal met sleufvloer en mestschuif ⁵	4,4	3,6
A 1.6	Overige bedrijven	8,8	7,2
A 2	Zoogkoeien en overig rundvee ouder dan 2 jaar¹	8,8	7,2
A 3	Vrouwelijk jongvee tot 2 jaar	3,9	3,2
A 4	Vleeskalveren en vleesstierkalveren		
A 4.1	Vleeskalveren van 0 tot 8 maanden (wit- en rose vleesproductie)	2,5	2,1
A 4.2	Vleesstierkalveren van 0 tot 6 maanden (rose vleesproductie)	2,5	2,1
A 5	Vleesstieren en overig vleesvee van 6 tot 24 maanden	7,2	5,9

¹ de emissie heeft betrekking op een stalperiode van oktober tot mei

² Groen Label BB 93.06.009

³ Groen label BB 93.03.003V1; BB 93.03.003/A 93.04.004V1; BB 93.03.003/B 93.04.005V1; BB 93.03.003/C 93.04.006V1; BB 93.03.003/D 94.06.020V1

⁴ Groen label BB 94.02.015V1

⁵ Groen Label BB 97.05.055

4.2 Beschrijving belangrijkste stalsystemen en mestopslagsystemen

In Nederland wordt 83 procent van het melkvee gehouden in loopstallen, waartoe het meest gangbare stalsysteem in Nederland behoort; de ligboxenstal (Van der Hoek, 2000). De dieren lopen vrij rond en de loopgang is meestal uitgevoerd als roostervloer. De mest wordt meestal onder de loopgang en ligboxen opgeslagen; een deel van de mest wordt buiten in afgedekte silo's opgeslagen. Het overige melkvee wordt gehouden in grupstallen, waarbij de dieren zijn aangebonden en de mest wordt opgevangen in een grup achter de dieren. De uitvoering varieert van ondiep (aanwezigheid van stro) tot diep met rooster. Een deel van de vaste mest die in grupstallen wordt verzameld, wordt buiten opgeslagen.

Het jongvee wordt in ligboxenstallen (56 procent) en grupstallen (44 procent) gehouden.

Het vloeroppervlak waarop urine en mest terecht komt en waarvan ammoniak emitteert is in ligboxenstallen groter dan in grupstallen. De ammoniakemissie uit ligboxenstallen is daardoor hoger dan uit grupstallen.

Er bestaan verschillen tussen stalsystemen in ventilatie (natuurlijk of mechanisch), type vloer (hellend, emissiearm, rooster/dicht, mestschuif) en wel of geen spoelwater. In tabel 4.2 wordt de onderverdeling van stalsystemen volgens de UAV weergegeven. Stallen A1.1–A1.5 zijn emissie-arme stallen.

In de biologische landbouw worden koeien vaak in potstalsystemen gehouden, waarbij de mest gedurende langere tijd (meestal één jaar) in de put/stal aanwezig blijft. In de biologische landbouw wordt ook dunne mest verzameld. De Commissie Tamminga geeft aan dat de verschillen tussen biologische en gangbare landbouwsystemen in N in krachtvoer en ruwvoer steeds kleiner worden en grotendeels zullen verdwijnen. De Commissie Tamminga zag daarom geen reden om aan biologische bedrijven een aparte status te verlenen of andere forfaitaire N-excreties op dierniveau te geven. Ook in de onderhavige studie zijn daarom voor biologische dunne mest geen aparte verliezen berekend. Het potstalsysteem wordt wel apart meegenomen (tabel 4.3). Bij het potstalsysteem wordt uitgegaan dat 60 procent van de mest als vaste mest wordt verzameld en 40 procent als dunne mest.

In de huidige studie is alleen bij de diercategorie melk- en kalfkoeien een onderscheid gemaakt naar verschillende stalsystemen. De verschillende emissie-arme ligboxenstallen bij melkkoeien volgens de UAV (stallen A1.2-A1.5 in tabel 4.2) worden tot één groep geclusterd. Bij alle andere diercategorieën wordt uitgegaan van het meest gangbare stalsysteem; ligboxenstal met dunne mest. In tabel 4.3 wordt een overzicht gegeven van de stalsystemen waarvan de gasvormige stikstofverliezen zijn geschat.

De opslagcapaciteit is in de meeste stalsystemen ontoereikend om alle geproduceerde mest op te slaan, zodat een deel van de mest wordt opgeslagen in opslagsystemen buiten. Voor de ammoniakemissie die uit mestopslagen buiten optreedt, worden aparte emissiepercentages gehanteerd. Voor de meeste rundveecategorieën wordt 55 procent van de totale geproduceerde mest buiten opgeslagen (Van der Hoek, 2000). Bij vleeskalveren wordt geen mestopslag buiten verondersteld, omdat kalvergier vaak wordt afgevoerd naar kalvergierzuilingsinstallaties (Van der Hoek, 2000). Ongeveer 97 procent van de mestopslagen met dunne mest wordt afgedekt; er wordt verondersteld dat in 2003 alle mestopslagen zijn afgedekt. De vaste mest die in grupstallen wordt verzameld, wordt op een onafgedekte mestvaalt buiten opgeslagen.

Tabel 4.3. Diercategorieën rundvee en stalssystemen waarvan de gasvormige stikstofverliezen zijn gekwantificeerd.

Cat.	Omschrijving	Stalsysteem
100	Melk- en kalfkoeien	ligboxenstal emissie-arme ligboxenstal grupstal: dunne mest grupstal: vaste mest potstal ¹
101	Vrouwelijk jongvee, < 1 jr	gangbaar
102	Vrouwelijk jongvee, > 1 jr	gangbaar
103	Stieren fokkerij, < 1 jr	gangbaar
104	Stieren fokkerij > 1 jr	gangbaar
110	Startkalf (0-2 mnd)	gangbaar
111	Kalf (2-6 mnd)	gangbaar
112	Kalf (0-6 mnd)	gangbaar
	Rose-kalveren, 0-3 mnd	gangbaar
	Van 3 tot 8 mnd	gangbaar
	Van 0 tot 8 mnd	gangbaar
120	Weide- en zoogkoeien	gangbaar
121	Vleesstieren, 0-3 mnd	gangbaar
122	Vleesstieren, 3-16 mnd	gangbaar
123	Vleesstieren, 0-16 mnd	gangbaar
124	Overig vleesvee, < 1 jaar	gangbaar
125	Overig vleesvee, > 1 jaar	gangbaar

¹ er wordt uitgegaan van een potstal waarbij 60% van de mest als vaste mest in de stal wordt opgeslagen en 40% als dunne mest; deze verhouding kan in de praktijk variëren.

4.3 Effecten rantsoenen en weidegang op stikstofverliezen

De Commissie Tamminga heeft de stikstofexcretie berekend per dier per jaar (365 dagen). Bij beweiding zal een deel van deze stikstof niet in de stal maar buiten op het grasland worden uitgescheiden. De N-excreties voor diercategorieën die weiden, moeten daarom gecorrigeerd worden voor de stikstof die bij beweiding wordt uitgescheiden. In Nederland zijn drie gangbare beweidingssystemen: onbeperkt beweiden (dag en nacht), beperkt beweiden (vee 's-nachts op stal; soms ook kortere perioden overdag) en zomerstalvoeding, waarbij het vee continu is opgestald en alle uitgescheiden stikstof als mest in de stal wordt verzameld. Volgens de WUM (1994a) wordt gemiddeld 100, 15 en 60 procent van de in de zomer geproduceerde mest in de stal verzameld bij respectievelijk zomerstalvoeding, dag- en nacht beweiding en beweiding alleen overdag. Bij dag- en nacht beweiding wordt verondersteld dat tijdens het melken mest wordt verzameld. In tabel 4.4 wordt een overzicht gegeven van de beweidingssystemen in verschillende delen in Nederland. Er zijn grote verschillen tussen de gebieden. Gemiddeld wordt in Nederland 42 procent van de stikstof die in de zomerperiode wordt uitgescheiden door melkvee als mest verzameld. Er wordt in de onderhavige studie uitgegaan dat de 'winterperiode' (volledig opstallen) uit 190 dagen bestaat en de 'zomerperiode' uit 175 dagen.

Tabel 4.4. Verdeling van de koe-weidedagen bij verschillende beweidingssystemen in verschillende regio's in Nederlands (CBS, 1998)

	Noordelijk weidegebied	Oostelijk & Centraal veehouderij gebied	Westelijk weidegebied	Zuidelijke veehouderij- gebieden	Overig Nederland	Nederland totaal
Beweiding dag en nacht	51	33	75	39	54	48
Beweiding alleen overdag	42	57	23	52	39	45
Zomerstalvoeding	7	10	2	9	7	8
Gemiddeld % mest die in zomer in stal wordt verzameld ¹	40	49	27	46	39	42

¹ Gewogen gemiddelde met percentages van de geproduceerde zomermest die wordt opgevangen in de stal van 100, 15 en 60 voor respectievelijk zomerstalvoeding, dag- en nacht beweiding en beweiding alleen overdag.

Modelberekeningen van Smits et al. (1998) geven aan dat het rantsoen en het beweidingssysteem grote effecten hebben op de ammoniakemissie uit stallen in de zomer (tabel 4.5). Deze berekeningen zijn gebaseerd op meetgegevens van urine en mest van Kappers & Valk (1996). Naarmate de koeien langer in de stal zijn en naarmate het N-gehalte van het rantsoen toeneemt, zal de ammoniakemissie uit de stal in de zomer toenemen. De ammoniakemissie uit beweid grasland is lager dan die uit stallen en uit mest toegediend aan de bodem, zodat de totale ammoniakemissie van een melkveehouderij afneemt naarmate de weideperiode toeneemt en minder mest in de stal wordt verzameld. Dit verschil is groter bij gangbare stalsystemen dan in emissiearme stalsystemen.

Tabel 4.5. Berekende ammoniakemissie in g NH₃-N per koe per dag uit een ligboxenstal met roostervloer bij een rantsoen van vers gras met variërend N-gehalte (afkomstig van grasland met een stikstofbemesting van 150, 300 en 450 kg N per ha) (Smits et al., 1998).

N-bemesting	N-gehalte rantsoen g N per kg ds	Weidegang			
		24 uur	22 uur	9 uur	0 uur: zomerstalvoeding
150N	26	0	7	21	26
300N	32	0	12	33	41
450N	39	0	16	45	55

In tabel 4.6 staan resultaten van Bannink (niet gepubliceerde resultaten) weergegeven van de uitscheiding van stikstof via urine en feces bij de huidige rantsoenen (1998) en de rantsoenen uit 2003 volgens Tamminga et al (2000). Bannink (niet gepubliceerde resultaten) geeft aan dat de verhouding urine-N/feces-N kan variëren van 2,75 (rantsoen met 25% eiwit en 80% N-verteerbaarheid) tot 0,85 (17% eiwit en 60% N-verteerbaarheid). Naar verwachting zal de urine-N/feces-N verhouding afnemen in de toekomst en dit kan een groot effect hebben op de ammoniakemissie. In het algemeen wordt aangenomen dat de ammoniakemissie voornamelijk wordt veroorzaakt door urine. Uit onderzoek naar ammoniakvervluchtiging uit beweid grasland van Vertregt en Rutgers (1988) blijkt echter dat de ammoniakemissie van feces van rundvee ook hoog kan zijn. Nader onderzoek zal moeten aangegeven wat de effecten van de verhouding urine-N/feces-N op ammoniakvervluchtiging uit stallen en beweid grasland zijn.

Tabel 4.6. Verhouding van stikstofuitscheiding via urine en feces bij gangbaar rantsoen in 1998 en rantsoen in 2003 volgens Tamminga et al. (2000) (Bannink, niet gepubliceerde resultaten op basis van gegevens van Kappers & Valk (1996) en Valk et al. (1990))¹.

	1998	2003
Verhouding urine-N : feces-N	1,25	0,94
urine-N, kg N per dier per jaar	78,1	62,5
feces-N, kg N per dier per jaar	62,5	66,2

¹ aannames:

fecale verteerbaarheid = 65%

fecale N in 2003 = (fecale N in 1998) * (drogestofopname in 2003)/(drogestofopname in 1998)

In tabel 4.7 worden gegevens over ammoniakemissie uit beweid grasland op klei- en zavelgrond weergegeven. De ammoniakemissie varieert van 3,1 tot 14,4 procent van de tijdens beweiding uitgescheiden stikstof. De hoogte van de ammoniakemissie tijdens beweiding is sterk afhankelijk van de hoogte van de stikstofuitscheiding via urine (deze is gerelateerd aan het rantsoen en stikstofbemesting) en aan bodem- en weersfactoren, zoals de CEC (cation exchange capacity) van de bodem, temperatuur en neerslag (Bussink, 1996). In een studie van Vertregt en Rutgers (1988) had grondsoort geen effect op de ammoniakemissie uit urineplekken. In de Milieubalans van RIVM wordt uitgegaan van een gemiddelde ammoniakemissie uit beweid grasland van 8 procent van de tijdens beweiding uitgescheiden stikstof (Van der Hoek, 2000).

Tabel 4.7. Ammoniakemissies uit grasland beweid met rundvee.

Land/grondsoort	Dier	Kunstmestgift kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹	NH ₃ emissie		Bron
			kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹	% van totale N-excretie tijdens beweiding	
Nederland/klei	melkkoeien	250	8	3,1	Bussink, 1992
Nederland/klei	melkkoeien	550	39-42	7,7-8,5	Bussink, 1992
Nederland/klei	melkkoeien	250	9	3,3	Bussink, 1994
Nederland/klei	melkkoeien	400	27	6,9	Bussink, 1994
Nederland/klei	melkkoeien	550	33	6,9	Bussink, 1994
Nederland/klei	melkkoeien	250	4*	5,3*	Bussink, 1994
Nederland/klei	melkkoeien	400	12*	13,9*	Bussink, 1994
Nederland/klei	melkkoeien	550	15*	14,4*	Bussink, 1994
Engeland/zavel	jonge stieren	210	10	6,7	Jarvis et al., 1989
Engeland/zavel	jonge stieren	420	25	9,0	Jarvis et al., 1989

* NH₃-emissie werd alleen tijdens de laatste twee beweidingen in het seizoen (in september en oktober) gemeten

4.4 Literatuuroverzicht van stikstofverliezen in stallen en mestopslagen

4.4.1 Ammoniak

In tabel 4.8 staat een overzicht van gemeten ammoniakemissies per dierplaats voor verschillende stalsystemen. Uit deze tabel blijkt dat de ammoniakemissie varieert van 3,3 tot 8,4 kg N voor ligboxenstallen en van 0,8 tot 4,8 kg N voor grupstallen per dierplaats per 190 staldagen.

De UAV-waarde voor gangbare ligboxenstallen van 8,8 kg NH₃ (7,2 kg N) per dierplaats in de periode van oktober tot mei is gebaseerd op een deskstudie die eind jaren '80 is uitgevoerd (De Winkel, 1988). Deze waarde ligt in de range van de gemeten ammoniakemissies uit gangbare melkveestallen (tabel 4.8).

De UAV-waarde voor emissie-arme melkveestallen is gebaseerd op metingen in stallen. De UAV-waarde voor categorie A1.5 is gebaseerd op metingen van Huis in 't Veld & Scholtens (1998) en die van categorie A1.4 op de metingen van Scholtens et al. (1996). De metingen van Smits et al. (1996a; tabel 4.8) geven hogere ammoniakemissies voor emissie-arme stallen dan de UAV-waarden. In deze studie zijn verschillende rantsoenen gebruikt (tabel 4.9), zodat het 'staleffect' mogelijk is verstrengeld met effecten van rantsoenen.

In enkele studies zijn emissiepercentages berekend: de hoeveelheid N die als ammoniak vervluchtigt per kg uitgescheiden N (N_{excretie}). In sommige studies wordt N_{excretie} berekend op basis van de N in de mest. In andere studies wordt N_{excretie} berekend op basis van de opgenomen N en de N in melk. De emissiepercentages van ligboxenstallen variëren van 5,6 tot 10,5 procent (tabel 4.9).

Tabel 4.8. Ammoniakemissies per dierplaats voor verschillende stalssystemen met rundvee (Naar Monteny & Erisman, 1998 en Steenvoorden et al., 1999).

Staltype	ammoniakemissie, kg NH ₃ /kg NH ₃ -N per dierplaats per 190 staldagen		Bron ¹
	NH ₃	NH ₃ -N	
Mechanisch geventileerde ligboxenstal	5,9 - 9,3	4,9 - 7,7	Kroodsmma et al., 1995
Natuurlijk geventileerde ligboxenstal	7,6	6,3	Van 't Ooster, 1994
Natuurlijk geventileerde ligboxenstal	9,1	7,5	Groot Koerkamp et al., 1998
Natuurlijk geventileerde ligboxenstal	8,9	7,3	Scholtens & Huis in 't Veld, 1997
Mechanisch geventileerde ligboxenstal, met emissie arme vloer	5,3 - 10,2	4,4 - 8,4	Smits et al., 1993 & 1996a
Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met hellende vloer en sproeischuif	4	3,3	Scholtens et al., 1996
Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met sleufvloer en mestschuif	4,4	3,6	Huis in 't Veld & Scholtens, 1998
Natuurlijk geventileerde ligboxenstal	4,9	4,0	Pfeiffer et al., 1994
Natuurlijk geventileerde ligboxenstal; vaste vloer + schuif; opslag buiten	4,8	4,0	Pfeiffer et al., 1994
Natuurlijk geventileerde ligboxenstal; vaste vloer + schuif; opslag buiten	6,1	5,0	Denmmers et al., 1998
Grupstal	5,1	4,2	Pfeiffer et al., 1994
Grupstal; mechanische ventilatie	2,0	1,6	Groenestein & Montsma, 1991
Grupstal; natuurlijke ventilatie	4,5	3,7	Groot Koerkamp et al., 1998
Grupstal	1-2,2	0,8-1,8	Mannebeck & Oldenburg, 1990

¹ cursief: onderzoek in Nederland; overig onderzoek uit buitenland

In Denemarken wordt uitgegaan van N-verliezen in rundveestallen van 5 tot 10 procent van de stikstofexcretie (Poulsen & Kristensen, 1998), waarbij de hoogste emissies worden geschat voor ligboxenstallen met een vaste vloer (een deel van deze Deense schattingen is overigens gebaseerd op Nederlands onderzoek).

In tabel 4.10 staan de gemeten ammoniakemissies uit de ligboxenstal van De Marke (Van der Schans et al., 1999). Redenen voor de relatief lage emissies op De Marke zijn het emissie-arme stalsysteem en het lage stikstofgehalte van de dunne mest. Op De Marke wordt een deel van de mest buiten opgeslagen in een betonnen silo met een betonnen overkapping. Oriënterende metingen lieten zien dat de ammoniakemissie uit deze silo verwaarloosbaar klein is (Van der Schans et al., 1999).

Er zijn enkele studies waarin de ammoniakemissie is gemeten in stallen met een andere soorten rundvee dan melkvee. Uit onderzoek van Smits et al. (1996b) bedroeg de ammoniakemissie uit een stal met vleesstieren 13,5% van de geschatte, oorspronkelijke N-excretie in mest en urine. De gemeten ammoniakemissie uit een vleesstierenstal met betonroosters bedroeg 7,2 kg NH₃ per dierplaats per jaar in een studie van Scholtens & Huis in 't Veld (1998). Deze waarde is door de UAV overgenomen voor categorie A5 (tabel 4.2).

Er zijn nagenoeg geen meetgegevens bekend om de ammoniakemissie uit mestopslagen te evalueren (Steenvoorden et al., 1999). In de huidige rekenmethodiek wordt bij rundvee uitgegaan dat 0,96 procent van de opgeslagen N verloren gaat via NH₃-emissie bij een effectieve afdekking. In Steenvoorden et al. (1999) is berekend dat de NH₃-emissie uit een afgedekte buitenopslag voor melkvee ongeveer 0,75 kg NH₃-N per dier per 190 dagen (=0,96 procent van de N die is opgeslagen) bedraagt.

Tabel 4.9. Emissiepercentages voor melkvee in ligboxenstallen op basis van gemeten ammoniakemissies en op twee manieren berekende N-excreties: I: Nopname – Nmelk en II: Nmest + Nvervluchtigd (Naar Steenvoorden et al., 1999).

Stal	voer	melkvee, aantal	Nexcretie, g N d ⁻¹ dier ⁻¹		NH ₃ –emissie			Bron
			I	II	g N d ⁻¹ dier ⁻¹	%		
						I	II	
Ligboxenstal met roostervloer en onderkeldering; traditionele stal	-	40	-	352	33	-	9,4	Kroodsma et al., 1995
Ligboxenstal met V-vormige vloer, epoxy-mortel-toplaag en onderkeldering; emissiearme stalvloer	laag OEB	34	386	408	23	6,0	5,6	Smits et al., 1993
	hoog OEB	34	521	529	39	7,5	7,4	
Ligboxenstal met topvloer, epoxy-mortel-toplaag en onderkeldering; emissiearme stalvloer	A	34	525	507	44	8,5	8,8	Smits et al., 1996a
	B	34	371	338	35	9,5	10,5	
	C	34	362	403	34	9,3	8,4	

A: 20,2% eiwit; 300 g NaCl extra ten opzichte van B; geschatte urineproductie: 40 kg per dag

B: 15,7% eiwit; geschatte urineproductie: 21 kg per dag

C: 15,8% eiwit; 399 g NaCl extra ten opzichte van B; geschatte urineproductie: 35 kg per dag

De ammoniakemissie uit een niet overdekte opslag met anaëroob vergiste mest bedroeg 3,3 kg N per m² per jaar in een studie van Sommer (1997). De ammoniakvervluchtiging uit een afgedekte opslag was verwaarloosbaar klein.

In Denemarken worden de volgende schattingen voor stikstofverliezen uit mestopslagen gehanteerd (Poulsen & Kristensen, 1998):

- dunne rundermest in een afgedekte opslag: 2 procent van totaal N
- vaste mest van melkkoeien in open opslag: 10 - 15 procent van totaal N
- vaste mest van kalveren (< 6 maanden) in open opslag: 7 procent van totaal N

Tabel 4.10. Gemiddelde ammoniakemissie uit de ligboxenstal van De Marke in de verschillende perioden, uitgedrukt per ha, per koe en als percentage van de uitgescheiden stikstof (van der Schans et al., 1999).

Periode	ammoniakemissie			
	kg N per ha	kg NH ₃ per koe	kg NH ₃ -N per koe	% van N in mest
winter 94/95	4,7	3,3	2,7	4,1
zomer 95	4,4	3,4	2,8	7,0
winter 95/96	4,2	3,2	2,6	3,8
totaal 95/96	8,6	6,5	5,4	4,9

4.4.2 Lachgas

In onderzoek van Oenema et al. (1993) en Oenema & Velthof (1993) was de totale N₂O-emissie uit dunne rundermest gedurende 6 maanden bij 15 °C kleiner dan 9 mg N per kg mest-N. Deze lage stikstofverliezen uit dunne rundermest worden veroorzaakt door de remming van nitrificatie in de mest (er is geen zuurstof en de zuurstof die de mest binnendringt wordt onmiddellijk verbruikt) en de afwezigheid van nitraat, waardoor er ook geen denitrificatie kan optreden. Er zijn geen resultaten van metingen van N₂O-emissie en denitrificatie van stalvloeren. Oriënterende metingen (Velthof niet gepubliceerde resultaten) toonden een verwaarloosbare kleine N₂O flux (lager dan 5 µg N₂O-N per m² per uur⁻¹) aan voor koeienurine op een stalvloer.

In een studie van Sibbesen & Lind (1993) waren de lachgasconcentraties in mestvaalten met vaste varkensmest en -rundermest hoger dan de atmosferische concentratie. De lachgasemissie uit de varkensmest was gemiddeld 0,27 g N m⁻² dag⁻¹, overeenkomend met een jaarlijks stikstofverlies van ongeveer 0,8 procent van de totale hoeveelheid stikstof in de opgeslagen mest. De verliezen uit de mestvaalten met rundermest werden niet gekwantificeerd, maar waren lager dan die uit varkensmest.

In tabel 4.11 staat een samenvatting van onderzoek van Berges & Crutzen (1996), waarin concentraties van N₂O en NH₃ in verschillende stalsystemen en mestopslagsystemen (met behulp van fluxkamers) werden bepaald. Het onderzoek werd voornamelijk uitgevoerd in Duitsland (er werd één ligboxenstal met roostervloer in Nederland gemeten). Het verschil in concentratie binnen en buiten de stal werd in deze studie als maat genomen voor de verhouding tussen N₂O- en NH₃-emissie. Uit de in tabel 4.11 gegeven N₂O/NH₃-verhouding kan de N₂O-emissie worden berekend indien de NH₃-emissie bekend is (of geschat kan worden). Het

onderzoek toonde aan dat er geen effect was van de aanwezigheid van rundvee in de stal op de N₂O- en NH₃-concentratie (er was wel een effect op de CO₂ en CH₄-concentraties), zodat verondersteld mag worden dat de N₂O en NH₃ niet direct van het vee afkomstig was en dat de N₂O en NH₃ dus afkomstig was van de urine en mest op de stalvloer en/of mestslag. De emissie van N₂O-N was laag (minder dan 5 procent) ten opzichte van die van NH₃-N voor de rundveestallen met dunne mest en stalsystemen met vaste mest die dagelijks werd afgevoerd. De emissie van N₂O-N was echter hoog (47,4 procent) ten opzichte van de emissie van NH₃-N uit de potstal, waarvan de mest jaarlijks werd afgevoerd. De emissie van N₂O-N was veel hoger (bijna een factor 5) dan die van NH₃-N uit een mestvaalt waaraan de verse mest via de onderkant werd toegediend. In een mestvaalt waarin de verse mest via de bovenkant werd toegediend was de emissie van NH₃-N veel hoger dan die N₂O-N. Opmerkelijk is de hoge N₂O-emissie uit de open opslag voor dunne rundermest: ongeveer 54 procent van die van NH₃-N.

De IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) gebruikt de volgende emissiefactoren voor lachgasemissie uit mestopslagen (Mosier et al., 1998)

- opslag van dunne mest (anaëroob): 1 (0-2) g N₂O-N per kg uitgescheiden N
- opslag van vaste mest: 20 (5-30) g N₂O-N per kg uitgescheiden N

Tabel 4.11. Samenvatting van resultaten van Berges & Crutzen (1996).

Stalsysteem	N ₂ O-emissie/NH ₃ -emissie ¹ (molbasis), %		N ₂ O-N-emissie/NH ₃ -emissie ¹ (gewichtbasis), %		aantal metingen
	gemiddelde ²	spreiding ²	gemiddelde ²	spreiding ²	
Rundveestallen met roostervloeren, natuurlijke ventilatie en dunne mest; 40 –100 dieren	1,6 (M)	1,2 – 2,9	3,2	2,4 – 5,8	65 (verschillende tijdstippen in het jaar)
Jongvee (stieren 6-8 weken); vaste mest, die dagelijks wordt afgevoerd	1,7 (M)	1,6 – 1,9	3,4	3,2 – 3,8	10 (4 dagen in juni, sept, okt)
Vleesstieren; potstal (één keer per jaar verwijderen van vaste mest)	23,7 (A)	15 – 35	47,4	30 – 70	32 (4 dagen in aug, sept, nov en juli)
Mestvaalt; verse mest werd vanaf de bodem toegediend, mest aan het oppervlak was het oudere en gedeeltelijk verteerde materiaal	241 (A)	127	482	254	6 (op 1 dag)
Mestvaalt; verse mest werd vanaf de bovenkant toegediend. Vaalt werd één dag voor de meting bevochtigd	0,6 (A)	0,3	1,2	2,4	6 (op 1 dag)
Open mestopslag voor runderdrijfmest	27 (A)	7	54	105	4

¹ emissie van N₂O en NH₃ berekend als het verschil in concentratie binnen en buiten de stal (waarbij dus geen effect van tijd wordt meegenomen)

² M: mediaan (spreiding: 25 en 75% kwartiel) ; A= gemiddeld (spreiding: standaardafwijking)

4.4.3 Overige verliezen

Er zijn geen gegevens van directe metingen van denitrificatie (N₂ + N₂O + NO) uit stalsystemen en mestopslagen. Dit komt doordat N₂ niet direct kan worden gemeten en de acetyleen inhibitie techniek (een methode die veel wordt toegepast bij denitrificatiemetingen uit gronden) niet kan worden toegepast bij mest, omdat

acetyleen de nitrificatie remt. Een mogelijke techniek voor denitrificatiemetingen is het gebruik van ^{15}N -isotopen; deze zou dan als NH_4 moeten worden toegediend en als N_2 en N_2O worden gemeten. Er zijn geen studies in de literatuur gevonden waarin ^{15}N gelabeld NH_4 is gebruikt. In een studie van Stevens et al. (1995) werd ^{15}N gelabeld nitraat (als salpeterzuur) toegediend. In de onbehandelde mest leidde een lichte dosering met salpeterzuur tot een emissie van N_2 en N_2O , waarbij de N_2 -emissie gelijk was aan ongeveer 90 procent van het totale N-verlies. Dit geeft aan dat indien er denitrificatie optreedt, er meer N_2 dan N_2O wordt gevormd. De $\text{N}_2\text{O}/\text{N}_2$ -verhouding tijdens denitrificatie kan variëren van 0-100 procent, maar voor denitrificatie uit bodems wordt als gemiddeld 10 procent aangehouden. Dit komt overeen met het mestonderzoek van Stevens et al. (1995).

In een studie van Petersen et al. (1998) werden de stikstofverliezen uit vaste rundermest bepaald. De ammoniakemissie bedroeg ongeveer 5 procent van de totale hoeveelheid stikstof die aan het begin aanwezig was. De totale denitrificatie (inclusief lachgas) werd berekend uit de N-gehalten van de mest aan begin en eind, de ammoniakemissie en de stikstofuitspoeling en bedroeg 13 procent van de totale hoeveelheid stikstof die aan het begin aanwezig was.

Er zijn geen studies in de literatuur gevonden waarin de emissie van NO uit rundveestallen en mestopslagen is gekwantificeerd door middel van metingen. Uit metingen uit bodems blijkt dat de emissie van NO-N vergelijkbaar (en soms hoger) is dan N_2O -N. Toediening van urine aan grond leidde tot een emissie van NO-N die een factor 3 hoger was dan de emissie van N_2O -N (Nicole Wrage, niet gepubliceerde resultaten Wageningen Universiteit)

4.4.4 Balansen

Diergebonden N-verliezen in de stalperiode zijn af te leiden uit balansproeven waarin de N-opname in het rantsoen en de N-productie in melk en mest worden gemeten. Op de proefboerderij Droevendaal zijn in de periode 1992-1994 in het kader van FOMA-onderzoek naar ureaseactiviteit op stalvloeren, een groot aantal van dergelijke balansproeven uitgevoerd in 3 stalcompartimenten met in elk 6 melkkoeien (Ketelaars & Geurink, niet gepubliceerde resultaten). Deze stalcompartimenten zijn zo geconstrueerd dat inrichting en vloeroppervlak per koe gelijk zijn aan die van een normale ligboxenstal. Verder hebben ze een licht-hellende dichte vloer in het looppad met een urinegoot in het midden en een mestschuif. De mest wordt per compartiment apart opgevangen en opgeslagen. In tabel 4.12 zijn de resultaten van dit onderzoek samengevat. Drogestofopname en melkproductie per koe zijn dagelijks gemeten, de N-gehalten van het rantsoen en de melk in mengmonsters en de mestproductie per compartiment en het N-gehalte van de mest wekelijks. De gepresenteerde resultaten van de rantsoenen 1, 2, 3, 4 en 5 zijn gemiddelden van resp. 18, 16, 18, 12 en 8 meetperioden van 1 week. Behalve op basis van het rantsoen zijn de 5 groepen in Tabel 4.12 ook onderscheiden op basis van de temperatuur van de stalvloer in de meetperiode. Deze waren voor de rantsoenen 1, 2, 3, 4 en 5 resp. gemiddeld 9.1, 16.8, 11.0, 9.8 en 15.1°C.

Uit tabel 4.12 blijkt dat het N-verlies in deze balansproeven gemiddeld nog geen 50 g per dier per dag bedroeg. Dit waren waarschijnlijk in hoofdzaak gasvormige N-verliezen maar er zal ook enige N verloren zijn gegaan door mest- en urinelozingen in de korte periode dat de koeien in de melkstal verbleven. De grootste N-verliezen werden in perioden 2 en 5 gemeten toen de temperaturen wat hoger waren. Verder is opvallend dat aard en N-gehalte van het rantsoen de N-verliezen in dit onderzoek niet duidelijk beïnvloedde. Er zijn geen metingen uitgevoerd tijdens de zomerperiode, zodat geen totale jaarlijkse stikstofverliezen uit de stal direct kunnen worden afgeleid. Uitgaande van een stalperiode van 190 dagen en een gemiddeld verlies van 50 g N per dier per dag (ongeveer 14 procent van de N-excretie), zou het totale jaarlijkse verlies 9,5 kg N per dier bedragen. Een deel hiervan zal als N₂, N₂O of NO verloren zijn gegaan en een deel in de melkstal.

Oomen en Bos (1992) hebben met behulp van nutriëntenbalansen de stikstofverliezen uit een potstal gekwantificeerd. De potstal bestond uit een 'pot', waarin vaste mest werd verzameld en een betonnen plaat (bij het voerhek) waarin dunne mest werd verzameld. Ongeveer 25 procent van de totale stikstofexcretie vond plaats op de plaat. De berekeningen gaven aan dat gemiddeld 9,1 procent (1,5 tot 17,9 procent) van de vaste mest (N uitscheiding in pot) verloren ging en dat gemiddeld 1,5 procent (-3,3 tot 4,2 procent) van de dunne mest (N uitscheiding op plaat) verloren ging. Gemiddeld zou 7,1 procent van de in de potstal uitgescheiden N verloren zijn gegaan. De auteurs geven echter duidelijk aan dat de resultaten niet betrouwbaar zijn, omdat de balansen van P, K, Mg en Ca sterk varieerden tussen proefperioden, mogelijk veroorzaakt door bemonsteringsfouten en fouten in schatting van de retentie van nutriënten door de dieren. In een door Oomen en Bos (1992) aangehaalde balans studie van Mulder uit 1990, bedroeg het berekende N-verlies uit een vergelijkbare potstal 18,8 procent van de uitgescheiden N.

Tabel 4.12. N-balansen (g N per dier per dag) van melkvee op rantsoenen op basis van verschillende ruwvoerders en met verschillende N-gehalten. Niet gepubliceerde gegevens van Ketelaars en Geurink, AB-DLO.

Rantsoen	% N	N-opname	N in melk	N in mest	N-verlies
1. Maïs	2,17	417	109	272	37
2. Maïs	2,32	474	135	286	53
3. Gras + Maïs	2,74	520	132	345	43
4. Gras	3,23	569	137	392	40
5. Gras	3,45	610	128	420	62

In tabel 4.13 staan voor verschillende diercategorieën de N-verliezen die met behulp van N/P-balansen zijn berekend. De verliezen volgens deze N/P-balansen variëren van 9% voor jongvee ouder dan 1 jaar tot 29% voor witvleeskalveren. Volgens de balansberekeningen bedraagt de vervluchtiging van melkvee (categorie 100) 11% van de N-excretie (of 14,6 kg N per dier per jaar).

Tabel 4.13. Balansberekeningen van Bruins et al. (bijlage 8).

Cat.	Omschrijving	Mestcode	N-excretie in 2003		
			kg N/dier/jaar	% van N excretie	kg N/dier/jaar
100	Melkvee	14+15+16	129	11,3	14,6
101	jongvee < 1jr	14+15+16	40,5	11,5	4,6
102	jongvee > 1 jr	14+15+16	82,9	9,0	7,5
103	fokstier < 1 jr	14+15+16	38,5	11,5	4,4
104	fokstier > 1 jr	14+15+16	69,2	16,2	11,2
110	witvlees 0-2 mnd	18	6,03	29,0	1,75
111	witvlees 2-6 mnd	18	15,1	28,9	4,4
112	witvlees 0-6 mnd	18	12,0	29,1	3,5
110	rosé 0-3 mnd	18A	12,9	28,3	3,7
111	rosé 3-9 mnd	18A	35,9	28,4	10,2
112	rosé 0-9 mnd	18A	27,4	28,3	7,8
120	zoogkoe	14+15+16	86,9	11,2	9,7
121	vleesstier 0-3 mnd	17	10,0	20,1	2,0
122	vleesstier 3-16 mnd	17	39,3	20,1	7,9
123	vleesstier 0-16 mnd	17	34,0	20,1	6,8

Balansberekeningen van Van der Hoek (bijlage 9) geven voor melkkoeien (categorie 100) een N-verlies aan van 11-12 procent van de totale N-excretie. Deze waarde komt goed overeen met de 11,3% die Bruins et al. (tabel 4.13) hebben afgeleid voor melkkoeien.

4.5 Discussie en conclusies

In het algemeen kan worden gesteld dat de rundveecategorieën in de Meststoffenwet en de huisvestingssystemen uit de UAV goed zijn te combineren. Alleen bij vrouwelijk jongvee, vleeskalveren en vleesstieren komen de leeftijdsindelingen niet geheel overeen. Hiervoor zijn aannames gemaakt om de emissies over de verschillende leeftijdsgroepen te verdelen (Van der Hoek, pers. mededeling; bijlage 4).

De variatie in ammoniakemissie uit rundveestallen (en met name bij melkvee) is groot. Hierbij spelen factoren als stalsysteem, rantsoenen, dieren, temperatuur etc. een rol. Het aantal metingen onder verschillende omstandigheden is te beperkt om effecten van rantsoensamenstelling op de NH_3 -verliezen te kwantificeren. De emissiefactoren van de UAV (tabel 4.2) liggen in de range van de gemeten waarden (tabel 4.8).

Er zijn geen of een zeer beperkt aantal meetgegevens over N-verliezen via N_2 , N_2O en NO uit rundveestallen.

Er zijn maar een beperkt aantal gegevens over gasvormige N-verliezen uit mestopslagen buiten. De beperkte hoeveelheid gegevens duiden op lage N-verliezen uit afgedekte mestopslagen en relatief hoge verliezen uit vaste mestopslagen, waarbij

met name de verliezen via N_2 , N_2O en NO waarschijnlijk hoog zijn. Nader onderzoek is gewenst om de gasvormige N-verliezen te kwantificeren uit mestopslagen buiten.

De in dit hoofdstuk weergegeven diercategorieën, huisvestingssystemen, emissiepercentages en – factoren voor NH_3 , N_2O , N_2 en NO worden in hoofdstuk 8 gebruikt om de gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen te berekenen, uitgaande van de N-excretie in 2003 volgens Tamminga et al. (2000). In hoofdstuk 8 worden de met emissiepercentages berekende N-verliezen vergeleken met de met N/P-balansen berekende N-verliezen.

5 Varkens

5.1 Beschrijving diercategorieën volgens MINAS en UAV

In de varkenshouderij komen verschillende bedrijfstypen voor, globaal in te delen als vermeerderingsbedrijven (zeugen inclusief biggen tot 25 kg), vleesvarkensbedrijven (dieren van 25 kg tot ca. 110 kg levend gewicht) en gesloten bedrijven (zowel zeugen als vleesvarkens: verhouding aantal plaatsen ongeveer 1: 7 à 8). Binnen deze bedrijfstypen komen verschillende diercategorieën voor. In tabel 5.1 is aangegeven voor welke diercategorieën, uitgaande van Anon. (1998) en Tamminga et al. (2000) ook omschrijvingen zijn opgenomen in de UAV en in hoeverre de omschrijvingen op elkaar aansluiten.

Tabel 5.1 Diverse diercategorieën genoemd in MINAS en de UAV

MINAS		UAV
Nr.	Omschrijving	Omschrijving
400	Fokzeug, incl. biggen tot 6 weken	1. Kraamzeugen, incl. biggen tot spenen 2. Guste- en dragende zeugen
401	Fokzeug, incl. biggen tot ca. 25 kg	1. Kraamzeugen, incl. biggen tot spenen 2. Guste- en dragende zeugen 3. Biggenopfok (gespeende biggen)
402	Opfokzeug van 25 kg (aangeleverd) tot 7 mnd. (afgeleverd)	Opfokzeug van ca. 25 kg tot 1 ^e dekking
403	Opfokzeug van 7 mnd. tot 1 ^e dekking	
404	Opfokzeug van 25 kg (aangeleverd) tot 1 ^e dekking (niet afgeleverd)	Opfokzeug van ca. 25 kg tot 1 ^e dekking
405	Opfokbeer van 25 kg tot 7 mnd	Opfokberen van ca. 25 kg tot 7 mnd.
406	Dekbeer ca. 7 mnd. en ouder	Dekberen, 7 mnd. en ouder
407	Biggen, ca. 6 wk. tot ca. 25 kg	Biggenopfok (gespeende biggen)
410	Slachtzeugen	Guste en dragende zeugen
411	Vleesvarkens ca. 25 kg tot ca. 110 kg	Vleesvarkens

Uit dit overzicht blijkt dat er een discrepantie bestaat tussen de omschrijving van diercategorieën bij de beide beleidsinstrumenten. Die discrepantie wordt veroorzaakt door de achtergrond en doelstelling van dat instrument: de UAV let vooral op de huisvestingsvorm en MINAS op de mineralenuitscheiding per categorie in een bepaald bedrijfssysteem. Per diercategorie volgt een nadere toelichting in welke mate de MINAS-excretie-cijfers gekoppeld kunnen worden aan de ammoniakemissie zoals vastgesteld in de UAV.

400 Fokzeug, incl. biggen tot 6 weken

Dit betreft bedrijven die de biggen als gespeende big verkopen naar speciale opfokbedrijven. Dit bedrijfstype komt in de praktijk weinig voor, zeker als het aantal verplaatsingen vanuit oogpunt van hygiëne verder wordt teruggedrongen. Meestal worden de biggen opgefokt tot 25 kg (zie 401). Voor de categorie 400 kunnen de MINAS-waarden worden vergeleken met de waarden uit de UAV. Onder categorie 400 vallen de kraamzeugen en de guste en dragende zeugen, die beide in de UAV

staan genoemd. Als de biggen worden gespeend op 4-5 weken zijn er voor 100 zeugen 25 kraamhokken nodig en 75 plaatsen voor guste en dragende zeugen (Handboek voor de Varkenshouderij, 1993). Omdat de biggen een week langer in het kraamhok blijven liggen is bij de berekening gekozen voor een hokverhouding van 30:70.

401 Fokzeug, incl. biggen tot ca. 25 kg

Deze categorie betreft een gangbaar vermeerderingsbedrijf. De kraamzeugen, de gespeende biggen en de guste en dragende zeugen zijn hierin opgenomen. Om voor deze categorie de MINAS-excreties te vergelijken met de waarden uit de UAV is uitgegaan van een hokverhouding van 30:70 tussen de kraamzeugen en de guste en dragende zeugen. Voorts is aangenomen dat per 10 aanwezige zeugen maximaal 36 gespeende biggen aanwezig zijn in de UAV.

402 Opfokzeug van 25 kg tot 7 mnd. en 403 Opfokzeug van 7 mnd. tot 1e dekking

Onder categorie 402 vallen de bedrijven, die uitsluitend zeugjes opfokken voor derden. Dit type bedrijven komt weinig voor, zeker nu het aantal afleveradressen beperkt is. Categorie 403 betreft aangeleverde opfokzeugen van 7 mnd. tot de 1^e dekking. In de UAV is een omschrijving opgenomen, die de categorieën 402 en 403 omvat. Om de UAV-cijfers te kunnen toepassen, zijn de volgende aannames gemaakt:

- De ammoniakemissie voor categorie 402 is gelijk aan de ammoniakemissie voor vleesvarkens, die gehouden worden van ca. 25 kg tot 6 maanden. Hoewel er verschillen zijn in de huisvesting en de voeding (vleesvarkens groeien sneller, krijgen voer met hoger N-gehalte, hebben iets meer hokbevuiling, hebben vaker metalen rooster) wordt verwacht dat de effecten elkaar compenseren. In de UAV wordt de ammoniakemissie bij opfokzeugen van 25 tot 1^e dekking gelijkgesteld met die van vleesvarkens.
- De categorie 403 wordt verondersteld een ammoniakemissie te hebben gelijk aan de guste- en dragende zeugen. Deze opfokzeugen worden ook meestal bij de guste zeugen gehuisvest. Ze zullen wel een iets lager voerniveau hebben.

404 Opfokzeug van 25 kg (aangeleverd of eigen opfok) tot 1e dekking (niet afgeleverd)

Het opfokken van zeugjes vanaf de biggenopfok tot 1^e dekking behoort tot de gangbare activiteiten op een vermeerderingsbedrijf. De omschrijving van 404 komt precies overeen met de omschrijving in de UAV.

405 Opfokbeer van 25 kg tot 7 mnd

Dit betreft zowel zelf aangehouden als aangevoerde beertjes voor de fokkerij. In de UAV is tevens deze categorie opgenomen.

406 Dekbeer ca. 7 mnd. en ouder

Voor deze categorie kunnen de waarden uit beide beleidsinstrumenten worden vergeleken.

407 Biggen, ca. 6 wk. tot ca. 25 kg

Deze categorie uit MINAS komt ook overeen met de categorie uit de UAV.

410 Slachtzeugen

Deze zeugen worden niet meer gebruikt voor de fokkerij, maar worden gedurende een korte tijd afgemest. De ammoniakemissie van deze groep wordt gelijk gesteld met de categorie guste en dragende zeugen uit de UAV.

411 Vleesvarkens ca. 25 kg tot ca. 110 kg

Deze beschrijvingen komen wederom goed overeen.

MINAS geeft het verlies weer in kg N per dier per jaar. De UAV drukt de ammoniakemissie uit in kg NH₃ per dierplaats per jaar. Om deze cijfers te koppelen dient er behalve de factor 14/17 (omrekening N en NH₃) tevens gecorrigeerd te worden voor de bezettingsgraad in de stallen. De bezetting is genomen uit Van der Hoek et al. (1999). Per diercategorie uit de UAV is de bezetting en de Groen Label drempelwaarde weergegeven in tabel 5.2. Tevens is opgenomen de emissiewaarde voor gangbare systemen en de voorgestelde drempelwaarde voor de AMvB Huisvesting voor de varkens- en pluimveehouderij. De AMvB-Huisvesting wordt waarschijnlijk pas in 2002 van kracht, zodat de voorgestelde drempelwaarden nog niet definitief zijn.

In het Varkensbesluit (1994) en het Varkensbesluit (1998) zijn eisen gesteld ten aanzien van onder andere oppervlakte, spleetbreedte van de roosters en roostertype in verband met het welzijn van de dieren. In het Varkensbesluit (1994) wordt uitgegaan van 0,3 m² oppervlakte per gespeende big, terwijl in het Varkensbesluit (1998) 0,4 m² per big wordt voorgeschreven. In de UAV wordt daarom voor elk genoemd stalsysteem een indeling gemaakt met minder of meer dan 0,35 m² per gespeende big. Hetzelfde geldt voor de vleesvarkens: in het Varkensbesluit (1994) wordt 0,7 m² vereist en in het Varkensbesluit (1998) 1,0 m². De UAV maakt onderscheid tussen stallen van minder of meer dan 0,8 m². Bij nieuwbouw of verbouw dienen de stallen direct aan deze eisen te voldoen. Deze eisen gaan gelden voor alle stallen per 1 januari 2008. Omdat in deze studie de normen voor N-verlies per 2003 worden onderzocht en omdat verwacht wordt dat in de nabije toekomst veel stallen aangepast zullen worden, zijn steeds de waarden genomen groter dan 0,35 m² per gespeende big en groter dan 0,8 m² per vleesvarken, waaraan hogere waarden voor de ammoniakemissie zijn gekoppeld. Deze hogere waarden zijn dan ook opgenomen in tabel 5.2.

Tabel 5.2 Drempelwaarden, ammoniakemissies en bezettingsgraad voor de diercategorieën genoemd in de UAV.

Diercategorie	NH ₃ -emissie in kg per dierplaats per jaar			Bezettingsgraad
	Traditionele huisvesting	Drempelwaarde Groen Label	Drempelwaarde AMvB Huisvesting	
Biggenopfok (gespeende biggen)	0,75	0,3	0,21	0,90
Kraamzeugen, incl. biggen tot spenen	8,3	3,3	3,2	0,90
Guste- en dragende zeugen	4,2	2,6	2,6	0,95
Dekberen, 7 mnd. en ouder	5,5	3,4	3,4	0,90
Vleesvarkens, opfokberen van ca. 25 kg tot 7 mnd., opfokzeugen van ca. 25 kg tot 1 ^e dekking	4,0 ¹	1,5	1,2	0,90

¹ de emissiefactor voor vleesvarkens van 4,0 kg NH is de meest ongunstigste situatie (een volledig roostervloer met een hokoppervlak groter dan 0,8 m²). Voor een gedeeltelijk roostervloer geldt voor de overeenkomstige situatie 3,5 kg NH₃. In de toekomst zal volledig rooster verboden zijn en in 2003 en later zullen dus vooral gedeeltelijk roostersystemen gangbaar zijn.

5.2 Beschrijving belangrijkste stalsystemen en mestopslagsystemen

In de varkenshouderij is een grote diversiteit aan stalsystemen aanwezig. Vleesvarkens, opfokzeugen en dragende zeugen worden gehouden op gedeeltelijk roostervloeren. Bij gespeende biggen worden zowel gedeeltelijk als volledig roostervloeren toegepast. Kraamzeugen hebben ook gedeeltelijk of volledig rooster. Het is in het kader van deze studie ondoenlijk om voor elk stalstelsel een aparte waarde voor het N-verlies na de (gelijke) excretie vast te stellen. Gezocht is daarom naar een veralgemenisering, waarbij wel rekening gehouden is met de ontwikkelingen tot en na 2003 en met een aantal bepalende factoren voor het N-verlies, zoals wel of niet afdekken van de mestopslagen en emissie-arme stalstelsels.

Het instrument Groen Label houdt medio 2000 op te bestaan. Groen Label is in het leven geroepen als stimuleringsmaatregel om de ammoniakemissie te beperken binnen het vigerend welzijnsbeleid. In plaats van Groen Label zal het instrument Stimulans Duurzame Landbouw (SDL) najaar 2000 worden geïntroduceerd, waarbij behalve op ammoniakemissie ook gelet wordt op energie, welzijn, gezondheid en mineralen. Ook wordt (waarschijnlijk in 2003) de AMvB Huisvesting van kracht, waarin gesteld wordt dat bij nieuwbouw/verbouw van stallen de ammoniakemissie niet hoger mag zijn dan een bepaalde drempelwaarde. In 2008 moeten alle varkensstallen aan deze emissie-eisen voldoen. In de berekeningen voor het N-verlies wordt daarom een huisvestingsvariant meegenomen, die voldoet aan de drempelwaarde voor de AMvB Huisvesting.

Ten opzichte van de andere diersoorten zijn in de varkenshouderij de meeste Groen Label systemen ontwikkeld en gebouwd (ca. 85% van totaal aantal Groen Label stallen; Tuinte, 2000). In de UAV zijn ca. 50 Groen Label systemen opgenomen. In de praktijk wordt het aantal Groen Label stallen geschat op 5% van het totale aantal stallen (Tuinte, 2000). Van der Hoek (2000) spreekt over 4% van het aantal vleesvarkensstallen en 7% van het aantal zeugenstallen. In de berekeningen is per

diercategorie steeds het huisvestingsysteem met de laagste ammoniakemissie binnen die categorie meegenomen. In de meeste gevallen betreft dit een chemische luchtwasser met een rendement van 95; hierbij wordt aangenomen dat de opgevangen N weer aan de mest wordt toegediend. Dit geeft een goede indruk van de bandbreedte in het N-verlies.

De Minister van LNV heeft in 1998 aan de Tweede Kamer toegezegd dat het onderzoek naar huisvestingssystemen met stro(oisel) geïntensiveerd zou worden om – bij positief resultaat – stro(oisel)verstrekking voor te schrijven vanwege het welzijn van de dieren. Inmiddels is onderzoeksinspanning op gang gekomen. Een aantal praktijkbedrijven zijn reeds overgeschakeld naar stro(oisel)verstrekking om vooruit te lopen op het beleid of om in te spelen op de eisen van de (Engelse) markt. MINAS (2000) onderscheidt voor elke categorie uit de varkenshouderij ook een stalsysteem (en dus een N-correctie) met strooisel. In deze studie wordt onderscheid gemaakt naar het verstrekken van enig strooisel, dat nog via het bestaande mestafvoersysteem afgevoerd kan worden en in de bestaande mestsilos mede opgeslagen kan worden én in systemen waar veel stro(oisel) wordt verstrekt (als ligbed) en dat opgeslagen wordt als stapelbare of vaste mest.

Naast gangbare bedrijven zijn er al ca. 20 jaar bedrijven met scharrelvarkens in Nederland. Deze zijn ontstaan om het welzijn van de dieren te verbeteren. Er wordt overal stro toegepast en de huisvesting is aan een groot aantal voorwaarden gebonden. Er is ook een duidelijke ontwikkeling naar biologische varkenshouderij, oorspronkelijk ingegeven vanuit de gedachte het milieu te verbeteren. Ook hier wordt veel stro toegepast en is de huisvesting via regels voorgeschreven.

Behalve het stalsysteem wordt het N-verlies eveneens bepaald door het mestopslagsysteem. Daarom is onderscheid gemaakt naar dunne mestproductie en opslag van dunne mest onder de stal of in een afgedekte mestopslag en naar de productie van vaste mest (mest en stro(oisel)) en de opslag daarvan in de open lucht.

Dit leidt tot de indeling voor elk van de diercategorieën in de varkenshouderij (gedefinieerd in MINAS, met een mestnummer) zoals verwoord in tabel 5.3.

In de UAV worden een aantal Groen Label systemen gedefinieerd. Alle stalsystemen die niet onder een Groen Label nummer vallen en ook niet afzonderlijk vermeld staan, worden aangemerkt als 'overige systemen'. Deze benadering kan ook in deze studie als uitgangspunt dienen. Van de systemen met de laagste emissie is een Groen Label leaflet. De systemen die voldoen aan de drempelwaarde voor de AMvB worden beschreven in die AMvB Huisvesting. De bedrijven met scharrelvarkens zijn aangesloten bij de scharrelregeling van de Productschappen voor Vee, Vlees en Eieren. De biologische bedrijven zijn aangesloten bij en worden gecontroleerd door de SKAL. Alle huisvestingssystemen die niet onder de drempelwaarde voor de AMvB vallen en niet zijn erkend als scharrel- of biologisch bedrijf vallen onder de gangbare huisvesting. Bij deze indeling behoeven de huisvestingssystemen niet uitgebreid beschreven te worden.

Tabel 5.3 Indeling in huisvestingsystemen en mestopslagsystemen voor elke diercategorie in de varkenshouderij

Stalsysteem	Soort mest
Gangbare huisvesting	Dunne mest
- Geen stro(oisel) of	
- Enig stro(oisel) als afleidingsmateriaal	
Gangbare huisvesting	Dunne mest en vaste mest
- Stro(oisel) als ligbed	
AMvB Huisvesting	Dunne mest
- Geen stro(oisel) of	
- Enig stro(oisel) als afleidingsmateriaal	
AMvB Huisvesting	Dunne mest en vaste mest
- Stro(oisel) als ligbed	
Systeem met laagste ammoniakemissie	Dunne mest
- Geen stro(oisel) of	
- Enig stro(oisel) als afleidingsmateriaal	
Systeem met laagste ammoniakemissie	Dunne mest en vaste mest
- Stro(oisel) als ligbed	
Scharrelbedrijven (lang stro verplicht) en	Vaste mest en dunne mest
Biologische bedrijven (ligbed ca. 15 cm stro)	

Voor de scharrelvarkenshouderij wordt nu reeds een bepaalde hoeveelheid lang stro verplicht voorgeschreven. In de biologische varkenshouderij is een laag van ca. 15 cm stro verplicht. In scharrelvarkenshouderij is tevens buitenuitloop verplicht voor vleesvarkens en dragende zeugen. In de biologische varkenshouderij is buitenuitloop verplicht voor alle diercategorieën. In de Nederlandse regelgeving wordt overwogen weidegang verplicht te stellen voor dragende zeugen, hoewel dat in de Europese regelgeving niet is opgenomen. Vanwege het aantal bedrijven, de houderijomstandigheden en de geringe hoeveelheid beschikbare literatuur zijn al deze bedrijven ingedeeld in één groep.

In de varkenshouderij wordt in bestaande stallen de mest nog veelal opgeslagen in mestkelders onder de stal. Bij nieuwbouw of verbouw worden steeds meer ondiepe kelders toegepast met buitenopslag in mestsilo's of mestzakken. Mestsilo's die gebouwd zijn na juli 1987 dienen te worden afgedekt. Voor 2003 kan ervan uit worden gegaan dat alle silo's zijn afgedekt. De vaste mest wordt meestal opgeslagen in een niet overkapte sleufsilo of op betonnen plaat (mestvaalt).

Mestbewerking op het bedrijf

Deze studie is gericht op de N-verliezen in het traject excretie tot en met de mestopslag. Mestbewerking wordt gezien als een actie die daarna plaatsvindt. Bij mestbewerking op bedrijfsniveau kunnen emissies van ammoniak en overige N-verbindingen optreden. Er zijn momenteel maar enkele onderzoeksgegevens beschikbaar over de emissies van mestbehandelingssystemen. Dit betreft met name gegevens van composterings- en beluchtingssystemen, waarvan eerder toepassing op regionale schaal dan op bedrijfsschaal wordt verwacht vanwege de noodzakelijke intensieve procesbegeleiding en benodigde investeringen.

In de (concept) AMvB 'Mestbewerking en export' wordt mestbewerking op bedrijfsniveau meegenomen waarin aan mestbewerking op bedrijfsniveau dezelfde voorwaarden zullen worden gesteld als aan grootschaliger mestbewerking.

Uitgangspunt bij erkende mestverwerkingsinitiatieven is dat de verwerkingsproducten buiten de Nederlandse landbouw worden afgezet of dat de mest onomkeerbaar tot een niet organische meststof wordt omgezet. Stikstofverliezen als gevolg van de be- of verwerking (zoals bij beluchting volgens Burton et al. (1993) of zoals bij compostering volgens Hellebrand en Kalk (2000) en Petersen et al. (1996)) worden niet als afzet buiten de landbouw gezien. Dit houdt tevens in dat het niet leidt tot lagere forfaitaire productienormen voor mest waarin door mestbe- of verwerking minder N voorkomt.

In de varkenshouderij zal mestbewerking op bedrijfsniveau in de komende jaren toenemen en ook geïntegreerd worden in mestopslagsystemen en in stalsystemen. Gemeenten en provincies zijn verantwoordelijk voor het verlenen van een Milieuvergunning. Bij de vergunningverlening zal scherp worden gelet op de N-uitstoot. Verwacht wordt dat afgesloten systemen vereist zullen zijn. Mestbewerking geïntegreerd in het stalsysteem geeft perspectieven voor de toekomst, omdat de energie in de stal kan worden benut. Deze systemen zijn echter in deze studie niet meegenomen.

5.3 Literatuuroverzicht van stikstofverliezen in stallen en mestopslagen

5.3.1 Ammoniak

Stallen zonder stro(oisel) of met enig stro(oisel)

De potentieel emitteerbare hoeveelheid NH_3 in de stal is ten eerste afhankelijk van de verhouding tussen organische-N (in faeces) en minerale N (in urine). Toch vervluchtigt uit een stal niet alle minerale N. De andere factoren die de ammoniakemissie uit stallen bepalen zijn: de mesttemperatuur, het emitterend oppervlak (in mestkelder, op vloeren en op dieren), de pH, de luchtsnelheid over het mestoppervlak, de urease-activiteit op de vloeren en de N-concentratie in de mest. In tabel 5.4 is een literatuuroverzicht opgenomen uit Steenvoorden et al. (1999) voor de vleesvarkenshouderij. De hier gemelde N-excreties zijn in de betreffende proeven vastgesteld.

Uit tabel 5.4 blijkt dat het emissiepercentage tussen 15,8 en 18,3% ligt voor traditionele stalsystemen en tussen 11,6 en 14,2% voor emissie-arme stalsystemen. Op basis hiervan adviseren Van Steenvoorden et al. (1999) in de rekenmethodiek uit te gaan van een emissiepercentage voor NH_3 van 16,1% voor traditionele vleesvarkensstallen met 50% roosters. Van der Hoek (2000) rekent in de vleesvarkenshouderij met een emissiepercentage van 18% in gangbare systemen en met 9% in emissie-arme systemen. Voor de zeugenhouderij worden respectievelijk de getallen 19,5 en 9,75% toegepast. In tabel 5.5 is het NH_3 -N verlies volgens de UAV gezet naast de N-excretie voor de gedefinieerde huisvestingssystemen.

Tabel 5.4 N-excretie en NH₃-emissie in g N per dier per dag bij vleesvarkens en het berekende emissiepercentage voor traditionele en emissie-arme systemen voor vleesvarkens naar Steenvoorden et al. (1999).

Diercategorie/systeem	N-excretie	NH ₃ -emissie	Emissie percentage	Referentie
Traditioneel				
- 50% beton rooster	28,0	5,3	15,8	Aarnink, 1997
- metalen driekantrooster	23,9	5,0	17,2	Den Brok et al., 1997
- 5 roostertypen	26,6	5,4	17,0	Aarnink, 1997
- twee-fasenvoeding	34,7	7,2	17,2	Van der Peet-
- multi-fasenvoeding	31,0	6,9	18,3	Schwering et al., 1996
Emissie-arm				
- 25% betonrooster	28,9	4,7	14,2	Aarnink, 1997
- aangepast hok + voeding	30,3 – 34,7	4,0 – 4,8	11,6 – 12,1	Van der Peet-
- idem	27,8 – 31,5	3,9 – 4,4	12,2 – 12,3	Schwering et al., 1997
- spoelgoten	29,1	5,5	13,5	Satter et al., 1997
- mestkoelen	29,3	5,1	12,5	Groenestein en Huis in 't Veld, 1996

Er zijn in de diercategorieën drie clusters te onderscheiden.

- In de gangbare systemen is het emissiepercentage voor de biggenopfok (407, eerste cluster) het laagst: 16,5%.
- Bij de mestcodes 400 en 401 gaat het beide over zeugen in de vermeerdering. Categorie 401 is alleen inclusief gespeende biggen; daardoor is het verliespercentage in categorie 401 gemiddeld over alle huisvestingssystemen heen ongeveer 2% hoger dan in categorie 400. Mestnummer 403 (opfokzeugen vanaf 7 maanden) kan ook bij de zeugenhoudery worden gerekend, omdat deze dieren meestal worden gehuisvest in de dekstal bij de guste zeugen en de dekbeer (nummer 406). De slachtzeugen (nummer 410) zijn uitgeselecteerde zeugen (meestal na de kraamperiode).
- Een derde cluster is te onderscheiden in de opfokzeugen (402 en 404), de opfokberen (405) en de vleesvarkens (411). Dit betreft steeds dieren van ca. 25 kg tot 110-120 kg, die onder dezelfde huisvestingsomstandigheden gehouden worden in een groepshok. Het % N-verlies ligt voor deze mestcodes hoger dan in de zeugenhoudery: tussen 27,3 en 29,3%.

Stallen met stro(oisel) als ligbed

De invloed van stro(oisel)verstrekking op de ammoniakemissie is nog geenszins door onderzoek vastgesteld. In de buitenlandse literatuur blijken de meningen ook verdeeld. Stro(oisel) kan een verhogend effect op de ammoniakemissie hebben vanwege meer bevulling in de hokken (meer emitterend oppervlak) en mestophoping in de putten (Oldenburg, 1989), maar ook een verlagend effect vanwege binding van ammoniak of afdekking van een nat oppervlak (Kowalewsky, 1981).

De introductie van stalsystemen met strooisel in de praktijk zal alleen doorzetten als er huisvestingssystemen worden ontworpen, waarbij geen bevulling van het stro(oisel)pakket zal optreden. Dit geheel leidt tot de stelling dat de ammoniakemissie bij strooiselsystemen vooralsnog gelijk wordt gesteld met de ammoniakemissie uit traditionele systemen. Ook Groenestein et al. (1999) vonden bij dragende zeugen in

een grote groep met stro(oisel) als ligbed een ammoniakemissie op de AMvB-drempelwaarde (2,6 kg NH₃ per dierplaats per jaar).

Tabel 5.5 Vervluchting van NH₃-N volgens de UAV ten opzichte van de N-excretie van 1998 (naar Tamminga et al., 2000) in gangbare huisvesting, bij huisvesting volgens de AMvB-drempelwaarde en bij chemische luchtwassing

Omschrijving	N-excretie in kg/d/jr voor 1998	N-NH ₃ vervluchting in kg/d/jr			Emissie-percentage
		Gangbaar systeem	AMvB waarde	Laagste GL-stal	
400 Fokzeug, incl. biggen tot 6 weken	21,4	4,78	2,45	0,24	1,12 – 22,3
401 Fokzeug, incl. biggen tot ca. 25 kg	29,5	7,24	3,15	0,37	1,25 – 24,5
402 Opfokzeug van 25 kg tot 7 mnd.	12,9	3,66	1,10	0,16	1,24 – 28,4
403 Opfokzeug van 7 mnd. tot 1 ^e dekking	17,4	3,84	2,38	0,19	1,09 – 22,1
404 Opfokzeug van 25 kg tot 1 ^e dekking	13,2	3,66	1,37	0,16	1,21 – 27,7
405 Opfokbeer van 25 kg tot 7 mnd	12,5	3,66	1,37	0,16	1,28 – 29,3
406 Dekbeer ca. 7 mnd. en ouder	21,9	5,03	3,11	0,26	1,19 – 23,0
407 Biggen, ca. 6 wk. tot ca. 25 kg	4,17	0,69	0,19	0,04	0,96 – 16,5
410 Slachtzeugen	22,6	3,64	2,25	0,18	0,81 – 16,1
411 Vleesvarkens ca. 25 kg tot ca. 110 kg	13,4	3,66	1,10	0,16	1,19 – 27,3

Stallen voor scharrel- en biologische varkenshouderij

In de biologische varkenshouderij wordt algemeen natuurlijke ventilatie, buitenuitloop en weidegang toegepast (voor dragende zeugen). Omdat deze sector nog in ontwikkeling is en omdat er geen betrouwbare meetmethode voor de ammoniakemissie is bij natuurlijk geventileerde stallen en buitenuitlopen zijn hiervan geen emissiecijfers voorhanden. Dit geldt tevens voor de natuurlijk geventileerde stallen voor vleesvarkens en dragende zeugen in de scharrelsector. De UAV schaart deze bedrijven onder de overige bedrijven en ze krijgen dan ook de emissie van de gangbare systemen.

De eerste metingen bij de mechanisch geventileerde stallen voor gespeende scharrelbiggen en scharrel kraamzeugen (Van Asseldonk et al., 2000) wijzen erop dat het toepassen van emissie-reducerende technieken uit de gangbare houderijsystemen (metalen roosters, verkleining emitterend oppervlak, sturing van lig- en mestgedrag) niet tot een ammoniakemissie onder de AMvB-drempelwaarde leiden. Bij de gespeende biggen werd een ammoniakemissie tussen 0,42 en 0,47 kg per dierplaats per jaar gemeten voor kleine groepen en tussen 0,32 en 0,39 kg voor grote groepen. Bij de kraamzeugen lag de ammoniakemissie tussen 5,84 en 6,92 kg per dierplaats per jaar. Deze emissies kunnen verder worden verlaagd door het toepassen van spoelgoten (Van Asseldonk, 2000).

Mestopslagen

Indien de mest wordt opgeslagen onder de stal, is de ammoniakemissie reeds verdisconteerd in de waarden uit de UAV.

Bij afgedekte mestopslagen vindt nog enig N-verlies plaats. De Bode (1990) stelde een N-verlies vast van 5-15% ten opzichte van de ingaande mest in niet afgedekte silo's bij een opslagduur van 180-250 dagen. De emissiereductie was 84-94% bij afdekking door een tentconstructie (nu vrijwel algemeen toegepast) ten opzichte van een niet-afgedekte silo. Dit zou betekenen dat het verlies aan N-NH₃ in afgedekte mestopslagen varieert tussen 0,3 en 2,4%. Dit komt overeen met de huidige rekenmethodiek om de emissie uit mestopslagen in te schatten: Steenvoorden et al. (1999) en Van der Hoek (2000) noemen 1,66% N-verlies ten opzichte van de opgeslagen N voor vleesvarkens en 2,36% voor fokvarkens. Sommer (1994) noemt een maximum van 3% verlies uit een overdekte mestopslag, waarvan niet duidelijk is of dit een tentconstructie betreft.

Vaste mest inclusief stro(oisel) wordt opgeslagen op een betonplaat of in een sleufsilos. Deze opslag behoeft niet noodzakelijk afgedekt te worden. Veeken (2000) stelt dat het N-NH₃-verlies uit ongestoorde stromesthopen (waarin toch enige extensieve compostering plaatsvindt en gedurende 15 dagen op bepaalde plaatsen een temperatuur van 60 °C wordt gemeten) 2% van de ingaande N bedraagt. Bij intensieve compostering zijn de verliezen hoger: Hellebrand en Kalk (2000) toonden aan dat het verlies vanwege ammoniakemissie 5,2% van de ingaande stikstof was.

Voeding

Via de voeding van de dieren is de ammoniakemissie te beïnvloeden. Hoewel voedingsaspecten in deze studie eigenlijk onder het stalsysteem vallen, is toch een aparte beschouwing gewenst, omdat er duidelijk invloed van voeding zal zijn in de jaren tot en na 2003. Via voeding is niet alleen de N-excretie te beïnvloeden, maar waarschijnlijk ook de vervluchtiging uit de mest. De N-excretie kan worden verlaagd door minder N in het voer te verstrekken (bijvoorbeeld via multifasenvoer, meer synthetische aminozuren). Dat kan leiden tot een lagere concentratie van N in de mest en mogelijk ook tot een kleinere urine-productie. Theoretisch zal hierdoor de ammoniakemissie lager worden. Bij vrije wateropname gaan dieren die minder eiwit opnemen ook minder drinken, waardoor de concentratie N in de mest niet verlaagd wordt. Van der Peet-Schwering et al. (1996) toonden wel een lagere excretie aan bij multifasenvoeding ten opzichte van tweefasenvoeding, maar geen lager emissiepercentage (zie tabel 5.4). De vervluchtiging uit de mest is vooral te beïnvloeden door de dieren mest te laten produceren met een lagere pH of door de N-excretie te verschuiven van minerale N naar organisch gebonden N.

Uit onderzoek is bekend dat door toevoeging van benzoëzuur in vleesvarkensvoer de pH van de urine sterk daalt en daardoor ook de ammoniakemissie (Den Brok et al., 1997; Van der Peet-Schwering et al., 1998). Verwacht wordt dat benzoëzuur in 2001 zal worden toegelaten in het varkensvoer.

Tamminga et al. (2000) hebben berekend dat het eiwitgehalte van vleesvarkensvoer in 2003 waarschijnlijk met 6% zal afnemen. Dit heeft een verbetering van de N-benutting tot gevolg, maar ook een vermindering van de N-uitscheiding via de urine. Het 'overtollige' eiwit wordt immers vooral als minerale-N (ureum) via de urine uitgescheiden. Uit Tamminga et al. (2000) kan worden berekend dat voor 1998 bij

vleesvarkens de urine-N-excretie 10,35 kg/dier/jaar, de fecale-N-excretie 3,05 kg/dier/jaar en de verhouding tussen urine-N en fecale-N 3,40 is. Voor 2003 zijn deze waarden respectievelijk 8,65, 3,05 en 2,84. De lagere N-excretie komt volgens deze berekeningen dus volledig voor rekening van de urine-N. Daarboven zal hierdoor ook de urine pH dalen (Canh, 1998), wat het effect op de ammoniakemissie nog versterkt. De laatste auteur toonde tevens aan dat een verhoging van het ruwe celstof gehalte in het voer en een verlaging van de electrolytenbalans een lagere pH van de mest tot gevolg hebben.

5.3.2 Lachgas

Gegeven de beschouwingen in hoofdstuk 2 is het voor een aantal stalsystemen mogelijk dat andere N-verliezen dan door NH₃-emissie plaatsvinden. Bij stro(oisel)-systemen kan onvolledige nitrificatie/denitrificatie optreden waardoor lachgas kan ontwijken. In tabel 5.6 staat de literatuur over de emissies uit de vleesvarkenshouderij samengevat.

Tabel 5.6 N₂O emissies in kg N per dierplaats per jaar uit de vleesvarkenshouderij (naar Hartung en Monteny, 2000).

Huisvestingssysteem	N ₂ O-N	auteur ¹
Volledig rooster	0,10	Hahne et al., 1999
	0,013-0,025	Kaiser, 1999
	0,10	Stein, 1999
Gedeeltelijk rooster	0,013	Sneath et al., 1997
Volledig of gedeeltelijk rooster	0,10	Hoy et al., 1997
	0,197	Thelosen et al., 1993
Diep stro(oisel)	1,21-1,53	Döhler, 1993
	1,58-2,37	Groenestein en Van Faassen, 1996
	0,38-2,19	Hoy et al., 1997
	0,99-1,95	Kaiser, 1999
	0,91-1,20	Stein, 1999
	0,69	Thelosen et al., 1993
Op stro	0,032	Kaiser, 1999
Hellingstal	1,02-1,53	Hesse, 1994

¹ cursief: onderzoek in Nederland; overig onderzoek uit buitenland

Deze getallen laten een grote variatie zien. Voor de zeugenhouderij is geen literatuur aanwezig. Er is echter geen reden om aan te nemen dat het percentage N-verlies via lachgas in de zeugenhouderij anders zou zijn dan in de vleesvarkenshouderij.

Stallen zonder stro(oisel) of met enig stro(oisel)

De emissie voor een gangbaar huisvestingssysteem in de vleesvarkenshouderij is ongeveer 0,01 kg N-N₂O per dier per jaar (Monteny en Van der Meer, 1999). Volgens tabel 5.6 zijn de N-N₂O-emissies 0,013 tot 0,197 kg N-N₂O per dierplaats per jaar voor systemen zonder stro(oisel). Gecorrigeerd voor een bezettingsgraad van 90% is dit 0,014 tot 0,219 kg N-N₂O per dier per jaar. In de UAV wordt het N-verlies via ammoniak vastgesteld op 3,66 kg per vleesvarken per jaar (4 kg NH₃, bezetting 90%). Het N-verlies via lachgas is 0,27 tot 5,98% van het verlies via

ammoniak, uitgaande van de NH_3 -verliezen volgens de UAV en de N_2O -verliezen uit tabel 5.6. Berges en Crutzen (1996) geven voor een varkensstal met dunne mest en mechanische ventilatie aan dat het verlies via lachgas 2,8% is ten opzichte van het verlies aan ammoniak. Kroeze (1997) stelt dat in stalsystemen met mengmest in het algemeen ca. 0 – 0,1% van de in de mest aanwezige N als N_2O zal vervluchtigen. Velthof en Oenema (1997) nemen op basis van experimenteel onderzoek aan dat dit 0,05 (+/- 0,05) g N_2O -N per kg N in de mengmest is, wat zou neerkomen op een verlies van 0,005%. Blijkbaar ligt de range tussen 0,014 en 0,219 kg N- N_2O per dier per jaar, wat zou neerkomen 0,104 tot 1,63% van de N-excretie.

Als er enig stro(oisel) als afleidingsmateriaal wordt gegeven, wordt dit door het bestaande mestafvoersysteem afgevoerd en in de bestaande silo opgeslagen. Verwacht wordt dat dit voor de N_2O -emissie uit de stal nauwelijks een verhogend effect heeft.

Stallen met stro(oisel) als ligbed

Voor de diepstrooiselsystemen is volgens tabel 5.6 een emissie vastgesteld van 0,38 tot 2,37 kg N uit lachgas per vleesvarkensplaats per jaar. In dergelijke systemen worden de dieren gehouden op een bed van 40-80 cm zaagsel en wordt de mest begraven in dat bed. Groenestein en Montsma (1992) vonden dat de N-uitstoot via ammoniak in diepstrooiselsystemen lager was dan in traditionele systemen, maar dat daarentegen de N-uitstoot via lachgas hoger was. De totale N-uitstoot was in diepstrooiselsystemen hoger. Deze systemen zijn echter niet vergelijkbaar met de huidige systemen waarin stro(oisel) wordt verstrekt en de mest juist zoveel mogelijk uit het stro(oisel)bed wordt geweerd. Wel kan verwacht worden dat in zogenaamde potstallen dezelfde processen van belang zijn.

Groenestein et al. (1999) stellen dat de lachgas emissie bij dragende zeugen in een grote groep met stro als ligbed verwaarloosbaar klein is. De emissie werd berekend op basis van puntmetingen, wat als een globale benadering van de werkelijkheid moet worden beschouwd.

Stallen voor scharrel- en biologische varkenshouderij

De literatuur vermeldt geen gegevens over de lachgasemissie uit stallen voor scharrel- en biologische varkens. Echter door het grote strogebruik (en de toegepaste laagdikte) en het grotere bevuilde oppervlak mag een hogere lachgasemissie worden verwacht dan in traditionele stallen. Een enigszins vergelijkbaar huisvestingssysteem wordt genoemd door Hesse (1994). Hij vond een emissie van 1,02-1,53 kg N- N_2O per dierplaats voor een hellingstal, waarin de dieren zelf stro uit een ruif kunnen trekken en de stro over de hellende vloer naar het laagste deel van het hok wordt getrapt. In dat achterste deel van het hok is dit stro inmiddels redelijk vervuild met mest en urine. Dat zou neerkomen op een verlies van 8,4 tot 12,7% N uit N_2O , gecorrigeerd voor de bezettingsgraad.

Mestopslagen

Uit hoofdstuk 2 blijkt dat bij dunne mest geen of slechts in beperkte mate nitrificatie zal optreden. Williams en Nigro (1997) en Sommer et al. (2000) konden geen N_2O

aantonen in opslagsystemen voor dunne mest afkomstig van koeien en varkens. Ross et al. (1999) toonden aan – op laboratoriumschaal – dat de N_2O -emissie uit dunne mest die was afgedekt met een laag van 20 cm gerstestro met 42% toenam ten opzichte van de niet afgedekte dunne varkensmest. Deze omstandigheden komen bij dunne mestopslag niet voor, maar de tendens is duidelijk. Het emissieniveau steeg met een factor 8,8 als er kort stro door de mest werd gemixt. Voor lang stro was de toename een factor 12,6. Dit betekent dat in systemen waar enig stro(oisel) wordt toegepast en wordt afgevoerd met een gangbaar uitmestsysteem (zoals een riolering) er wel N_2O -vorming kan zijn in de stallen. Echter in de winter stelden deze onderzoekers onder praktische omstandigheden een verlaging van de N_2O -emissie vast, wanneer de mestkelder werd afgedekt. Duidelijk is dat de temperatuur een belangrijke invloedsfactor is. Voor de Nederlandse situatie is dit onderzoek moeilijk vertaalbaar, omdat de mestsilos overkapt moeten zijn.

Het hierboven genoemde effect zal wel optreden bij niet overkapt opslag voor strooiselmest, waarin tussenproducten zoals NO en N_2O kunnen worden gevormd. Sibbesen en Lind (1993) vermelden een emissie van 0,3 g N_2O per dag per m^2 uit een opslag met vaste rundermest onder zomerse omstandigheden. Hellebrand en Kalk (2000) toonden aan dat bij compostering de lachgas-emissie na ca. 4 weken een piek vertoonde. Het N-verlies vanwege N_2O -emissie was 1% van de ingaande stikstof. Kroeze (1997) geeft aan dat bij systemen met vaste mest 2% (0,5 – 3) van de aanwezige N als N_2O zal vervluchtigen. Veeken (2000) stelt dat het N- N_2O -verlies uit ongestoorde stromesthopen (waarin toch enige extensieve compostering plaatsvindt en gedurende 15 dagen op bepaalde plaasten een temperatuur van 60 °C wordt gemeten) 7% bedraagt. De verliezen die daarbij optreden zijn sterk afhankelijk van de pH, van de temperatuur en van de C/N-verhouding.

Berges & Crutzen (1996) concludeerden voor een mestvaalt met rundermest dat de emissie van N_2O -N een factor 4,82 hoger was dan de emissie van NH_3 -N wanneer de verse mest via de onderkant werd toegediend. In een mestvaalt waarin de verse mest via de bovenkant werd toegediend was de emissie van N_2O -N 1,2% van de emissie van NH_3 -N.

5.3.3 Overige verliezen

Verwacht mag worden dat in systemen waar N_2O verliezen optreden ook NO en N_2 zullen worden gevormd. Over de hoogte van de NO- en N_2 -emissie ontbreken echter meetgegevens. In de besproken diepstrooiselsystemen vonden Groenestein en Montsma (1992) een emissie van 0,1-0,4 kg N-NO per dier per jaar, wat 0,75 tot 2,99% van de N-excretie zou betekenen.

5.3.4 Balansen

In de literatuur worden diverse N-balansen over een stal of mestopslag genoemd.

Stalsystemen

Burton en Beauchamp (1986) hebben van drie varkensbedrijven gedurende 415 tot 617 dagen massabalansen opgesteld en bij 2 van de 3 bedrijven is dit ondersteund met emissiemetingen. Ze vonden een N-verlies van 5-27% van de uitgescheiden N. Geconcludeerd werd dat het N-verlies vooral varieerde door verschillend management van de mest in de stal (blootstellen aan lucht) en door temperatuur-effecten. Dit laatste wordt bevestigd door Kroodsmā et al. (1995).

Poulsen en Kristensen (1998) geven de volgende N-verliezen voor de verschillende diercategorieën en huisvestingsystemen (zie tabel 5.7). Deze auteurs geven aan dat de vervluchting bij volledig roostervloeren 10-15% hoger ligt dan bij gedeeltelijk roostervloeren en dat in de aangegeven spreiding de hoogste waarde meestal een volledig rooster betreft (in Nederland verboden voor vleesvarkens en dragende zeugen) en de laagste waarde een gedeeltelijk rooster.

Tabel 5.7 – N-verlies in % van de N-excretie per diercategorie en huisvestingssysteem naar Poulsen en Kristensen (1998).

Diercategorie en huisvestingssysteem	N-verlies (spreiding)
Vleesvarkens (30-100 kg)	
gedeeltelijk of volledig roostervloeren, dunne mest	15 (12-16)
dichte vloer, hellingstal	18 (14-22)
dichte vloer met mestgang	18 (14-22)
diepstrooisel	25 (15-30)
Gespeende biggen (7-30 kg)	
gedeeltelijk rooster, 'double deck'	10 (8-12)
gedeeltelijk of volledig roostervloer, dunne mest	15 (12-16)
dichte vloeren	25 (20-28)
diepstrooisel	25 (15-30)
Kraamzeugen	
gedeeltelijk roostervloer	10 (8-12)
volledig roostervloer	15 (13-17)
dichte vloer, 'scharrel'	15 (10-20)
Dragende zeugen	
aangebonden zeugen, mestgang	5 (3-6)
gedeeltelijk of volledig roostervloer	15 (12-16)
dichte vloer, hellingstal	20 (16-24)
dichte vloer, mestgang	20 (16-24)
diepstrooisel	25 (15-30)

Ook in deze tabel blijkt het verlies uit diepstrooiselsystemen hoog te zijn. Bij volledig dichte vloeren (in Nederland niet toegepast) is er tevens sprake van een groot verlies. De variatie bij de dragende zeugen is groot.

Mestopslagen

Voor mestopslagen geven Poulsen en Kristensen (1998) de volgende benadering van de N-verliezen ten opzichte van de N uit de stal:

Dunne mest, tanks	2%
Vaste mest, varkens	30 ± 10%
Diepstrooisel, zeugen	10 ± 5%
Diepstrooisel, vleesvarkens	25 ± 10%

Kirchman(1985) geeft na een uitgebreid overzicht een percentage aan van 20-25% N-verlies voor vaste mestopslagen.

Over gehele bedrijf

Ketelaars en Van der Meer (1999) noemen in een internationale studie een N-verlies voor Nederland van 13-19,5% uit de stal en 1,7-2,4% uit mestopslagen (totaal 15-21%) voor de zeughouderij (inclusief de biggen). De variatie tussen landen bleek groot, maar ook de variatie tussen de verschillende huisvestingssystemen binnen een land was groot. Voor de vleesvarkens wordt 13-16,1% voor stallen genoemd en 1,7-2,4% uit mestopslagen (totaal 15-18%). Voor Denemarken en Frankrijk worden echter hogere emissiepercentages aangehouden.

Bruins et al. (bijlage 8) hebben met behulp van verschillende databestanden N-verliezen berekend op basis van N/P-balansen (Tabel 5.8). De met de N/P-balansen berekende N-verliezen zijn ongeveer 27-33 procent van de N-excretie in 2003 (Tamminga, 2000). De N-verliezen volgens de N/P-balansen van Van der Hoek (bijlage 9) bedragen 20,5 procent van de N-excretie voor zeugen + biggen tot 25 kg en 33,7 procent voor vleesvarkens.

Tabel 5.8. Schattingen gasvormige N-verliezen via balansberekeningen (Bruins et al., bijlage 8).

Cat.	Omschrijving	Mestcode	N-excretie in 2003 kg N/dier/jaar	N-verlies	
				% van N excretie	kg N/dier/jaar
400	zeug + big 6 wk	51	21,4	26,5	5,677
401	zeug + big 25 kg	51	28,1	26,5	7,453
402	opfokzeug 25 kg-7mnd	52	11,4	28,7	3,272
403	opfokzeug > 7mnd	52	16,2	28,7	4,650
404	opfokzeug 25 kg-1e dek	51	11,8	26,5	3,130
405	opfokbeer 25 kg - 7 mnd	51	11,0	26,5	2,918
406	dekbeer > 7 mnd	51	21,1	26,5	5,597
407	big 6 wk-25 kg	47	3,29	31,9	1,051
410	slachtzeug	51	20,9	26,5	5,544
411	vleesvarken	52A en 54 A	11,7	33,4	3,908

5.4 Discussie en conclusies

Bij het samenstellen van tabel 5.1 bleek bij de mestcodes 400, 401 (fokzeugen), 402/403 (opfokzeugen) en 410 (slachtzeugen) een discrepantie te bestaan tussen de omschrijving van diercategorieën binnen MINAS en die van de UAV. Het verdient derhalve aanbeveling om te komen tot grotere uniformiteit voor diercategorieën voor N-correctie- en emissiefactoren.

Voor een verdere onderbouwing van de systematiek van de N-correctiefactoren binnen MINAS is nader onderzoek nodig naar de diergebonden N-verliezen door andere gassen dan NH_3 . Met name van systemen waar dieren worden gehouden op stro of strooisel, of waar vaste mest wordt geproduceerd en opgeslagen, zijn weinig of geen meetgegevens beschikbaar over de emissies van N_2O , NO en N_2 . Nader onderzoek is ook gewenst naar de effecten van de natuurlijke ventilatie en het effect van de bevuilde buitenuitloop (regen, zon en wind) op de ammoniakemissies voor biologische bedrijven en scharrelvarkensbedrijven.

Voor elke diercategorie is een huisvestingssysteem meegenomen met de laagste emissie. Dit is vooral gebeurd om de bandbreedte in de verliespercentages weer te geven. Het wordt aan het beleid overgelaten in hoeverre dit systeem ook in de regelgeving moet worden vastgelegd.

Mestbewerking op bedrijfsniveau is in deze studie niet meegenomen. Er wordt een grote ontwikkeling verwacht naar zogenaamde geïntegreerde stalsystemen. In deze systemen wordt de mest in de stal behandeld (bijvoorbeeld gedroogd met ventilatielucht). Op deze wijze wordt gepoogd de thema's mest, ammoniak, geur, stof en energie gezamenlijk aan te pakken. De emissiepercentages voor ammoniak zullen waarschijnlijk gaan dalen, met name door het toepassen van luchtzuivering als laatste stap.

De waarden uit tabel 5.5 zijn voor de traditionele systemen hoger en voor de emissie-arme systemen lager dan in Steenvoorden et al. (1999). Voor de traditionele systemen ligt de oorzaak in de wijziging van de emissiewaarden in de UAV in verband met de toegenomen oppervlakte per dier (Varkensbesluit, 1998).

Voeding zal een groot effect op het emissiepercentage hebben in de komende jaren. In de berekeningssystematiek is er van uitgegaan dat het % N-verlies in 1998 gelijk is aan het % in 2003. Gezien de ontwikkelingen naar minder eiwit in het voer (minder minerale N), meer ruwe celstof in het voer (minder minerale N en lagere pH in mest), toevoeging van zuren (lagere pH in mest) mag worden verwacht dat de emissiepercentages gaan dalen.

Verder kan worden verwacht – vanwege de ontwikkeling naar strooiselsystemen en opslag van vaste mest – dat het N-verlies gaat verschuiven van ammoniak naar overige N-verbindingen (N_2O , NO en N_2). Een evaluatie van de verliespercentages na verloop van tijd is dan wenselijk. Met name de vaste mestopslagen zijn een onzekere factor in de berekeningen, terwijl de emissie van vooral N_2 -gas daar aanzienlijk kan zijn. Wanneer in de toekomst mogelijk overkapping bij vaste mest ook verplicht wordt voorgeschreven of in containers zal plaatsvinden, zal de stikstofcorrectie naar beneden bijgesteld moeten worden.

De emissiepercentages in de varkenshouderij blijken hoger te zijn dan in de rundveehouderij. Dit kan vooral verklaard worden door de lagere temperatuur in de stallen en de lagere mesttemperatuur in de rundveehouderij. Daarnaast wordt een deel van de N bij rundvee buiten de stal uitgescheiden (tijdens beweiding), waardoor het emissiepercentage op basis van de totale N-excretie ook lager is. Ook blijken er verschillen tussen de diercategorieën in de varkenshouderij. Een mogelijke verklaring hiervoor is het gehalte aan minerale N in de mest. Van der Peet-Schwering et al. (1999) geven de N-excretie voor de verschillende diercategorieën, opgedeeld naar urine en faeces (tabel 5.9).

Tabel 5.9 Verhouding urine-N en feces-N voor verschillende diercategorieën (Van der Peet-Schwering et al., 1999).

	Verhouding urine-N/faeces-N
Kraamzeugen	1,81
Guste en dragende zeugen	3,30
Gespeende biggen	2,17
Vleesvarkens	2,91

Uit de tabel blijkt dat guste en dragende zeugen het hoogste aandeel urine-N hebben en kraamzeugen de laagste. In de onderhavige studie bleken vooral de gespeende biggen een laag verlies% te realiseren, terwijl de staltemperatuur in afdelingen voor gespeende biggen hoog is. Blijkbaar moet er nog aan andere oorzaken worden gedacht zoals de buffercapaciteit en electrolytenbalans, een lagere pH van de mest (mogelijk door verzuring van voerresten) en de geringe hokbevuiling. Vleesvarkens blijken uit tabel 5.9 inderdaad een hoog aandeel urine N te hebben. Mogelijke andere verklaringen voor het hoge N-verlies% zijn dat deze categorie de hokken meer bevuilen dan de dieren in de zeugenhoudery en dat het aandeel roosters groter is dan in de zeugenhoudery.

De in dit hoofdstuk weergegeven diercategorieën, huisvestingssystemen, emissiepercentages en – factoren voor NH₃, N₂O, N₂ en NO worden in hoofdstuk 8 gebruikt om de gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen te berekenen, uitgaande van de N-excretie in 2003 volgens Tamminga et al. (2000). In hoofdstuk 8 worden de met emissiepercentages berekende N-verliezen vergeleken met de met N/P-balansen berekende N-verliezen.

6 Kippen

In de kippenhouderij komen verschillende bedrijfstypen voor. Deze zijn globaal in te delen als vermeerderingsbedrijven (opfokhennen en –hanen en ouderdieren), bedrijven met legkippen en bedrijven met vleeskuikens. Binnen deze bedrijfstypen komen verschillende huisvestingssystemen voor. In dit hoofdstuk wordt een analyse gegeven van de onderscheiden diercategorieën en huisvestingssystemen volgens MINAS en volgens de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (UAV). Daarna wordt een beschrijving gegeven van de mestbehandeling en mestopslag op kippenbedrijven. Vervolgens wordt een literatuuroverzicht gegeven van beschikbare informatie over gasvormige stikstofverliezen uit huisvestingssystemen en mestopslagen. De paragraaf sluit af met enkele conclusies en aanbevelingen.

6.1 Beschrijving van diercategorieën volgens MINAS en UAV

Tabel 6.1 geeft een overzicht van de vijf diercategorieën voor kippen die binnen MINAS worden onderscheiden. Tabel 6.2 geeft voor deze vijf diercategorieën de huisvestingssystemen weer zoals onderscheiden door de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (UAV). De code binnen de UAV is opgebouwd uit een letter voor de diercategorie (E is voor kippen) en een cijfer voor de subcategorie (1 tot en met 5).

Tabel 6.1 Overzicht en omschrijving van de diercategorieën voor kippen binnen de MINAS systematiek (Anon., 1998).

MINAS Code	Diercategorie (omschrijving)	Leeftijd (weken)
300	Opfokhennen en –hanen legrassen	< 18
301	Hennen + hanen legrassen	> 18
310	Opfokhennen en –hanen vleesrassen	< 19
311	Ouderdieren van vleesrassen	> 19
312	Vleeskuikens	0-6

Tabel 6.2 Code en omschrijving van diercategorieën voor kippen binnen de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij UAV (Anon., 2000).

Code	Omschrijving
E 1.	Opfokhennen en hanen van legrassen; jonger dan 18 weken
E 2.	Legkippen (voor (groot-) ouderdieren van legrassen)
E 3.	Ouderdieren van vleeskuikens in opfok; jonger dan 19 weken
E 4.	Ouderdieren van vleeskuikens
E 5.	Vleeskuikens

Uit tabellen 6.1 en 6.2 blijkt dat de indeling en omschrijving van de diercategorieën binnen kippen volgens MINAS en de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij goed op elkaar aansluiten.

6.2 Beschrijving belangrijkste stalsystemen en mestopslagsystemen

In tabel 6.3 worden de huisvestingssystemen voor kippen opgesomd volgens de MINAS systematiek (Anon., 1998) en in tabel 6.4 volgens de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (Anon., 2000). Binnen iedere diercategorie hebben de onderscheiden huisvestingssystemen een eigen volgnummer. Per huisvestingssysteem is in tabel 6.4 tevens de ammoniakemissie per dierplaats per jaar vermeld volgens UAV (Anon., 2000).

Tabel 6.3 Overzicht en omschrijving van de diercategorieën en huisvestingssystemen voor kippen binnen MINAS (Anon., 1998).

Nr.	Diercategorie (omschrijving)	Leeftijd (weken)	Bedrijfssysteem (Omschrijving)	Dier- Cat.	Mest- Code
1	Opfokhennen en –hanen legrassen	< 18	Batterij, dunne mest	300	30
2	Opfokhennen en –hanen legrassen	< 18	Dieppit, kanalenstal	300	31
3	Opfokhennen en –hanen legrassen	< 18	Mestbandbat. + droging	300	32
4	Opfokhennen en –hanen legrassen	< 18	Mestbandbat. + droging + extra droging	300	33
5	Opfokhennen en –hanen legrassen	< 18	Volledig roostervloer	300	34
6	Opfokhennen en –hanen legrassen	< 18	Gedeeltelijk rooster & volière	300	35
7	Opfokhennen en –hanen legrassen	< 18	Volledig strooisel	300	36
8	Hennen + hanen legrassen	> 18	Batterij, dunne mest	301	30a
9	Hennen + hanen legrassen	> 18	Dieppit, kanalenstal	301	31a
10	Hennen + hanen legrassen	> 18	Mestbandbat. + droging	301	32a
11	Hennen + hanen legrassen	> 18	Mestbandbat. + droging + extra droging	301	33a
12	Hennen + hanen legrassen	> 18	Volledig roostervloer	301	34a
13	Hennen + hanen legrassen	> 18	Gedeeltelijk rooster & volière	301	35a
14	Hennen + hanen legrassen	> 18	Volledig strooisel	301	36a
15	Opfokhennen en –hanen vleesrassen	< 19	Volledig roostervloer	310	34b
16	Opfokhennen en –hanen vleesrassen	< 19	Gedeeltelijk roostervloer	310	35b
17	Opfokhennen en –hanen vleesrassen	< 19	Volledig strooisel	310	36b
18	Ouderdieren van vleesrassen	> 19	Gedeeltelijk roostervloer	311	37
19	Ouderdieren van vleesrassen	> 19	Volledig strooisel	311	38
20	Vleeskuikens	0-6	Alle bedrijfssystemen	312	39

In tabel 6.4 heeft de code E 4.6 (overige bedrijven) doorgaans betrekking heeft op traditionele huisvesting met ca. 1/3 strooisel en 2/3 rooster boven een beun (mestopslag gedurende gehele productieronde). Code E 5.4 (overige vleeskuikenhouderijssystemen) heeft doorgaans betrekking op traditionele huisvesting met een volledige strooiselvloer. Beide omschrijvingen dienen ook als opvang voor huisvestingssystemen die niet voldoen aan de andere omschrijvingen voor de betreffende diercategorie met een lagere emissiefactor.

Tabel 6.4 Omschrijving van het huisvestingsstelsel en de ammoniakemissie in kg NH₃ per dierplaats per jaar volgens UAV (Anon., 2000). De huisvestingsstelsels voor categorie E1 en E2 zijn samengevoegd.

Code	Omschrijving	Emissie-factor
E 1.	Opfokhennen en hanen van legrassen; jonger dan 18 weken	-
E 2.	Legkippen (voor (groot-) ouderdieren van legrassen geldt E 2.6 (E2.7!))	-
E 1.1.	open mestopslag onder de batterij al dan niet voorzien van een mestschuif (flat-deck	0,045
E 2.1.	kooien, trapkooien of compactkooien voor natte mest)	0,083
E 1.2.	mestbandbatterij voor natte mest met afvoer naar een gesloten opslag (minimaal 2 maal	0,020 ²
E 2.2.	per week ontmesten) (voormalig Groen Label BB 93.06.007)	0,035 ²
E 1.3.	compactbatterij waarvan de natte mest 2 maal daags door middel van mestschuiven en	0,011 ²
E 2.3.	een centrale mestband afgevoerd wordt naar een gesloten opslag (voormalig Groen Label BB 95.06.026)	0,020 ²
E 1.4.	batterij met geforceerde mestdroging (dieptstal of high-rise stal, kanalenstal)	0,208
E 2.4.		0,386
E 1.5.	mestbandbatterij met geforceerde mestdroging (voor nageschakelde technieken zie E 6.)	-
E 2.5.		-
E 1.5.1.	mestbandbatterij voor droge mest met geforceerde mestdroging	0,020 ²
E 2.5.1.	(voormalig Groen Label BB 93.06.008)	0,035 ²
E 1.5.2.	Mestbandbatterij met geforceerde mestdroging, belucht met respectievelijk 0,4 of 0,7 m ³	0,006 ¹
E 2.5.2.	lucht per (opfok)hen per uur ; mestafdraaien per vijf dagen, de mest heeft dan een droge stofgehalte van minimaal 55% (Groen Label BB 97.07.058)	0,010 ¹
-	Batterijsysteem met mestbandbeluchting en bovenliggende droogtunnel	-
E 2.6.	(Groen Label BB 99.06.071)	0,015
E 1.6.	Grondhuisvesting zgn. scharrelkippen en (groot-) ouderdieren van legrassen	0,170
E 2.7.	(circa 1/3 strooiselvloer + circa 2/3 roostervloer)	0,315
-	Scharrelkippen met beluchting onder gedeeltelijk verhoogde roostervloer	-
E 2.8.		0,110
-	Grondhuisvesting zgn. scharrelkippen en (groot-) ouderdieren van legrassen, mestbeluchting	-
E 2.9.	via buizen onder de beun	0,125
E 1.7.	Volière(opfok)huisvesting, minimaal 50% van de leefruimte is rooster, met daaronder	0,050 ^{1,3}
E 2.10.	een mestband. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien. Roosters minimaal in twee etages	0,090 ^{1,3}
E 3.	Ouderdieren van vleeskuikens in opfok; jonger dan 19 weken	0,250
E 4.	Ouderdieren van vleeskuikens	-
E 4.1.	Groepskooi voorzien van mestband en geforceerde mestdroging (Groen Label BB 95.12.039; BB 95.12.039/Λ 96.06.041)	0,080
E 4.2.	Volièrehuisvesting met geforceerde mestdroging (Groen Label BB 97.01.050; BB 97.01.050/Λ 99.02.067)	0,170
E 4.3.	Volièrehuisvesting met geforceerde mest- en strooiseldroging (Groen Label BB 97.01.053; BB 97.01.053/Λ 96.02.068)	0,130
E 4.4.	Grondhuisvesting met beluchting van bovenaf	0,250
E 4.5.	Perfosysteem op gedeeltelijk verhoogde roostervloer (Groen Label BB 98.10.066)	0,230
E 4.6.	Overige bedrijven	0,580
E 5.	Vleeskuikens	-
E 5.1.	Zwevende vloer met strooiseldroging (Groen Label BB 93.03.002; BB 93.03.002/Λ 94.04.017V1; BB 93.03.002/ B 96.04.034; BB 93.03.002/C96.10.048)	0,005
E 5.2.	Geperforeerde vloer met strooiseldroging (Groen Label BB 94.04.016; BB 94.04.016/Λ 96.10.047)	0,014
E 5.3.	etagesysteem met volledige roostervloer en mestbandbeluchting (Groen Label BB 97.07.057)	0,005
E 5.4.	overige vleeskuikenhouderijsystemen	0,050

¹ Dit getal geldt in gevallen waarin de mest direct van het bedrijf wordt afgevoerd, of gedurende een periode van ten hoogste twee weken op het bedrijfsterrein wordt opgeslagen in een afgedekte container.

² In verband met wijziging van de grenswaarden (Staatscourant, 1999) is de Groen-Labelerkenning per 1 juli 1999 ingetrokken.

³ Het volièresysteem is al dan niet van mestbandbeluchting voorzien. Bij toepassing van een mestdroogstelsel moet de mest echter minimaal 2x per week worden afgedraaid.

De verschillen en overeenkomsten tussen de indeling van huisvestingssystemen volgens MINAS en de UAV, kunnen als volgt worden samengevat:

Opfokhennen en legkippen

- Batterij, dunne mest (categorie 300/301, mestcode 30/30a) is van toepassing op natte mestopslag onder de kooien in de stal (E 1.1/2.1), bandbatterij met tweewekelijkse natte mestafvoer (E 1.2/2.2) en compactbatterij met tweemaal daags afvoer natte mest (E 1.3/2.3)
- Deeppit, kanalenstal (categorie 300/301, mestcode 31/31a) is van toepassing op batterij met geforceerde mestdroging (E 1.4/2.4)
- Mestbandbatterij met droging (categorie 300/301, mestcode 32/32a) is van toepassing op mestbandbatterij met geforceerde mestdroging (E 1.5/2.5; met subnummers 1 en 2) en batterijsysteem met mestbandbeluchting en bovenliggende droogtunnel (E2.6)
- Mestbandbatterij met droging en extra droging (categorie 300/301, mestcode 33/33a) is van toepassing op mestbandbatterij met geforceerde mestdroging (E 1.5/2.5; met subnummers 1 en 2), waarbij de mest met behulp van een nageschakelde techniek wordt doorgedroogd tot 75 a 80% droge stof.
- De volledig roostervloer (categorie 300/301, mestcode 34/34a) kan niet gekoppeld worden aan een huisvestingssysteem binnen de UAV. Omdat enerzijds dit huisvestingssysteem beperkt voorkomt, en anderzijds onvoldoende informatie beschikbaar is over het emissieverschil met gedeeltelijk roostersystemen, wordt er van uitgegaan dat de beste schatting voor de gasvormige stikstofverliezen uit huisvestingssystemen wordt verkregen door te verwijzen naar de vervluchtiging van huisvestingssystemen met gedeeltelijk rooster (en expliciet niet naar de volièresystemen).
- Het volledig strooisel systeem (categorie 300/301, mestcode 36/36a) kan niet gekoppeld worden aan een huisvestingssysteem binnen de UAV. Omdat enerzijds dit huisvestingssysteem beperkt voorkomt, en anderzijds onvoldoende informatie beschikbaar is over het emissieverschil met gedeeltelijk roostersystemen, wordt er van uitgegaan dat de beste schatting voor de gasvormige stikstofverliezen uit huisvestingssystemen wordt verkregen door te verwijzen naar de vervluchtiging van huisvestingssystemen met gedeeltelijk rooster (en expliciet niet naar de volièresystemen).
- Gedeeltelijk rooster en volière voor opfokhennen (categorie 300/301, mestcode 35/35a) is van toepassing op grondhuisvesting / scharrelkippen (E 1.6/2.7) en volièrehuisvesting (E 1.7/2.10). Omdat deze twee huisvestingssystemen sterk verschillen, worden ze in de tabellen verder gesplitst.
- Voor de huisvestingssystemen onder scharrelkippen met beluchting onder roostervloer (E 2.8) en grondhuisvesting / scharrelkippen met mestbeluchting onder de beun (E 2.9) is binnen mestcode 35a een emissiearme mestcode opgenomen.

Opfokhennen en -hanen van vleesrassen

- MINAS onderscheidt drie typen huisvestingssystemen. De UAV maakt dit onderscheidt niet.

Ouderdieren van vleesrassen

- De twee huisvestingssystemen die worden onderscheiden binnen MINAS (gedeeltelijk rooster en volledig strooisel) behoren bij overige bedrijven (code E 4.6) binnen de UAV- indeling. Daarnaast zijn op basis van de UAV nog drie groepen met emissiearme systemen onderscheiden, te weten 1) groepskooien met mestbanden en droging, 2) twee volièresystemen en 3) twee aangepaste traditionele huisvestingssystemen.

Vleeskuikens

- De UAV onderscheidt 4 huisvestingssystemen (met een factor 10 tussen de laagste en hoogste emissie) tegenover één allesomvattende categorie binnen MINAS. De drie emissiearme systemen zijn derhalve gescheiden van de traditionele huisvesting op volledig strooisel (mestcode 39).

Samenvattend, er bestaan forse verschillen tussen de twee indelingen. De verschillen hangen samen met verschillen in indelingscriteria. MINAS maakt onderscheid op basis van het mesttype (b.v. natte mest, gecomposteerde mest, voorgedroogde mest, strooiselmest), terwijl de UAV onderscheid maakt op basis van de hoogte van de ammoniakuitstoot. Bij eenzelfde mesttype kunnen derhalve, door gebruik te maken van emissiereducerende technieken, meerdere huisvestingssystemen binnen de UAV voorkomen die toch eenzelfde mesttype hebben. Omgekeerd is de UAV een enkele keer minder onderscheidend omdat geen informatie over de ammoniakemissie bekend is voor mesttypes die binnen MINAS worden onderscheiden.

6.3 Mestbewerking en -opslag

Op pluimveebedrijven vinden verschillende mestbewerkingen plaats, afhankelijk van het mesttype. Om te kunnen bepalen welke emissies optreden voordat de mest wordt afgezet van het pluimveebedrijf, is inzicht nodig in de samenhang van bewerkingen en opslag per mesttype. In de onderhavige studie worden enkel de gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen op het pluimveebedrijf gekwantificeerd. De emissies die optreden tijdens opslag van de mest op het akkerbouwbedrijf of bij centrale mestbehandeling worden niet verder in beschouwing genomen. De volgende zogenaamde mestketens kunnen worden onderscheiden in de pluimveesector:

Natte mest of drijfmest (emissie tijdens opslag in de stal wordt verrekend bij stalemissie):

- Drijfmestketen
 - a. opslag buiten de stal in afgedekte silo
 - b. afvoer naar en opslag elders
 - c. aanwending bij akkerbouw

Voorgedroogde bandmest met een drogestofgehalte van 40 – 60% (stapelbaar)

- Zonder verder bewerking
 - a. regelmatige afvoer naar elders (minimaal éénmaal per twee weken volgens UAV)
 - b. opslag in silo of op kopakker in akkerbouw
 - c. aanwending
- Doordrogen op pluimveebedrijf
 - a. dagelijks tot wekelijks drogen van de bandmest tot 70-80 % droge stof
 - i. actief drogen met veel lucht door of over de mest (tunnels)
 - ii. composteren: weinig lucht, energie uit de mest benutten
 - b. regelmatige afvoer van de mest voor gebruik in NL of verwerking (pelleteren) en afzet buiten de landbouw, gecombineerd met c.
 - c. opslag van de doorgedroogde mest onder droge omstandigheden
- Doordrogen op centrale unit
idem a tot en met c
- Mestverbranding: directe afvoer pluimveebedrijf en geen tussenopslag

Strooiselmest (stapelbaar) met een drogestofgehalte van 50-80%

- Afvoer naar en opslag bij akkerbouw
 - a. geen opslag bij het pluimveebedrijf
 - b. opslag in silo of op kopakker bij akkerbouw
 - c. aanwending in akkerbouw
- Afvoer en be- of verwerking op centrale unit
 - a. geen opslag bij het pluimveebedrijf
 - b. be- of verwerking op centrale unit
 - c. aanwending in NL of buiten de NL landbouw
- Mestverbranding: directe afvoer pluimveebedrijf en geen tussenopslag

6.4 Literatuuroverzicht van stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen

6.4.1 Ammoniak

Huisvestingssystemen

De Uitvoeringsrichtlijn Ammoniak en Veehouderij UAV (Anon., 2000) vormt voor ammoniakemissies uit huisvestingssystemen in de pluimveehouderij een goede bron van informatie. De huisvestingssystemen zijn vermeld in tabel 6.4, evenals de emissiefactor voor ammoniak. Voor kippen is voor de nieuwste versie van de UAV (Anon., 2000) gekozen, omdat een aantal, voor deze studie belangrijke wijzigingen zijn doorgevoerd ten opzichte van de UAV uit 1999 (Anon., 1999). De emissiefactoren zoals vermeld in de UAV zijn grotendeels gebaseerd op metingen die zijn uitgevoerd volgens de Beoordelingsrichtlijn (BRL) van de stichting Groen Label (Beoordelingsrichtlijn, 1996). Indien het emissieniveau voldoende laag was, is aan de betreffende huisvestingssystemen door de stichting Groen Label een Groen Label certificaat verbonden. Met name het Praktijkonderzoek voor de Pluimveehouderij te Beekbergen en het Instituut voor Milieu- en Agritechniek, waaronder de DLO

meetploeg valt, hebben vele onderzoeken verricht naar de ammoniakemissie in de pluimveehouderij. In bijlage 10 is een overzicht gegeven van literatuur die mede gebruikt is bij het vaststellen van emissiefactoren voor huisvestingssystemen en mestopslagen en –bewerkingssystemen voor kippen.

De Beoordelingsrichtlijn (BRL) schrijft voor dat emissiemetingen voor leghennen en vleeskuikenouderdieren gedurende 2 aaneengesloten perioden van 2 maanden moeten plaatsvinden, waarvan één periode in de zomer (juni, juli of augustus) en één periode in de herfst (oktober, november, december) ligt. Voor vleeskuikens zijn de eisen nagenoeg gelijk, waarbij twee mest ronden van ca. 6 weken moeten worden gemeten. Omdat slechts één stal wordt gemeten en geen correctie op de data plaatsvindt (b.v. voor buitentemperatuur) wordt geschat dat de onzekerheid in de emissiefactor circa 20% bedraagt (Groot Koerkamp, 2000). Bij het opstellen van de BRL en het vaststellen van emissiefactoren wordt een soort ‘worst case’ scenario aangehouden. Dat wil zeggen dat de emissiefactoren de werkelijke emissies in de praktijk niet onderschatten.

De ammoniakemissiefactoren vermeld in de UAV zijn niet voor alle diercategorieën en huisvestingssystemen gebaseerd op metingen volgens BRL. Voor verschillende diercategorieën en huisvestingssystemen zijn aannames en schattingen gemaakt.

- De ammoniakemissiefactoren voor alle huisvestingssystemen voor opfokhennen voor legrassen en ouderdieren van vleeskuikens in opfok zijn afgeleid van a) beperkte meetgegevens (b.v. puntmetingen i.p.v. langdurige metingen volgens de BRL) en b) meetgegevens van overeenkomstige huisvestingssystemen voor leghennen. Daarbij wordt uitgegaan van een vaste verhouding tussen de emissie van leghennen en opfokhennen (20/35 of ca. 55%) en tussen de emissie van ouderdieren van vleesrassen en de opfokdieren (43%). Het verhoudingsgetal is mede gebaseerd op de verhouding in de N-excretie.
- De ammoniakemissiefactor voor de batterij met geforceerde mestdroging (dieppit, kanalenstal; UAV code E 2.4) is gebaseerd op beperkte meetgegevens, dat wil zeggen niet op metingen volgens de Beoordelingsrichtlijn.
- De emissiefactor voor vleeskuikens in traditionele stallen (UAV code E 5.4; 0,050 kg/jaar per dierplaats) lijkt niet correct. Groot Koerkamp et al., (2000) lieten zien dat de emissie ca. 0,080 kg/jaar per dierplaats bedraagt. In deze studie is derhalve ook deze hogere emissiewaarde meegenomen, omdat het waarschijnlijk lijkt dat de emissiefactor zal worden verhoogd van 0,050 naar 0,080 kg/jaar per dierplaats.
- De emissiefactoren voor de overige huisvestingssystemen in tabel 6.4 zijn gebaseerd op emissiemetingen volgens de BRL (Beoordelingsrichtlijn, 1996).

Mestopslag en -bewerking

In de UAV wordt geen emissie toegerekend aan de opslag van stapelbare mest, mits deze mest binnen twee weken van het pluimveebedrijf is afgevoerd. Tijdens deze periode van twee weken wordt de mestcontainer gevuld. Doorgaans zal er een voorziening getroffen zijn dat er geen neerslag in de mestcontainer terecht kan komen en dat de luchtverversing in de container minimaal is. In de praktijk blijkt dat, ondanks deze eisen en voorzieningen, er toch (aanzienlijke) broei kan optreden in deze mestcontainers. Ook uit onderzoek (Kroodsma et al., 1996; Hol et al., 1999)

blijkt dat broei in stapelbare mest binnen enkele dagen op gang komt (zowel met als zonder beluchting door de mest) en na twee weken stabiel kan zijn.

Indien de voorgedroogde bandmest langer dan twee weken op het kippenbedrijf wordt opgeslagen, geeft de UAV wel een emissiefactor voor opslag (zie tabel 6.6). In tabel 6.5 wordt een samenvatting gegeven van een inventarisatie van de NH₃-emissie tijdens opslag van stapelbare kippenmest. De ammoniakemissie tijdens de tweeweekse opslag varieerde tussen 21 tot 103 g NH₃-N/jaar per dierplaats. Het gemiddelde (63 g/jaar per dierplaats) komt redelijk overeen met de emissiefactor voor opslag volgens UAV (50 g/jaar per dierplaats).

Omdat opslag van strooiselmest op het kippenbedrijf niet of nauwelijks plaatsvindt, wordt de emissie uit strooiselmest van vleeskuikens verder niet behandeld.

De Bode (1990) mat een stikstofverlies door ammoniakemissie uit dunne kippenmest in een niet-afgedekte minisilo van 1% (over 66 dagen in de zomer) tot 3% (161 dagen in de winter) van de aanwezige stikstof. Afdekking met polystyreenschuim, een drijvende folie, een tentconstructie en golfplaten met daaronder een gasdichte folie verminderde de ammoniakemissie met 60 tot 80%. Het emissieniveau van een niet-afgedekte praktijksilo verschilde weinig van de emissie van de minisilo. Gezien de huidige wettelijke verplichting om mestsilos af te dekken, kan gesteld worden dat de ammoniakemissie gemiddeld genomen niet meer 1% van de aanwezige stikstof bedraagt.

Tabel 6.5 Samenvatting van ammoniakemissies tijdens opslag van kippenmest (Groot Koerkamp en Kroodsmas, 2000).

	Vleeskuikens Strooiselmest (55-65% ds)	Leghennen Stapelbare mest (40-60% d.s.)
Mestproductie (aanname)	1,275 kg / kuiken per ronde	75 g / dag per hen
NH ₃ -emissie (g NH ₃ / jaar per dierplaats): min./gem./max.	4,5 / 11 / 18	25 / 63 / 125
NH ₃ -emissie (g NH ₃ -N/jaar per dierplaats): min./gem./max.	3,7 / 9 / 15	21 / 51 / 103

Tabel 6.6 Omschrijving van de nageschakelde techniek en de ammoniakemissie in kg NH₃ per dierplaats per jaar voor huisvestingsystemen met code E 1.5. (opfokbennen) en E 2.5 (legkippen). De technieken van E 6.1. en E 6.2. mogen ook toegepast worden in combinatie met volièrestallen met mestbanddroging (E 1.7 / E 2.10) (Anon., 2000).

Code	Omschrijving	Emissiefactor	
		E 1.5.	E 2.5.
E 6.	Nageschakelde technieken, additioneel aan stalemissie E1.5 & E2.5	E 1.5.	E 2.5.
E 6.1.	Mestdroogstelsysteem met geperforeerd doek	0,010	0,015
E 6.2.	Droogtunnel met oppervlakedroging (dichte banden)	0,010	0,015
E 6.3.	Lucht uit een composteringsunit met chemische luchtwassing	0,003	0,005
E 6.4.	Overige opslag van mest	0,030	0,050

N.B.: De ammoniakemissie na luchtwassing (chemische wasser) is laag. Aangenomen wordt dat de NH₃-N wel uit de mest is maar wordt opgevangen in het zure waswater van de wasser en naderhand weer wordt toegevoegd aan de mest.

In tabel 6.6 wordt een overzicht gegeven van de ammoniakverliezen tijdens mestbewerking met drie nageschakelde technieken en tijdens de opslag van voor-gedroogde bandmest op het pluimveebedrijf volgens de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij UAV (Anon., 2000). Deze emissies zijn additioneel aan de stalemissies.

De ammoniakemissies van de nageschakelde technieken (E 6.1 tot en met 6.3) voor leghennen, zoals vermeld in tabel 6.6, zijn gebaseerd op langdurige emissiemetingen die in meer of mindere mate voldoen aan de eisen van de BRL. Onder code E 6.1 vallen bijvoorbeeld de zogenaamde perfo-mestdroogtunnels en het Heli-mestdroogstelsel. Onder code E 6.2 vallen de traditionele droogtunnels met zes tot acht lange, dichte banden boven elkaar.

De volgende kanttekeningen kunnen worden geplaatst bij tabel 6.6:

- De emissiefactoren vermeld in de UAV (Anon., 2000) voor opfokdieren (kolom E 1.5) zijn afgeleid van de emissiefactoren voor leghennen (kolom E 2.5), en zijn dus niet gemeten.
- De emissies van de nageschakelde technieken (E 6.1 en met name E 6.2) kunnen fors hoger zijn dan de emissiefactor in de UAV (Anon., 2000) aangeeft, indien de mest niet binnen 72 uur tot minimaal 70% droge stof wordt gedroogd. In de praktijk is het niet altijd goed controleerbaar of de mest voldoende en voldoende snel wordt gedroogd. Onder ongunstige omstandigheden zijn emissieniveaus gemeten aan een traditionele mestdroogtunnel in de range van 0,10 tot 0,15 kg/jaar per dierplaats (Demmers et al., 1992).
- Uit recent onderzoek is gebleken dat de emissie van een perfo-mestdroogtunnel ook lager kan zijn dan de in tabel 6.6 vermelde emissiefactor, namelijk 0,0021 kg/jaar per dierplaats (Huis in 't Veld et al., 1999).
- Het stikstofverlies uit de mest voor een composteringsunit met chemische wasser kan worden geschat op ca. 0,1 kg NH₃/jaar per dierplaats, ofwel 0,082 kg NH₃-N/jaar per dierplaats voor leghennen (een restemissie van maximaal 5 g en een wasrendement van 95% levert een bronemissie van 0,1 kg NH₃/jaar per dierplaats; Hol et al., 1999).
- De ammoniakemissie van de nageschakelde technieken volgens de UAV ligt in de range van 0,005 tot 0,100 kg NH₃/jaar per dierplaats, ofwel 0,004 tot 0,082 kg NH₃-N/jaar per dierplaats voor leghennen, afhankelijk van de gebruikte techniek. MINAS kent alleen voor opfokhennen en legkippen een huisvestingssysteem (mestbandbatterij met droging) waarbij een nageschakelde techniek voor extra droging erkend wordt. Dit betekent dat geen gasvormige stikstofverliezen kunnen worden toegerekend aan nageschakelde technieken achter volièrestallen voor opfokhennen, legkippen en ouderdieren van vleesrassen, terwijl deze combinaties, zeker in de toekomst bij omschakeling van batterijhuisvesting naar volièrehuisvesting, zullen gaan voorkomen. Ook traditionele scharrelstallen kunnen worden uitgerust met mestbanden en droging, waarbij ook extra droging mogelijk is.

Opslag van gedroogde kippenmest met 70-80% droge stof

De ammoniakemissie tijdens opslag van doorgedroogde leghennenmest met een drogestofgehalte van 70-80% is verwaarloosbaar klein. Voorwaarde is wel dat de mest homogeen droog is en droog blijft. Onderzoek van Klarenbeek (1990) bevestigt dit beeld, waarbij uit een opslag van strooiselmest een emissie werd gemeten ter grootte van 250 g NH₃ per 1000 kg mest. Dit is dus minder dan 2 g NH₃-N per dierplaats per jaar voor vleeskuikens (zie ook tabel 6.5) en dus minder dan 1% van de aanwezige stikstof.

Voedingseffecten

Het effect van de veranderende voersamenstelling over de periode 1998 – 2003 op de stikstofuitscheiding is weergegeven in tabel 6.7. De hoeveelheid uitgescheiden urinezuur zal met 10% dalen. De verwachting is dat het directe effect hiervan op de ammoniakemissie uit stallen en opslagen in de pluimveehouderij gering is. Het aandeel van de urinezuurstikstof bedraagt namelijk ca. 70% en urinezuur is de belangrijkste bron voor de ammoniakvorming in de mest. Een kleine verandering in het urinezuurgehalte van de mest zal echter nauwelijks een direct effect hebben op de ammoniakemissie, omdat de hoeveelheid urinezuur meestal niet de enige beperkende factor voor de grootte van de NH₃-vervluchtiging.

Tabel 6.7 Verwachte verandering van de stikstofuitscheiding van leghennen in 2003 ten opzichte van 1998 (Tamminga et al., 2000).

	1998	2003
Endogeen fecaal eiwit, kg N/dr/jr	0,175	0,175
Urinezuur, kg N/dr/jr	0,409	0,368
Urinezuur-N / eiwit-N verhouding	2,34	2,10

Het indirecte effect van de verlaging van het eiwitgehalte in het voer, en daarmee de stikstofuitscheiding door kippen kan echter aanzienlijk zijn. Een verlaging van de stikstofuitscheiding heeft bij kippen een verlagend effect op de wateropname, en daarmee op het drogestofgehalte van de uitgescheiden mest. Van Harn en Van Middelkoop (1996) vonden dit effect bij vleeskuikens, waarbij het stikstofgehalte in het voer werd verlaagd. Zij maten naast een productiedaling tevens een aanzienlijke verlaging van de ammoniakemissie als gevolg van het drogere strooisel.

Huisvestingssystemen met uitloop

Bij enkele huisvestingssystemen voor leghennen hebben de leghennen ook de mogelijkheid om naar buiten te gaan. Schattingen geven aan dat 10-20% van de uitgescheiden mest daardoor niet in de stal terechtkomt, maar in de uitloop (Kuijpers en Schiere, 1999).

6.4.2 Lachgas

Berges en Crutzen (1996) vonden in hun onderzoek dat de N₂O-emissie ca. 1% bedraagt van de NH₃ emissie voor leghennenstallen met vaste mest (huisvestings-systeem niet nader omschreven) en voor scharrelstallen (vaste mest en strooiselmest).

Groot Koerkamp en Uenk (1997) voerden onderzoek uit naar de gasvormige concentraties in en emissies uit praktijkstallen in Nederland. Zij vonden geen aantoonbaar verhoogde N_2O -concentraties in leghennenstallen met bandmest (gedroogd en wekelijks afgevoerd) en in vleeskuikenstallen (volledig strooisel). De emissie uit scharrelstallen voor leghennen (vaste mest in een beun die enigszins composteert en strooiselmest) bedroeg 4,8 g N_2O-N per dierplaats per jaar (5% leegstand). Dit is 0,7% van de uitgescheiden stikstof (0,684 kg N per dierplaats per jaar volgens Tamminga et al.).

Neser et al. (1997) vonden enigszins verhoogde N_2O -concentraties in de uitgaande lucht van een stal met bandbatterijen met mestdroging en een volièrestal. De emissie varieerde binnen een dag tussen ca. 0,7 en 5 g N_2O per dierplaats per jaar. Voor een scharrelstal vonden zij maximaal 0,15 g N_2O /uur per 500 kg levend gewicht, ofwel 3,2 g N_2O-N per dierplaats per jaar.

Sneath et al. (1996) rapporteerden N_2O -emissies uit batterij- en volièrestallen ter hoogte van 0,95 g/uur per 500 kg levend gewicht, ofwel 20,2 g N_2O-N per dierplaats per jaar. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het mestmanagement in beide huisvestingssystemen sterk afwijkt van gelijkbenoemde systemen in Nederland.

De Revised 1996 IPCC Guidelines hanteren de volgende default-waarden voor emissie van N_2O uit stallen en mestopslagen (Kroeze, 1997; Mosier et al., 1998):

- Dunne mest 0,1% (0-0,2) van de aanwezige N
- Vaste mest 2% (0,5-3) van de aanwezige N

Samenvattend, 2% emissie van N_2O-N voor huisvestingssystemen met vaste mest in een beun (enige compostering) komt overeen met de beschikbare meetgegevens. Bij huisvestingssystemen met actieve droging van de mest in de beun (met veel lucht), maar wel met langdurige opslag, zal veel minder compostering optreden (hetgeen de lagere ammoniakemissies bevestigen). Opgemerkt dient te worden dat lagere emissieniveaus niet eenvoudig meetbaar zijn vanwege de beperkte resolutie van de meetapparatuur en het hoge ventilatiedebiet in pluimveestallen.

Voor overige huisvestingssystemen (drijfmest, nattere strooiselmest bij vleeskuikens, zeer droog strooisel in volières en regelmatig afgevoerde bandmest) zijn geen experimentele gegevens beschikbaar. Voor deze mesten lijkt een N_2O -emissiepercentage van 0,1% een redelijke schatting gezien de anaërobe omstandigheden en / of korte verblijftijd in de stal van deze mestsoorten. Voor de huisvestingssystemen met natte mest (meestal te verwerken als drijfmest) en natter wordende mest tijdens de productieronde zoals bij vleeskuikens zijn ook hogere N_2O -emissies mogelijk. Omdat deze mestsoorten aanvankelijk redelijk droog zijn (vers uitgescheiden mest 22% droge stof; strooiselmest meer dan 70% droge stof) is toetreding van zuurstof goed mogelijk en wordt bacterieel leven niet of nauwelijks geremd. Het optreden van nitrificatie is dan waarschijnlijk, terwijl in een latere fase de omstandigheden in deze mesttypen gunstig zijn voor denitrificatie (drijfmest met drogestofgehalte van 15%, natter strooisel met drogestofgehalte <60%).

Er zijn geen experimentele gegevens van N₂O-emissies beschikbaar voor opslag en bewerking van kippenmest. Voor de opslag van kippendrijfmest kan voor de N₂O-emissie een vervluchtiging van 0,1% worden aangehouden. De N₂O-emissie bij extra droging van voorgedroogde leghennenmest (50-60% d.s.) tot 70-80% zal waarschijnlijk gering zijn (wel aëroob, maar vocht is al snel beperkend), waardoor een redelijke schatting van de vervluchtiging ca. 0,1% van de aanwezige stikstof zal bedragen.

6.4.3 Overige verliezen

Er zijn geen experimentele meetgegevens over emissies van NO en N₂ bekend voor Nederlandse stallen.

In droge kippenmest wordt weinig of geen nitraat aangetroffen (zowel direct aangetoond met verschil N_{kjeldahl} / N_{totaal}, als indirect via stabiele duplo's). Dit betekent dat of (a) nitrificatie nauwelijks optreedt in kippenmest, ondanks het zuurstofrijke milieu, of (b) denitrificatie veel sneller verloopt dan nitrificatie. Het is onduidelijk welk proces overheerst. Belemmerend voor nitrificatie zou kunnen zijn het hoge drogestofgehalte (40-60%) en de hoge concentratie ammoniak (ca. 2 g NH₃/kg bandmest of strooisel). In ieder geval is duidelijk dat de nitrificatiesnelheid een beperkende stap is voor de grootte van de emissies van NO, N₂O en N₂.

6.4.4 Balansen

In tabel 6.8 zijn de resultaten samengevat van de berekende stikstofverliezen op basis van N- en P-balansen van kippenbedrijven. De gegevens van de N- en P-balansen zijn gebaseerd op WUM-cijfers en data van Bureau Heffingen. Bij de interpretatie van de emissiepercentages op basis van de WUM-cijfers is van belang dat stikstofverliezen tijdens tijdelijke opslag van mest op het pluimveebedrijf niet zijn meegenomen. De N- en P-balansen geven aan dat de stikstofverliezen variëren tussen 12 en 29% voor natte mestsystemen, tussen 10 en 33% voor batterijsystemen met mestdroging, en tussen 48 en 63% voor huisvestingssystemen met strooisel. De stikstofverliezen voor vleeskuikens op strooisel zijn lager, en variëren tussen 32 en 42%. In het algemeen liggen de schattingen voor het emissiepercentage op basis van de twee stikstofbalansen dicht bij elkaar.

Tabel 6.8 Samenvatting van stikstofverliezen tijdens huisvesting, mestbewerking en opslag, berekend met behulp van N- en P-balansen van kippenbedrijven, als functie van diercategorie. De N- en P-balansen zijn samengesteld op basis van WUM-gegevens (N-balans 1; bijlage 9) en MINAS-gegevens (N-balans 2; bijlage 8) (-: geen gegevens).

Diercategorie	Huisvestingssysteem	Dier-	Mest-	N-verlies %	N-verlies %
(omschrijving)	(omschrijving)	Cat.	Code	N-balans 1	N-balans 2
Opfok legrassen	Batterij, dunne mest	300	30	-	29
Opfok legrassen	Deeppit, kanalenstal	300	31	-	-
Opfok legrassen	Mestbandbat. + droging	300	32	27	31
Opfok legrassen	Mestbandbat. + droging + extra droging	300	33	-	33
Opfok legrassen	Volledig roostervloer	300	34	-	-
Opfok legrassen	Ged. Rooster & volièrè	300	35	-	51
Opfok legrassen	Volledig strooisel	300	36	-	-
Legrassen	Batterij, dunne mest	301	30a	24	12
Legrassen	Deeppit, kanalenstal	301	31a	-	-
Legrassen	Mestbandbat. + droging	301	32a	10	21
Legrassen	Mestbandbat. + droging + extra droging	301	33a	-	31
Legrassen	Volledig roostervloer	301	34a	-	-
Legrassen	Ged. Rooster & volièrè	301	35a	48	57
Legrassen	Volledig strooisel	301	36a	-	-
Opfok vleesrassen	Volledig roostervloer	310	34b	-	-
Opfok vleesrassen	Gedeeltelijk roostervloer	310	35b	-	59
Opfok vleesrassen	Volledig strooisel	310	36b	-	-
Ouderdieren	Gedeeltelijk roostervloer	311	37	62	61
Ouderdieren	Volledig strooisel	311	38	62	63
Vleeskuikens	Alle bedrijfssystemen	312	39	33, 42	32

Van Harn en Van Middelkoop (1996) vonden voor twee afdelingen met vleeskuikens met respectievelijk een normaal en een verlaagd eiwitniveau in het voer, een tekort in de stikstofbalans van 6,8 en 7,4%. Dat wil zeggen dat in beide gevallen ca. 7% van de stikstofinput niet werd verklaard door groei van de dieren, stikstof in het strooisel en emissie van ammoniak.

Emous (1991a, 1991b, 1991c) vond voor vleeskuikens in verschillende typen huisvestingssystemen een ontbrekende afvoer van stikstof ter grootte van 0 tot 11% van de stikstofaanvoer. Een enkele keer was de afgevoerde hoeveelheid stikstof groter, dit bedroeg maximaal 3%.

Uit het onderzoek van Groot Koerkamp et al. (1995) kon worden afgeleid dat het via mestmonsters gemeten stikstofverlies uit strooisel in een volièrestal 20% lager was dan de gemeten ammoniakemissie (beiden langdurige metingen).

Lopend onderzoek bij opgeslagen kippenmest zal meer duidelijkheid geven of en in welke mate bemonsteringsmethoden invloed hebben op het sluitend krijgen van een fosfaatbalans onder gecontroleerde omstandigheden (Hoeksma, 2000).

6.5 Discussie en conclusies

De indeling en omschrijving van de diercategorieën binnen kippen volgens de Meststoffenwet en die volgens de UAV komen goed overeen. Bij de indelingen naar stalsystemen bestaan wel verschillen tussen de Meststoffenwet de UAV. De Meststoffenwet maakt onderscheid op basis van het mesttype (b.v. natte mest, gecomposteerde mest, voorgedroogde mest, strooiselmest), terwijl de UAV onderscheidt maakt op basis van de hoogte van de ammoniakuitstoot. Bij eenzelfde mesttype kunnen derhalve, door gebruik te maken van emissiereducerende technieken, meerdere huisvestingssystemen binnen de UAV voorkomen die toch eenzelfde mesttype hebben. Het verdient aanbeveling om te komen tot grotere uniformiteit in de wetgeving voor de te onderscheiden huisvestingssystemen.

Veranderingen in de samenstelling van het rantsoen heeft mogelijk een effect op de emissiepercentages. In de onderhavige studie was het niet mogelijk om een goede inschatting te maken van de effecten van rantsoenen op de emissiepercentages. Nader onderzoek zal moeten aangeven welke effecten wijzigingen van rantsoenen op de emissiepercentages heeft.

De met N/P-verhoudingen berekende stikstofverliezen variëren tussen 12 en 29% voor natte mestsystemen, tussen 10 en 33% voor batterijsystemen met mestdroging, en tussen 48 en 63% voor huisvestingssystemen met strooisel. De stikstofverliezen voor vleeskuikens op strooisel zijn lager, en variëren tussen 32 en 42%.

In biologische kippenhouderijen is steeds vaker sprake van huisvestingssystemen met uitloop. Hierdoor komt een deel van de mest en urine niet in de mestopslag terecht maar in de uitloop. Aanbevolen wordt om na te gaan hoeveel mest in de uitloop terechtkomt en dus niet wordt afgevoerd.

De in dit hoofdstuk weergegeven diercategorieën, huisvestingssystemen, emissiepercentages en – factoren voor NH_3 , N_2O , N_2 en NO worden in hoofdstuk 8 gebruikt om de gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen te berekenen, uitgaande van de N-excretie in 2003 volgens Tamminga et al. (2000). Ook worden in hoofdstuk 8 de N-verliezen berekend op basis van emissiepercentages vergeleken met N-verliezen berekend op basis van N- en P-balansen.

7 Overig vee

7.1 Beschrijving diercategorieën volgens MINAS en UAV

In tabel 7.1 is aangegeven voor welke diercategorieën, uitgaande van Anon. (1998) en Tamminga et al. (2000) ook omschrijvingen zijn opgenomen in de UAV en in hoeverre de omschrijvingen op elkaar aansluiten.

Uit dit overzicht blijkt dat er een discrepantie bestaat tussen de omschrijving van diercategorieën bij de beide beleidsinstrumenten. Die discrepantie wordt veroorzaakt door de achtergrond en doelstelling van dat instrument: de UAV let vooral op de huisvestingsvorm en MINAS op de mineralenuitscheiding per categorie in een bepaald bedrijfssysteem. Per diercategorie volgt een nadere toelichting in welke mate de MINAS-excretie-cijfers gekoppeld kunnen worden aan de ammoniakemissie zoals vastgesteld in de UAV.

Kalkoenen

Bij deze dieren sluiten de omschrijvingen precies bij elkaar aan.

Schappen

De beschrijving in de UAV sluit niet aan bij de MINAS-beschrijving. Categorie 550 betreft fokooien en lammeren tot aan de speenleeftijd. De UAV-beschrijving geldt voor alle schappen en betreft uiteraard alleen de stalperiode. Daarbij is er vanuit gegaan dat de schappen met de lammeren in de weide worden gehouden reeds voordat de lammeren 25 kg wegen. In deze studie wordt daarom de emissiewaarde uit de UAV toegepast op categorie 550.

Geiten

Ook bij de geiten is er verschil te constateren. Categorie 600 is voor melkgeiten inclusief de lammeren. Melkgeiten lammeren voor het eerst op 1 jarige leeftijd, dus dat is analoog aan de beschrijving in de UAV. Echter lammeren worden direct bij de melkgeiten weggehaald en blijven daar niet tot 10 kg gewicht. De omschrijving in de UAV is dus meer praktijkconform. Nochtans worden deze beschrijvingen aan elkaar gekoppeld.

Bij categorie 600 worden geitenlammeren en opfokgeiten zwaarder dan ca. 10 kg en bokken genoemd. Als de dieren ongeveer 10 kg zijn is de melkperiode ten einde. In de UAV worden twee categorieën onderscheiden. Opfokgeiten en afmestlammeren zijn op 60 dagen leeftijd ongeveer 12 kg (Schuiling, 2000). Ze worden in deze studie gelijk gesteld met de dieren van 10 kg (MINAS). Om voor MINAS-categorie 600 een bijbehorende emissie te berekenen, wordt de jaaremmissie verondersteld te zijn: de emissie van melkgeiten + de emissie van afmestlammeren van 0 t/m 60 dagen (uitgaande van 2 lammeren per geit en 60 dagen verblijftijd van de lammeren in de stal). Voor MINAS-categorie 601 wordt de UAV-waarde voor geiten ouder dan 1 jaar aangehouden.

Vossen

De vossenhouderij in Nederland is verboden. De bedrijven zijn aan het afbouwen. In Anon. (1998) worden nog 3 categorieën onderscheiden: 700, 701 en 702. Deze categorieën komen op hetzelfde bedrijf voor en de mest wordt op dezelfde manier opgeslagen en afgevoerd. In deze studie wordt een N-verlies percentage berekend voor categorie 700 en dit percentage wordt vervolgens toegepast op de categorieën 701 en 702. In de UAV worden zilvervossen en blauwvossen onderscheiden. Om tot één emissiewaarde voor de vossenhouderij te komen, wordt een gewogen gemiddelde genomen: ca. 15% zilvervossen en ca. 85% blauwvossen (NFE, 2000).

Nertsen

De nertsenhouderij wordt in Nederland in 2003 aan een politieke evaluatie onderworpen. In Anon. (1998) worden nog 3 categorieën onderscheiden: 750, 751 en 752. Deze categorieën komen op hetzelfde bedrijf voor en de mest wordt op dezelfde manier opgeslagen en afgevoerd. In deze studie wordt een N-verlies percentage berekend voor categorie 750 en dit percentage wordt vervolgens toegepast op de categorieën 751 en 752.

Eenden

De beschrijvingen uit beide beleidsinstrumenten komen met elkaar overeen.

Konijnen

In MINAS worden voedsters en rammen onderscheiden, terwijl de UAV beide categorieën samen neemt. In deze studie wordt de N-excretie van categorie 900 gekoppeld aan de UAV-waarde en wordt een verlies% berekend. Aangenomen wordt dat het verlies % uit categorie 900 kan worden toegepast op categorie 901. Categorie 902 en 903 worden in de UAV samengenomen tot vlees- en opfokkonijnen tot dekleeftijd. Aangenomen wordt dat voor beide categorieën de UAV-waarde kan worden toegepast.

Parelhoenders

De omschrijvingen sluiten op elkaar aan. Voor parelhoenders is geen excretiewaarde gegeven in Tamminga et al. (2000) en ook niet in Anon. (1998). Westhoek (2000) geeft een N-excretie van gemiddeld 0,664 kg N per dier.

Tabel 7.1 Diverse diercategorieën genoemd in MINAS en de UAV

MINAS		UAV
Kalkoenen		
200	Hennen en hanen voor de productie van broedeieren, ca. 0-6 weken, gehouden op een quarantainebedrijf	Ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok van 0 tot 6 weken
201	Hennen en hanen voor de productie van broedeieren, ca. 6-30 weken, gehouden op een opfokbedrijf	Ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok van 6 tot 30 weken
202	Hennen en hanen voor de productie van broedeieren, ca. 30 weken en ouder	Ouderdieren van vleeskalkoenen van 30 weken en ouder
210	Vleeskalkoenen, vanaf opzetten tot afleveren	Vleeskalkoenen Gedeeltelijk verhoogde strooiselvloer Overige bedrijven
Schapen		
550	Fokschapen (incl. lammeren tot ca. 25 kg), alle ooiën die tenminste eenmaal hebben gelammerd	Schapen, ouder dan 1 jaar, incl. lammeren tot 45 kg
551	Overige schapen: alle lammeren zwaarder dan 25 kg, alle fokrammen en overhouders	
Geiten		
600	Melkgeiten (incl. lammeren tot ca. 10 kg), alle geiten die tenminste eenmaal hebben gelammerd	- Geiten ouder dan 1 jaar - Opfokgeiten en afmestlammeren van 0 t/m 60 dagen
601	Overige geiten: geitenlammeren en opfokgeiten zwaarder dan ca. 10 kg en bokken	Opfokgeiten van 61 dagen t/m 1 jaar
Vossen		
700	Fokmoeren (incl. niet gespeende pups), die tenminste eenmaal zijn gedekt	Zilvervossen, incl. rekels en pups Blauwvossen, incl. rekels en pups
701	Fokrekels	
702	Pups, alle jongen dieren tot een leeftijd van ca. 8 maanden	
Nertsen		
750	Fokteven (incl. niet gespeende pups), die tenminste eenmaal zijn gedekt	Fokteven, incl. reuen en pups Open mestopslag onder kooi Dagontmesting met afvoer naar een gesloten opslag (Groen Label)
751	Fokreuen	
752	Pups, alle jongen dieren tot een leeftijd van ca. 8 maanden	
Eenden		
800	Ouderdieren van vleeseenden, opfok en leg	Ouderdieren van vleeseenden van 0 tot 24 maanden
801	Vleeseenden, die worden gehouden voor de slacht	Vleeseenden
Konijnen		
900	Voedsters (incl. niet gespeende jongen), die tenminste eenmaal zijn gedekt	Voedster incl. 0,15 ram en jongen tot spenen
901	Fokrammen bestemd voor het fokken van vleeskonijnen	
902	Opfokkonijnen: jonge, nog niet dekrijpe konijnen voor de fokkerij, vanaf ca. 80 dagen tot 1 ^e dekking	Vlees- en opfokkonijnen tot dekleeftijd
903	Vleeskonijnen (incl. opfokkonijnen tot ca. 80 dagen), vanaf spenen tot ca. 80 dagen	
Parelhoenders ¹⁾		
951	Parelhoenders	Parelhoenders voor de vleesproductie

¹⁾ Deze dieren zijn in de herziene Meststoffenwet (2000) opgenomen

7.2 Beschrijving belangrijkste stalsystemen en mestopslagsystemen

Kalkoenen

Bij de vleeskalkoenen (categorie 210) worden twee stalsystemen onderscheiden: de gedeeltelijk verhoogde strooiselvloer en de overige bedrijven (dat wil zeggen op strooisel/krullen op de dichte betonnen vloer). De gedeeltelijk verhoogde strooiselvloer komt maar op 5% van de bedrijven voor (Veldkamp, 2000). Verwacht wordt dat deze ontwikkeling niet doorzet vanwege technische problemen (doek gaat snel stuk vanwege de zware dieren en veel stofproductie). Momenteel is er een ander emissie-arm systeem in ontwikkeling (Veldkamp, 2000). Alleen de emissie voor overige bedrijven wordt in deze studie meegenomen. Kalkoenenmest wordt over het algemeen direct van het bedrijf afgevoerd naar de kopakker bij de akkerbouwer of (meer in de toekomst) naar mestbewerkingslocaties.

Schappen

Schappen worden uitsluitend in de winter, tijdens het aflammerseizoen, binnen gehouden in strossallen. De overige tijd lopen ze in de wei. Uitgangspunt is 90 dagen op stal en 275 dagen buiten bij categorie 550. Bij de overige schappen (alle lammeren zwaarder dan 25 kg, alle fokrammen en overhouders) uit categorie 551 is verondersteld dat ze continue in de weide lopen. Er is dus geen stalemissie. De emissie in de weideperiode wordt op basis van de studie van Jarvis et al. (1991) verondersteld lager te zijn dan die bij rundvee. Er wordt aangenomen dat 6% van de in de weide uitgescheiden N als NH₃ vervluchtigt.

Geiten

Geiten worden veelal in strossallen gehouden, die steeds worden bijgestrooid. De huisvesting lijkt op potstallen. Een klein aantal bedrijven heeft huisvesting op roosters (ca. 5%). Dit laatste huisvestingstype is niet populair in de sector en is vanuit oogpunt van dierenwelzijn ook niet gewenst. In deze studie worden – in het licht van 2003 - dus alleen strooiselstallen meegenomen. De vaste mest wordt verondersteld voor 25% op het bedrijf opgeslagen te worden.

Er is in deze studie een aparte berekening gemaakt voor geiten die overdag buiten worden geweid. Dit geldt voor de biologische houderij. De nieuwe EU-regeling van augustus 2000 stelt voor biologisch gehouden herbivoren weidegang verplicht. Voor deze studie is aangenomen dat geiten 10% van hun tijd buiten doorbrengen en dat dus ook 10% van de mest in de weide terecht komt. Er wordt aangenomen dat de NH₃-vervluchtiging bij beweiding van geiten hetzelfde als die van schappen; 6 procent van de N-excretie.

Vossen

Vossen worden uitsluitend gehouden in kooien. Er vindt dan ook geen differentiatie plaats naar huisvestingssysteem.

Nertsen

Ook nertsen worden in kooien gehouden met een open mestopslag onder de kooi. Er is in de UAV ook een Groen Label systeem opgenomen: dagontmesting met afvoer naar

een gesloten opslag. Dit systeem komt veel voor op praktijkbedrijven (De Buisonjé, 2000) en zal in 2003 algemeen toegepast zijn. Beide huisvestingsystemen worden in deze studie meegenomen voor de fokteven. Eén à twee keer per jaar wordt de mest afgevoerd. In de berekeningen is aangenomen dat 50% van de mest in de gesloten opslag op het bedrijf aanwezig is, indien dagontmesting wordt toegepast.

Eenden

In 1998 is het buiten houden van eenden niet meer toegestaan. Momenteel hebben nog enkele bedrijven de eenden buiten, maar dat zal in 2003 niet meer plaatsvinden. In deze studie wordt alleen gerekend met binnenhuisvesting op stro, waar 5-7 dieren per m² worden gehouden. In dergelijke stallen worden de dieren op een dikke laag strooisel gehouden. Dagelijks wordt er bijgestrooid. Eendenmest wordt niet op het bedrijf opgeslagen, maar direct afgevoerd naar de plaats van aanwending (kopakker).

Konijnen

Bij de konijnenhouderij wordt uitgegaan van huisvesting in kooien en opslag van mest onder de kooien in dieppit-stallen. Als deze putten vol zijn wordt de mest direct naar de eindbestemming afgevoerd en wordt dus niet op het bedrijf opgeslagen.

Parelhoenders

Parelhoenders worden gehouden op strooisel, vergelijkbaar met vleeskuikens. MINAS geeft het verlies weer in kg N per gemiddeld aanwezig dier per jaar. De UAV drukt de ammoniakemissie uit in kg NH₃ per dierplaats per jaar. Om deze cijfers te koppelen dient er behalve de factor 14/17 (omrekening N en NH₃) tevens gecorrigeerd te worden voor de bezettingsgraad in de stallen. De bezetting is genomen uit Van der Hoek et al. (1999). Per diercategorie uit de UAV is de ammoniakemissie en bezettingsgraad (tabel 7.2).

Tabel 7.2 Ammoniakemissies en bezettingsgraad voor de diercategorieën genoemd in de UAV.

Diersoort	UAV-omschrijving	Ammoniak-emissie in kg NH ₃ /dierplaats/jaar	Bezettingsgraad
Kalkoenen	Ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok van 0 tot 6 weken	0,15	0,75
	Ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok van 6 tot 30 weken	0,47	0,923
	Ouderdieren van vleeskalkoenen van 30 weken en ouder	0,59	0,857
	Vleeskalkoenen	0,68	0,913
Schape	Schape, ouder dan 1 jaar, incl. lammeren tot 45 kg	0,7	1,0
Geiten	Geiten ouder dan 1 jaar	1,9	0,9
	Opfokgeiten van 61 dagen t/m 1 jaar	0,8	0,9
	Opfokgeiten en afmestlammeren van 0 t/m 60 dagen	0,2	0,8
Vossen	Zilvervossen, incl. rekels en pups	1,35	0,9 ^{a)}
	Blauwvossen, incl. rekels en pups	2,70	0,9 ^{a)}
Nertsen	Fokteven, incl. reuen en pups, open mestopslag	0,58	0,9
	Fokteven, incl. reuen en pups, dagontmesting, Groen Label	0,25	0,9
Eenden	Ouderdieren van vleeseenden van 0 tot 24 maanden	0,32	0,942
	Vleeseenden	0,21	0,839
Konijnen	Voedster incl. 0,15 ram en jongen tot spenen	1,2	0,9
	Vlees- en opfokkonijnen tot dekleeftijd	0,2	0,75
Parelhoenders	Parelhoenders voor de vleesproductie	0,05	0,75

^{a)} Bezetting is niet gegeven in Van der Hoek et al. (1999); is gelijkgesteld met die van nertsen

7.3 Literatuuroverzicht van stikstofverliezen in stallen en mestopslagen

7.3.1 Ammoniak

De UAV-cijfers voor eenden, konijnen, kalkoenen en nertsen zijn (gedeeltelijk) gebaseerd op metingen in stalleen. De UAV-cijfers voor geiten, schapen, parelhoenders en vossen zijn vastgesteld op basis van de N-excreties. In een studie van Montsma & Groenestein (1993) bedroeg de ammoniakemissie uit een conventionele konijnenstal 0,14 - 0,23 kg NH₃ per vleeskonijn per jaar. In een studie van Wever en Hol (1999) bedroeg de ammoniakemissie uit conventionele stallen met vleeseenden 0,20 – 0,25 kg NH₃ per dierplaats per jaar.

7.3.2 Lachgas

Er zijn geen onderzoeksgegevens bekend.

7.3.3 Overige verliezen

Over de hoogte van de NO- en N₂-emissie ontbreken meetgegevens.

7.3.4 Balansen

In de literatuur worden weinig N-balansen over een stal of mestopslag genoemd. Ketelaars en Van der Meer (1999) rekenen in een internationale studie met een gemiddelde waarde en een bandbreedte voor het N-verlies ten opzichte van de N-excretie. Voor een aantal diersoorten is dat weergegeven in tabel 7.3. Berekeningen van Bruins et al. van de N-verliezen met behulp van N/P-balansen (bijlage 8) staan in tabel 7.4 weergegeven.

Tabel 7.3. Schatting van N-verliezen (in % van N-excretie) op basis van balansen en emissiemetingen uit de literatuur (Ketelaars en Van der Meer, 1999) en volgens balansberekeningen van Van der Hoek (bijlage 9).

Diersoort	Ketelaars en Van der Meer, 1999	Van der Hoek (bijlage 9)
Vleeskalkoenen	35 (25-46)	42
Schapen	15	40 ¹
Geiten	20	49
Nertsen	72	54-65
Eenden	45 (32-59)	55
Konijnen	40	37-45

¹N-verliezen gebaseerd op N-excretie in de stal; niet op totale N-excretie. N-verlies op basis totale N-excretie is 7% (inclusief lammeren).

Tabel 7.4. Schattingen van gasvormige N-verliezen op basis van balansberekeningen (Bruins et al., bijlage 8).

Cat.	Omschrijving	Mestcode	N-excretie in 2003 kg N/dier/jaar	N-verlies	
				% van N excretie	kg N/dier/jaar
200	kalkoenhen/haan < 6 wk	20	0,591	45,3	0,27
201	kalkoen 6-30 wk	21	2,08	45,2	0,94
202	kalkoen > 30 wk	22	2,73	45,2	1,24
210	vleeskalkoen	23	1,92	48,5	0,93
550	schaap	56	13,3	9,6	1,29
551	overig schaaap weide	56	10,9	0	0
600	geit	61	14,2	37,5	5,33
601	overig geit	61	9,4	37,5	3,50
700	fokmoer vos	70	4,28	43,6	1,87
701	fokrekel vos	70	3,46	44,2	1,53
702	pup vos	70	3,01	42,7	1,28
750	fokteef nerts	75	1,28	64,5	0,77
751	fokreu nerts	75	1,48	60,1	0,89
752	pup nerts	75	1,05	60,1	0,63
750	fokteef nerts	75A	1,28	28,7	0,37
751	fokreu nerts	75A	1,48	28,8	0,43
752	pup nerts	75A	1,05	28,8	0,30
800	vleeseend ouderdier	80	1,24	23,0	0,29
801	vleeseend	80	0,948	49,4	0,47
900	voedster konijn	90	2,56	51,5	1,32
901	fokram konijn	90	1,58	52,3	0,83
902	opfokkonijn 80 dgn - dek	90	1,43	51,7	0,74
903	vleeskonijn	90	0,703	46,3	0,33

De gegevens uit tabel 7.4 laat voor hokdieren een grote variatie zien (23% voor vleeseenden ouderdieren tot 60% bij nertsen). De grote verliezen bij de nertsenhouderij worden waarschijnlijk veroorzaakt door een open mestopslag onder de kooien op de grond. Er kunnen dan grote verliezen optreden via de weggesijpelde gier (dit zijn dus geen gasvormige verliezen). De balansen voor de nertsen worden dus minder betrouwbaar geacht. Dit wordt versterkt door de moeilijk uit te voeren monsternamen in nertsenmest vanwege de aanwezige botresten.

7.4 Discussie en conclusies

Bij het samenstellen van tabel 7.1 bleek een discrepantie tussen de omschrijving van diercategorieën binnen MINAS en de typering van diercategorieën in combinatie met huisvestingssystemen voor de emissiefactoren (UAV). Deze discrepantie komt hoofdzakelijk tot uitdrukking bij de schapen, de geiten, de vossen, de nertsen en de konijnen. Hierdoor moesten bepaalde aannames worden gedaan, die mogelijk effect hebben gehad op de uiteindelijke berekeningen. Het verdient derhalve aanbeveling om te komen tot grotere uniformiteit voor diercategorieën voor emissiepercentages.

De door Bruins et al. (bijlage 8) berekende verliezen zijn, uitgezonderd voor de nertsenhouderij, hoger dan die van Ketelaars & Van der Meer (1991). De gegevens

van Van der Hoek (bijlage 9) komen in het algemeen goed overeen met die van Bruins et al. (bijlage 8). De enige categorie waarbij een discrepantie bestaat tussen de balans-berekeningen zijn de geiten: 20% bij Ketelaars en Van der Meer (1999), 49% bij Van der Hoek (bijlage 9) en 38% bij Bruins et al. (bijlage 8). Het is niet duidelijk waardoor dit verschil wordt veroorzaakt; mogelijk zou al dan niet weidegang een rol kunnen spelen.

Bij enkele categorieën van overige diersoorten (geiten, schapen, parelhoenders en vossen) ontbreken gegevens over directe metingen van de ammoniakemissie. Gegevens over de emissies van N_2O , NO en N_2 werden niet gevonden. Nader onderzoek naar emissies en N-verliezen is dan ook gewenst. Aan de hand van toekomstig onderzoek wordt niet uitgesloten dat de emissiepercentages in de toekomst gewijzigd dienen te worden.

De in dit hoofdstuk weergegeven diercategorieën, huisvestingssystemen en emissiepercentages voor NH_3 , N_2O , N_2 en NO worden in hoofdstuk 8 gebruikt om de gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen te berekenen, uitgaande van de N-excretie in 2003 volgens Tamminga et al. (2000). In hoofdstuk 8 worden de met emissiepercentages berekende N-verliezen vergeleken met de met N/P-balansen berekende N-verliezen.

8 Discussie en synthese

Er is een grote verscheidenheid aan huisvestingssystemen, mestopslagsystemen, mestsoorten, mestbehandeling en in de duur van de mestopslag. Deze grote verscheidenheid leidt tot een grote variatie in de grootte van de gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen.

In de hoofdstukken 4 tot en met 7 zijn de beschikbare resultaten uit de literatuur van metingen en berekeningen van de stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen voor de diercategorieën rundvee, varkens, kippen en overig vee gepresenteerd. In dit hoofdstuk worden de literatuurresultaten geaggregeerd en worden per diercategorie en huisvestingssysteem emissiepercentages voor NH_3 , NO , N_2O en N_2 afgeleid. Per diercategorie en huisvestingssysteem zijn vervolgens de totale stikstofverliezen berekend, op basis van de bruto-stikstofuitscheiding per diercategorie volgens Tamminga et al. (2000). De daarbij gehanteerde uitgangspunten en rekenregels voor stikstofverliezen door ammoniakvervluchtiging en door (de)nitrificatie worden in de hiernavolgende paragrafen eerst beknopt toegelicht in respectievelijk paragraaf 8.1 en paragraaf 8.2. In paragrafen 8.3 t/m 8.6 worden de resultaten toegelicht voor de hoofdcategorieën rundvee, varkens, kippen en overige vee. In paragraaf 8.7 tenslotte worden de conclusies en aanbevelingen opgesomd.

8.1 Uitgangspunten bij de berekening van de vervluchtiging van NH_3

De stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen door NH_3 -vervluchtiging zijn berekend op basis van de emissiefactoren vermeld in de Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (Anon., 1999), gecorrigeerd voor veranderingen in bruto-stikstofuitscheiding per diercategorie volgens Tamminga et al. (2000) (zie ook de hoofdstukken 3 en 4 t/m 7). Daarbij zijn bij sommige diercategorieën enkele huisvestingssystemen geaggregeerd. Voor ontbrekende diercategorieën en stal-systemen zijn schattingen gemaakt. De emissiefactoren voor vleeskuikens uit de UAV zijn aangepast, op basis van recente metingen en inzichten.

Algemeen geldt dat stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen door NH_3 -vervluchtiging een functie zijn van:

- het N-gehalte en vooral het NH_4^+ -gehalte van de mest
- de pH van de mest
- drogestofgehalte van de mest, toevoeging van stro
- oppervlak van de mestopslag en met mest bevuilde looproosters en loopvloer
- ventilatie in stal en mestopslag
- temperatuur in stal en mestopslag
- bewaarduur van de mest
- luchtwassers en mestbehandeling

In onderstaande paragrafen is beknopt aangegeven of en zo ja hoe met deze effecten rekening is gehouden.

8.1.1 Het N-gehalte en het NH_4^+ -gehalte van de mest

Uit literatuurgegevens volgt dat de NH_3 -vervluchtiging proportioneel is met het NH_4^+ -gehalte van de mest; hoe hoger het NH_4^+ -gehalte hoe groter de NH_3 -vervluchtiging. Er wordt een lineair verband verondersteld (eerste-order-reactie). Het NH_4^+ -gehalte is een functie van het stikstofgehalte van de mest. Hoewel het verband tussen het stikstofgehalte en het NH_4^+ -gehalte in de mest niet lineair is, wordt in de onderhavige studie aangenomen dat de NH_3 -vervluchtiging lineair gerelateerd is aan het stikstofgehalte van de mest. Er wordt dus verondersteld dat het percentage stikstof dat door NH_3 -vervluchtiging verloren gaat constant is. Dit percentage verschilt wel per diercategorie, omdat de verhouding tussen de stikstofverbindingen in de mest (Tabel 2.1), de initiële pH en viscositeit van de mest sterk (kunnen) verschillen tussen diercategorieën.

8.1.2 De pH van de mest

De pH van mest in stallen en mestopslagen schommelt rond 7,5. Bij die pH treedt NH_3 -vervluchtiging op, afhankelijk van het NH_4^+ -gehalte, temperatuur, windsnelheid, etc. De stabilisering van de pH rond 7,5 heeft te maken met de ionenbalans van de mest en de urine en vooral ook met de hydrolyse van ureum en urinezuur. Bij de hydrolyse wordt bicarbonaat (HCO_3^-) en ammonium (NH_4^+) gevormd en de pH van de mest wordt dan bepaald door de chemische evenwichten van carbonaat ($\text{CO}_2 / \text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$) en ammonium ($\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$). Door CO_2 -vervluchtiging stijgt de pH, door NH_3 -vervluchtiging daalt de pH. Dat zorgt er voor dat de pH van de mest schommelt tussen 6,7 en 8,3 en gemiddeld 7,5 is. Het betekent ook dat elk ammoniak molecuul dat vervluchtigt, de kans van resterende ammonium moleculen om te vervluchtigen doet verminderen. Wijzigingen in rantsoensamenstelling kunnen de pH van de uitgescheiden urine verlagen tot minder dan 6,0 en experimenten hebben aangetoond dat hierdoor de NH_3 -vervluchtiging wordt verminderd. De effecten van mogelijke variaties in de pH van de mest, door variaties in het rantsoen, op de grootte van de NH_3 -vervluchtiging zijn niet expliciet meegenomen bij de berekening van de NH_3 -vervluchtiging.

8.1.3 Drogestofgehalte van de mest, toevoeging van stro

Ammoniakvervluchtiging impliceert de overgang van NH_4^+ naar NH_3 in de waterige fase en van NH_3 in de waterige fase naar NH_3 in de dampfase. Als de mest droog is stopt het proces, omdat er (vrijwel) geen NH_4^+ en NH_3 in de waterige fase zit. Dat betekent dat uit gedroogde mest (vrijwel) geen NH_3 vervluchtigt. In de onderhavige studie wordt derhalve onderscheid gemaakt tussen 'droge mest' met een drogestofgehalte van meer dan 50% en 'natte mest' met een drogestofgehalte van minder dan

50%. Opgemerkt wordt dat de mest bij uitscheiding door het dier veel minder dan 50% drogestof bevat en dat tussen het moment van uitscheiding en drogen tot een drogestofgehalte van >50 % wel NH₃-vervluchtiging optreedt.

Resultaten in de literatuur geven aan dat toevoeging van stro in de stal de NH₃-vervluchtiging kan vergroten, door vergroting van het oppervlak waar NH₃-vervluchtiging kan plaatsvinden, maar ook kan verminderen, doordat het stro de mest kan bedekken (zie hoofdstukken 4 tot en met 7). In de onderhavige studie wordt aangenomen dat stro geen specifiek effect heeft op de NH₃-vervluchtiging, dus geen effect anders dan door de emissiefactoren in de UAV reeds is verdisconteerd.

8.1.4 Oppervlak van de mestopslag en met mestbevulde looproosters en loopvloer

Stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen via NH₃-vervluchtiging zijn proportioneel met het oppervlak van de mestopslag en met mestbevulde looproosters en loopvloer. In de stallen die voldoen aan Groen Label en aan het instrument Stimulans Duurzame Landbouw wordt daar mede op ingespeeld; vermindering van het oppervlak is een manier om de NH₃-vervluchtiging te verminderen. In de UAV komt het effect van vloeroppervlak op de grootte van de NH₃-vervluchtiging ook duidelijk tot uiting.

Studies van onder meer Aarnink (1997) geven aan dat vermindering van het oppervlak roosters en loopruimte met 50 % de NH₃-vervluchtiging vermindert met 25%. Dit betekent dat een verdubbeling van de loopruimte van het vee de NH₃-vervluchtiging met een factor 1,5 doet toenemen. In de UAV en dus ook in deze studie is hier expliciet rekening meegehouden.

Voor mestopslagen buiten de stal is het verband lineair; d.w.z. verdubbeling van het oppervlak geeft een verdubbeling van de NH₃-vervluchtiging (zie hoofdstuk 2.3). Maar omdat mestopslagen buiten de stal standaardafmetingen hebben voor wat betreft oppervlakte en hoogte (of diepte), wordt hier verder geen rekening mee gehouden.

8.1.5 Ventilatie in stal en mestopslag

Ventilatie en luchtstroming boven het mestoppervlak heeft een dominant effect op de grootte van de stikstofverliezen door NH₃-vervluchtiging. Zonder interactie en uitwisseling met de buitenlucht is de NH₃-vervluchtiging nihil. Dit is bijvoorbeeld de situatie in goedoverkapte mestopslagen. Omdat er altijd enige ventilatie nodig is om gevaar voor ontploffing door accumulatie van methaan (CH₄) te voorkomen, ontsnapt er altijd enig NH₃. Deze hoeveelheid is in de onderhavige studie gesteld op gemiddeld 1 tot 2% van de aanwezige hoeveelheid stikstof in de mest. Dit is in

overeenstemming de schatting die hiervoor wordt gegeven in Steenvoorden et al., (1999).

Ook in stallen heeft ventilatie en luchtstroming boven het mestoppervlak een dominant effect op de grootte van de stikstofverliezen door NH_3 -vervluchtiging. In de UAV wordt hier expliciet rekening mee gehouden, vooral bij pluimveestallen met geforceerde droging van mest.

In de praktijk overheersen de natuurlijk geventileerde stallen; d.w.z. stallen met openingen aan de zijkanten en nok en met deuren die door de boer worden bediend al naar gelang de temperatuur en werkzaamheden in de stal. De wijze van ventilatie draagt zeker bij aan de grootte van de NH_3 -vervluchtiging, maar in de onderhavige studie is daar geen rekening mee gehouden. Metingen die zijn verricht in mechanisch geventileerde stallen geven aan dat de variatie in NH_3 -vervluchtiging in dat staltype van vergelijkbare orde is als die in natuurlijk geventileerde stallen. Op basis van deze overwegingen wordt in de onderhavige studie geen rekening gehouden met de mogelijke effecten van veranderingen in ventilatie op de grootte van de NH_3 -vervluchtiging.

8.1.6 Temperatuur in stal en mestopslag

De temperatuur heeft effect op de grootte van de evenredigheidsconstanten van de evenwichten tussen $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ en $\text{NH}_3(\text{aq})$, $\text{NH}_3(\text{aq})$ en $\text{NH}_3(\text{g,mest})$ en tussen $\text{NH}_3(\text{g,mest})$ en $\text{NH}_3(\text{g, atmosfeer})$. Hoe hoger de temperatuur hoe groter de neiging tot NH_3 -vervluchtiging. De temperatuur in de stal heeft direct en indirect ook invloed op de ventilatie. De directe invloed vloeit voort uit de luchtcirculatie ten gevolge van temperatuurverschillen in de stal en tussen stal en buitenlucht. De indirecte invloed wordt teweeggebracht door de boer; bij kou en vorst wordt de ventilatie beperkt; bij hoge temperaturen in de zomer wordt juist gezorgd voor veel ventilatie.

Het effect van temperatuur op de NH_3 -vervluchtiging komt onder andere tot uiting in de verschillen tussen de NH_3 -emissiepercentages voor rundvee en varkens. Per gewichtseenheid stikstof is de emissie bij varkens globaal een factor 2 hoger dan bij rundvee, onder andere (maar niet alleen) door de gemiddeld veel hogere temperatuur in varkenstallen ten opzichte van rundveestallen.

8.1.7 Bewaarduur van de mest

Onder optimale omstandigheden verloopt het proces van NH_3 -vervluchtiging snel. In een dag kan wel 50% van de ureumstikstof in uitgescheiden urine vervluchtigen. Naarmate de blootstelling voortduurt, neemt de NH_3 -vervluchtiging af, omdat het NH_4^+ -gehalte afneemt en omdat door de NH_3 -vervluchtiging de pH van de mest daalt. Onder deze omstandigheden leidt verdubbeling van de duur van de blootstelling van de mest en urine aan NH_3 -vervluchtiging dus niet tot een

verdubbeling van de NH_3 -vervluchtiging. Geheel anders is de situatie wanneer de omstandigheden voor NH_3 -vervluchtiging niet gunstig zijn, bijvoorbeeld door overkapping van de mestopslag of door een lage temperatuur. In dit geval neemt de totale NH_3 -vervluchtiging wel proportioneel toe met de duur van de mestopslag. Dit geldt dus voor mestopslagen buiten stallen. Echter, deze mestopslagen zijn het gehele jaar geheel of gedeeltelijk gevuld. Daardoor vindt er continue NH_3 -vervluchtiging plaats, ongeacht de bewaarduur van de mest. Op basis van deze overwegingen is de bewaarduur van de mest in de mestopslag niet expliciet bij de schatting van stikstofverliezen door NH_3 -vervluchtiging uit mestopslagen meegenomen.

In de praktijk vindt een snelle NH_3 -vervluchtiging plaats op loop- en roostervloeren, en in grupstallen. Alleen door de mest en urine meteen af te voeren, kan de NH_3 -vervluchtiging daar worden beperkt. Dat wordt onder andere beoogd in emissiearme stallen. In de gangbare stallen vindt echter een relatief grote NH_3 -vervluchtiging plaats die onafhankelijk is van de bewaarduur van de mest. Voor dunne mest in de mestopslag onder de roosters gelden dezelfde overwegingen als hiervoor bij mestopslagen buiten de stal zijn gegeven; deze mestopslagen zijn het gehele jaar geheel of gedeeltelijk gevuld. Daardoor vindt er continue NH_3 -vervluchtiging plaats, ongeacht de bewaarduur van de mest. Op basis van deze overwegingen wordt in de onderhavige studie het effect van de bewaarduur van de mest niet expliciet bij de schatting van stikstofverliezen door NH_3 -vervluchtiging uit mestopslagen in de stal meegenomen.

8.1.8 Luchtwassers en mestbehandeling

In mechanisch geventileerde stallen kan de NH_3 relatief eenvoudig uit de uitgaande luchtstroom worden gestript door chemische of biologische luchtwassers. Daardoor wordt de uitstoot van NH_3 uit de stal naar het milieu aanmerkelijk beperkt. De opgevangen NH_3 wordt ofwel weer toegevoegd aan de mest of verspreid over het land (bij chemische luchtwassers). Bij biologische luchtwassers wordt de NH_3 genitrificeerd en vervolgens gedenitrificeerd tot stikstofgas (N_2). Biologische luchtwassers hebben dus geen effect op de totale stikstofverliezen stallen en mestopslagen; zij zetten NH_3 om in N_2 en ook NO en N_2O die ontwijken naar de atmosfeer. Bij chemische luchtwassers kan de opgevangen NH_3 worden hergebruikt. In de onderhavige studie wordt uitgegaan dat de stikstof die met chemische luchtwassers wordt opgevangen weer aan de afgevoerde mest wordt toegediend. Mestbehandeling wordt gezien als een bewerking die optreedt na 'ex-storage', dus na opslag.

8.2 Uitgangspunten bij de berekening van de vervluchtiging van NO , N_2O en N_2

Stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen door (de)nitrificatie vinden plaats in de vorm van NO en N_2O en N_2 . Zoals in de hoofdstukken 2 tot en met 7 is aangegeven zijn er weinig meetresultaten voor stallen en mestopslagen beschikbaar. De meeste

resultaten zijn beschikbaar voor N_2O , omdat er speciale belangstelling is voor dit broeikasgas. Voor N_2 zijn helemaal geen meetresultaten beschikbaar. Om meetresultaten van N_2O om te kunnen rekenen naar emissies van NO en N_2 worden in de onderhavige studie, op basis van literatuurgegevens en stikstofbalansen, de volgende uitgangspunten gehanteerd:

1. de emissie van NO is gelijk aan de emissie van N_2O , en
2. de emissie van N_2 is 1 tot 10 keer zo groot als de emissie van N_2O , afhankelijk van de N_2O -emissie.

Stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen door (de)nitrificatie zijn een functie van:

- De aëratie van de mest (=droge mest);
- Het N en NH_4^+ gehalte van de mest
- De pH van de mest
- De temperatuur in stal en mestopslag
- De bewaarduur van de mest
- Luchtwassers en mestbehandeling

In onderstaande paragrafen is beknopt aangegeven of en zo ja hoe met deze effecten rekening is gehouden.

8.2.1 De aëratie van de mest

Aëratie heeft een dominante invloed op stikstofverliezen door (de)nitrificatie; zonder (partiële) aëratie geen stikstofverliezen door (de)nitrificatie. Mest en urine zijn bij uitscheiding anaëroob en door de grote biologische en chemische zuurstofvraag van de mest blijft de dunne mest tijdens opslag lange tijd anaëroob. Nitrificatie kan daardoor alleen optreden in een uiterst dun laagje aan het oppervlak van de mest. Dit geldt ook voor denitrificatie. Op basis van de overwegingen genoemd in hoofdstukken 2 en 3 en de hiervoor vermelde uitgangspunten wordt gesteld dat de stikstofverliezen door (de)nitrificatie in dunne mest in stallen en mestopslagen gemiddeld genomen als volgt zijn (in procent van de hoeveelheid stikstof in de mest (bruto-uitscheiding)):

- NO : 0,1%
- N_2O : 0,1%
- N_2 : 1,0%

Voor N_2O komen deze schattingen overeen met de default waarden voor dunne mest in de Revised 1996 IPCC Guidelines (Mosier et al., 1997).

In strorijke en gedeeltelijk gedroogde mest op mestvaalten is de aëratie veel groter dan in dunne mest, omdat moleculaire zuurstof veel gemakkelijker in de mest kan dringen. Op basis van de overwegingen genoemd in hoofdstukken 2 en 3 en de hiervoor vermelde uitgangspunten wordt gesteld dat de stikstofverliezen door (de)nitrificatie in vaste en strorijke mest in (pot)stallen en mestopslagen gemiddeld genomen (in procent van de hoeveelheid stikstof in de mest (bruto-uitscheiding)):

- NO : 2%,
- N₂O: 2%
- N₂: 10%

Voor N₂O komen deze schattingen overeen met de default waarden voor vaste strorijke mest in de Revised 1996 IPCC Guidelines (Mosier et al., 1997).

Voor diepstrooiselstallen voor varkens is een aparte categorie onderscheiden. In deze stallen is de N₂O-emissie extra hoog als gevolg van het wroeten van varkens in de mest. Hierdoor wordt de mest frequent belucht, waardoor nitrificatie en denitrificatie processen voortdurend en afwisselend worden gestimuleerd. Bovendien treedt in diepstrooiselstallen broei op in de mest, waardoor de temperatuur kan stijgen tot 50°C. Uit de literatuur is bekend dat dan dan relatief zeer veel N₂O wordt gevormd. Er wordt aangenomen dat deze hoge emissies ook gelden voor potstallen met rundvee en geiten. De volgende emissiepercentages worden aangehouden:

- NO : 10%
- N₂O: 10%
- N₂: 10%

De onzekerheid in deze getallen is relatief groot.

8.2.2 Het N- en het NH₄⁺-gehalte van de mest

Het ammoniumgehalte van de mest heeft mede invloed op de nitrificatiesnelheid van de mest. In de onderhavige studie wordt aangenomen dat de verliezen hoger zijn naarmate het N-gehalte hoger is volgens een lineair verband (eerste orde reactie).

8.2.3 De pH van de mest

Nitrificerende en denitrificerende bacteriën gedijen het best bij een pH tussen 6 en 8. In mest is de pH dus niet limiterend. Kortom, de pH van de mest heeft in de praktijk geen effect op de grootte van de stikstofverliezen door (de)nitrificatie.

8.2.4 De temperatuur in stal en mestopslag

Nitrificerende en denitrificerende bacteriën gedijen het best bij een temperatuur tussen 10 en 60 °C. Hoe hoger de temperatuur hoe sneller het proces verloopt.

Bij een temperatuur van meer dan 30 °C neemt bovendien de verhouding tussen N₂O en N₂ toe; er wordt relatief meer N₂O gevormd. (zie ook hoofdstuk 8.2.1.) Deze omstandigheden kunnen zich voordoen in potstallen, mestvaalten met strorijke mest en bij compostering van strorijke mest. De temperatuur blijft ook in de winter in strorijke mest relatief hoog door de compostering. Het aantal meetresultaten naar

N-verliezen uit storrijke mest is echter beperkt. Bovendien zijn er weinig gegevens over de temperatuur in storrijke mest. Aangenomen wordt dat de temperatuur in de storrijke mest meestal niet hoger is dan 30 °C. Kortom, aangenomen wordt dat de temperatuur van de mest in diepstrooiselstallen wel maar in overige stallen geen effect heeft op de grootte van de verhouding tussen N₂O en N₂.

8.2.5 De bewaarduur van de mest

Hoe langer de bewaarduur, hoe verder de aëratie van de mest kan voortschrijden. In de onderhavige studie wordt een gemiddelde bewaarduur verondersteld, mede op basis van de perioden waarin geen mest mag worden toegediend. De bewaarduur wordt derhalve niet als differentiërende factor meegenomen.

8.2.6 Luchtwassers en mestbehandeling

In de onderhavige studie wordt bij varkens uitgegaan dat chemische luchtwassers worden gebruikt, waarbij de stikstof die met de luchtwasser wordt opgevangen weer aan de mest wordt toegediend. Deze keuze is gemaakt om aan te geven hoe groot de minimale verliezen (en maximale N-afvoer via mest) zijn in varkensstallen. Stalsystemen met chemische luchtwassers leiden in de onderhavige studie daardoor tot relatief lage ammoniakemissies en een relatief grote afvoer van stikstof via de mest. Indien biologische luchtwassers worden gebruikt, gaat de stikstof verloren via N₂, N₂O en NO. Deze N gaat dus verloren naar de atmosfeer en kan niet meer aan de mest worden toegediend.

Mestbehandeling wordt in de onderhavige studie niet in beschouwing genomen. Mestbehandeling wordt gezien als een bewerking die optreedt 'ex-storage', dus na opslag.

8.3 Synthese rundvee

8.3.1 Uitgangspunten

In bijlage 3 is een gedetailleerde tabel opgenomen met de berekeningen voor de stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen bij rundvee. In bijlage 4 is een toelichting op deze berekeningen weergegeven en zijn de aannames genoemd die hierbij zijn gemaakt. In deze paragraaf zullen de belangrijkste uitgangspunten in het kort worden behandeld.

Bij melk- en kalfkoeien worden vijf verschillende stalsystemen onderscheiden: ligboxenstal, emissiearme ligboxenstal, grupstal met vaste mest, grupstal met dunne mest en een potstal. Bij de potstal wordt aangenomen dat 60 procent van de uitgescheiden N als vaste mest wordt verzameld en 40 procent als dunne mest. Voor

alle overige diercategorieën is één stalsysteem onderscheiden; het meest gangbare systeem, een ligboxenstal waarin dunne mest wordt verzameld.

Omdat het beweidingssysteem een grote invloed heeft op de hoeveelheid mest die in de stal en mestopslag terecht komt en daardoor ook een groot effect heeft op ammoniakemissie zijn vier beweidingssystemen onderscheiden bij melk- en kalfkoeien:

- onbeperkt weiden: koeien komen alleen in stal tijdens melken. 15% van de N-excretie in de zomerperiode wordt als mest verzameld (WUM, 1994a).
- beperkt weiden: koeien worden 's-nachts en soms overdag opgestald. 60% van de N-excretie in de zomerperiode wordt als mest verzameld (WUM, 1994a).
- zomerstalvoeding: koeien worden op stal gevoederd en komen niet in de weide. 100% van de N-excretie in de zomerperiode wordt als mest verzameld (WUM, 1994a).
- het gemiddelde beweidingssysteem in Nederland: 42% van de N-excretie in de zomerperiode wordt als mest verzameld (tabel 4.4).

Bij alle overige diercategorieën is uitgegaan van het meest gangbare beweidingssysteem.

Bij de berekeningen zijn de volgende gegevens gebruikt:

- N-excretie in 1998 (Tamminga et al., 2000; bijlage 2) en de bezetting van de stal (Van der Hoek et al., 1999), om de UAV-emissiefactor om te rekenen van kg N per dierplaats per jaar in percentage van de uitgescheiden N per dier dat verloren is gegaan.
- Het totale N-gehalte van het ranstoen is in de zomer hoger dan in de winter, zodat ook de N-excretie in de zomerperiode hoger is dan in de winterperiode. Om hiervoor te compenseren is aangenomen dat de totale N-excretie in de zomerperiode van 175 dagen gelijk is aan die in de winterperiode van 190 dagen.
- 55 procent van de geproduceerde dunne mest wordt buiten opgeslagen. De geproduceerde dunne mest-N = de totale N-excretie minus de N-excretie tijdens weiden minus de N-verliezen in de stal. Bij grupstallen wordt aangenomen dat 75 procent van de mest-N buiten wordt opgeslagen en bij potstallen wordt aangenomen dat 60 procent van de N als vaste mest (potstalmest) en 40 procent als dunne mest in de stal als vaste mest wordt opgeslagen. Er wordt aangenomen dat de mest van kalveren wordt afgevoerd naar kalvergierzuiveringsinstallaties.

De berekeningen van Bannink (tabel 4.6) geven aan dat de verhouding urine-N/feces-N bij de rantsoenen in 2003 lager is dan in 1998. Aangezien urine-N waarschijnlijk een groter effect heeft op NH₃-emissie (en mogelijk ook op de overige emissies) dan feces-N, is het waarschijnlijk dat de emissiepercentage voor NH₃ in procent van de uitgescheiden N in 2003 lager is dan in 1998. Er zijn echter te weinig gegevens om de relatie tussen N-excretie via urine en feces in de stal en de NH₃-emissie te kwantificeren voor de verschillende diercategorieën. Daarom is in de berekeningen uitgegaan van een lineaire relatie tussen de totale N-excretie in de stal en de emissie van NH₃, N₂O, N₂ en NO uit de stal en mestopslag. Door deze keuze

hebben wijzigingen in rantsoen dus alleen effecten op de totale N-excretie door de dieren maar niet op het emissiepercentage (in % van de N-excretie).

De ammoniakemissiepercentages (in % van de N-excretie) voor de stalsystemen zijn gebaseerd op de UAV-emissiefactoren en de N-excretie in 1998. Voor de diercategorieën melk- en kalfkoeien en zoogkoeien gaat de UAV alleen uit van emissie in de stalperiode (oktober tot mei). Bij deze categorieën wordt de ammoniakemissie in de winter berekend door de N-excretie (in 2003) in de winter te vermenigvuldigen met de op de UAV-emissiefactor. De ammoniakemissie in de zomer hoger dan in de winter (hogere temperaturen en meer N in rantsoen). Aan de hand van gegevens uit de literatuur (Kroodsma et al., 1995; Scholtens & Huis in 't Veld, 1997; Van der Schans, 1999) is geschat dat het emissiepercentage voor ammoniak in de zomer een factor 1,35 hoger is dan in de winter. Bij N_2 , N_2O en NO_x is voor de zomer en winter geen onderscheid gemaakt in emissiepercentages.

De ammoniakemissiepercentages voor mestopslagsystemen is gebaseerd op de literatuur (1% voor afgedekte opslagen met dunne mest en 2% voor vaste mest). Er wordt uitgegaan dat in 2003 alle buitenopslagen met dunne mesten worden afgedekt.

Er zijn zeer weinig gegevens over N_2O , N_2 en NO -emissies uit stalsystemen en mestopslagen buiten. De in paragraaf 8.2 weergegeven schattingen van de emissiepercentages voor deze gasen worden bij alle diercategorieën toegepast, zowel bij stal- als mestopslagsystemen:

- dunne mest: 0,1% N_2O , 0,1% NO en 1% N_2 (van de opgeslagen mest-N)
- vaste mest: 2% N_2O , 2% NO en 10% N_2 (van de opgeslagen mest-N)
- vaste mest uit potstal: 10% N_2O , 10% NO en 10% N_2 (van de opgeslagen mest-N)

8.3.2 Resultaten

In tabel 8.1 wordt een samenvatting gegeven van de gasvormige N-verliezen die optreden bij rundvee uit stal- en mestopslagsystemen. Daarnaast wordt ook de NH_3 -emissie gegeven die tijdens beweiding optreedt. De totale gasvormige N-verliezen variëren van 3% van de N-excretie voor melkvee in grupstallen bij onbeperkt beweiden tot 28% van de N-excretie voor melkvee in potstallen.

Bij de categorie rundvee zijn weinig gegevens over mineralenbalansen om de N-verliezen te schatten. Uit onderzoek van Ketelaars en Geurink (tabel 4.12) blijkt dat het gemiddelde N-verlies uit de stal periode (190 dagen) 9,5 kg N per dier bedroeg. Uit bijlage 3 kan met behulp van de N-excretie tijdens de winter in 1998 (70,4 kg N per dier; kolom 18) en de totale emissiepercentage voor de stalperiode in de winter (6,9% voor emissiearme stal; kolom 26) het N-verlies in de stalperiode in de winter (uitgaande van het rantsoen uit 1998) worden berekend. Het op deze wijze berekende N-verlies emissie is 4,9 kg N per dier en is dus lager dan de gegevens van Ketelaars. Een deel van dit verschil wordt verklaard doordat in de studie van Ketelaars N verloren is gegaan in melkstal, maar dit zal niet het volledige verschil kunnen

verklaren. Mogelijk dat de UAV-waarde een te lage schatting geeft voor de ammoniakemissie uit de emissie-arme stal van Ketelaars en Geurink.

De met behulp van balansen (gegevens Bureau Heffingen) berekende verliezen komen voor de meeste categorieën goed overeen met de berekende verliezen (tabel 8.1). Bij de categorieën 101, 102, 111, 112 en de rosékalveren zijn de N-verliezen volgens de balansen hoger dan de berekende verliezen. De Commissie is niet in staat geweest om de verschillen tussen de berekende verliezen en de verliezen volgens de balansen te verklaren en heeft, uit oogpunt van een uniforme en transparante methodiek, besloten om de verliezen van de categorieën te berekenen met behulp van emissiepercentages. De Commissie adviseert wel om in een vervolgstudie voor de discrepantie tussen de berekende verliezen en de balansen bij de categorieën 101, 102, 111, 112 en de rosékalveren nader te onderzoeken.

In tabel 8.1 wordt ook een overzicht gegeven van de huidige stikstofcorrectie in MINAS voor de verschillende diercategorieën. De verschillen tussen de huidige stikstofcorrectie in MINAS en de in dit rapport afgeleide gasvormige stikstofverliezen worden veroorzaakt doordat bij MINAS-stikstofcorrectie de toenmalige UAV-waarden en N-excreties zijn gebruikt. Daarnaast zijn bij MINAS-stikstofcorrectie forfaitaire waarden voor N_2 , N_2O en NO toegepast. In dit rapport wordt niet verder ingegaan op de verschillen.

Ketelaars en Van der Meer (1999) hebben in opdracht van de EG een studie uitgevoerd naar stikstofgehalten in mest en de processen die de samenstelling van rundveemest beïnvloeden. Op basis van Deens en Nederlands onderzoek wordt in deze studie uitgegaan dat 5-10 procent van de door melkvee uitgescheiden stikstof verloren gaat in de stal. Het verlies in de mestopslag varieert van 1 procent van een overdekte opslag tot 15 procent voor een opslag van vaste mest. In de onderbouwing van het derogatieverzoek van de Nederlandse regering in het kader van Europese Nitraatrichtlijn (Willems et al, 2000) wordt uitgegaan dat 10 procent van de stikstof die in de rundveestal wordt uitgescheiden als ammoniak vervluchtigt; deze waarde is gebaseerd op de studie van Ketelaars & Van der Meer (1999). De verliezen uit de studies van Ketelaars & Van der Meer (1999) en Willems et al. (2000) liggen in de range van verliezen die in de onderhavige studie zijn afgeleid.

Tabel 8.1. Gasvormige stikstofverliesen uit stallen en mestopslagen bij rundvee.

Cat.	Omschrijving	Stalsysteem	Beweidings- systeem	N-excretie kg N/dier/jr in 2003	Total N-verlies in stal + mestopslag		Huidige correctie in MINAS kg N/dier/jr	NH ₃ -emissie bewatering	
					kg N/dier/jr in 2003	% van totale N- excretie in 2003		kg N/dier/jr	%
100	Melk- en kalfkoeien	ligboxenstal	onbeperkt	129	10,5	8	30,0	4,4	3,4
100	Melk- en kalfkoeien	ligboxenstal	beperkt	129	15,7	12	30,0	2,1	1,6
100	Melk- en kalfkoeien	ligboxenstal	zomerstalvoeding	129	20,2	16	30,0	0,0	0,0
100	Melk- en kalfkoeien	ligboxenstal	gemiddeld NL	129	13,6	11	30,0	3,0	2,3
100	Melk- en kalfkoeien	emissie-arme ligboxenstal	onbeperkt	129	6,2	5	30,0	4,4	3,4
100	Melk- en kalfkoeien	emissie-arme ligboxenstal	beperkt	129	9,1	7	30,0	2,1	1,6
100	Melk- en kalfkoeien	emissie-arme ligboxenstal	zomerstalvoeding	129	11,6	9	30,0	0,0	0,0
100	Melk- en kalfkoeien	emissie-arme ligboxenstal	gemiddeld NL	129	7,9	6	30,0	3,0	2,3
100	Melk- en kalfkoeien	grupstal: dunne mest	onbeperkt	129	4,0	3	30,0	5,2	4,0
100	Melk- en kalfkoeien	grupstal: vaste mest	onbeperkt	129	22,2	17	30,0	5,2	4,0
100	Melk- en kalfkoeien	potstal	onbeperkt	129	27,2	21	30,0	5,2	4,0
101	Vrouwelijk jongvee, < 1 jr	gangbaar	beperkt	40,5	2,5	6	9,7	1,6	4,0
102	Vrouwelijk jongvee, > 1 jr	gangbaar	beperkt	82,9	5,2	6	20,5	3,3	4,0
103	Stieren fokkerij, < 1 jr	gangbaar	zomerstalvoeding	38,5	7,1	18	9,7	0,0	0,0
104	Stieren fokkerij > 1 jr	gangbaar	zomerstalvoeding	69,2	9,2	13	22,4	0,0	0,0
110	Stierkalf (0-2 mnd)	gangbaar	zomerstalvoeding	6,03	1,0	17	1,1	0,0	0,0
111	Kalf (2-6 mnd)	gangbaar	zomerstalvoeding	15,1	2,7	18	2,33	0,0	0,0
112	Kalf (0-6 mnd)	gangbaar	zomerstalvoeding	12,0	2,2	18	3,43	0,0	0,0
	Rose-kalveren, 0-3 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	12,9	2,0	16	-	0,0	0,0
	van 3 tot 8 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	35,9	6,4	18	-	0,0	0,0
	van 0 tot 8 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	27,4	5,5	20	-	0,0	0,0
120	Weide- en zoekkoeien	gangbaar	onbeperkt	86,9	9,0	10	24,2	3,5	4,0
121	Vleesstieren, 0-3 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	10,0	2,2	22	1,78	0,0	0,0
122	Vleesstieren, 3-16 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	39,3	7,3	19	9,2	0,0	0,0
123	Vleesstieren, 0-16 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	34,0	6,5	19	7,82	0,0	0,0
124	Overig vleesvee, < 1 jaar	gangbaar	zomerstalvoeding	38,5	7,4	19	9,7	0,0	0,0
125	Overig vleesvee, > 1 jaar	gangbaar	zomerstalvoeding	86,9	10,0	12	20,5	0,0	0,0

8.4 Synthèse varkens

8.4.1 Uitgangspunten

Uit hoofdstuk 5 blijkt dat de waarden voor het emissiepercentage voor ammoniak tussen de huisvestingssystemen sterk varieert. Daarenboven zijn er weinig gegevens in de literatuur bekend over de vervluchtiging aan N_2O , NO en N_2 . In deze paragraaf synthese wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de emissiepercentages voor N_2O , NO en N_2 zoals genoemd in paragraaf 8.2. Waar evident was dat er voor de varkenshouderij andere getallen gekozen moesten worden is dat aangegeven. Er waren niet altijd onderzoeksgegevens bekend voor alle diercategorieën in de varkenshouderij. Als een bepaald emissiepercentage werd gevonden voor één categorie is dat ook toegepast op de andere. Deze werkwijze gaat uit van de veronderstelling dat het verlies van de uitgescheiden N voor alle categorieën gelijk is. Gezien de verschillende omstandigheden in temperatuur en dergelijke zal dat niet altijd juist zijn. Nadere onderzoeksgegevens zullen dat in de komende jaren moeten precisieren. In tabel 8.2 staan de emissiepercentages van N-verbindingen uit de stalsystemen ten opzichte van de N-excretie. Voor N_2O is eerst weergegeven welke waarden in de literatuur zijn vermeld en vervolgens met welke waarden verder is gerekend. Daarbij is rekening gehouden met het feit dat in de literatuur soms uitbijters worden vermeld ten opzichte van een groot aantal waarden in een bepaalde range.

Tabel 8.2 Gasvormige N-verliezen (in %) uit de stal ten opzichte van de N-excretie voor de verschillende huisvestingssystemen.

Stalsysteem	Soort mest ¹	N-verlies in %				
		NH ₃ ² Zie tabel 5.5	N ₂ O Literatuur	Keuze	NO Keuze	N ₂ Keuze
Gangbare huisvesting	DM	16,1-29,3	0,10-1,63	0,1	0,1	1
	DM + VM	16,1-29,3	Verwaarloosbaar - 12,7	2	2	10
AMvB Huisvesting	DM	4,6-14,2	0,10-1,63	0,1	0,1	1
	DM + VM	4,6-14,2	Verwaarloosbaar - 12,7	2	2	10
Systeem met laagste ammoniakemissie	DM	0,81-1,28	0,10-1,63	0,1	0,1	1
	DM + VM	0,81-1,28	Verwaarloosbaar - 12,7	2	2	10
Scharrelbedrijven Biologische bedrijven	DM + VM	14,8-29,3	8,4-12,7	10	10	10

¹ DM = dunne mest, VM = vaste mest met stro(oisel)

² berekend op basis tabel 5.5

In tabel 8.3 staan de emissiepercentages van N-verbindingen uit de mestopslagsystemen ten opzichte van de hoeveelheid N die in de mestopslag terecht komt (= N-excretie – N verlies uit huisvesting).

Tabel 8.3 Gekozen percentages voor gasvormige N-verliezen uit mestopslagen ten opzichte van de N-nit stal voor opslag van dunne mest en vaste mest

Mestsoort	N-verlies in %				
	NH ₃	N ₂ O	NO	N ₂	Totaal
Dunne mest	2	0,1	0,1	1	3,2
Vaste mest	2	2	2	10	16

In de literatuur varieert het percentage verlies aan ammoniak in mestopslagen voor dunne varkensmest van 0,3 tot 2,4 %. Gekozen is voor gemiddeld (zowel fokvarkens als vleesvarkens) 2%. Als er niet actief wordt gecomposteerd in een opslag voor vaste mest, is 2% N-NH₃-verlies aannemelijk. In de literatuur varieerde het N-N₂O-verlies van 0,5 tot 7% uit de vaste mest; gekozen is voor 2%. Het N-NO-verlies is gelijk gesteld aan het N-N₂O-verlies. Het N-N₂-verlies is 10 keer het N-N₂O-verlies bij dunne mest en 5 keer het N-N₂O-verlies bij vaste mest. In de literatuur varieerde het N-verlies % bij opslagen voor vaste mest zonder overkapping zelfs tussen de 20 en 30%. In Nederland zijn nog maar enkele vaste mestopslagen overkapt. In deze studie is er vanuit gegaan dat het percolatievocht uit opslagen voor vaste mest wordt opgevangen en weer teruggevoerd wordt naar de stal of opslag met dunne mest of anderszins. Indien dat niet gebeurt zijn hier ook niet-gasvormige N verliezen aan de orde.

Vervolgens zijn er aannames nodig over het aandeel dunne mest en vaste mest gerelateerd aan de gehele mestproductie op een bedrijf, met name indien er stro(oisel) wordt verstrekt. Hierover zijn geen goede gegevens voorhanden en de hoeveelheid vaste mest is sterk afhankelijk van het toegepaste strooiselsysteem. Bij hellingstallen komt vrijwel alle mest als stromest uit de stal. Van deze mest is het drogestof-gehalte dan ook laag. Bij toepassing van een ligbed met stro (dragende zeugen) en roosters op de mestgang kan alleen het (weinig bevulde) ligbed als vaste mest worden aangemerkt. Dit bed wordt dan periodiek verwijderd. Het drogestofgehalte hiervan zal hoog zijn (70-80%). Indien er bij een dergelijke huisvesting echter een mestgang met een dichte vloer wordt toegepast, wordt dagelijks de mest van deze vloer - vermengd met wat stro - naar buiten geschoven. In dat geval wordt er wel een gierafvoer toegepast. Bij de andere diercategorieën is er bijna geen ervaring met stro(oisel)systemen.

In de scharrelvarkenshouderij mogen roosters worden toegepast. Ook de buitenuitloop mag voorzien zijn van roosters. Dit betekent dat veel mest als dunne mest beschikbaar komt en alleen het bevulde stro als vaste mest wordt afgevoerd. De nieuwe EU-richtlijn voor biologische varkenshouderij stelt dat ook hier roostervloeren zijn toegestaan. Bij het ontwerpen van biologische huisvestings-systemen zal dan ook gepoogd worden het mesten zoveel mogelijk te laten plaatsvinden op de roosters. De meeste mest zal dus ook hier als dunne mest beschikbaar komen. Bokma (2000) schat het aandeel dunne mest voor de biologische en de scharrelvarkenshouderij op 75%. Dit percentage zal ook voor de andere huisvestingsystemen met stro als uitgangspunt dienen. Dit is weergegeven in tabel 8.4. Anderzijds zal in de toekomst ook onderzoek gedaan worden naar volledig dichte vloeren bij biologische varkens. De nieuw gegenereerde getallen kunnen dus leiden tot een evaluatie van de huidige aannames.

In tabel 8.4 staat tevens hoe de beide mestsoorten worden opgeslagen. Uitgangspunt is dat de vaste mest geheel buiten de stal wordt opgeslagen. Dunne mest wordt voor een deel in de stal en voor een deel buiten de stal opgeslagen. De mest mag niet uitgereden worden van 1 september tot 1 februari. Varkenshouderijbedrijven dienen dan ook een mestopslag te hebben van minimaal 5 maanden. De mest kan opgeslagen worden in de (diepe) kelders, in de mestopslagen op het bedrijf of in mestopslagen in akkerbouw-

gebieden. Van der Hoek et al. (1999) stelt dat 17% van de dunne mest in de zeugen- en vleesvarkenshouderij op het bedrijf wordt opgeslagen in opslagvoorzieningen buiten de stal. Gezien het feit dat in 2003 er minder opslag onder de stal zal zijn vanwege de ontwikkeling naar ondiepe kelders en frequente mestafvoer, wordt in deze studie gekozen voor 25% opslag buiten de stal. Stallen die voldoen aan de AMvB Huisvesting zijn vaak uitgevoerd met emissie-beperkende maatregelen in de mestkelder zoals schuine putwanden, smalle mestkanalen en spoelgoten. Aannemelijk is dat bij deze systemen meer in de opslag buiten de stal terecht komt. Voor de systemen met de laagst gemeten ammoniakemissie (meestal systemen met chemische luchtwassers waarbij de opgevangen N weer aan de mest wordt toegediend bij afvoer) wordt dezelfde waarde als bij de gangbare huisvesting ingevuld. Luchtwassers wordt veelal toegepast om juist in de stal geen aanpassingen te hoeven doen. Voor de scharrel- en biologische bedrijven wordt tevens hetzelfde percentage als bij gangbare huisvesting aangenomen. Omdat bij deze vormen van huisvesting de hoeveelheid rooster beperkt is, zijn de mestkanalen smaller en de opslag in de stal dus minder. Anderzijds is er veelal onder de buitenuitloop ook opslag van dunne mest mogelijk.

Out-door housing (kraamzeugen en dragende zeugen altijd in wei met onderkomens) bij scharrelvarkens komt in Nederland bijna niet voor. Op enkele biologische bedrijven krijgen de dragende zeugen weidegang. In die gevallen is het management op die bedrijven zodanig dat de dieren na het voeren eerst enkele uren worden binnengehouden of op de verharde uitloop, zodat bijna alle mest daar wordt geproduceerd. De EU-regeling voor biologische bedrijven schrijft geen verplichte weidegang voor. In Nederland is een verplichte weidegang nog in discussie. Ook ontbreken de gegevens over de mestproductie in de wei. Deze overwegingen leiden tot de conclusie dat bij het huisvestingssysteem 'scharrelbedrijven en biologische bedrijven' momenteel geen inschatting kan worden gemaakt over het aandeel mest dat in de weide terecht kan komen.

Tabel 8.4. Aandeel van dunne mest en vaste mest en wijze van mestopslag voor de verschillende huisvestingsystemen.

Stalsysteem	Productie mestsoort in %		Mestopslag in %			
	Dunne mest	Vaste mest	Dunne mest		Vaste mest	
			In stal	Buiten stal	in stal	buiten stal
Gangbare huisvesting	100	0	75	25	--	--
	75	25	75	25	0	100
AMvB Huisvesting	100	0	50	50	--	--
	75	25	50	50	0	100
Systeem met laagste ammoniakemissie	100	0	75	25	--	--
	75	25	75	25	0	100
Scharrelbedrijven	75	25	75	25	0	100
Biologische bedrijven						

8.4.2 Resultaten

In bijlage 4 is een spreadsheet opgenomen waarin met de waarden uit tabellen 8.2, 8.3 en 8.4 de nieuw voorgestelde stikstofcorrectiefactoren en emissiepercentages worden berekend voor de varkenshouderij. De uitkomsten uit deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 8.5.

Tabel 8.5 Huidige en nieuw voorgestelde stikstofcorrectie in kg N per dier per jaar en % N-verlies totaal per mestnummer en huisvestingsysteem.

Diercategorie in MINAS		Huisvesting	Mestsoort ¹⁾	Huidige N-correctie in kg N/d/jr	N-excretie in kg N/d/jr in 2003	Nieuw berekend N-verlies in kg N/d/jr	% N-verlies
Nr.	Omschrijving						
400	Fokzeug, incl. biggen tot 6 weken	Gangbaar	DM	7,97	21,4	5,2	24
			DM+VM	12,00	21,4	6,5	30
		AMvB Huisvesting	DM		21,4	3,0	14
			DM+VM		21,4	4,3	20
		Groen Label, min.	DM		21,4	0,66	3
		DM+VM		21,4	2,1	10	
		Scharrel/biologisch	DM+VM		21,4	7,3	34
401	Fokzeug, incl. biggen tot ca. 25 kg	Gangbaar	DM	9,56	28,1	7,4	26
			DM+VM	16,80	28,1	9,1	32
		AMvB Huisvesting	DM		28,1	3,7	13
			DM+VM		28,1	5,5	20
		Groen Label, min.	DM		28,1	0,91	3
		DM+VM		28,1	2,8	10	
		Scharrel/biologisch	DM+VM		28,1	10,1	36
402	Opfokzeug van 25 kg tot 7 mnd.	Gangbaar	DM	3,43	11,4	3,4	30
			DM+VM	7,20	11,4	4,1	36
		AMvB Huisvesting	DM		11,4	1,3	11
			DM+VM		11,4	2,00	17
		Groen Label, min.	DM		11,4	0,4	3
		DM+VM		11,4	1,1	10	
		Scharrel/biologisch	DM+VM		11,4	4,5	40
403	Opfokzeug: 7 mnd. tot 1 ^e dekking	Gangbaar	DM	4,53	16,2	3,9	24
			DM+VM	9,60	16,2	4,8	30
		AMvB Huisvesting	DM		16,2	2,6	16
			DM+VM		16,2	3,6	22
		Groen Label, min.	DM		16,2	0,50	3
		DM+VM		16,2	1,6	10	
		Scharrel/biologisch	DM+VM		16,2	5,5	34
404	Opfokzeug: 25 kg tot 1 ^e dekking	Gangbaar	DM	3,43	11,8	3,5	30
			DM+VM	7,68	11,8	4,2	35
		AMvB Huisvesting	DM		11,8	1,5	13
			DM+VM		11,8	2,3	19
		Groen Label, min.	DM		11,8	0,38	3
		DM+VM		11,8	1,2	10	
		Scharrel/biologisch	DM+VM		11,8	4,6	39
405	Opfokbeer van 25 kg tot 7 mnd	Gangbaar	DM	3,43	11	3,4	31
			DM+VM	5,76	11	4,0	37
		AMvB Huisvesting	DM		11	1,5	14
			DM+VM		11	2,2	20
		Groen Label, min.	DM		11	0,36	3
		DM+VM		11	1,1	10	
		Scharrel/biologisch	DM+VM		11	4,5	41
406	Dekbeer ca. 7 mnd. en ouder	Gangbaar	DM	7,55	21,1	5,2	25
			DM+VM	12,96	21,1	6,5	31
		AMvB Huisvesting	DM		21,1	3,5	17
			DM+VM		21,1	4,8	23
		Groen Label, min.	DM		21,1	0,66	3
		DM+VM		21,1	2,1	10	
		Scharrel/biologisch	DM+VM		21,1	7,3	35

Diercategorie in MINAS		Huisvesting	Mestsoort ¹⁾	Huidige N-correctie in kg N/d/jr	N-excretie in kg N/d/jr in 2003	Nieuw berekend N-verlies in kg N/d/jr	% N-verlies
Nr.	Omschrijving						
407	Biggen, ca. 6 wk. tot ca. 25 kg	Gangbaar	DM	0,82	3,29	0,60	18
			DM+VM	2,64	3,29	0,81	25
		AMvB Huisvesting	DM		3,29	0,24	7
			DM+VM		3,29	0,45	14
		Groen Label, min.	DM		3,29	0,09	3
			DM+VM		3,29	0,32	10
Scharrel/biologisch	DM+VM		3,29	0,93	28		
410	Slachtzeugen	Gangbaar	DM	5,46	20,9	3,8	18
			DM+VM	9,60	20,9	5,1	24
		AMvB Huisvesting	DM		20,9	2,6	13
			DM+VM		20,9	3,9	19
		Groen Label, min.	DM		20,9	0,58	3
			DM+VM		20,9	2,0	10
Scharrel/biologisch	DM+VM		20,9	5,9	28		
411	Vleesvarkens van 25 kg tot 110 kg	Gangbaar	DM	4,12	11,7	3,4	29
			DM+VM	8,64	11,7	4,1	35
		AMvB Huisvesting	DM		11,7	1,3	11
			DM+VM		11,7	2,0	17
		Groen Label, min.	DM		11,7	0,38	3
			DM+VM		11,7	1,2	10
Scharrel/biologisch	DM+VM		11,7	4,5	39		

¹⁾ DM = dunne mest, VM = vaste mest met stro(oisel)

De huidige studie toont aan dat de N-correctiefactoren voor 2003 in de meeste gevallen lager zijn dan de toegepaste factoren binnen MINAS. De oorzaken hiervoor zijn: de veranderingen in de UAV (2000), de veranderingen in de N-excreties naar Tamminga et al. (2000) en het feit dat in onderhavige studie gerekend is met vervluchtiging van overige N-verbindingen (wat in MINAS niet was gerealiseerd). Verder zijn de factoren duidelijk afhankelijk van het toegepaste huisvestingssysteem.

De met de balansen berekende N-verliezen (tabel 5.8) komen voor de categorieën 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406 en 411 goed overeen met de berekende verliezen (bij gangbare stalsystemen). De N-verliezen volgens de balansen zijn bij de categorieën 407 en 410 respectievelijk 14 en 9% hoger dan de berekende verliezen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de balansen zijn gebaseerd op slechts drie mestnummers.

De huisvestingssystemen met de laagste Groen Label waarde laten uiteraard een lage N-vervluchtiging zien. Indien dit chemische luchtwassers betreft wordt de spuvloeistof weer teruggebracht in de mest. In principe blijft de stikstof dan in de mest aanwezig. Bij biologische luchtwassers ligt dat anders. In dat geval wordt de spuvloeistof soms geloosd of de NO₃ uit deze vloeistof wordt tot N₂ gedenitrificeerd.

Om een de resultaten uit tabel 8.5 overzichtelijk samen te vatten, is een clustering van verschillende mestcodes nodig. In 5.3.1 is gesteld dat een clustering van mestcodes in drie groepen mogelijk is, namelijk:

- gespeende biggen (mestnummer 407),
- fokzeugen, dekrijpe opfokzeugen en dekberen (mestcodes 400, 401, 403, 406 en 410),
- opfokzeugen, -beren en vleesvarkens (mestcodes 402, 404, 405 en 411).

In de samenvattende tabel 8.6 staan de gasvormige N-verliezen weergegeven voor de geclusterde mestcodes, waarin behalve een gemiddeld percentage N-verlies ook de minimum en maximum waarde staat aangegeven.

Tabel 8.6 Gasvormige N-verliezen (in %) uit huisvesting en mestopslagen, geclusterd over mestcodes voor de verschillende huisvestingsystemen (tussen haakjes de spreiding).

Huisvestingssysteem	Mestsoort ¹⁾	Mestnummer 407 (gespeende biggen)	Mestcodes 400, 401, 403, 406 en 410 (zeugenhouderij)	Mestcodes 402, 404, 405 en 411 (opfokdieren, vleesvarkens)	Gem.
Gangbare huisvesting	DM	18,3	24,5 (18,0-29,5)	29,9 (29,1-31,0)	24,3
	DM+VM	24,5	30,5 (24,2-35,3)	35,7 (34,0-36,7)	30,2
AMvB Huisvesting	DM	7,3	13,9 (12,6-16,8)	12,1 (10,8-13,6)	11,1
	DM+VM	13,7	20,1 (18,8-22,8)	18,4 (17,1-19,8)	17,4
Systeem met laagste ammoniakemissie	DM	2,9	3,1 (2,8-3,2)	3,2 (3,2-3,3)	3,1
	DM+VM	9,6	9,9 (9,6-10,0)	10,0 (10,0-10,1)	9,8
Scharrelbedrijven Biologische bedrijven	DM+VM	28,3	34,3 (28,0-39,1)	39,5 (38,7-40,5)	34,0

¹⁾ DM = dunne mest, VM = vaste mest met stro(oisel)

Uit tabel 8.6 blijkt dat de grootste variatie gevonden wordt bij de mestcodes in de zeugenhouderij, wat gezien de verschillende huisvestingsvormen ook verklaarbaar is. Verder blijkt het % N-verlies bij de opfokdieren en vleesvarkens ongeveer 5% hoger ligt dan bij de categorieën in de zeugenhouderij voor de gangbare huisvesting en voor de scharrel- en biologische bedrijven. Dit verschil is genivelleerd bij de grenswaarde voor de AMvB en bij het meest emissie-arme huisvestingssysteem. De voorgestelde grenswaarden van de AMvB zijn bij vleesvarkens en opfokdieren dan ook strenger dan in de zeugenhouderij.

8.5 Synthese Kippen

8.5.1 Uitgangspunten

Voor de berekening van ammoniakverliezen uit stallen en mestopslagen van kippen zijn de ammoniakemissiefactoren gebruikt uit de UAV (Anon., 2000) (zie hoofdstuk 6). In de berekeningen is rekening gehouden met de aantallen dieren in de huisvestingsystemen. Van der Hoek et al. (1999) hanteren voor kippen de volgende bezettingsgraden (in procenten):

- opfokleghennen 90%
- legkippen 97%

- vleeskuikenouderdieren < 19 weken 90%
- vleeskuikenouderdieren > 19 weken 92%
- vleeskuikens 75%

In de berekeningen voor deze studie is uitgegaan van de volgende bezettingsgraad:

- Batterijhuisvesting (opfok en legkippen) 95%
- Scharrel- en volièrehuisvesting (legkippen, ouderdieren en opfok) 93%
- Vleeskuikens 80%

De gehanteerde bezettingsgraden wijken dus enigszins af van de hierboven genoemde waarden. Met name voor vleeskuikens is een hogere bezettingsgraad gehanteerd die beter aansluit bij de praktijk. Dit heeft uiteraard een effect op de berekende emissies.

Voor de NH₃-emissie tijdens de tweeweekse opslag op het pluimveebedrijf van voorgedroogde bandmest bij leghennen en vleeskuikenouderdieren is 41 g NH₃-N per jaar per dierplaats gehanteerd. Dit komt overeen met een NH₃-verlies van 6%. Voor opfokhennen is de helft hiervan genomen. Voor ouderdieren is dit mogelijk een onderschatting, omdat zij een hogere N-uitscheiding hebben.

Voor de NH₃-emissie tijdens het drogen van voorgedroogde bandmest is 15 en 10 g NH₃/jaar per dierplaats gehanteerd, voor respectievelijk leghennen en opfokhennen, ofwel 12,4 en 8,2 g NH₃-N/jaar per dierplaats. Dit komt overeen met een NH₃-verlies van 2,0 en 2,7% van de aanwezige stikstof in de mest (zie ook tabel 8.8).

In de berekeningen voor de huisvestingssystemen voor leghennen met uitloop is aangenomen dat 15% van de mest in de uitloop terecht komt en niet in de mestopslag van het pluimveebedrijf. Al deze stikstof wordt als verloren beschouwd, in welke vorm dan ook. De ammoniakemissie uit de stal is in deze gevallen met 15% verminderd.

In tabellen 8.7 en 8.8 zijn de gekozen emissiepercentages voor N₂O, N₂ en NO_x weergegeven. Deze emissiepercentages zijn gebruikt bij de berekening van de gasvormige stikstofemissies op basis van emissiemetingen. Voor huisvestingssystemen met natte mest, d.w.z. zonder droging en voor huisvestingssystemen met nat strooisel zijn berekeningen uitgevoerd met twee sets van emissiepercentages voor N₂O, N₂ en NO, namelijk met de emissiepercentages voor dunne mest en die voor vaste mest (zie hoofdstuk 8.2.1). Kippenmest heeft bij uitscheiding reeds een drogestofgehalte dat overeenkomt met dat van vaste mest (>20%) en vermoedt wordt dat dit de aëratie en de emissie van N₂O, N₂ en NO uit de mest bevordert. Voor een compleet overzicht van de berekeningen wordt verwezen naar bijlage 6. Het resultaat van de berekeningen is weergegeven in tabel 8.9.

Tabel 8.7. *Overzicht van de gekozen emissiepercentages voor N₂O, N₂ en NO in de kippenhouderij voor de onderscheiden huisvestingssystemen, in procent van de N-excretie*

Huisvestingssystemen met	N ₂ O	N ₂	NO
- natte mest, d.w.z. zonder droging (standaard)	0,1	1,0	0,1
- natte mest, d.w.z. zonder droging (alternatief)	2,0	10	2,0
- gedroogde bandmest	0,1	1,0	0,1
- opslag mest in beun (compostering)	2,0	10	2,0
- opslag mest in beun (actieve droging)	0,5	2,5	0,5
- droog strooisel (>70% d.s., b.v. volières)	0,1	1,0	0,1
- nat strooisel (<70% d.s., b.v. vleeskuikens) (standaard)	0,1	1,0	0,1
- nat strooisel (<70% d.s., b.v. vleeskuikens) (alternatief)	2,0	10	2,0

Tabel 8.8. *Overzicht van de gekozen emissiepercentages voor NH₃, N₂O, N₂ en NO tijdens bewerking en opslag van verschillende soorten kippenmest, in procent van de hoeveelheid N in de mest in de opslag.*

Mestsoort	Fase	NH ₃	N ₂ O	N ₂	NO
Drijfmest	Opslag	1,0	0,1	1,0	0,1
Vooggedroogde bandmest	Opslag 2 weken	6	2,0	10	2,0
Nagedroogde bandmest	Drogen	2,0	0,1	1,0	0,1
	Opslag	0	0	0	0

8.5.2 Resultaten

Tabel 8.9 geeft een overzicht van de berekende gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen volgens de drie gehanteerde methoden: met behulp van emissiepercentages (hoofdstuk 8.6.1), en met behulp van N- en P-balansen op basis van WUM-cijfers en MINAS-cijfers van Bureau Heffingen (hoofdstuk 6.4.4).

Uit tabel 8.9 blijkt dat de drie methoden soms tot vergelijkbare en soms ook tot sterk verschillende schattingen voor de gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen per huisvestingssysteem leiden. Gemiddeld genomen zijn de resultaten van de balansberekeningen (veel) hoger dan die berekend op basis van emissiepercentages. Indien wordt aangenomen dat tijdens opslag en behandeling van de mest op het bedrijf ook gasvormige N-verliezen optreden, dan verdwijnt voor een aantal huisvestingssystemen de hiervoor geconstateerd discrepantie tussen N-verliezen op basis van emissiepercentages en op basis van N- en P-balansen. Echter, voor een aantal huisvestingssystemen blijft er een forse discrepantie tussen de verschillende methoden voor het berekenen van N-verliezen en daarvoor is vooralsnog geen verklaring.

Verder valt op dat de emissiearme huisvestingssystemen niet een lager N-verlies hebben dan de overige huisvestingssystemen.

Tabel 8.9 Samenvatting van de berekende gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen in de kippenhouderij, in procent van de totale N-excretie van kippen. N-verliezen zijn berekend op basis van emissiepercentages, en N- en P-balansen m.b.v. WUM-cijfers (balans-1; Van der Hoek, bijlage 9) en MINAS-cijfers (balans-2; Bruins et al., bijlage 8).

Diercategorie	Huisvestingssysteem ¹	Dier-Cat.	Mest-Code	N-verlies Emissiepercentages ^{2,3}	N-verlies Balans-1	N-verlies Balans-2
Opfok legrassen	Batterij, dunne mest	300	30	6, 9, 15	-	29
Opfok legrassen	Batterij, dunne mest – alt.	300	30	19, 21, 27	-	-
Opfok legrassen	Dieppit, kanalenstal	300	31	69	-	-
Opfok legrassen	Mestbandbat. + droging	300	32	3 (23), 6 (26)	27	31
Opfok legrassen	M.b.b., droging+nadroging	300	33	7 (7), 10 (10)	-	33
Opfok legrassen	Volledig roostervloer	300	34	zie 35:ged.rooster	-	-
Opfok legrassen	Gedeeltelijk rooster	300	35	52	-	51
Opfok legrassen	Volière	300	35	14 (33)	-	-
Opfok legrassen	Volledig strooisel	300	36	zie 35:ged.rooster	-	-
Legrassen	Batterij, dunne mest	301	30a	6, 8, 14	24	12
Legrassen	Batterij, dunne mest –alt.	301	30a	18, 20, 26	-	-
Legrassen	Dieppit, kanalenstal	301	31a	63	-	-
Legrassen	Mestbandbat. + droging	301	32a	2(22),3(23),6(25)	10	21
Legrassen	M.b.b., droging+nadroging	301	33a	6 (6), 9 (9)	-	31
Legrassen	Volledig roostervloer	301	34a	zie 35a:ged.rooster	-	-
Legrassen	Gedeeltelijk rooster	301	35a	50	48	57
Legrassen	Gedeeltelijk rooster + uitloop	301	35a	57	-	-
Legrassen	Volière	301	35a	13 (31)	-	-
Legrassen	Volière + uitloop	301	35a	26 (45)	-	-
Legrassen	Emissie-arme grondhuisv.	301	extra	16, 18	-	-
Legrassen	E-arme grondh. + uitloop	301	extra	29, 30	-	-
Legrassen	Volledig strooisel	301	36a	zie 35a:ged.rooster	-	-
Opfok vleesrassen	Volledig roostervloer	310	34b	69	-	-
Opfok vleesrassen	Gedeeltelijk roostervloer	310	35b	69	-	59
Opfok vleesrassen	Volledig strooisel	310	36b	69	-	-
Ouderdieren	Gedeeltelijk roostervloer	311	37	57	62	61
Ouderdieren	Volledig strooisel	311	38	57	62	63
Ouderdieren	Emissie-arm I: kooien	311	Extra	7 (25)	-	-
Ouderdieren	Emissie-arm II: vollières	311	Extra	11 (31),14 (29)	-	-
Ouderdieren	Emissie-arm III: traditioneel	311	Extra	18, 22	-	-
Vleeskuikens	Alle bedrijfssystemen	312	39	10, 15	33, 42	32
Vleeskuikens	Alle bedrijfssystemen – alt.	312	39	23, 28	-	-
Vleeskuikens	Emissie-arme grondhuisv.	312	Extra	2, 2, 4	-	-

¹ De toevoeging 'alt' (alternatief) bij enkele huisvestingssystemen betekent dat voor de N₂O/N₂/NO-emissies de emissiepercentages voor vaste mest zijn aangehouden.

² Meerdere getallen zijn getallen voor verschillende huisvestingssystemen (zie bijlage 6: in deze bijlage zijn de huisvestingssystemen verder opgesplitst dan in tabel 8.9).

³ De getallen tussen haakjes in de kolom 'N-verlies, emissiepercentages' zijn inclusief emissie tijdens opslag op het pluimveebedrijf gedurende twee weken.

Op basis van de resultaten vermeld in tabel 8.9 en van de overwegingen in hoofdstukken 3, 6, 8.2 en 8.3 zijn de volgende aannames gemaakt voor de uiteindelijke selectie van emissiepercentages en berekeningen van de gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen in de kippenhouderij.

- Voor het berekeningen van de NH₃-emissies is gebruik gemaakt van de emissiefactoren vermeld in de UAV (Anon., 2000).
- Voor het berekeningen van de emissies van N₂O, N₂ en NO is gebruik gemaakt van de emissiefactoren vermeld in tabellen 8.7 en 8.8. Voor huisvestingssystemen met natte mest, d.w.z. zonder droging en voor

huisvestingssystemen met nat strooisel is aangenomen dat de mest zich 'gedraagt' als vaste mest en zijn de daarbij horende emissiepercentages voor N₂O, N₂ en NO toegepast.

- In het geval dat meerdere huisvestingssystemen binnen één mestcode vallen, is gekozen voor het huisvestingssysteem met het grootste totale N-verlies en dat verlies is als representatief voor die mestcode genomen. Er is dus naar boven afgerond, mede gezien de discrepanties tussen resultaten van de verschillende methoden voor de berekening van het totale N-verlies (Tabel 8.9).
- Bij leghennen is voor de scharrel- en volièresystemen geen rekening gehouden met uitloop. Een overzicht van de emissieberekeningen voor deze huisvestingssystemen is gegeven in tabel 8.11. Hieruit blijkt dat het stikstofverlies wordt verhoogd met 7 tot 14% indien een uitloop voor de leghennen wordt gebruikt.

In Tabel 10 zijn de resultaten vermeld van de definitieve berekeningen.

Tabel 8.10. *Synthese; gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen voor kippen in 2003, in kg N per dier per jaar en in procent van de N-excretie. Ter vergelijking is ook de huidige N-correctie volgens MINAS in de tabel opgenomen.*

Diercategorie	Huisvestingssysteem	Dier- cat.	Mest- code	N-excretie kg N/ dr/jr	N-verlies		
					N- correctie, MINAS kg N/ dr/jr	kg N/ dr/jr	%
Opfok legrassen	Batterij, dunne mest	300	30	0,325	0,170	0,089	27
Opfok legrassen	Deeppit, kanalenstal	300	31	0,325	0,170	0,224	69
Opfok legrassen	Mestbandbat. + droging	300	32	0,325	0,170	0,084	26
Opfok legrassen	M.b.b., droging+nadroging	300	33	0,325	0,170	0,033	10
Opfok legrassen	Volledig roostervloer	300	34	0,389	0,170	0,202	52
Opfok legrassen	Gedeeltelijk rooster	300	35	0,389	0,170	0,202	52
Opfok legrassen	Volière	300	35	0,325	0,170	0,106	33
Opfok legrassen	Volledig strooisel	300	36	0,389	0,170	0,202	52
Legrassen	Batterij, dunne mest	301	30a	0,676	0,120	0,177	26
Legrassen	Deeppit, kanalenstal	301	31a	0,676	0,120	0,425	63
Legrassen	Mestbandbat. + droging	301	32a	0,676	0,120	0,168	25
Legrassen	M.b.b., droging+nadroging	301	33a	0,676	0,120	0,059	9
Legrassen	Volledig roostervloer	301	34a	0,872	0,120	0,435	50
Legrassen	Gedeeltelijk rooster(scharrel)	301	35a	0,872	0,550	0,435	50
Legrassen	Volière	301	35a	0,676	0,120	0,210	31
Legrassen	NH ₃ -arme grondh. (scharrel).	301	extra	0,872	0,550	0,155	18
Legrassen	Volledig strooisel	301	36a	0,872	0,120	0,435	50
Opfok vleesrassen	Volledig roostervloer	310	34b	0,414	0,240	0,285	69
Opfok vleesrassen	Gedeeltelijk roostervloer	310	35b	0,414	0,240	0,285	69
Opfok vleesrassen	Volledig strooisel	310	36b	0,414	0,240	0,285	69
Ouderdieren	Gedeeltelijk roostervloer	311	37	1,130	0,800	0,646	57
Ouderdieren	Volledig strooisel	311	38	1,130	0,800	0,646	57
Ouderdieren	Emissie-arm	311	Extra	1,130	0,800	0,323	29
Vleeskuikens	Alle bedrijfssystemen	312	39	0,543	0,150	0,153	28
Vleeskuikens	Emissie-arme grondhuisvesting	312	Extra	0,543	0,150	0,020	4

Tabel 8.11. Totale gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen in de kippenhouderij bij huisvestings-systemen voor legkippen zonder en met een uitloop buiten. N-verlies in procent van de totale N-excretie.

Diercategorie (omschrijving)	Huisvestingssysteem (omschrijving)	Dier-Cat.	Mest-Code	N-verlies %
Legrassen	Gedeeltelijk rooster(scharrel) zonder uitloop	301	35a	50
Legrassen	Gedeeltelijk rooster(scharrel) met uitloop	301	35a	57
Legrassen	Volière zonder uitloop	301	35a	31
Legrassen	Volière met uitloop	301	35a	45
Legrassen	NH ₃ -arme grondhuisvesting zonder uitloop	301	extra	18
Legrassen	NH ₃ -arme grondhuisvesting met uitloop	301	extra	30

Verwacht wordt dat het aantal batterijsystemen de komende jaren zal afnemen en dat nadroging van kippenmest ook op pluimveebedrijven met scharrel en volièrehuisvesting gaat plaatsvinden.

Op basis van het convenant van de commissie Alders bestaat de verwachting dat er een trend zal optreden in de verdeling van leghennen over de beschikbare huisvestingssystemen richting welzijnsvriendelijke systemen, zoals scharrel en volière. Voor de komende jaren, dus tot 2003, zal de toename van het aantal dieren in alternatieve, welzijnsvriendelijke systemen beperkt blijven, omdat veehouders het moment van omschakelen zo ver mogelijk vooruit zullen schuiven richting 2012. Enerzijds vanwege de onduidelijkheid over de marktverordening, anderzijds vanwege de verwachte ontwikkeling van aangepaste en nieuwe, aantrekkelijke, systemen.

Mede gezien de onzekerheden in berekende gasvormige stikstofverliezen voor een aantal huisvestingssystemen en gelet op de ontwikkelingen in mestbehandeling, huisvestingssystemen en mestopslagen, wordt aanbevolen de hier gepresenteerde cijfers frequent te evalueren via directe metingen.

8.6 Synthese overig vee

8.6.1 Uitgangspunten

Voor het berekenen van de NH₃-emissies uit stallen en mestopslagen van vee dat behoort tot de categorie 'overig vee' in de Meststoffenwet, is gebruik gemaakt van de NH₃-emissiefactoren vermeld in de UAV (Anon., 1999). De daarvoor gebruikte argumenten staan in hoofdstuk 7. Voor het berekenen van de emissies van NO, N₂O en N₂ uit stallen en mestopslagen is gebruik gemaakt van de emissiepercentages die vermeld staan in tabel 8.12.

Tabel 8.12. Emissiepercentages voor NO, N₂O en N₂ voor het berekenen van N-verliezen via emissie van NO, N₂O en N₂ uit huisvestingsystemen van overige vee.

Diersoort	Mestsoort	Emissiepercentages, %		
		N ₂ O-N	NO-N	N ₂ -N
Kalkoenen, parelhoenders	Strooiselmest in dunne laag	2	2	10
Geiten, schapen, eenden	Strooiselmest in potstal	10	10	10
Nertsen, vossen, konijnen	Dunne mest of vaste mest	0,1	0,1	1

Bij de nertsen met dagontmesting (Groen Label) is ervan uitgegaan dat 50% van de dunne mest op het bedrijf wordt opgeslagen in een afgesloten put of silo. Bij de geiten is verondersteld dat 25% van de vaste mest op het bedrijf opgeslagen wordt in een sleufsilos. Bij de biologische geiten is dat 22,5%, omdat 10% van de mest in de weide terecht komt. Omdat eenden op een dikke laag strooisel worden gehouden, wordt verondersteld dat het verlies gelijk is aan het verlies bij potstallen.

In tabel 8.13 staan de emissiepercentages voor de emissie van NO, N₂O en N₂ uit mestopslagen van van overig vee. Het emissiepercentage is van toepassing op de hoeveelheid N die in de mestopslag terecht komt (= N-excretie – N verlies uit huisvesting). Hierbij is nadrukkelijk overwogen dat in het jaar 2003 de huisvestings- en mestopslagsystemen meer gesloten zullen zijn.

Tabel 8.13. Emissiepercentages voor NO, N₂O en N₂ voor het berekenen van N-verliezen via emissie van NO, N₂O en N₂ uit mestopslagen van overige vee, als functie van mestsoort.

Mestsoort	Emissiepercentages, %				
	NH ₃	N ₂ O	NO	N ₂	Totaal
Dunne mest of vaste mest	2	0,1	0,1	1	3,2
Strooiselmest	2	2	2	10	16

8.6.2 Resultaten

In bijlage 7 is een spreadsheet tabel opgenomen waarin met de emissiepercentages uit de tabellen 8.12 en 8.13 en met de emissiefactoren uit de UAV de totale gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen zijn berekend voor de categorie ‘overig vee’. De uitkomsten van de berekeningen zijn weergegeven in tabel 8.14. Benadrukt wordt dat er weinig gegevens zijn over gasvormige stikstofverliezen bij de categorie ‘overig vee’.

Bij kalkoenen, eenden en (een deel van) konijnen komen de berekende gasvormige stikstofverliezen goed overeen met de resultaten van stikstofbalansen van bedrijven (tabellen 7.3 en 7.4 en 8.14). Bij nertsen zijn de N-verliezen berekend op basis van emissiepercentages lager lager dan N-verliezen berekend op basis van N- en P-balansen. Reeds in hoofdstuk 7 is opgemerkt dat er gier weglekt bij mestopslag op de grond onder de kooien. Voor 2003 (tabel 8.14) is er vanuit gegaan dat de mest wordt opgevangen op een vloeistofdichte vloer. Het Groen Label systeem bij de nertsen met dagelijkse ontmesting komt op een verlies van ongeveer de helft van het traditionele systeem.

De berekende N-verliezen bij geiten liggen in de range van N-verliezen berekend met behulp van N- en P-balansen (tabellen 7.3 en 7.4). De berekende N-verliezen bij vleeseenden komen redelijk overeen met de N-verliezen op basis van de N- en P-balansen van Bruins et al. (bijlage 8) en Van der Hoek (bijlage 9).

Tabel 8.14. Synthese; gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen voor overig vee in 2003, in kg N per dier per jaar en in procent van de N-excretie. Ter vergelijking is ook de huidige N-correctie volgens MINAS in de tabel opgenomen.

Diercategorie in MINAS		Huidige MINAS N-correctie kg N/d/jr	N-excretie in 2003, kg N/d/jr	N-verlies in stal + mestopslag		NH ₃ -verlies tijdens beveiding	
Nr.	Omschrijving			kg N/d/jr	% van N- excretie	kg N/d/jr	% van N- excretie
200	Ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok van 0-6 weken	0,29	0,591	0,25	42		
201	Ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok van 6-30 weken	0,91	2,08	0,71	34		
202	Ouderdieren van vleeskalkoenen van 30 weken en ouder	1,14	2,73	0,95	35		
210	Vleeskalkoenen	1,18	1,92	0,88	46		
550	Fokschapen	4,7	13,3	1,2	9	0,61	5
551	Overige schapen	3,2	10,9	0	0	0,66	6
600	Melkgeiten	9,43	14,2	6,3	44		
	Melkgeiten: biologisch, met weidegang	9,43	14,2	5,6	39	0,09	0,6
601	Overige geiten	6,95	9,4	3,7	39		
	Overige geiten: biologisch, met weidegang	6,95	9,4	3,3	35	0,07	0,7
700	Vossen: fokmoeren	1,25 ¹⁾	4,28	2,3	55		
701	Vossen: fokrekels	0,62 ¹⁾	3,46	1,9	55		
702	Vossen: pups	0,62 ¹⁾	3,00	1,6	55		
750	Nertsen: fokteven, open mestopslag	0,21 ¹⁾	1,28	0,55	43		
	Nertsen: fokteven, Groen Label, dagontmesting	0,21 ¹⁾	1,28	0,26	20		
751	Nertsen: fokreuen	0,17 ¹⁾	1,48	0,63	43		
752	Nertsen: pups	0,17 ¹⁾	1,05	0,45	43		
800	Ouderdieren van vleeseenden	1,0	1,24	0,65	53		
801	Vleeseenden	0,6	0,948	0,49	52		
900	Voedsters	1,55	2,56	1,1	44		
901	Fokrammen	1,00	1,58	0,70	44		
902	Opfokkonijnen	0,50	1,43	0,24	17		
903	Vleeskonijnen	0,43	0,703	0,23	32		
951	Parelhoenders	0,008 ²⁾	0,664 ²⁾	0,15	22		

¹⁾ door Bruins (2000) verdeeld; in het Besluit stikstofcorrectie Meststoffenwet staat alleen een correctie voor de fokmoeren/fokteven incl. pups en rekels/reuen

²⁾ Westhoek (2000)

Er is een grote discrepantie bij opfokkonijnen (902) tussen N-verliezen berekend op basis van emissiepercentages en die op basis van N- en P-balansen. Deze discrepantie heeft te maken met de geringe hoeveelheid informatie over N-verliezen bij deze diercategorie. Ook zijn er weinig N- en P-balansen beschikbaar. De onzekerheid in de berekende N-verliezen is hier dus groot. Bij vleeskonijnen (903) waren bij de balansen voldoende gegevens; de hogere verliezen berekend op basis van balansen (46 procent bij Bruins et al., bijlage 8 en 37 procent volgens Van der Hoek, bijlage 9) dan op basis van emissiefactoren berekeningen (32 procent) geven een indicatie dat emissiepercentages te laag zijn ingeschat. Het is echter niet duidelijk welke verliezen te laag zijn ingeschat bij de berekeningen.

Bij vossen, nertsen en parelhoenders zijn de N-verliezen berekend op basis van emissiepercentages hoger dan huidige N-correctie in MINAS. Bij de overige diersoorten zijn ze lager.

De fokschapen (categorie 550) hebben een emissiepercentage vergelijkbaar met dat van rundvee, terwijl de categorie overige schapen een veel lager emissiepercentage hebben, omdat aangenomen is dat ze buiten lopen.

8.7 Onzekerheden in de schattingen van gasvormige stikstofverliezen

In de hoofdstukken 4 t/m 7 is aangegeven dat de spreiding in gemeten emissies soms groot is. Daarenboven is aangegeven dat bij een aantal diercategorieën en huisvestingssystemen geen metingen zijn uitgevoerd. Dat geldt vooral voor de verliezen via de emissie van N_2O , NO en N_2 . De onzekerheid in de berekende gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen is derhalve vrij groot.

Het aantal meetgegevens is te beperkt om de onzekerheden in de schattingen van de gasvormige stikstofverliezen te kwantificeren met behulp van wiskundige technieken. Aan de hand van de beschikbare gegevens en op basis van expert judgement kan wel een indicatie van de onzekerheden worden aangegeven. De onzekerheid wordt hierbij aangegeven als range (spreiding tussen minimale en maximale waarde). De onzekerheid in de ammoniakverliezen uit stallen wordt geschat op 25 procent (Leneman et al., 1998). De onzekerheid in de ammoniakverliezen uit mestopslagen wordt geschat op 50 procent. De grotere onzekerheid bij mestopslagen heeft vooral te maken met (i) de onzekerheid over verliezen uit de opslag van vaste mest, en (ii) met de onzekerheid over de hoeveelheid mest die buiten wordt opgeslagen. De onzekerheid in de schattingen van de verliezen aan N_2 , N_2O en NO uit stallen en mestopslagen is groter (ongeveer 75 procent) dan de onzekerheid van de NH_3 -verliezen, omdat er maar weinig metingen zijn verricht naar emissies van N_2 , N_2O en NO . De onzekerheid in de gemiddelde totale gasvormige stikstofverliezen wordt geschat op 25 tot 50 procent, waarbij de onzekerheid van verliezen bij systemen met vaste mest (relatief veel N_2 -, N_2O - en NO -verliezen) groter is dan die van systemen met dunne mest. Voor individuele bedrijven kan de afwijking groter zijn.

8.8 Conclusies en aanbevelingen

Voor alle diercategorieën die in de Meststoffenwet worden onderscheiden heeft de Commissie in het onderhavige rapport berekeningen gemaakt van de totale gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagsystemen. De berekeningen tonen aan dat de totale stikstofverliezen variëren van minder dan 5% voor emissiearme huisvestingssystemen tot 50% en meer voor huisvestingssystemen met los lopende dieren op strooisel en voor huisvestingssystemen met mestdroging. Dit betekent dat verliezen van gasvormige stikstofverbindingen uit stallen en mestopslagen fors zijn op bedrijfsniveau.

Ammoniakvervluchtiging is de belangrijkste oorzaak van de stikstofverliezen. In huisvestingssystemen met vaste mest en met los lopende dieren op strooisel en/of met geforceerde mestdroging is vervluchtiging van NO, N₂O en N₂ een belangrijke bron van N-verlies.

Voor de hoofdcategorie rundvee zijn de verliezen voor gangbare huisvestingssystemen gemiddeld 10 tot 15%. Voor de hoofdcategorie varkens zijn de verliezen voor gangbare huisvestingssystemen gemiddeld 20 tot 30%. De grotere verliezen bij varkens worden veroorzaakt doordat varkens gedurende het gehele jaar op stal staan en rundvee niet. Bij varkens komt daardoor alle mest in de stal en mestopslag terecht. Daarnaast is de temperatuur in varkensstallen hoger dan in rundveestallen. Bij de hoofdcategorie kippen zijn er diverse gangbare huisvestingssystemen; de gemiddeld verliezen variëren van 10 tot 50%, afhankelijk van het huisvestingssysteem.

De berekende stikstofverliezen komen goed overeen met de schattingen voor een aantal diercategorieën en huisvestingssystemen in Denemarken. Ook uit de Deense metingen en berekeningen blijkt dat gemiddeld 10 tot 20% van de door melkkoeien uitgescheiden stikstof in gangbare stallen en mestopslagen verloren gaat via gasvormige stikstofverbindingen en dat het percentage voor varkens gemiddeld een factor 2 hoger is. Uit de literatuurgegevens blijkt ook dat de stikstofverliezen groter zijn in strooiselstallen en in huisvestingssystemen met vaste mest dan in stallen en mestopslagen met dunne mest.

De berekende stikstofverliezen op basis van emissiepercentages zijn getoetst aan de hand van resultaten van N- en P-balansen. In de meeste gevallen was er een redelijke tot goede overeenstemming tussen de stikstofverliezen berekend met behulp van emissiepercentages en die berekend met behulp van N- en P-balansen. Dit betekent dat de berekende N-verliezen gemiddeld genomen betrouwbaar zijn. In enkele gevallen was de overeenstemming matig tot slecht; de stikstofverliezen op basis van N- en P-balansen waren hoger dan de stikstofverliezen berekend op basis van emissiepercentages. Deze discrepanties verdienen nadere aandacht. Omdat beide methoden voor het bepalen van gasvormige stikstofverliezen voor- en nadelen hebben, doet de Commissie de aanbeveling beide methoden gelijktijdig toe te passen voor een aantal case-studies.

Er zijn weinig literatuurgegevens beschikbaar van verliezen door NO, N₂O en N₂. Voor N₂ zijn in het geheel geen gegevens beschikbaar. Om toch schattingen te maken van de verliezen door NO, N₂O en N₂ heeft de commissie waarden afgeleid uit bodemkundige literatuur. Of de omstandigheden en de relatieve verhoudingen bij de vervluchtiging van NO, N₂O en N₂ in de bodem gelijk zijn aan die in stallen en mestopslagssystemen behoeft verificatie. De onzekerheid in de berekende vervluchtiging van NO, N₂O en N₂ uit stallen en mestopslagen is derhalve groot.

De Commissie benadrukt dat bij de berekening van de stikstofverliezen verondersteld is dat het verband tussen de grootte van de stikstofuitscheiding in de mest en de grootte van de vervluchtiging van NH₃, NO, N₂O en N₂ lineair is. Deze aanname is wellicht niet volledig correct en leidt mogelijk tot een overschatting van

de stikstofverliezen door NH_3 -vervluchtiging in 2003 en daarna, omdat de verwachte verlaging van de stikstofuitscheiding wordt veroorzaakt door verlaging van de stikstofuitscheiding via urine en juist de stikstof in de urine bijdraagt tot NH_3 -vervluchtiging. Ook hier is verificatie gewenst.

Uit de bestudeerde literatuur blijkt dat de spreiding in gemeten emissies tussen vergelijkbare stalsystemen soms groot is. Verder blijkt dat bij veel combinaties van diercategorieën en huisvestingssystemen nog geen metingen zijn uitgevoerd. Voor deze categorieën zijn schattingen gemaakt op basis van expert judgement. De onzekerheid in de schattingen van totale gasvormige N verliezen verschilt per huisvestings- en mestopslagsysteem. Kwantificering van de onzekerheden in de schattingen met behulp van wiskundige technieken is echter niet goed mogelijk, omdat het aantal meetgegevens daarvoor te gering is. Aan de hand van de beschikbare gegevens en expert judgement kan wel een globale indicatie worden aangegeven. De onzekerheid wordt hierbij aangegeven als range (spreiding tussen minimale en maximale waarde). De onzekerheid in de ammoniakverliezen uit stallen is geschat op ± 25 procent. De onzekerheid voor ammoniakverliezen uit mestopslagen is geschat op ± 50 procent. De grotere onzekerheid bij mestopslagen heeft te maken met zowel de onzekerheid over de hoeveelheid mest die buiten wordt opgeslagen als met onzekerheden over de werkelijk emissie per kg stikstof. De onzekerheid in de berekende verliezen aan N_2 , N_2O en NO uit stallen en mestopslagen is geschat op ± 75 procent. De grote onzekerheid wordt hier veroorzaakt door het ontbreken van (voldoende) metingen van de emissies van N_2 , N_2O en NO . De onzekerheid in de totale gasvormige stikstofverliezen wordt geschat op ± 25 tot 50 procent, waarbij de onzekerheid van verliezen bij systemen met vaste mest (relatief veel N_2 -, N_2O - en NO -verliezen) groter is dan die van systemen met dunne mest.

Vanwege de ontwikkeling naar strooiselsystemen en opslag van vaste mest (bijvoorbeeld in de biologische landbouw) wordt verwacht dat het N-verlies gaat verschuiven van ammoniak naar overige N-verbindingen (N_2O , NO en N_2). Een evaluatie van de hier gepresenteerde verliespercentages is derhalve wenselijk na enige tijd. Met name de vaste mestopslagen met stro(oisel) zijn een onzekere factor in de berekeningen, omdat de emissie van vooral N_2 daar aanzienlijk kan zijn. Wanneer in de toekomst overkapping van mestopslagen van vaste mest (containers) mogelijk ook verplicht wordt, zal de NH_3 -vervluchtiging minder worden.

In biologische varkens- en pluimveehouderijen is steeds vaker sprake van huisvestingssystemen met uitloop. Hierdoor komt een deel van de mest en urine in de uitloop terecht en wordt dus niet opgeslagen of afgevoerd. Het is van belang om na te gaan hoeveel mest er niet wordt afgevoerd en hoe groot de verliezen hierbij zijn.

Verliezen die optreden bij mestbewerking op bedrijfsniveau zijn in deze studie meegenomen. Er is een ontwikkeling gaande naar zogenaamde geïntegreerde stalsystemen. In deze systemen wordt de mest in de stal behandeld (bijvoorbeeld gedroogd met ventilatielucht). Op deze wijze wordt gepoogd de thema's mest,

ammoniak, geur, stof en energie gezamenlijk aan te pakken. De emissiepercentages voor ammoniak zullen waarschijnlijk gaan dalen, met name door het toepassen van luchtzuivering als laatste stap. Nader onderzoek aan het effect van mestbewerking op het bedrijf op de grootte van gasvormige stikstofverliezen is gewenst.

Door middel van luchtwassers kan veel ammoniak uit stallen worden weggevangen. De N-verliezen van bedrijven met luchtwassers kan worden teruggedrongen indien de opgevangen ammoniak weer wordt hergebruikt (bijvoorbeeld door deze weer in de mest terug te brengen of deze als meststof te gebruiken). Indien de opgevangen ammoniak door middel van nitrificatie en denitrificatie wordt omgezet in N_2 , NO en N_2O , is de N definitief verloren.

Bij de analyse van de de diercategorieën en huisvestingssystemen volgens de Meststoffenwet en volgens de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (UAV) is geconstateerd dat er soms een grote discrepantie bestaat tussen de omschrijving van diercategorieën en huisvestingssystemen binnen MINAS en die van de UAV. Het verdient aanbeveling om te komen tot grotere uniformiteit voor diercategorieën en huisvestingssystemen

Tenslotte doet de Commissie de aanbeveling om via N- en P-balansen de stikstofverliezen uit huisvestingssystemen en mestopslagen van grondloze bedrijven te monitoren. Hiervoor kunnen de MINAS-gegevens die door Bureau Heffingen worden verzameld, worden gebruikt. Een goede toets wordt verkregen indien op enkele van deze bedrijven de verliezen door vervluchtiging van NH_3 , NO, N_2O en N_2 ook direct zouden worden gemeten.

Literatuur

Aarnink, A.J.A., 1997. Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour. Ph.D. thesis Agricultural University Wageningen, 175 pp.

Anon. 1998. MINAS Tabellenbrochure, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Bureau Heffingen, Assen.

Anon. 1999. Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij. Interimwet Ammoniak en Veehouderij, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Staatscourant 139, Den Haag, p. 16-18.

Anon. 2000. Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij, 2000. Interimwet Ammoniak en Veehouderij, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag, Staatscourant 11, 9 mei 2000.

Asseldonk, M.G.A.M. van, 2000. Persoonlijke mededeling. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen

Asseldonk, M.G.A.M. van, H. Altena en N. Verdoes, 2000. Ammoniakemissie bij gespeende biggen in de scharrelhouderij en bij zeugen gehuisvest in het scharrelkraamhok 'Raalte'. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen. Proefverslag P1.xx (in druk).

Bakker, G.C.M., R.A. Dekker, H. Evert, R. Jonbloed, J. van der Meulen. 1995. Mogelijkheden voor verminderen van ammoniakemissie door fermentatieve afbraak van organische stof in de dikke darm van varkens. Rapport ID-DLO 291.

Bannink, A. & van Vuuren, A.M. 1998. Cation-anion difference in dairy cow rations as a measure to influence urine pH and ammonia emission. ID-DLO report 98.032, Lelystad, The Netherlands (also paper submitted).

Beoordelingsrichtlijn emissiearme stalsystemen, 1996. Uitgave 1996 door Stichting Groen Label, Deventer.

Berges, M.G.M. & P.J. Crutzen. 1996. Estimates of global N₂O emissions from cattle, pig and chicken manure, including a discussion of CH₄ emissions, Journal of Atmospheric Chemistry 24, 241-269.

Bode, M.J.C. de, 1990. Emissie van ammoniak en geur uit mestsilos en de vermindering van emissie door afdekking: deel 3 – kippenmengmest. Wageningen, IMAG, nota P-562, 22 pp excl. bijlagen.

- Bokma, S., 2000. Persoonlijke mededeling. Praktijkcentrum Raalte.
- Brok, G.M. den, J.G.L. Hendriks, M.G.M. Vrielink en C.M.C. van der Peet-Schwering, 1997. Urine pH, ammoniakemissie en technische resultaten van vleesvarkens na toevoeging aan het voer van organische zuren, met name benzoëzuur. Proefverslag nr. P 1.194, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, 36 pp.
- Buissonjé, F. de, 2000. Persoonlijke mededeling. Praktijkonderzoek Pluimveehouderij, Beekbergen
- Burton, C.H., R.W. Sneath and J.W. Farrent. 1993. Nitrogen oxide emissions during aerobic treatment. *Bioresource Technology* 45, 233-235
- Burton, D.L. and E.G. Beauchamp. 1986. Nitrogen losses from swine housings, *Agricultural Wastes* 15, 59-74
- Bussink, D.W. 1992. Ammonia volatilization from grassland receiving nitrogen fertilizer and rotationally grazed by dairy cattle. *Fertilizer Research* 33: 257-265.
- Bussink, D.W. 1994. Relationships between ammonia volatilization and nitrogen fertilizer application rate, intake and excretion of herbage nitrogen by cattle on grazed swards. *Fertilizer Research* 38: 111-121.
- Bussink, D.W. 1996 Ammonia volatilization from intensively managed dairy pastures. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, 177 pp.
- Canh, T.T., 1998. Ammonia emission from excreta of growing-finishing pigs as affected by dietary composition. Thesis Wageningen Agricultural University.
- CBS (1998) Persbericht Centraal Bureau voor de Statistiek, 21 januari 1998.
- Demmers, T.G.M., L.R. Burgess, J.L. Short, V.R. Phillips, J.A. Clark, & C.M. Wathes. 1998 First experiences with methods to measure ammonia emissions from naturally ventilated cattle buildings in the UK. *Atmospheric Environment*. 32: 285-293.
- Demmers, T.G.M., R. Hissink en G.H. Uenk, 1992. Het drogen van pluimveemest in een droogtunnel en het effect hiervan op de ammoniakemissie. Wageningen, IMAG-DLO, rapport 92-6, 22 pp.
- Döhler, H. 1993. Der Kompoststall – ein umweltverträgliches und artgerechtes Tierhaltungsverfahren? *Landtechnik* 48 (3), 138-139
- Eerdt, M.M. van, 1997. Mestproductie en mineralenuitscheiding 1996. Kwartaalbericht Milieu Statistieken (CBS) 97/4, pp 28-38.
- Eerdt, M.M. van, 1998. Mestproductie en mineralenuitscheiding 1997. Kwartaalbericht Milieu Statistieken (CBS) 98/4, pp. 41-46.

Eerd, M.M. van, 1999. Mestproductie en mineralenuitscheiding 1998. Kwartaalbericht Milieu Statistieken (CBS) 99/4, pp. 27-31

Emous, R.A., 1991a. NH₃-emissie van slachtkuikens onder invloed van stalinrichting en seizoen. Spelderholt interne mededeling no. 229. COVP Beekbergen, 12 pp. Excl. bijlagen

Emous, R.A., 1991b. De tweede mestrunde van het onderzoek naar de slachtkuikenstal met beperkte NH₃-emissie. Spelderholt interne mededeling no. 239. COVP Beekbergen, 13 pp. Excl. bijlagen

Emous, R.A., 1991c. De tweede mestrunde van het onderzoek naar de slachtkuikenstal met beperkte NH₃-emissie. Spelderholt interne mededeling no. 247. COVP Beekbergen, 17 pp. Excl. bijlagen

Granli, T. & O.C. Böckmann. 1994. Nitrous oxide from agriculture. Norwegian Journal of Agricultural Sciences, supplement 12.

Groenestein, C.M. & H. Montsma. 1991. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen II: grupstal voor melkvee. Rapport 91-1002, DLO, Wageningen.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1992. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen VI: vleesvarkensstal met diepstrooiselsysteem. Rapport 92-1004, DLO, Wageningen

Groenestein, C.M. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1996. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVII: vleesvarkensstal met koeling van mestoppervlak in de kelder. Rapport 96-1003, DLO Wageningen

Groenestein, C.M. and H.G. Van Faassen. 1996. Volatilization of Ammonia, Nitrous Oxide and Nitric Oxide in Deep-litter Systems for Fattening Pigs. J. Agric. Research 65, 269-274

Groenestein, C.M., H. Gunnink en J.M.G. Hol, 1999. Milieuaspecten van een groepshuisvestingssysteem voor zeugen met voerstations en stro. Rapport 99-06, IMAG Wageningen,

Groot Koerkamp, P.W.G., A. Keen, Th.G.C.M. van Niekerk and S. Smit, 1995. The effect of manure and litter handling and indoor climatic conditions on ammonia emissions from a battery cage and an aviary housing system for laying hens. Netherlands Journal of Agricultural Sciences 43: 351-373.

Groot Koerkamp, P.W.G. and G.H. Uenk, 1997. Climate conditions and aerial pollutants in and emissions from commercial animal production systems in the Netherlands. In: Ammonia and Odour Emissions from Animal Production Facilities

(eds: J.A.M. Voermans and G.J. Monteny). Proceedings of the International Symposium, 6-10 October, Vinkeloord, the Netherlands, p. 139-144.

Groot Koerkamp, P.W.G., J.H.M. Metz, G.H. Uenk, V.R. Phillips, M.R. Holden, R.W. Sneath, J.L. Short, R.P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schröder, K.H. Linkert, S. Pedersen, H. Takai, J.O. Johnson & C.M. Wather. 1998. Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research* 70, 79-95.

Groot Koerkamp, P.W.G., 2000. Is langer meten wel beter? Presentatie van simulatiestudies naar meetstrategieën voor ammoniakemissies. IMAG, donderdag 18 mei 2000.

Groot Koerkamp, P.W.G. en W. Kroodsmas, 2000. Milieuwinst bij verbranding van stapelbare pluimveemest. Wageningen, IMAG, Rapport 2000-04, 13 pp

Groot Koerkamp, P.W.G., J.H. van Middelkoop en E. Evers, 2000. Ammoniakemissie vleeskuikenstallen toegenomen. *Pluimveehouderij* 30(21): 10-11.

Hahne, J., D. Hesse, K.D. Vorlop. 1999. Spurengasemissionen aus der Mastschweinehaltung. *Landtechnik* 54 (3), 180-181

Handboek voor de Varkenshouderij. 1993. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, afdeling varkenshouderij, Rosmalen (nu Ede).

Harn, J. van en J.H. van Middelkoop, 1996. Invloed van eiwitverlaging in voer op resultaten en stikstofuitscheiding bij vleeskuikens. In: *Praktijkonderzoek 96/2, Praktijkonderzoek voor de Pluimveehouderij*, Beekbergen.

Hartung, E. en G.J. Monteny, 2000. Greenhouse gas emissions from animal husbandry. In preparation.

Hellebrand, H.J. und W.D. Kalk, 2000. Emissionen bei der Stallmistkompostierung. *Landtechnik* 2/2000, Potsdam-Bornim

Hesse, D. 1994. Comparison of different old and new fattening pig husbandries with focus on environment and animal welfare. In: *Proc. XII World Congress on Agricultural Engineering, 29.8-1.9.1994, Mailand*. Hrsg.: CIGR. Merelbeke, Belgium, 559-566

Hoek, K.W. van der. 2000. Uitgangspunten voor de mest- en ammoniakberekeningen 1997/1998 zoals gebruikt in de Milieubalans 99, RIVM rapport 773004 0xx (in press).

Hoek, K.W. van der, W.J. Bruins, G.J. Greutink, H.J.M. Hendriks, W. Scherphof, J.H.G. Tuinte, A.M. van de Weerdhof en C.J.G. Wever, 1999. Beoordelingsprotocol emissies uit stalsystemen, concept-versie dd 8 april 1999

- Hoeksma, P., 2000. Mondelinge mededeling. IMAG, Wageningen.
- Hol, A., J.V. Klarenbeek en P.W.G. Groot Koerkamp, 1999. Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLVII: Biothermische droogunit voor voorgedroogde leghennenmest met luchtbehandeling door een chemische wasser. Rapport 99-11, IMAG, Wageningen, 22 pp. excl. bijlage.
- Hoy, S., K. Müller; R. Willig 1997. Ammoniak- und Lachgasemissionen - Auswirkungen verschiedener Tierhaltungssysteme für Mastschweine. Landtechnik 52 (1), 40-41
- Huis in 't Veld, J.W.H en R. Scholtens. 1998. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXXII. Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met sleufvloer voor melkvee. Rapport 98-1006, DLO Wageningen.
- Huis in 't Veld, J.W.H., P.W.G. Groot Koerkamp en R. Scholtens, 1999. Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLVI: Voletage volièresysteem voor legouderdieren en een droogtunnel. Wageningen, IMAG, Rapport 99-10, 22 pp. excl. bijlage.
- Jarvis, S.C., D.J. Hatch, & D.R. Lockyer. 1989. Ammonia fluxes from grazed grassland: annual losses from cattle production systems and their relation to nitrogen inputs. Journal of Agricultural Science Cambridge 113, 99-108.
- Jarvis, S.C., D.J. Hatch, R.J. Orr & S.E. Reynolds. 1991. Micrometeorological studies of ammonia emission from sheep grazed swards. Journal of Agricultural Science 117, 101-109.
- Johnson, K.A., M.T. Huylar, H.H. Westberg, B.K. Lamb & P. Zimmerman. 1994. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF6 tracer technique. Environmental Science and Technology 28, 359-362.
- Jong, de L.H., H.A.J. Versteegh, J.J. Testerink, J.D. van der Klis. 1999. Onderzoek naar stikstofverbindingen in pluimveemest ten behoeve van de urine stikstof correctie bij de bepaling van de eiwitverteerbaarheid. Rapport ID-DLO 99.005.
- Kaiser, S. 1999. Analyse und Bewertung eines Zweiraumkompoststalls für Mastschweine unter besonderer Berücksichtigung der gasförmigen Stoffströme. Dissertation (Ph.D. thesis), VDI-MEG Schrift 334, Göttingen
- Kappers, I.E. & H. Valk. 1996. The effect of N-fertilization on feeding value, feed intake and N-utilization of grass in dairy cows, 2, Results of indoor feeding trials, ID-DLO report 274, Lelystad, The Netherlands.
- Ketelaars, J.J.M.H. & H.G. van der Meer. 1999. Establishment of criteria for the assessment of the nitrogen content of animal manures, Phase II Final report of the

second phase of ERM project number 5765, AB-DLO, Wageningen, ERM London, 68 p.

Kirchman, H., 1985. Losses, plant uptake and utilization of manure nitrogen during a production cycle. *Acta Agric. Scand., Supplementum* 24, 1-77.

Klarenbeek, J.V., 1990. Ammoniakemissie bij opslag van stapelbare pluimveemest. Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Wageningen, Nota P-547, 21 pp.

Kowalewsky, H.H. 1981. Messen und Bewertung von Geruchsimmissionen. *KTBL-Schrift* 216, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster

Kroeze, C., 1997. N₂O from animal waste. In: Freibauer, A. and M. Kaltschmitt (Eds.), *Proceedings Biogenic emissions of greenhouse gases caused by arable and animal agriculture – measurement technology and emission factors*. Stuttgart, March 1998, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, pp. 119 – 128.

Kroodsma, W., J.W.H. Huis in 't Veld en N.W.M. Ogink. 1995. Ammoniakemissie uit een ligboxenstal voor melkvee: emissieniveau en temperatuurseffect. Rapport 95-17. IMAG-DLO, Wageningen.

Kuijpers, B. en H. Schiere. 1999. De gevolgen van MINAS voor de biologische pluimveehouderij. Landbouwniversiteit Wageningen afd. kennisbemiddeling, rapport nr. 154, 49 pp.

Leneman, H., D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek en P.H.M. Janssen, 1998. Gevoeligheidsanalyse berekening ammoniakemissie. Effect van variatie in penetratiegraden en emissiefactoren op de ammoniakemissie. Mededeling 602/Rapport 722108023, LEI-DLO/RIVM, Den Haag/Bilthoven, 58 pp.

Mannebeck, H. & J. Oldenburg. 1990. Comparison of the effects of different systems on ammonia emission. In: V.C. Nielsen, J.H. Voorburg & P. L'Hermitte (eds) *Odour and Ammonia emissions from Livestock Farming*. Elseviers Applied Science, London/New York, p. 42-49.

Meer, H.G. van der. 1991. Stikstofbenutting en -verliezen van gras- en maïsland. Stand van zaken in het onderzoek naar de stikstofproblematiek van gras- en maïsland. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 10, DLO, Wageningen 134 p.

Monteny, G.J. & J.W. Erisman. 1998. Ammonia emission from dairy cow buildings: a review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 46, 225 – 247.

Monteny, G.J. en H.G. van der Meer, 1999 Evaluatie N-correctiefactoren MINAS. In voorbereiding.

Montsma, H. & C.M. Groenestein. 1993. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen VII. Konijnenstal met mestscheiding, frekwente mestverwijdering en luchtafzuiging boven de giergoot. DLO rapport 93-1002, Wageningen.

Mosel, M. van 1991. Research on the mineral supply of dairy cows during the dry period in relation to milk fever. 1991. Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht.

Mosier, A., C. Kroeze, C. Nevison, O. Oenema, S. Seitzinger & O. van Cleemput. 1998. Closing the global N₂O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 52, 225-248

Neser, S., G. Depta, B. Stegbauer, A. Gronauer en H. Schön. 1997. Mass balance of the compounds nitrogen and carbon in housing systems for laying hens. *Proceedings of International symposium Ammonia and Odour control from animal production facilities* (Eds. J.A.M. Voermans and G.J. Monteny) , 6-10 October, Vinkeloord, The Netherlands. Volume 1, p. 129-137

NFE, 2000. Persoonlijke mededeling. Nederlandse Federatie Edelpelsdieren

Oenema O. & G.L. Velthof. 1993. Denitrification in nitric-acid-treated cattle slurry during storage. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 41, 63-80.

Oenema O., G.L. Velthof & D.W. Bussink. 1993. Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from cattle slurry. In: R.S. Oremland (ed.), *Biogeochemistry of global change: radiatively active trace gases*, Chapman & Hall, New York, 419-433.

Oldenburg, J., 1989. Geruchs- und Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung. *KTBL-Schrift* 333, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster

Oomen, G.J.M. & M. Bos. 1992. Stikstofverliezen uit potstalsystemen. p. 31- 40 In: Van der Werff, P.A., H. Kloen, G.J.M. Oomen, A. Baars, J.G. Bokhorst & M.J.H. van Dongen. 1992. Toetsing en nadere ontwikkeling van milieuvriendelijke bedrijfsvoering en bepaling van milieuemissies van biologische gemengde bedrijven in Nederland op zandgronden. Interimverslag over de periode 1 juli 1990 – 1 juli 1991.

Ooster, A, van 't. 1994. Using natural ventilation theory and dynamic heat balance modelling for real time prediction of ventilation rates in naturally ventilated livestock houses, In: Anonymous (ed.), *XII World Congress on Agricultural Engineering*, International Society of Agricultural Engineers (CIGR), Merelbeke, 1-12.

Peet-Schwering, C.M.C. van der, N. Verdoes, M.P. Voermans en G.M. Beelen, 1996. Effect van voeding en huisvesting op de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen. Proefverslag P1.145, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen: 40 pp.

- Peet-Schwering, C.M.C. van der, M.P. Beurskens-Voermans en N. Verdoes, 1997. Effect van voeding en huisvesting op de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen. Proefverslag P 1.176, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen: 40 pp.
- Peet-Schwering, C.M.C. van der, N. Verdoes en J.G. Plagge, 1998. Invloed van benzoëzuur in het voer op de technische resultaten en de urine-pH van vleesvarkens. Proefverslag P1.212, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen: 24 pp.
- Peet-Schwering, C.M.C. van der, A.W. Jongbloed en A.J.A. Aarnink, 1999. Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production: The Netherlands. *Livestock production Science* 58, 213-224
- Petersen, S.O., A.M. Lind & S.G. Sommer. 1998. Nitrogen and organic matter losses during storage of cattle and pig manure, *Journal of Agricultural Science Cambridge* 130, 69-79.
- Petersen, S.O., S.G. Sommer en A.M. Lind. 1996. Kvælstoftab fra gødningslagre. Del-project BÆR-SP4 under programmet Bæredygtigt Jordbrug
- Pfeiffer, A., F. Arends, G. Steffens & H.J. Langholz. 1994. Ammonia emissions originating from natural ventilated dairy cow housing systems with different dung systems. In: J.E. Hall (ed.) *Animal Waste Management. Technical Series 34, Food and Agricultural Engineering Research* 63, 197-204.
- Poulsen, H.D. & V.F. Kristensen (1998) Standard values for farm manure, A revaluation of the Danish Standard Values concerning the nitrogen, phosphorus and potassium content of manure, DIAS report *Animal Husbandry* no, 7, 1st volume
- Ross, A., F. Seipelt, H.H. Kowalewsky, A. Fühbeker en G. Steffens. 1999. Strohhäckselabdeckungen von Güllebehältern - Auswirkungen auf Emissionen klimarelevanter Gase from issue 22 :Kriterien der Nachhaltigkeit in der Verfahrensentwicklung für die Nutztierhaltung. Institut für Agrartechnik Bornim e. V., Potsdam-Bornim.
- Satter, I.H.G., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld en C.M. Groenestein, 1997. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIV: vleesvarkensstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten. Rapport 97-1004, DLO Wageningen
- Schans, F., van der, G.J. Hilhorst, N. Middelkoop, E. Biewenga, T. van der Putten, J. Ketelaars. 1999. Ammoniakemissie op De Marke: Overzicht en Perspectieven, PR-rapport 24.
- Scholtens, R., J.J.C. van der Heiden-de Vos en J.W.H. Huis in 't Veld. 1996. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXX: natuurlijk geventileerde ligboxenstal voor melkvee met hellende dichte vloer en zelfrijdende proeischuiven, Rapport 96-1006, DLO, Wageningen.

- Scholtens, R. en J.W.H. Huis in 't Veld. 1997. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVI: natuurlijk geventileerde ligboxenstal met betonroosters voor melkvee. Rapport 97-1006, DLO, Wageningen, 35 pp.
- Scholtens, R. en J.W.H. Huis in 't Veld. 1998. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXXI: natuurlijk geventileerde vleesstierenstal met betonroosters, Rapport 98-1005, DLO, Wageningen.
- Schuilings, H.J., 2000. Persoonlijke mededeling. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad
- Sibbesen, E. and A.M. Lind, 1993. Loss of nitrous oxide from animal manure in dungheaps. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science* (43): 16– 20.
- Slangen, J. 2000. Persoonlijke mededeling. Wageningen, IMAG.
- Smits, M.C.J., H. Valk, A. Elzing, J.W.H. Huis in 't Veld en A. Keen. 1993. Perspectief voor beperking van de ammoniakemissie uit melkveestallen door aanpassing van het rantsoen, Rapport 93-31, IMAG-DLO, Wageningen.
- Smits, M.C.J., H. Valk, A. Elzing and A. Keen. 1995 Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle. *Livestock Production Science* 44: 147-156.
- Smits, M.C.J., A.M. van Vuuren en H. Gunnink. 1996a. Beperking ammoniakemissie uit een melkveestal door veevoedingsmaatregelen: effect van N-excretie in urine en urinelozingsfrequentie, Rapport 96-06, IMAG-DLO, Wageningen.
- Smits, M.C.J., H. Gunnink en A.C. Smits, 1996b. Ammoniakemissie uit een vleesstierenstal: invloed van vloertype, vloeroppervlakte en urease-activiteit. IMAG-DLO Rapport 96-13, 43 pp
- Smits, M.C.J., G.J. Monteny & H. Valk. 1998. Effecten van bijvoeding, N-bemesting en beweiding op ammoniakemissie van melkkoeien, Een deskstudie, Rapport 98-07, IMAG-DLO, Wageningen.
- Sneath, R.W., M.R. Holden, V.R., Phillips, R.P. White, C.M. Wathes. 1996. An inventory of emissions of aerial pollutants from poultry buildings in the UK. In: International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations, Kansas City, Missouri.
- Sneath, R.W., V.R. Phillips, T.G.M. Demmers, L.R. Burgess, J.L. Short, S.K. Welch. 1997. Long Term Measurements of Greenhouse Gas Emissions From UK Livestock Buildings. *Livestock Environment V, Proceedings of the Fifth International Symposium, Bloomington, Minnesota*, 146-153.

Sommer, S.G., 1994. Ammoniakfordampning i Danmark. Vand og Jord nr. 5, 210-214.

Sommer, S.G. 1997. Ammonia volatilization from farm tanks containing anaerobically digested animal slurry. Atmospheric Environment 31, 863-868.

Sommer, S.G., S.O. Petersen and H.T. Sogaard, 2000. Greenhouse gas emissions from stored fermented and untreated dairy cattle slurry: effect of slurry cover (in press).

Staatscourant. 1999. Wijziging grenswaarden Groen Label, nr. 60.

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, 1999. Monitoring van nationale ammoniakemissie uit de landbouw; op weg naar een verbeterde rekenmethodiek. Milieuplanbureau 6, DLO, Wageningen, 141 pp.

Stein, M. 1999: Sind Bio-Schweine Umweltschweine ? Hochheim: Europäisches Institut für Lebensmittel- und Ernährungswissenschaften. <http://www.agrar.de/aktuell>

Stevens, R.J., R.J. Laughlin & C.J. O'-Bric. 1995. The fate of nitrate in cattle slurries acidified with nitric acid, Journal of Agricultural Science 125, 239-244.

Swerts, M., G. Uytterhoeven, R. Merckx & K. Vlassak. 1995 Semicontinuous measurement of soil atmosphere gases with gas-flow soil-core method. Soil Science Society of America Journal 59, 1336-1342.

Tamminga, S., A.W. Jongbloed, M.M. van Eerdt, H.F.M. Aarts, F. Mandersloot, N.J.P. Hoogervorst en H. Westhoek, 2000. De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren. Rapport ID-Lelystad no. 00-2040, 71 p.

Thelosen, J.G.M., B.P. Heitlager, and J.A.M Voermans 1993. Nitrogen balances of two deep litter systems for finishing pigs. In: Proceedings of the First International Symposium on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences, M.W.A. Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen, and J.H.M. Metz (editors), Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, The Netherlands, 318-323

Tuinte, J.H.G., 2000. Persoonlijke mededeling. Expertisecentrum LNV, Ede

Ulyatt, M.J., S.K. Baker, G.J. McCrabb and K.R. Lassey. 1999. Accuracy of SF₆ tracer technology and alternatives for field measurements. Australian Journal of Agricultural Research 50, 1329-1334.

UNFCCC. 1997. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Document FCCC/CP/1997/7/Add.1. <Http://www.unfccc.de/>

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

Varkensbesluit, 1994. Besluit van 7 juli 1994, houdende regelen ter zake van het houden en huisvesten van varkens, *Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden* 577

Varkensbesluit, 1998. Besluit van 30 juli 1998, houdende regelen ter zake van het houden en huisvesten van varkens, *Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden* 473

Veeken, A., 2000. Persoonlijke mededeling. Wageningen UR, Agro-, Milieu- en Systemetechnologie, sectie Milieutechnologie

Veldkamp, T., 2000. Persoonlijke mededeling. Praktijkonderzoek Pluimveehouderij, Beekbergen

Velthof, G.L. and O. Oenema, 1997. N₂O emission from dairy farm systems in the Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45: 347 – 360.

Vertregt, N. & B. Rutgers 1988 Ammonia volatilization from grazed pastures. CABO-report 84, Dutch Priority Programme on Acidification, Report 64-2. CABO, Wageningen.

Voermans, J.A.M. en M.M.L.van Asseldonk, 1990. Mestscheiden onder de roosters. Proefverslag P1.51. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.

Vuuren, A.M. van & M.C.J. Smits. 1997. Effect of nitrogen and sodium chloride intake on production and composition of urine in dairy cows. In: *Gaseous Nitrogen Emission from Grasslands*, S.C. Jarvis & B.F. Pain, ed. CABI, Wallingford, UK. pp.95-99.

Westhoek, H.J. (2000) Persoonlijke mededeling. Expertise Centrum LNV, Ede.

Wever, A.C. & J.M.G. Hol. 1999. Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLIII. Twee traditionele huisvestingssystemen voor vleeseenden. Rapport 99-07, IMAG, Wageningen.

Willems, W.J., T.V. Vellinga, O. Oenema, J.J. Schröder, H.G. van der Meer, B. Fraters, & H.F.M. Aarts. 2000. Onderbouwing van het Nederlandse derogatieverzoek in het kader van de Europese Nitraatrichtlijn. RIVM rapport 718201002, RIVM, Bilthoven, 102 p.

Williams, A.G. and E. Nigro, 1997. Covering slurry stores and effects on emissions of ammonia and methane. In: J.A.M. Voermans and G.J. Monteny (Eds.), *Ammonia*

and odour control from animal production facilities. Proceedings of the International Symposium. Research Station for Pig Husbandry (PV), Rosmalen, pp. 421 – 428.

Winkel K. de. (1988) Ammoniakemissiefactoren voor de veehouderij. VROM Publikatiereeks Lucht 76, Den Haag.

WUM, 1994a. Uniformering berekening mest- en mineralen. Standaardcijfers rundvee, schapen en geiten, 1990 t/m 1992. Werkgroep Uniformering berekening mest- en mineralencijfers (redactie M.M. van Eerdt). CBS, IKC-Veehouderij, LAMI, LEI-DLO, RIVM en SLM

WUM, 1994b. Uniformering berekening mest- en mineralen. Standaardcijfers varkens, 1990 t/m 1992. Werkgroep Uniformering berekening mest- en mineralencijfers (redactie M.M. van Eerdt). CBS, IKC-Veehouderij, LAMI, LEI-DLO, RIVM en SLM.

WUM, 1994c. Uniformering berekening mest- en mineralen. Standaardcijfers pluimvee, konijnen en pelsdieren, 1990 t/m 1992. Werkgroep Uniformering berekening mest- en mineralencijfers (redactie M.M. van Eerdt). CBS, IKC-Veehouderij, LAMI, LEI-DLO, RIVM en SLM.

Aanhangsel 1 Diercategoriën in Meststoffenwet en de stikstofcorrectie in de huidige Meststoffenwet

Diercategorie	Omschrijving	Stikstofcorrectie kg N per dier/jaar
Rundvee		
100	Melk- en kalfkoeien	30,00
101	Vrouwelijk jongvee, jonger dan 1 jaar	9,70
102	Vrouwelijk jongvee, ouder dan 1 jaar	20,50
103	Stieren voor de fokkerij, jonger dan 1 jaar	9,70
104	Stieren voor de fokkerij, 1 jaar en ouder	22,40
110	Startkalf (0-2 maanden)	1,10
111	Kalf (2-6 maanden)	2,33
112	Kalf (0-6 maanden)	3,43
	Rose-kalveren, 0-3 maanden ¹	1,10
	van 3 tot 8 maanden ¹	2,33
	van 0 tot 8 maanden ¹	3,43
120	Weide- en zoogkoeien	24,20
121	Vleesstieren, 0-3 maanden	1,78
122	Vleesstieren, 3-16 maanden	9,20
123	Vleesstieren, 0-16 maanden	7,82
124	Overig vleesvee, jonger dan 1 jaar	9,70
125	Overig vleesvee, 1 jaar en ouder	20,50
Varkens		
400	Fokzeugen, incl. biggen tot 6 weken	7,97
	idem, huisvesting op strooisel	12,00
401	Fokzeugen, incl. biggen tot ca. 25 kg	9,56
	idem, huisvesting op strooisel	16,80
402	Opfokzeugen van 25 kg tot 7 maanden	3,43
	idem, huisvesting op strooisel	7,20
403	Opfokzeugen van 7 maanden tot 1e dekking	4,53
	idem, huisvesting op strooisel	9,60
404	Opfokzeugen van 25 kg tot 1e dekking	3,43
	idem, huisvesting op strooisel	7,68
405	Opfokberen van 25 kg tot 7 maanden	3,43
	idem, huisvesting op strooisel	5,76
406	Dekberen ca. 7 maanden en ouder	7,55
	idem, huisvesting op strooisel	12,96
407	Biggen ca. 6 weken tot ca. 25 kg	0,82
	idem, huisvesting op strooisel	2,64
410	Vleeszeugen	5,46
	idem, huisvesting op strooisel	9,6
411	Vleesvarkens ca. 25 kg tot circa 110 kg	4,12
	idem, huisvesting op strooisel	8,64

Diercategorie	Omschrijving	Stikstofcorrectie kg N per dier/jaar
Pluimvee		
300	Opfokhennen en -hanen, jonger dan 18 weken	0,17
	idem, huisvesting op strooisel (grondhuisvesting)	0,29
301	Hennen en hanen ouder dan 18 weken	0,12
	idem, huisvesting op strooisel (grondhuisvesting)	0,55
310	Opfokhennen en -hanen, jonger dan 18 weken	0,24
311	Ouderdieren van vleesrassen ouder dan 18 weken	0,80
312	Vleeskuikens	0,15
Kalkoenen		
200	ca. 0 tot ca. 6 weken	0,29
201	ca. 6 tot ca. 30 weken	0,91
202	ca. 30 weken en ouder	1,14
210	vanaf opzetten tot slacht	1,18
Overig		
550	Fokschapen	4,7
551	Overige schapen	3,2
700	Fokmoeren (vossen) ²	1,25
701	Fokrekels (vossen) ²	0,62
702	Pups (vossen) ²	0,62
750	Fokteven (nertsen) ²	0,21
751	Fokreuen (nertsen) ²	0,17
752	Pups (nertsen) ²	0,17
600	Melkgeiten	3,84
601	Overige geiten	1,71
800	Ouderdieren van vleeseenden	0,44
801	Vleeseenden	0,17
900	Voedsters	1,55
901	Fokrammen	1,00
902	Opfokkonijnen	0,50
903	Vleeskonijnen	0,43
951	Parelhoenders ³	0,008

¹ Deze dieren komen in de Meststoffenwet niet voor, daarom gelijk aan cat. 110, 111 en 112. Tamminga heeft er wel een excretiecijfer voor berekend.

² Door expertisecentrum LNV verdeeld. In het Besluit stikstofcorrectie Meststoffenwet staat alleen een correctie voor de fokmoeren/fokteven incl. pups en rekels/reuen.

³ Deze dieren worden waarschijnlijk in de herziene Meststoffenwet opgenomen

Bijlage 2 Forfaitaire excretie van stikstof per diercategorie volgens Commissie Taminga (Taminga et al., 2000).

Samenvattend overzicht van de forfaitaire N-uitscheiding van de onderscheiden diercategorieën in de Meststoffenwet, uitgedrukt in kg stikstof per dierjaar (dus voor een dier dat 365 dagen aanwezig is). Deel I

Categorie	Nr.	Omschrijving	N-uitscheiding per dierjaar (kg)	
			1998	'Actueel' '2003'
I. Rundvee		Fok- en gebruiksvvee		
	100	Melk- en kalfkoeien (alle koeien die ten minste éénmaal hebben gekalfd en die voor de melkproductie of de fokkerij worden gehouden; ook koeien die drooggezet zijn alsmede koeien die worden vetgemest en in de mesttijd worden gemolken)	133,8	140,9
		Vrouwelijk jongvee (alle vrouwelijke dieren die nog nooit gekalfd hebben en die worden aangehouden voor de vervanging van de eigen veestapel of de veestapel van derden; ook drachtige dieren die niet eerder hebben gekalfd):		
	101	jonger dan 1 jaar	44,8	46,0
	102	1 jaar en ouder	90,2	92,6
		Stieren voor de fokkerij (stieren bestemd voor het fokken van melk- of vleesvee):		
	103	jonger dan 1 jaar	44,6	43,2
	104	1 jaar en ouder	105,8	76,5
		Witvleesproductie		
		Vleeskalveren (doorgaans binnen 6 maanden na de geboorte geslacht; in hoofdzaak met melkproducten afgemest):		
110	startkalf t.b.v. vleeskalf, van ca. 0 tot ca. 2 maanden (kalveren die worden opgefokt van ca. 0 tot ca. 2 maanden, waarna ze voor afmesting aan een ander bedrijf worden geleverd)	2,9	6,05	
111	van startkalf tot vleeskalf, van ca. 2 tot ca. 6 maanden (kalveren die zijn aangeleverd als startkalf van ca. 2 maanden en die verder worden afgemest tot vleeskalf van ca. 6 maanden)	16,4	16,7	
112	vleeskalf, van ca. 0 tot ca. 6 maanden (kalveren die worden gemest van ca. 0 tot ca. 6 maanden)	11,6	13,9	
				12,0

Samenvattend overzicht van de forfaitaire N-uitscheiding. Deel II.

		Roséveleesproductie	N-uitscheiding per dierjaar (kg)	
			1998	'Actueel'
110	Vleeskalveren (doorgaans binnen 8 maanden na de geboorte geslacht; in hoofdzaak metsnijmais en krachtroer afgemest):			
111	startkalf t.b.v. vleeskalf, van ca. 0 tot ca. 3 maanden (kalveren die worden opgefokt van ca. 0 tot ca. 2 maanden, waarna ze voor afmesting aan een ander bedrijf worden geleverd)		17,4	12,9
112	van startkalf tot vleeskalf, van ca. 3 tot ca. 8 maanden (kalveren die zijn aangeleverd als startkalf van ca. 3 maanden en die verder worden afgemest tot vleeskalf van ca. 8 maanden) 111		39,7	35,9
	vleeskalf, van ca. 0 tot ca. 8 maanden (kalveren die worden gemest van ca. 0 tot ca. 8 maanden)		32,5	27,4
Roodveleesproductie				
120	Weide- en zoekkoeien (koeien die niet meer worden gemolken, maar worden vetgeweid)	111,3	87,0	86,9
	Vleesstieren, alsook vrouwelijke dieren en ossen die op dezelfde wijze worden gemest (vee dat tot ca. 16 maanden wordt gemest voor roodvlees):			
121	- startkalf t.b.v. vleesstier, ca. 0 tot 3 maanden (kalveren die worden opgefokt van ca. 0 tot ca. 3 maanden, waarna ze voor afmesting aan een ander bedrijf worden geleverd)		11,9	10,0
122	- van startkalf tot vleesstier, ca. 3 tot ca. 16 maanden (kalveren die zijn aangeleverd als startkalf van ca. 3 maanden en die verder worden afgemest tot vleesstier van ca. 16 maanden)		40,9	39,3
123	- vleesstier, ca. 0 tot ca. 16 maanden (stieren die worden gemest van ca. 0 tot ca. 16 maanden)		35,6	34,0
	Overige vleesvee (vee bestemd voor roodveesproductie, dat niet behoort tot de categorieën «weidekoeien» of «vleesstieren»; ook vleesstieren, vrouwelijke dieren en ossen ouder dan ca. 16 maanden):			
124	- jonger dan 1 jaar			38,5
125	- 1 jaar en ouder	89,9		86,9

Samenvattend overzicht van de forfaitaire N-uitscheiding. Deel III.

IV.		N-uitscheiding	
Diersoort	Nr.	Omschrijving	'Actueel'
Kalkoenen		Voor broedeieren	
		Hennen en hanen voor de productie van broedeieren:	
	200	ca. 0 tot ca. 6 weken (hennen en hanen van ca. 0 tot ca. 6 weken, gehouden op een quarantaine bedrijf)	0,591
	201	ca. 6 tot ca. 30 weken (hennen en hanen van ca. 6 tot ca. 30 weken, gehouden op een opfokbedrijf)	2,08
	202	ca. 30 weken en ouder (hennen en hanen van ca. 30 weken en ouder)	2,73
		Vleeskalkoenen	
	210	Vleeskalkoenen (vanaf het opzetten bij aanvang van de mestperiode tot de aflevering voor de slacht)	1,92

III.		N-uitscheiding	
Diersoort	Nr.	Omschrijving	'Actueel'
Kippen		Legrassen	
	300	Opfokhennen en -hanen van legrassen, jonger dan ca. 18 weken (opfokhennen en -hanen voor de vervanging van hennen en hanen van legrassen, inclusief (groot)ouderdieren, die worden afgeleverd op ca. 18 weken; dieren die op het eigen bedrijf worden aangehouden worden tot exact 18 weken meegeteld); batterij	0,329
		Opfokhennen en -hanen van legrassen, jonger dan ca. 18 weken (opfokhennen en -hanen voor de vervanging van hennen en hanen van legrassen, inclusief (groot)ouderdieren, die worden afgeleverd op ca. 18 weken; dieren die op het eigen bedrijf worden aangehouden worden tot exact 18 weken meegeteld); grondhuisvesting	0,388
	301	Hennen en hanen van legrassen, ca. 18 weken en ouder (hennen en hanen - inclusief (groot)ouderdieren - die zijn aangeleverd op ca. 18 weken; ook van het eigen bedrijf afkomstige hennen en hanen - inclusief (groot)ouderdieren -, vanaf exact 18 weken); batterij	0,684
		Hennen en hanen van legrassen, ca. 18 weken en ouder (hennen en hanen - inclusief (groot)ouderdieren - die zijn aangeleverd op ca. 18 weken; ook van het eigen bedrijf afkomstige hennen en hanen - inclusief (groot)ouderdieren -, vanaf exact 18 weken); grondhuisvesting	0,778
		Vleesrassen	
	310	Opfokhennen en -hanen van vleesrassen, 0 tot 19 weken (opfokhennen en -hanen ter vervanging van (groot)ouderdieren van vleesrassen, die worden afgeleverd op ca. 19 weken; dieren die op het eigen bedrijf worden aangehouden worden tot exact 19 weken meegeteld)	0,404
	311	Ouderdieren van vleesrassen, ca. 19 weken en ouder (ouderdieren - inclusief grootouderdieren - van vleesrassen, die zijn aangeleverd op ca. 19 weken; ook van het eigen bedrijf afkomstige (ouder)dieren, vanaf exact 19 weken)	1,19
	312	Vleeskuikens (kuikens die voor de slacht worden afgeleverd)	0,584

Samenvattend overzicht van de forfaitaire N-uitscheiding. Deel IV.

II.	Diersoort	Nr.	Omschrijving	N-uitscheiding per dierjaar (kg)		
				1998	'Actueel'	'2003'
	Varkens		Fokkerij/vermeerdering			
			Fokzeugen (ten minste éénmaal gedekt of geïnsemineerd: guste zeugen, gedekte maar nog niet drachtige zeugen, drachtige zeugen, zeugen met biggen, zeugen waarvan de biggen gespeend zijn):			
		400	- waarvan de biggen aan een ander bedrijf worden geleverd ca. 6 weken na hun geboorte (ook fokzeugen die nog geen biggen hebben)	-	21,4	21,4
		401	- waarvan de biggen worden gehouden tot een gewicht van ca. 25 kg (ook fokzeugen waarvan de biggen op het eigen bedrijf worden gehouden)	29,9	29,5	28,1
			Opfokzeugen (jonge zeugen, nooit gedekt of geïnsemineerd, gehouden voor de fokkerij):			
		402	- van ca. 25 kg tot ca. 7 maanden (aangeleverde opfokzeugen van ca. 25 kg die worden afgeleverd op ca. 7 maanden of iets ouder; ook opfokzeugen afkomstig van het eigen bedrijf van exact 25 kg, die worden afgeleverd op ca. 7 maanden)	-	12,9	11,4
		403	- van ca. 7 maanden tot de eerste dekking (opfokzeugen die zijn aangeleverd op ca. 7 maanden of iets jonger, tot de eerste dekking)	-	17,4	16,2
		404	- van ca. 25 kg tot de eerste dekking (opfokzeugen die zijn aangeleverd op ca. 25 kg, die niet op 7 maanden worden afgeleverd, maar worden aangehouden tot de eerste dekking; ook opfokzeugen afkomstig van het eigen bedrijf die worden aangehouden van exact 25 kg tot de eerste dekking)	13,4	13,2	11,8
		405	Opfokberen van ca. 25 kg tot ca. 7 maanden (jonge nog niet dekrijpe beren, die worden aangehouden voor de fokkerij, van ca. 25 kg tot ca. 7 maanden of iets ouder; ook beren afkomstig van het eigen bedrijf vanaf exact 25 kg)	13,4	12,5	11,0
		406	Dekberen, van ca. 7 maanden en ouder (dekrijpe beren - ook zoekberen - van ca. 7 maanden en ouder; ook aangeleverde beren van iets jonger dan 7 maanden; beren afkomstig van het eigen bedrijf te rekenen vanaf exact 7 maanden)	22,4	21,9	21,1
		407	Biggen, aangeleverd op ca. 6 weken, tot ca. 25 kg (gespeende biggen die op ca. 6 weken zijn aangeleverd, die worden afgeleverd op ca. 25 kg; ook op 6 weken aangeleverde biggen die op het eigen bedrijf worden aangehouden voor de mesterij, tot exact 25 kg)	-	4,17	3,29
			Mesterij			
		410	Slachtzeugen (zeugen die niet meer gebruikt worden voor de fokkerij, maar worden afgemest)	-	22,6	20,9
		411	Vleesvarkens (varkens die doorgaans worden gemest vanaf ca. 25 kg of iets lichter tot ca. 110 kg; ook biggen afkomstig van het eigen, gesloten bedrijf vanaf exact 25 kg)	13,8	13,4	11,7

Samenvattend overzicht van de forfaitaire N-uitscheiding. Deel V.

V.	Diersoort	Nr.	Omschrijving	N-uitscheiding per dierjaar (kg)	
				1998	'2003'
	Schapen	550	Fokschapen, inclusief de lammeren tot ca. 25 kg (alle ooiën die ten minste éénmaal hebben gelammerd)	13,4	13,3
		551	Overige schapen (alle lammeren zwaarder dan 25 kg, alle fokrammen en overhouders)	10,9	10,9
VII.					
	Diersoort				
	Geiten	600	Melkgeiten, inclusief lammeren tot ca. 10 kg (alle geiten die ten minste eenmaal hebben gelammerd)	15,7	14,2
		601	Overige geiten (geitelammeren en opfokgeiten zwaarder dan ca. 10 kg en bokken)	10,5	9,4
VI.					
	Diersoort				
	Vossen	700	Fokmoeren, inclusief de niet-gespeende pups (alle vrouwelijke dieren die ten minste éénmaal zijn gedekt)	4,28	4,28
		701	Fokrekels	3,46	3,46
		702	Pups (alle jonge dieren tot een leeftijd van ca. 8 maanden)	3,00	3,00
VII.					
	Diersoort				
	Nertsen	750	Fokreven, inclusief de niet-gespeende pups (alle vrouwelijke dieren die ten minste eenmaal zijn gedekt)	1,28	1,28
		751	Fokreuen	1,48	1,48
		752	Pups (alle jonge dieren tot een leeftijd van ca. 8 maanden)	1,05	1,05
IX.					
	Diersoort				
	Eenden	800	Ouderdieren van vleeseenden (opfok- en legeenden)	1,24	1,24
		801	Vleeseenden (eenden die worden gehouden voor de slacht)	0,948	0,948
X.					
	Diersoort				
	Konijnen	900	Voedsters, inclusief de niet-gespeende jongen (alle vrouwelijke dieren die ten minste eenmaal zijn gedekt)	2,56	2,56
		901	Fokrammen (rammen bestemd voor het fokken van vleeskonijnen)	1,58	1,58
		902	Opfokkonijnen (jonge, nog niet dekrijpe konijnen, die worden aangehouden voor de fokkerij, vanaf de leeftijd van ca. 80 dagen tot de eerste dekking)	1,43	1,43
		903	Vleeskonijnen (jonge konijnen vanaf het spenen tot de leeftijd van ca. 80 dagen; ook opfokkonijnen tot 80 dagen)	0,703	0,703

Bijlage 3. Berekeningen rundvee. Deel I (zie bijlage 4 voor toelichting)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cat.	Omschrijving	N-excretie kg N/dier/jr 1998	N-excretie kg N/dier/jr in 2003	Stalsysteem	Beweidings- systeem	UAV kg NH ₃ /dierplaats/jr	Bezetting stal	UAV kg NH ₃ /dier/jr	Periode UAV	N-excretie in zomer % van totaal
100	Melk- en kalfkoeien	140,9	129	ligboxenstal	onbeperkt	8,8	0,90	9,8	okt t/m apr	50
100	Melk- en kalfkoeien	140,9	129	ligboxenstal	beperkt	8,8	0,90	9,8	okt t/m apr	50
100	Melk- en kalfkoeien	140,9	129	ligboxenstal	zomerstalvoeding	8,8	0,90	9,8	okt t/m apr	50
100	Melk- en kalfkoeien	140,9	129	ligboxenstal	gemiddeld NL	8,8	0,90	9,8	okt t/m apr	50
100	Melk- en kalfkoeien	140,9	129	emissie-arme ligboxenstal	onbeperkt	4,4	0,90	4,9	okt t/m apr	50
100	Melk- en kalfkoeien	140,9	129	emissie-arme ligboxenstal	beperkt	4,4	0,90	4,9	okt t/m apr	50
100	Melk- en kalfkoeien	140,9	129	emissie-arme ligboxenstal	zomerstalvoeding	4,4	0,90	4,9	okt t/m apr	50
100	Melk- en kalfkoeien	140,9	129	emissie-arme ligboxenstal	gemiddeld NL	4,4	0,90	4,9	okt t/m apr	50
100	Melk- en kalfkoeien	140,9	129	grupstal: dunne mest	onbeperkt	3	0,90	3,3	okt t/m apr	50
100	Melk- en kalfkoeien	140,9	129	grupstal: vaste mest	onbeperkt	8,8	0,90	9,8	okt t/m apr	50
100	Melk- en kalfkoeien	140,9	129	potstal: vaste mest (60%)	onbeperkt	8,8	0,90	9,8	okt t/m apr	50
100	Melk- en kalfkoeien	140,9	129	potstal: dunne mest (40%)	onbeperkt	8,8	0,90	9,8	okt t/m apr	50
100	Melk- en kalfkoeien	140,9	129	potstal: totaal	onbeperkt	8,8	0,90	9,8	okt t/m apr	50
101	Vrouwelijk jongvee, < 1 jr	46,0	40,5	gangbaar	onbeperkt	2,6	0,90	2,9	geheel jaar	50
102	Vrouwelijk jongvee, > 1 jr	92,6	82,9	gangbaar	onbeperkt	5,2	0,90	5,8	geheel jaar	50
103	Stieren fokkerij, < 1 jr	43,2	38,5	gangbaar	zomerstalvoeding	7,2	0,90	8,0	geheel jaar	50
104	Stieren fokkerij > 1 jr	76,5	69,2	gangbaar	zomerstalvoeding	8,8	0,90	9,8	geheel jaar	50
110	Stierkalf (0-2 mnd)	6,05	6,03	gangbaar	zomerstalvoeding	1,1	0,93	1,2	geheel jaar	50
111	Kalf (2-6 mnd)	16,7	15,1	gangbaar	zomerstalvoeding	3,0	0,93	3,2	geheel jaar	50
112	Kalf (0-6 mnd)	13,9	12	gangbaar	zomerstalvoeding	2,5	0,93	2,7	geheel jaar	50
	Rose-kalveren, 0-3 mnd	17,4	12,9	gangbaar	zomerstalvoeding	2,5	0,94	2,7	geheel jaar	50
	van 3 tot 8 mnd	39,7	35,9	gangbaar	zomerstalvoeding	7,2	0,94	7,7	geheel jaar	50
	van 0 tot 8 mnd	32,5	27,4	gangbaar	zomerstalvoeding	6,5	0,94	6,9	geheel jaar	50
120	Wilde- en zoogkoeien	87	86,9	gangbaar	onbeperkt	8,8	0,90	9,8	okt t/m apr	50
121	Vleesstieren, 0-3 mnd	11,9	10	gangbaar	zomerstalvoeding	2,5	0,93	2,7	geheel jaar	50
122	Vleesstieren, 3-16 mnd	40,9	39,3	gangbaar	zomerstalvoeding	7,2	0,90	8,0	geheel jaar	50
123	Vleesstieren, 0-16 mnd	35,6	34	gangbaar	zomerstalvoeding	6,5	0,90	7,2	geheel jaar	50
124	Overig vleesvee, < 1 jaar	38,5	38,5	gangbaar	zomerstalvoeding	7,2	0,90	8,0	geheel jaar	50
125	Overig vleesvee, > 1 jaar	86,9	86,9	gangbaar	zomerstalvoeding	8,8	0,90	9,8	geheel jaar	50

Bijlage 3. Berekeningen rundvee. Deel II

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Cat,	Omschrijving	Stalsysteem	Beweidings- systeem	Overdracht zomermest %	Nexcretie kg N/dier/jr winter 1998	Nexcretie kg N/dier/jr zomer 1998	Nexcretie kg N/dier/jr winter 2003	Nexcretie kg N/dier/jr zomer 2003	Overdracht in zomer 2003 kg N/dier/jr	Emissiepercentages				
										Stal UAY, % N-excretie stal	NH ₃	N ₂ O	N ₂	NO totaal
100	Melk- en kalfoeien	ligboxenstal	onbeperkt	15	70,5	70,5	64,5	64,5	9,7	11,4	0,1	1,0	0,1	12,6
100	Melk- en kalfoeien	ligboxenstal	beperkt	60	70,5	70,5	64,5	64,5	38,7	11,4	0,1	1,0	0,1	12,6
100	Melk- en kalfoeien	ligboxenstal	zomerstalvoeding	100	70,5	70,5	64,5	64,5	64,5	11,4	0,1	1,0	0,1	12,6
100	Melk- en kalfoeien	ligboxenstal	gemiddeld NL	42	70,5	70,5	64,5	64,5	27,1	11,4	0,1	1,0	0,1	12,6
100	Melk- en kalfoeien	emissie-arme ligboxenstal	onbeperkt	15	70,5	70,5	64,5	64,5	9,7	5,7	0,1	1,0	0,1	6,9
100	Melk- en kalfoeien	emissie-arme ligboxenstal	beperkt	60	70,5	70,5	64,5	64,5	38,7	5,7	0,1	1,0	0,1	6,9
100	Melk- en kalfoeien	emissie-arme ligboxenstal	zomerstalvoeding	100	70,5	70,5	64,5	64,5	64,5	5,7	0,1	1,0	0,1	6,9
100	Melk- en kalfoeien	emissie-arme ligboxenstal	gemiddeld NL	42	70,5	70,5	64,5	64,5	27,1	5,7	0,1	1,0	0,1	6,9
100	Melk- en kalfoeien	grupstal: dunne mest	onbeperkt	0	70,5	70,5	64,5	64,5	0,0	3,9	0,1	1,0	0,1	5,1
100	Melk- en kalfoeien	grupstal: vaste mest	onbeperkt	0	70,5	70,5	64,5	64,5	0,0	11,4	2,0	10,0	2,0	25,4
100	Melk- en kalfoeien	poststal: vaste mest (60%)	onbeperkt	0	42,3	42,3	38,7	38,7	0,0	19,0	10,0	10,0	10,0	49,0
100	Melk- en kalfoeien	poststal: dunne mest (40%)	onbeperkt	0	28,2	28,2	25,8	25,8	0,0	28,6	0,1	1,0	0,1	29,8
100	Melk- en kalfoeien	poststal: totaal	onbeperkt	0	70,5	70,5	64,5	64,5	0,0					
101	Vrouwelijk jongvee, < 1 jr	gangbaar	onbeperkt	0	23,0	23,0	20,3	20,3	0,0	10,3	0,1	1,0	0,1	11,5
102	Vrouwelijk jongvee, > 1 jr	gangbaar	onbeperkt	0	46,3	46,3	41,5	41,5	0,0	10,3	0,1	1,0	0,1	11,5
103	Stieren fokkerij, < 1 jr	gangbaar	zomerstalvoeding	100	21,6	21,6	19,3	19,3	19,3	16,1	0,1	1,0	0,1	17,3
104	Stieren fokkerij > 1 jr	gangbaar	zomerstalvoeding	100	38,3	38,3	34,6	34,6	34,6	11,1	0,1	1,0	0,1	12,3
110	Stierkalf (0-2 mnd)	gangbaar	zomerstalvoeding	100	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	16,0	0,1	1,0	0,1	17,2
111	Kalf (2-6 mnd)	gangbaar	zomerstalvoeding	100	8,4	8,4	7,6	7,6	7,6	16,8	0,1	1,0	0,1	18,0
112	Kalf (0-6 mnd)	gangbaar	zomerstalvoeding	100	7,0	7,0	6,0	6,0	6,0	17,1	0,1	1,0	0,1	18,3
	Rose-kalveren, 0-3 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	100	8,7	8,7	6,5	6,5	6,5	14,4	0,1	1,0	0,1	15,6
	van 3 tot 8 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	100	19,9	19,9	18,0	18,0	18,0	16,7	0,1	1,0	0,1	17,9
	van 0 tot 8 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	100	16,3	16,3	13,7	13,7	13,7	18,9	0,1	1,0	0,1	20,1
120	Weide- en zoogkoeien	gangbaar	onbeperkt	0	43,5	43,5	43,5	43,5	0,0	18,5	0,1	1,0	0,1	19,7
121	Vleesstieren, 0-3 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	100	6,0	6,0	5,0	5,0	5,0	20,2	0,1	1,0	0,1	21,4
122	Vleesstieren, 3-16 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	100	20,5	20,5	19,7	19,7	19,7	16,4	0,1	1,0	0,1	17,6
123	Vleesstieren, 0-16 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	100	17,8	17,8	17,0	17,0	17,0	17,0	0,1	1,0	0,1	18,2
124	Overig vleesvee, < 1 jaar	gangbaar	zomerstalvoeding	100	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	17,1	0,1	1,0	0,1	18,3
125	Overig vleesvee, > 1 jaar	gangbaar	zomerstalvoeding	100	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5	9,3	0,1	1,0	0,1	10,5

Bijlage 3. Berekeningen rundvee. Deel III.

Cat.	27	28	Omschrijving	29	Stalsysteem	30	Beweidings- systeem	31			32			33			34			35			36			37			38			39			40			41	42
								Emissiepercentage Stal, zomer, % N-excretie			NH ₃			N ₂ O			N ₂			NO			NH ₃			N ₂ O			NH ₃			N ₂			NO				
100	Melk- en kalfkoeien	ligboxenstal	onbeperkt	15,4	0,1	1,0	0,1	16,6	8,9	0,1	0,7	0,1	9,8	55	35																								
100	Melk- en kalfkoeien	ligboxenstal	beperkt	15,4	0,1	1,0	0,1	16,6	13,3	0,1	1,0	0,1	14,6	55	49																								
100	Melk- en kalfkoeien	ligboxenstal	zomerstalvoeding	15,4	0,1	1,0	0,1	16,6	17,3	0,1	1,3	0,1	18,9	55	61																								
100	Melk- en kalfkoeien	ligboxenstal	gemiddeld NL	15,4	0,1	1,0	0,1	16,6	11,6	0,1	0,9	0,1	12,7	55	43																								
100	Melk- en kalfkoeien	ernissic-arme ligboxenstal	onbeperkt	7,7	0,1	1,0	0,1	8,9	4,4	0,1	0,7	0,1	5,3	55	38																								
100	Melk- en kalfkoeien	ernissic-arme ligboxenstal	beperkt	7,7	0,1	1,0	0,1	8,9	6,7	0,1	1,0	0,1	7,9	55	52																								
100	Melk- en kalfkoeien	ernissic-arme ligboxenstal	zomerstalvoeding	7,7	0,1	1,0	0,1	8,9	8,7	0,1	1,3	0,1	10,2	55	65																								
100	Melk- en kalfkoeien	ernissic-arme ligboxenstal	gemiddeld NL	7,7	0,1	1,0	0,1	8,9	5,8	0,1	0,9	0,1	6,9	55	47																								
100	Melk- en kalfkoeien	grupstal: dunne must	onbeperkt	5,3	0,1	1,0	0,1	6,5	2,5	0,1	0,6	0,1	3,3	55	34																								
100	Melk- en kalfkoeien	grupstal: vaste mest	onbeperkt	15,4	2,0	10,0	2,0	29,4	7,4	1,3	6,5	1,3	16,4	75	36																								
100	Melk- en kalfkoeien	potstal: vaste mest (60%)	onbeperkt	25,7	10,0	10,0	10,0	55,7	7,4	3,9	3,9	3,9	19,0	0	0																								
100	Melk- en kalfkoeien	potstal: dunne mest (40%)	onbeperkt	38,6	0,1	1,0	0,1	39,8	7,4	0,0	0,3	0,0	7,7	100	26																								
100	Melk- en kalfkoeien	potstal: totaal	onbeperkt	0,0					14,7	3,9	4,1	3,9	26,7																										
101	Vrouwelijk jongvee, < 1 jr	gangbaar	onbeperkt	13,9	0,1	1,0	0,1	11,5	2,1	0,0	0,2	0,0	2,3	55	10																								
102	Vrouwelijk jongvee, > 1 jr	gangbaar	onbeperkt	13,9	0,1	1,0	0,1	11,5	4,3	0,0	0,4	0,0	4,8	55	20																								
103	Stieren fokkerij, < 1 jr	gangbaar	zomerstalvoeding	16,1	0,1	1,0	0,1	17,3	6,2	0,0	0,4	0,0	6,7	55	24																								
104	Stieren fokkerij > 1 jr	gangbaar	zomerstalvoeding	11,1	0,1	1,0	0,1	12,3	7,6	0,1	0,7	0,1	8,5	55	33																								
110	Startkalf (0-2 mnd)	gangbaar	zomerstalvoeding	16,0	0,1	1,0	0,1	17,2	1,0	0,0	0,1	0,0	1,0	0	0																								
111	Kalf (2-6 mnd)	gangbaar	zomerstalvoeding	16,8	0,1	1,0	0,1	18,0	2,5	0,0	0,2	0,0	2,7	0	0																								
112	Kalf (0-6 mnd)	gangbaar	zomerstalvoeding	17,1	0,1	1,0	0,1	18,3	2,1	0,0	0,1	0,0	2,2	0	0																								
	Rose-kalveren, 0-3 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	14,4	0,1	1,0	0,1	15,6	1,9	0,0	0,1	0,0	2,0	0	0																								
	van 3 tot 8 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	16,7	0,1	1,0	0,1	17,9	6,0	0,0	0,4	0,0	6,4	0	0																								
	van 0 tot 8 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	18,9	0,1	1,0	0,1	20,1	5,2	0,0	0,3	0,0	5,5	0	0																								
120	Wetde- en zoogkoeien	gangbaar	onbeperkt	25,0	0,1	1,0	0,1	26,2	8,0	0,0	0,4	0,0	8,6	55	19																								
121	Vleesstieren, 0-3 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	20,2	0,1	1,0	0,1	21,4	2,0	0,0	0,1	0,0	2,1	55	4																								
122	Vleesstieren, 3-16 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	16,4	0,1	1,0	0,1	17,6	6,5	0,0	0,4	0,0	6,9	55	18																								
123	Vleesstieren, 0-16 mnd	gangbaar	zomerstalvoeding	17,0	0,1	1,0	0,1	18,2	5,8	0,0	0,3	0,0	6,2	55	16																								
124	Overig vleesvee, < 1 jaar	gangbaar	zomerstalvoeding	17,1	0,1	1,0	0,1	18,3	6,6	0,0	0,4	0,0	7,1	55	24																								
125	Overig vleesvee, > 1 jaar	gangbaar	zomerstalvoeding	9,3	0,1	1,0	0,1	10,5	8,1	0,1	0,9	0,1	9,1	55	42																								

Bijlage 3. Berekeningen rundvee. Deel IV.

43	44	45	46	47													56	57	58	59	60			62
				Emissiepercentages			Emissie			Totaal N-verlies in stal+opslag			NH3-emissie beweidings											
				Opslag buiten, % N	NO	N ₂	Opslag, kg N/dier/jr	NH ₃	N ₂ O	N ₂	kg N/dier/jr	% N-excretie	% N-excretie in stal	% excretie buiten	kg N/dier/jr	% N-excretie					% totale N-excretie			
Cat	Omschrijving	Stalsysteem	Beweidings-systeem	Opslag buiten, % N	NO	N ₂	Opslag, kg N/dier/jr	NH ₃	N ₂ O	N ₂	kg N/dier/jr	% N-excretie	% N-excretie in stal	% excretie buiten	kg N/dier/jr	% N-excretie	% totale N-excretie	kg N/dier/jr	% N-excretie	% totale N-excretie				
100	Melk- en kalfkoeien	ligboxenstal	onbeperkt	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,4	0,0	0,4	0,0	0,8	10,5	8,2	14,2	8	4,4	3,4					
100	Melk- en kalfkoeien	ligboxenstal	beperkt	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,5	0,0	0,5	0,0	1,1	15,7	12,1	15,2	8	2,1	1,6					
100	Melk- en kalfkoeien	ligboxenstal	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,6	0,1	0,6	0,1	1,3	20,2	15,7	15,7	8	0,0	0					
100	Melk- en kalfkoeien	ligboxenstal	gemiddeld NL	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,4	0,0	0,4	0,0	1,0	13,6	10,5	14,9	8	3,0	2,3					
100	Melk- en kalfkoeien	emissie-arme ligboxenstal	onbeperkt	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,4	0,0	0,4	0,0	0,8	6,2	4,8	8,3	8	4,4	3,4					
100	Melk- en kalfkoeien	emissie-arme ligboxenstal	beperkt	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,5	0,1	0,5	0,1	1,2	9,1	7,0	8,8	8	2,1	1,6					
100	Melk- en kalfkoeien	emissie-arme ligboxenstal	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,7	0,1	0,7	0,1	1,4	11,6	9,0	9,0	8	0,0	0					
100	Melk- en kalfkoeien	emissie-arme ligboxenstal	gemiddeld NL	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,5	0,0	0,5	0,0	1,0	7,9	6,1	8,6	8	3,0	2,3					
100	Melk- en kalfkoeien	grupstal: dunne mest	onbeperkt	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,3	0,0	0,3	0,0	0,7	4,0	3,1	6,2	8	5,2	4,0					
100	Melk- en kalfkoeien	grupstal: vaste mest	onbeperkt	2,0	2,0	10,0	2,0	16,0	0,7	0,7	3,6	0,7	5,8	22,2	17,2	34,4	8	5,2	4,0					
100	Melk- en kalfkoeien	potstal: vaste mest (60%)	onbeperkt	2,0	2,0	10,0	2,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	14,7	21,0	8	1,6	4,0					
100	Melk- en kalfkoeien	potstal: dunne mest (40%)	onbeperkt	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,3	0,0	0,3	0,0	0,6	8,2	6,4	8,0	8	3,3	4,0					
100	Melk- en kalfkoeien	potstal: totaal	onbeperkt	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,3	0,0	0,3	0,0	0,6	27,2	21,1	42,2	8	5,2	4,0					
101	Vrouwelijk jongvee, < 1 jr	gangbaar	onbeperkt	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	2,5	6,3	12,6	8	1,6	4,0					
102	Vrouwelijk jongvee, > 1 jr	gangbaar	onbeperkt	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,4	5,2	6,3	12,6	8	3,3	4,0					
103	Stieren fokkerij, < 1 jr	gangbaar	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,4	7,1	18,3	18,3	8	0,0	0					
104	Stieren fokkerij > 1 jr	gangbaar	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,3	0,0	0,3	0,0	0,7	9,2	13,3	13,3	8	0,0	0					
110	Starkalf (0-2 mnd)	gangbaar	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	17,2	17,2	8	0,0	0					
111	Kalf (2-6 mnd)	gangbaar	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	18,0	18,0	8	0,0	0					
112	Kalf (0-6 mnd)	gangbaar	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	18,3	18,3	8	0,0	0					
	Rose-kalveren, 0-3 mnd	gangbaar	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	15,6	15,6	8	0,0	0					
	van 3 tot 8 mnd	gangbaar	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	17,9	17,9	8	0,0	0					
	van 0 tot 8 mnd	gangbaar	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	20,1	20,1	8	3,5	4,0					
120	Weide- en zoogkoeien	gangbaar	onbeperkt	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,4	9,0	10,3	20,7	8	0,0	0					
121	Vleesstieren, 0-3 mnd	gangbaar	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,2	22,4	22,4	8	0,0	0					
122	Vleesstieren, 3-16 mnd	gangbaar	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,4	7,3	18,6	18,6	8	0,0	0					
123	Vleesstieren, 0-16 mnd	gangbaar	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,3	6,5	19,2	19,2	8	0,0	0					
124	Overig vleesvee, < 1 jaar	gangbaar	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,4	7,4	19,3	19,3	8	0,0	0					
125	Overig vleesvee, > 1 jaar	gangbaar	zomerstalvoedering	1,0	0,1	1,0	0,1	2,2	0,4	0,0	0,4	0,0	0,9	10,0	11,5	11,5	8	0,0	0					

Bijlage 4 Toelichting bij berekening verliezen rundvee (zie bijlage 3).

Kolomnummer

- 1 diercategorie uit Meststoffenwet
- 2 omschrijving
- 3 N-excretie in 1998 ('actueel'): tabel 5 Tamminga et al. (2000). Voor cat. 124 en 125 geen waarden voor 1998; waarden voor 2003 gekozen
- 4 N-excretie in 2003: zie Tamminga
- 5 stalsysteem. Bij potstal uitgegaan dat 60% als vaste mest en 40% als drijfmest wordt verzameld (in winterperiode)
- 6 beweidingssysteem. Gemiddeld NL: gemiddeld beweidingssysteem in Nederland
- 7 NH₃-emissie volgens UAV:
Volgende aannames (ivm niet geheel overeenkomen categorieën MINAS en UAV)
alle emissie-arme ligboxenstallen: 4,4 kg NH₃
vrouwelijk jongvee > 1 jaar: 5,2 kg NH₃
stieren fokkerij < 1 jr: 7,2 kg NH₃
stieren fokkerij > 1 jr: 8,8 kg NH₃
vleesstieren 3-16 mnd: 7,2 kg NH₃
vleesstieren 0-16 mnd: $0,9 \times 7,2 (36,5/40,9) = 5,4$ kg NH₃
overig vleesvee < 1 jr: 7,2 kg NH₃
overig vleesvee > 1 jr: 8,8 kg NH₃
Rose-kalveren, 0-3 mnd 2,5 kg NH₃ (emissiefactor van vleesstieren ivm met zelfde rantsoen als vleesstieren)
van 3 tot 8 mnd 7,2 kg NH₃
van 0 tot 8 mnd 6,5 kg NH₃ (0,9 x 7,2 kg NH₃)
- 8 bezetting van stal (gebaseerd op beoordelingsprotocol emissies uit stalsystemen, v.d. Hoek et al., 1999)
- 9 omrekening UAV-emissiefactor 'per dierplaats' naar 'per dier'
- 10 periode waarop UAV gebaseerd is (UAV-waarden gelden bij diercat. die weiden alleen voor de periode oktober tot mei)
- 11 stikstofexcretie in zomerperiode (175 dagen) van totale jaarlijkse N-excretie
aanname: in zomer meer N in rantsoen, daarom meer N excretie dan in winter. Aanname 50% in zomer (175 dagen) en 50% in winter (190 dagen)
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16 overdracht zomermest: % van totale N-excretie in zomer die als mest wordt verzameld (bij dieren die weiden); WUM (WUM, 1994a)
aanname: grupstal en potstal: koeien worden buiten de stal gemolken
- 17 N-excretie in winter in 1998
- 18 N-excretie in zomer in 1998
- 19 N-excretie in winter in 2003
- 20 N-excretie in zomer in 2003
- 21 overdracht zomermest in 2003 in kg N per dier per jaar
- 22 emissiefactor voor NH₃ volgens UAV per dier * 14/17 gedeeld door de N-excretie in 1998
zonder mest-N die in de zomer wordt uitgescheiden bij dieren die weiden
- 23 emissiepercentage voor N₂O: 0,1% dunne mest; 2% vaste mest; 10% vaste mest in potstal
- 24 emissiepercentage voor N₂: 1% dunne mest en 10% vaste mest
- 25 emissiepercentage voor NO: 0,1% dunne mest; 2% vaste mest; 10% vaste mest in potstal
- 26 totale emissiepercentage stal
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31 zomeremissie NH₃ = UAVemissie * 1,35 (geschatte temp. effect) bij cat. 100 en 120. Bij overige cat.: zomeremissie = UAV-emissie.
- 32 emissiepercentage zomer voor N₂O: 0,1% dunne mest en 2% vaste mest
- 33 emissiepercentage zomer voor N₂: 1% dunne mest en 10% vaste mest
- 34 emissiepercentage zomer NO: 0,1% dunne mest en 2% vaste mest
- 35 totale emissiepercentage stal in zomer
- 36 totale NH₃ emissie stal, kg N per dier per jaar
- 37 totale N₂O emissie stal, kg N per dier per jaar

- 38 totale N₂ emissie stal, kg N per dier per jaar
- 39 totale NO emissie stal, kg N per dier per jaar
- 40 totale gasvormige N-verlies stal, kg N per dier per jaar
- 41 % van (N-excretie - N in weide - N-verlies uit stal) die in de mestopslag buiten komt
(55%: v.d. Hoek, 2000; 75%: aanname dat meeste vaste mest uit grupstal buiten wordt opgeslagen)
kalvergier gaat naar kalvergierzuiveringsinstallaties: geen opslag buiten
- 42 mestopslag buiten in kg N per dier per jaar
- 43
- 44
- 45
- 46
- 47 emissiepercentage voor NH₃ voor opslag buiten: 1% voor dunne mest en 2% voor vaste mest
- 48 emissiepercentage voor N₂O voor opslag buiten: 0.1% voor dunne mest en 2% voor vaste mest
- 49 emissiepercentage voor N₂ voor opslag buiten: 1% voor dunne mest en 10% voor vaste mest
- 50 emissiepercentage voor NO voor opslag buiten: 0.1% voor dunne mest en 2% voor vaste mest
- 51 totale emissiepercentage voor opslag buiten: 2.2% voor dunne mest en 16% voor vaste mest
- 52 totale NH₃ emissie opslag buiten, kg N per dier per jaar
- 53 totale N₂O emissie opslag buiten, kg N per dier per jaar
- 54 totale N₂ emissie opslag buiten, kg N per dier per jaar
- 55 totale NO emissie opslag buiten, kg N per dier per jaar
- 56 totale gasvormige N-verlies uit opslag buiten, kg N per dier per jaar
- 57 totaal N-verlies in stal + opslag in kg N per dier per jaar
- 58 totaal N-verlies in stal + opslag in procent van totale N-excretie
- 59 totaal N-verlies in stal + opslag in procent van total N-excretie in stal
- 60 emissiefactor NH₃ voor beweiding (v.d Hoek, 2000)
- 61 NH₃-emissie beweiding in kg N per dier per jaar
- 62 NH₃-emissie beweiding in % van totale N-uitscheiding in 2003

Bijlage 5. Berekeningen varkens. Deel I.

Nr	Omschrijving	Huisvestings-systeem	Mestopslag	Uitscheiding		Excretie Tamminga 1998	UAV kg NH3/dpjr	UAV kg N/dpjr	Bezetting	UAV kg N/djr	UAV tov Tamminga 1998 in %				
				kg N/djr MINAS	kg N/djr WUM, 96-98										
Varkens															
400	Fokzeugen, incl. biggen tot 6 weken	Gangbaar	drijfmest	25		21.4	5.43	4.47	0.935	4.78	22.35				
			vaste mest	25		21.4	5.43	4.47	0.935	4.78	22.35				
			AMvB Huisvesting	drijfmest	25		21.4	2.78	2.29	0.935	2.45	11.44			
					vaste mest	25		21.4	2.78	2.29	0.935	2.45	11.44		
				Groen Label, min.	drijfmest	25		21.4	0.273	0.22	0.935	0.24	1.12		
					vaste mest	25		21.4	0.273	0.22	0.935	0.24	1.12		
				Scharrel/biologisch	drijfmest	25		21.4	5.43	4.47	0.935	4.78	22.35		
					vaste mest	25		21.4	5.43	4.47	0.935	4.78	22.35		
		401	Fokzeugen, incl. biggen tot ca. 25 kg	Gangbaar	drijfmest	35	30.4	29.5	8.13	6.70	0.925	7.24	24.54		
					vaste mest	35	30.4	29.5	8.13	6.70	0.925	7.24	24.54		
					AMvB Huisvesting	drijfmest	35	30.4	29.5	3.536	2.91	0.925	3.15	10.67	
							vaste mest	35	30.4	29.5	3.536	2.91	0.925	3.15	10.67
						Groen Label, min.	drijfmest	35	30.4	29.5	0.417	0.34	0.925	0.37	1.26
				vaste mest	35		30.4	29.5	0.417	0.34	0.925	0.37	1.26		
				Scharrel/biologisch	drijfmest	35	30.4	29.5	8.13	6.70	0.925	7.24	24.54		
					vaste mest	35	30.4	29.5	8.13	6.70	0.925	7.24	24.54		
402	Opfokzeugen van 25 kg tot 7 maanden			Gangbaar	drijfmest	15	13.7	12.9	4	3.29	0.9	3.66	28.37		
					vaste mest	15	13.7	12.9	4	3.29	0.9	3.66	28.37		
					AMvB Huisvesting	drijfmest	15	13.7	12.9	1.2	0.99	0.9	1.10	8.51	
							vaste mest	15	13.7	12.9	1.2	0.99	0.9	1.10	8.51
						Groen Label, min.	drijfmest	15	13.7	12.9	0.18	0.15	0.9	0.16	1.28
				vaste mest	15		13.7	12.9	0.18	0.15	0.9	0.16	1.28		
				Scharrel/biologisch	drijfmest	15	13.7	12.9	4	3.29	0.9	3.66	28.37		
					vaste mest	15	13.7	12.9	4	3.29	0.9	3.66	28.37		
		403	Opfokzeugen van 7 maanden tot 1e dekking	Gangbaar	drijfmest	20	13.7	17.4	4.2	3.46	0.9	3.84	22.09		
					vaste mest	20	13.7	17.4	4.2	3.46	0.9	3.84	22.09		
					AMvB Huisvesting	drijfmest	20	13.7	17.4	2.6	2.14	0.9	2.38	13.67	
							vaste mest	20	13.7	17.4	2.6	2.14	0.9	2.38	13.67
						Groen Label, min.	drijfmest	20	13.7	17.4	0.21	0.17	0.9	0.19	1.10
				vaste mest	20		13.7	17.4	0.21	0.17	0.9	0.19	1.10		
				Scharrel/biologisch	drijfmest	20	13.7	17.4	4.2	3.46	0.9	3.84	22.09		
					vaste mest	20	13.7	17.4	4.2	3.46	0.9	3.84	22.09		
404	Opfokzeugen van 25 kg tot 1e dekking			Gangbaar	drijfmest	16	13.7	13.2	4	3.29	0.9	3.66	27.73		
					vaste mest	16	13.7	13.2	4	3.29	0.9	3.66	27.73		
					AMvB Huisvesting	drijfmest	16	13.7	13.2	1.5	1.24	0.9	1.37	10.40	
							vaste mest	16	13.7	13.2	1.5	1.24	0.9	1.37	10.40
						Groen Label, min.	drijfmest	16	13.7	13.2	0.18	0.15	0.9	0.18	1.26
				vaste mest	16		13.7	13.2	0.18	0.15	0.9	0.18	1.26		
				Scharrel/biologisch	drijfmest	16	13.7	13.2	4	3.29	0.9	3.66	27.73		
					vaste mest	16	13.7	13.2	4	3.29	0.9	3.66	27.73		
		405	Opfokberen van 25 kg tot 7 maanden	Gangbaar	drijfmest	12	12.5	4	3.29	0.9	3.66	29.28			
					vaste mest	12	12.5	4	3.29	0.9	3.66	29.28			
					AMvB Huisvesting	drijfmest	12	12.5	1.5	1.24	0.9	1.37	10.98		
							vaste mest	12	12.5	1.5	1.24	0.9	1.37	10.98	
						Groen Label, min.	drijfmest	12	12.5	0.18	0.15	0.9	0.18	1.32	
				vaste mest	12		12.5	0.18	0.15	0.9	0.18	1.32			
				Scharrel/biologisch	drijfmest	12	12.5	4	3.29	0.9	3.66	29.28			
					vaste mest	12	12.5	4	3.29	0.9	3.66	29.28			
406	Dekberen ca. 7 maanden en ouder			Gangbaar	drijfmest	27	23.0	21.9	5.5	4.53	0.9	5.03	22.98		
					vaste mest	27	23.0	21.9	5.5	4.53	0.9	5.03	22.98		
					AMvB Huisvesting	drijfmest	27	23.0	21.9	3.4	2.80	0.9	3.11	14.21	
							vaste mest	27	23.0	21.9	3.4	2.80	0.9	3.11	14.21
						Groen Label, min.	drijfmest	27	23.0	21.9	0.28	0.23	0.9	0.28	1.17
				vaste mest	27		23.0	21.9	0.28	0.23	0.9	0.28	1.17		
				Scharrel/biologisch	drijfmest	27	23.0	21.9	5.5	4.53	0.9	5.03	22.98		
					vaste mest	27	23.0	21.9	5.5	4.53	0.9	5.03	22.98		
		407	Biggen ca. 6 weken tot ca. 25 kg ¹⁾	Gangbaar	drijfmest	5.5		4.17	0.75	0.62	0.9	0.69	16.46		
					vaste mest	5.5		4.17	0.75	0.62	0.9	0.69	16.46		
					AMvB Huisvesting	drijfmest	5.5		4.17	0.21	0.17	0.9	0.19	4.61	
							vaste mest	5.5		4.17	0.21	0.17	0.9	0.19	4.61
						Groen Label, min.	drijfmest	5.5		4.17	0.04	0.03	0.9	0.04	0.68
				vaste mest	5.5			4.17	0.04	0.03	0.9	0.04	0.68		
				Scharrel/biologisch	drijfmest	5.5		4.17	0.75	0.62	0.9	0.69	16.46		
					vaste mest	5.5		4.17	0.75	0.62	0.9	0.69	16.46		
410	Vleeszeugen ²⁾			Gangbaar	drijfmest	20		22.6	4.2	3.46	0.95	3.64	16.11		
					vaste mest	20		22.6	4.2	3.46	0.95	3.64	16.11		
					AMvB Huisvesting	drijfmest	20		22.6	2.6	2.14	0.95	2.25	9.97	
							vaste mest	20		22.6	2.6	2.14	0.95	2.25	9.97
						Groen Label, min.	drijfmest	20		22.6	0.21	0.17	0.95	0.18	0.81
				vaste mest	20			22.6	0.21	0.17	0.95	0.18	0.81		
				Scharrel/biologisch	drijfmest	20		22.6	4.2	3.46	0.95	3.64	16.11		
					vaste mest	20		22.6	4.2	3.46	0.95	3.64	16.11		
		411	Vleesvarkens ca. 25 kg tot circa 110 kg ³⁾	Gangbaar	drijfmest	18	13.7	13.4	4	3.29	0.9	3.66	27.31		
					vaste mest	18	13.7	13.4	4	3.29	0.9	3.66	27.31		
					AMvB Huisvesting	drijfmest	18	13.7	13.4	1.2	0.99	0.9	1.10	8.19	
							vaste mest	18	13.7	13.4	1.2	0.99	0.9	1.10	8.19
						Groen Label, min.	drijfmest	18	13.7	13.4	0.18	0.15	0.9	0.16	1.23
				vaste mest	18		13.7	13.4	0.18	0.15	0.9	0.16	1.23		
				Scharrel/biologisch	drijfmest	18	13.7	13.4	4	3.29	0.9	3.66	27.31		
					vaste mest	18	13.7	13.4	4	3.29	0.9	3.66	27.31		

- 1) Uitgegaan is van een netto leefoppervlak, meer dan 0,35 m² (pas overal verplicht vanaf 2008)
- 2) Uitgegaan van emissiewaarde van guste en dragende zeugen
- 3) Uitgegaan is van een netto leefoppervlak, meer dan 0,8 m² (pas overal verplicht vanaf 2008)
- 4) Verlies bij dunne mest 3,2% N en bij vaste mest 16% N

Bijlage 5. Berekeningen varkens. Deel II.

Nr	Omschrijving	Huisvestings-systeem	Meestopslag	N-verlies uit N2O in %	N-verlies uit NO in %	N-verlies uit N2 in %	Productie drijfmest in %	N-verlies huisvesting totaal in %	Totaal huisvesting kg N/d/jr	% drijfmest van totaal ^{b)}	Opslag drijfmest in opslag %	N-verlies opslag kg N/jr		
Varkens														
400	Fokzeugen, incl. biggen tot 6 weken	Gangbaar	drijfmest	0.1	0.1	1	100	23.55	5.04	100	25	0.13		
			vaste mest	2	2	10	75	26.75	5.72	75	25	0.72		
			AMvB Huisvesting	drijfmest	0.1	0.1	1	100	12.64	2.71	100	50	0.30	
			vaste mest	2	2	10	75	15.84	3.39	75	50	0.94		
			Groen Label, min.	drijfmest	0.1	0.1	1	100	2.32	0.50	100	25	0.17	
		vaste mest	2	2	10	75	5.52	1.18	75	25	0.93			
		Scharrel/biologisch	vaste mest	10	10	10	75	30.75	6.58	75	25	0.68		
		401	Fokzeugen, incl. biggen tot ca. 25 kg	Gangbaar	drijfmest	0.1	0.1	1	100	25.74	7.59	100	25	0.18
					vaste mest	2	2	10	75	28.94	8.54	75	25	0.96
				AMvB Huisvesting	drijfmest	0.1	0.1	1	100	11.87	3.50	100	50	0.42
vaste mest	2			2	10	75	15.07	4.45	75	50	1.30			
Groen Label, min.	drijfmest			0.1	0.1	1	100	2.48	0.73	100	25	0.23		
vaste mest	2	2	10	75	5.66	1.67	75	25	1.28					
Scharrel/biologisch	vaste mest	10	10	10	75	32.94	9.72	75	25	0.91				
402	Opfokzeugen van 25 kg tot 7 maanden	Gangbaar	drijfmest	0.1	0.1	1	100	29.57	3.81	100	25	0.07		
			vaste mest	2	2	10	75	32.77	4.23	75	25	0.40		
			AMvB Huisvesting	drijfmest	0.1	0.1	1	100	9.71	1.25	100	50	0.19	
			vaste mest	2	2	10	75	12.91	1.67	75	50	0.58		
			Groen Label, min.	drijfmest	0.1	0.1	1	100	2.48	0.32	100	25	0.10	
		vaste mest	2	2	10	75	5.66	0.73	75	25	0.56			
		Scharrel/biologisch	vaste mest	10	10	10	75	36.77	4.74	75	25	0.38		
		403	Opfokzeugen van 7 maanden tot 1e dekking	Gangbaar	drijfmest	0.1	0.1	1	100	23.29	4.05	100	25	0.11
					vaste mest	2	2	10	75	26.49	4.61	75	25	0.59
				AMvB Huisvesting	drijfmest	0.1	0.1	1	100	14.87	2.59	100	50	0.24
vaste mest	2			2	10	75	18.07	3.14	75	50	0.74			
Groen Label, min.	drijfmest			0.1	0.1	1	100	2.30	0.40	100	25	0.14		
vaste mest	2	2	10	75	5.50	0.96	75	25	0.76					
Scharrel/biologisch	vaste mest	10	10	10	75	30.49	5.30	75	25	0.56				
404	Opfokzeugen van 25 kg tot 1e dekking	Gangbaar	drijfmest	0.1	0.1	1	100	28.93	3.82	100	25	0.08		
			vaste mest	2	2	10	75	32.13	4.24	75	25	0.41		
			AMvB Huisvesting	drijfmest	0.1	0.1	1	100	11.60	1.53	100	50	0.19	
			vaste mest	2	2	10	75	14.80	1.95	75	50	0.58		
			Groen Label, min.	drijfmest	0.1	0.1	1	100	2.45	0.32	100	25	0.10	
		vaste mest	2	2	10	75	5.65	0.75	75	25	0.57			
		Scharrel/biologisch	vaste mest	10	10	10	75	36.13	4.77	75	25	0.39		
		405	Opfokzeugen van 25 kg tot 7 maanden	Gangbaar	drijfmest	0.1	0.1	1	100	30.48	3.81	100	25	0.07
					vaste mest	2	2	10	75	33.68	4.21	75	25	0.38
				AMvB Huisvesting	drijfmest	0.1	0.1	1	100	12.18	1.52	100	50	0.18
vaste mest	2			2	10	75	15.38	1.92	75	50	0.55			
Groen Label, min.	drijfmest			0.1	0.1	1	100	2.52	0.31	100	25	0.10		
vaste mest	2	2	10	75	5.72	0.71	75	25	0.54					
Scharrel/biologisch	vaste mest	10	10	10	75	37.88	4.71	75	25	0.36				
406	Dekberen ca. 7 maanden en ouder	Gangbaar	drijfmest	0.1	0.1	1	100	24.18	5.30	100	25	0.13		
			vaste mest	2	2	10	75	27.38	6.06	75	25	0.73		
			AMvB Huisvesting	drijfmest	0.1	0.1	1	100	15.41	3.37	100	50	0.30	
			vaste mest	2	2	10	75	18.61	4.07	75	50	0.93		
			Groen Label, min.	drijfmest	0.1	0.1	1	100	2.37	0.52	100	25	0.17	
		vaste mest	2	2	10	75	5.57	1.22	75	25	0.95			
		Scharrel/biologisch	vaste mest	10	10	10	75	31.38	6.87	75	25	0.69		
		407	Biggen ca. 6 weken tot ca. 25 kg ^{b)}	Gangbaar	drijfmest	0.1	0.1	1	100	17.66	0.74	100	25	0.03
					vaste mest	2	2	10	75	20.66	0.87	75	25	0.15
				AMvB Huisvesting	drijfmest	0.1	0.1	1	100	5.81	0.24	100	50	0.06
vaste mest	2			2	10	75	9.01	0.38	75	50	0.20			
Groen Label, min.	drijfmest			0.1	0.1	1	100	2.08	0.09	100	25	0.03		
vaste mest	2	2	10	75	5.28	0.22	75	25	0.18					
Scharrel/biologisch	vaste mest	10	10	10	75	24.86	1.04	75	25	0.14				
410	Vleeszeugen ²⁾	Gangbaar	drijfmest	0.1	0.1	1	100	17.31	3.91	100	25	0.15		
			vaste mest	2	2	10	75	20.51	4.64	75	25	0.63		
			AMvB Huisvesting	drijfmest	0.1	0.1	1	100	11.17	2.53	100	50	0.32	
			vaste mest	2	2	10	75	14.37	3.25	75	50	1.01		
			Groen Label, min.	drijfmest	0.1	0.1	1	100	2.01	0.45	100	25	0.18	
		vaste mest	2	2	10	75	5.21	1.18	75	25	0.99			
		Scharrel/biologisch	vaste mest	10	10	10	75	24.51	5.54	75	25	0.78		
		411	Vleesvarkens ca. 25 kg tot circa 110 kg ³⁾	Gangbaar	drijfmest	0.1	0.1	1	100	28.51	3.82	100	25	0.08
					vaste mest	2	2	10	75	31.71	4.25	75	25	0.42
				AMvB Huisvesting	drijfmest	0.1	0.1	1	100	9.39	1.26	100	50	0.19
vaste mest	2			2	10	75	12.59	1.69	75	50	0.61			
Groen Label, min.	drijfmest			0.1	0.1	1	100	2.43	0.33	100	25	0.10		
vaste mest	2	2	10	75	5.63	0.75	75	25	0.58					
Scharrel/biologisch	vaste mest	10	10	10	75	35.71	4.79	75	25	0.40				

Bijlage 5. Berekeningen varkens. Deel III.

Nr	Omschrijving	Huisvestings-systeem	Mestopslag	Uitscheiding Taminga 2003 in kg N	Voorgestelde correctie in kg N/d/jr	Voorgestelde correctie in % van N-excretie
	Varkens					
400	Fokzeugen, incl. biggen tot 6 weken	Gangbaar	drijfmest	21.4	5.17	24
			vaste mest	21.4	6.45	30
		AMvB Huisvesting	drijfmest	21.4	3.00	14
			vaste mest	21.4	4.33	20
		Groen Label, min.	drijfmest	21.4	0.66	3
			vaste mest	21.4	2.11	10
		Scharrel/biologisch	vaste mest	21.4	7.26	34
401	Fokzeugen, incl. biggen tot ca. 25 kg	Gangbaar	drijfmest	28.1	7.40	26
			vaste mest	28.1	9.05	32
		AMvB Huisvesting	drijfmest	28.1	3.73	13
			vaste mest	28.1	5.48	19
		Groen Label, min.	drijfmest	28.1	0.91	3
			vaste mest	28.1	2.81	10
		Scharrel/biologisch	vaste mest	28.1	10.12	36
402	Opfokzeugen van 25 kg tot 7 maanden	Gangbaar	drijfmest	11.4	3.44	30
			vaste mest	11.4	4.09	36
		AMvB Huisvesting	drijfmest	11.4	1.27	11
			vaste mest	11.4	1.99	17
		Groen Label, min.	drijfmest	11.4	0.37	3
			vaste mest	11.4	1.14	10
		Scharrel/biologisch	vaste mest	11.4	4.52	40
403	Opfokzeugen van 7 maanden tot 1e dekking	Gangbaar	drijfmest	16.2	3.87	24
			vaste mest	16.2	4.84	30
		AMvB Huisvesting	drijfmest	16.2	2.63	16
			vaste mest	16.2	3.62	22
		Groen Label, min.	drijfmest	16.2	0.50	3
			vaste mest	16.2	1.60	10
		Scharrel/biologisch	vaste mest	16.2	5.46	34
404	Opfokzeugen van 25 kg tot 1e dekking	Gangbaar	drijfmest	11.8	3.48	29
			vaste mest	11.8	4.16	35
		AMvB Huisvesting	drijfmest	11.8	1.54	13
			vaste mest	11.8	2.27	19
		Groen Label, min.	drijfmest	11.8	0.38	3
			vaste mest	11.8	1.18	10
		Scharrel/biologisch	vaste mest	11.8	4.61	38
405	Opfokberen van 25 kg tot 7 maanden	Gangbaar	drijfmest	11	3.41	31
			vaste mest	11	4.04	37
		AMvB Huisvesting	drijfmest	11	1.49	14
			vaste mest	11	2.18	20
		Groen Label, min.	drijfmest	11	0.36	3
			vaste mest	11	1.11	10
		Scharrel/biologisch	vaste mest	11	4.46	41
406	Dekberen ca. 7 maanden en ouder	Gangbaar	drijfmest	21.1	5.23	25
			vaste mest	21.1	6.48	31
		AMvB Huisvesting	drijfmest	21.1	3.54	17
			vaste mest	21.1	4.82	23
		Groen Label, min.	drijfmest	21.1	0.66	3
			vaste mest	21.1	2.09	10
		Scharrel/biologisch	vaste mest	21.1	7.29	35
407	Biggen ca. 6 weken tot ca. 25 kg ¹⁾	Gangbaar	drijfmest	3.29	0.60	18
			vaste mest	3.29	0.81	24
		AMvB Huisvesting	drijfmest	3.29	0.24	7
			vaste mest	3.29	0.45	14
		Groen Label, min.	drijfmest	3.29	0.09	3
			vaste mest	3.29	0.32	10
		Scharrel/biologisch	vaste mest	3.29	0.93	28
410	Vleeszeugen ²⁾	Gangbaar	drijfmest	20.9	3.76	18
			vaste mest	20.9	5.05	24
		AMvB Huisvesting	drijfmest	20.9	2.63	13
			vaste mest	20.9	3.93	19
		Groen Label, min.	drijfmest	20.9	0.58	3
			vaste mest	20.9	2.00	10
		Scharrel/biologisch	vaste mest	20.9	5.85	28
411	Vleesvarkens ca. 25 kg tot circa 110 kg ³⁾	Gangbaar	drijfmest	11.7	3.40	29
			vaste mest	11.7	4.08	35
		AMvB Huisvesting	drijfmest	11.7	1.27	11
			vaste mest	11.7	2.01	17
		Groen Label, min.	drijfmest	11.7	0.38	3
			vaste mest	11.7	1.17	10
		Scharrel/biologisch	vaste mest	11.7	4.52	39

Bijlage 6. Berekeningen pluimvee. Deel I.

MINAS INDELING			Tammenga		UAV		NH3-emissie		VP-Stal (%)							
Volgnr	Diercategorie	Leeftijd	onder-verteerling	96-99	code	omschrijving	Stal-bereiding	Opslag stal	NH3	N2O	N2	total				
1		<18 wkn	96-99	2003			%	kg/dp.jaar	LAV			tonaal				
1	300	Oplokhennen en -haren van legrassen	30	1	0,329	0,325	E 1.1.	Opn mestopslag onder battenj-aneeroob	95	0,045	0,037	11,9	0,1	1,0	0,1	13,1
			30	2	0,329	0,325	E 1.1.	Opn mestopslag onder battenj-aneeroob	95	0,045	0,037	11,9	2,0	10,0	2,0	25,9
			30	1	0,329	0,325	E 1.2.	mestbandbattenj natte mest (2/week)	95	0,020	0,016	5,3	0,1	1,0	0,1	6,5
			30	2	0,329	0,325	E 1.2.	mestbandbattenj natte mest (2/week)	95	0,020	0,016	5,3	2,0	10,0	2,0	19,3
			30	1	0,329	0,325	E 1.3.	compactbattenj natte mest (2/dag)	95	0,011	0,009	2,9	0,1	1,0	0,1	4,1
			30	2	0,329	0,325	E 1.3.	compactbattenj natte mest (2/dag)	95	0,011	0,009	2,9	2,0	10,0	2,0	16,9
	Mutcode: 34/34a (100% rooster)		31		0,329	0,325	E 1.4.	battenj kanalen/desspistal	95	0,208	0,171	54,8	2,0	10,0	2,0	68,8
	en 36/36a (100% ste)		32 & 33		0,329	0,325	E 1.5.1	mestbandbattenj droge mest (1/week)	95	0,020	0,016	5,3	0,1	1,0	0,1	6,5
	kunnen met aan UAV		32 & 33		0,329	0,325	E 1.5.2	mestbandbattenj droge mest (2/week)	95	0,006	0,005	1,6	0,1	1,0	0,1	2,8
	huisvestingsstelsels gekoppeld worden		35		0,388	0,389	E 1.6.	grondhuisvesting / scharrelkippen	95	0,170	0,140	38,0	2,0	10,0	2,0	52,0
			35		0,329	0,325	E 1.7.	volledig huisvesting (roosters + strooisel)	95	0,050	0,041	13,2	0,1	1,0	0,1	14,4
2	301	Hennen en haren van legrassen	>18 wkn													
			30a	1	0,684	0,676	E 2.1.	Opn mestopslag onder battenj-aneeroob	95	0,083	0,068	10,5	0,1	1,0	0,1	11,7
	Tusschevanging kolom Oudervertelling		30a	2	0,684	0,676	E 2.1.	Opn mestopslag onder battenj-aneeroob	95	0,083	0,068	10,5	2,0	10,0	2,0	24,5
	-I: aneroob / echt natte mest in stal		30a	1	0,684	0,676	E 2.2.	mestbandbattenj natte mest (2/week)	95	0,035	0,029	4,4	0,1	1,0	0,1	5,6
	-2: aneroob / aeratie mest in de stal		30a	2	0,684	0,676	E 2.2.	mestbandbattenj natte mest (2/week)	95	0,035	0,029	4,4	2,0	10,0	2,0	18,4
			30a	1	0,684	0,676	E 2.3.	compactbattenj natte mest (2/dag)	95	0,020	0,016	2,5	0,1	1,0	0,1	3,7
			30a	2	0,684	0,676	E 2.3.	compactbattenj natte mest (2/dag)	95	0,020	0,016	2,5	2,0	10,0	2,0	16,5
	-I: zonder uitloop		31a		0,684	0,676	E 2.4.	battenj kanalen/desspistal	95	0,386	0,318	48,9	2,0	10,0	2,0	62,9
	-II: met uitloop, 15% v/d mest in uitloop		32a & 33a		0,684	0,676	E 2.5.1.	mestbandbattenj droge mest (2/week)	95	0,035	0,029	4,4	0,1	1,0	0,1	5,6
			32a & 33a		0,684	0,676	E 2.5.2.	mestbandbattenj droge mest (2/week)	95	0,010	0,008	1,3	0,1	1,0	0,1	2,5
	E-arm 1, 2 of 3: extra categorie		32a		0,684	0,676	E 2.6.	mestb. bandbel + boventlig. droognunnel	95	0,015	0,012	1,9	0,1	1,0	0,1	3,1
			35a	I	0,778	0,872	E 2.7.	grondh.v. (1/3 strooisel) + ouderderren leg	93	0,315	0,259	35,9	2,0	10,0	2,0	49,9
			35a	II	0,778	0,872	E 2.7.	grondh.v. (1/3 strooisel) + ouderderren leg	93	0,268	0,221	35,9	2,0	10,0	2,0	49,9
			35a	E-arm-1	0,778	0,872	E 2.8.	scharrelkippen + beluchting mest in beun	93	0,110	0,091	12,5	0,5	2,5	0,5	16,0
			35a	E-arm-II	0,778	0,872	E 2.8.	scharrelkippen + beluchting mest in beun	93	0,094	0,077	12,5	0,5	2,5	0,5	17,7
			35a	E-arm-1	0,778	0,872	E 2.9.	grondhuisvesting + mestbeluchting beun	93	0,125	0,103	14,2	0,5	2,5	0,5	17,7
			35a	E-arm-II	0,778	0,872	E 2.9.	grondhuisvesting + mestbeluchting beun	93	0,106	0,088	14,2	0,5	2,5	0,5	17,7
			35a	I	0,684	0,676	E 2.10.	volledig huisvesting (roosters + strooisel)	93	0,090	0,074	11,7	0,1	1,0	0,1	12,9
			35a	II	0,684	0,676	E 2.10.	volledig huisvesting (roosters + strooisel)	93	0,077	0,063	11,7	0,1	1,0	0,1	12,9
3	310	Oplokhennen en -haren van vleesrassen	<19 wkn													
4	311	Ouderderren van vleesrassen	>19 wkn													
			37	E-arm 1	1,190	1,130	E 4.1.	Groepkooi mestband + droeging	93	0,080	0,066	6,0	0,1	1,0	0,1	7,2
			37	E-arm 2	1,190	1,130	E 4.2.	Voltere + mestbanddroeging	93	0,170	0,140	12,7	0,1	1,0	0,1	13,9
			37	E-arm 3	1,190	1,130	E 4.3.	Voltere + mestband + strooiseldroeging	93	0,130	0,107	9,7	0,1	1,0	0,1	10,9
			37	E-arm 4	1,190	1,130	E 4.4.	Grundhuus + beluchting mest in beun	93	0,250	0,206	18,6	0,5	2,5	0,5	22,1
			37	E-arm 5	1,190	1,130	E 4.5.	Perfostst. Op geul. Verh. Nooiservloer	93	0,230	0,189	17,1	0,1	1,0	0,1	18,3
5	312	Vleeskuikens	0-6 wkn													
			37 & 38		1,190	1,130	E 4.6.	Overige bedrijven	93	0,580	0,478	43,2	2,0	10,0	2,0	57,2
			39	E-arm	0,584	0,543	E 5.1.	Aanweide vloer + strooiseldroeging	80	0,005	0,004	0,9	0,1	1,0	0,1	2,1
			39	E-arm	0,584	0,543	E 5.2.	Geperforeerde vloer + strooiseldroeging	80	0,014	0,012	2,5	0,1	1,0	0,1	3,7
			39	E-arm	0,584	0,543	E 5.3.	Flagestst. Met roostervloer + becht.	80	0,005	0,004	0,9	0,1	1,0	0,1	2,1
			39	1	0,584	0,543	E 5.4.	Overige vleeskuikenhouderijstels. Aneeroob	80	0,050	0,041	8,8	0,1	1,0	0,1	10,0
			39	2	0,584	0,543	E 5.4.	Overige vleeskuikenhouderijstels. Aneeroob	80	0,050	0,041	8,8	2,0	10,0	2,0	22,8
			39	1	0,584	0,543	nieuw	Aangepaste emissiefactor vleeskuikens	80	0,080	0,066	14,1	0,1	1,0	0,1	15,3
			39	2	0,584	0,543	nieuw	Aangepaste emissiefactor vleeskuikens	80	0,080	0,066	14,1	2,0	10,0	2,0	28,1
							E 6.	Nuigesch. technieken bij E1.5 en E2.5	ppfohken							
							E 6.1.	Mestdroegstelsel granf. Deek	0,010							
							E 6.2.	Droogruud opp. Dichte banden	0,010							
							E 6.3.	Comp. Unit + chern. Wasser	0,003							
							E 6.4.	Overige opslag van mest	0,030							

Bijlage 6. Berekeningen pluimvee. Deel II.

volgnr	omschrijving	VF deffinesmetopslag: blauw				VP mestdroging 80%				VP Emissie Stal 2003				% tot N-veer	mest kg N/ dier/jr	Emissie deffinesmetopslag				total								
		VP opslag voorgevoelde				(optioneel op pluimveebedrijfsloot)				NH3 N2O N2 Nox						NH3	N2O	N2	Nox									
		NH3	N2O	N2	Nox	NH3	N2O	N2	Nox	NH3	N2O	N2	Nox															
1	300																											
	Open mestopslag onder batten/anneroob	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.039	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000	0.006	0.006	
	Open mestopslag onder batten/anneroob	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.039	0.007	0.033	0.007	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.005	0.005	
	mesthandbatten; natte mest (2/wEEK)	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.017	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.007	0.007	
	mesthandbatten; natte mest (2/wEEK)	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.017	0.007	0.033	0.007	0.063	0.000	0.003	0.000	0.003	0.006	0.006	
	compactbatten; natte mest (2/dag)	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.009	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000	0.007	0.007	
	compactbatten; natte mest (2/dag)	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.009	0.007	0.033	0.007	0.055	0.000	0.003	0.000	0.000	0.007	0.007	
	batten; kanten/decpitaal	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.178	0.007	0.033	0.007	0.224	0.000	0.003	0.000	0.000	0.006	0.006	
	mesthandbatten; droge mest (1/wEEK)	6.7	2.0	10.0	2.0	20.7	2.7	0.1	1.0	0.1	3.9	0.0						0.017	0.000	0.003	0.000	0.021	0.000	0.006	0.000	0.006	0.006	0.006
	mesthandbatten; droge mest* (2/wEEK)	6.4	2.0	10.0	2.0	20.2	2.6	0.1	1.0	0.1	3.8	0.0						0.005	0.000	0.003	0.000	0.009	0.000	0.006	0.000	0.006	0.006	0.006
	grondhuuvesting / scharelappen	7.3	2.0	10.0	2.0	21.3	2.9	0.1	1.0	0.1	4.1	0.0						0.148	0.008	0.039	0.008	0.202	0.000	0.006	0.000	0.006	0.006	0.006
	volierhuuvesting (roosters+strososel)	7.3	2.0	10.0	2.0	21.3	2.9	0.1	1.0	0.1	4.1	0.0						0.043	0.000	0.003	0.000	0.047	0.000	0.006	0.000	0.006	0.006	0.006
2	301																											
	Open mestopslag onder batten/anneroob	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.071	0.001	0.007	0.001	0.079	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001	
	Open mestopslag onder batten/anneroob	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.071	0.014	0.068	0.014	0.166	0.000	0.006	0.000	0.001	0.005	0.001	
	mesthandbatten; natte mest (2/wEEK)	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.030	0.001	0.007	0.001	0.038	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001	
	mesthandbatten; natte mest (2/wEEK)	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.030	0.014	0.068	0.014	0.125	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001	
	compactbatten; natte mest (2/dag)	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.017	0.001	0.007	0.001	0.025	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001	
	compactbatten; natte mest (2/dag)	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.017	0.014	0.068	0.014	0.112	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001	
	batten; kanten/decpitaal	1.0	0.1	1.0	0.1	2.2	0.0										0.331	0.014	0.068	0.014	0.425	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001	
	mesthandbatten; droge mest (2/wEEK)	6.4	2.0	10.0	2.0	20.4	1.9	0.1	1.0	0.1	3.1	0.0						0.030	0.001	0.007	0.001	0.038	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	mesthandbatten; droge mest* (2/wEEK)	6.2	2.0	10.0	2.0	20.2	1.9	0.1	1.0	0.1	3.1	0.0						0.019	0.001	0.007	0.001	0.017	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	mest.b. bandbed + bovenlig. droegtuimel	6.2	2.0	10.0	2.0	20.2	1.9	0.1	1.0	0.1	3.1	0.0						0.003	0.001	0.007	0.001	0.021	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	grondh.v. (1/3 strooisel) + onderdieren leg	6.9	2.0	10.0	2.0	20.9	2.1	0.1	1.0	0.1	3.3	0.0						0.313	0.017	0.087	0.017	0.435	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	scharelappen + beluchting mest in beun	6.9	2.0	10.0	2.0	20.9	2.1	0.1	1.0	0.1	3.3	0.0						0.266	0.015	0.074	0.015	0.370	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	scharelappen + beluchting mest in beun	6.9	2.0	10.0	2.0	20.9	2.1	0.1	1.0	0.1	3.3	0.0						0.109	0.004	0.022	0.004	0.140	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	grondhuuvesting + mestbeluchting beun	6.9	2.0	10.0	2.0	20.9	2.1	0.1	1.0	0.1	3.3	0.0						0.093	0.004	0.019	0.004	0.119	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	grondhuuvesting + mestbeluchting beun	6.9	2.0	10.0	2.0	20.9	2.1	0.1	1.0	0.1	3.3	0.0						0.124	0.004	0.022	0.004	0.155	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	volierhuuvesting (roosters+strososel)	6.9	2.0	10.0	2.0	20.9	2.1	0.1	1.0	0.1	3.3	0.0						0.079	0.001	0.007	0.001	0.087	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	volierhuuvesting (roosters+strososel)	6.9	2.0	10.0	2.0	20.9	2.1	0.1	1.0	0.1	3.3	0.0						0.067	0.001	0.006	0.001	0.074	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
3	310																0.227	0.008	0.041	0.008	0.285	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001	
4	311																											
	Groepsloot; mestband + droging	5.6	2.0	10.0	2.0	19.6	0.0											0.067	0.001	0.011	0.001	0.081	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	Voliere + mestband/droging	6.0	2.0	10.0	2.0	20.0	0.0											0.143	0.001	0.011	0.001	0.157	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	Voliere + mestband + droging	5.8	2.0	10.0	2.0	19.8	0.0											0.109	0.001	0.011	0.001	0.123	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	Grondhuise + beluchting mest in beun	6.9	2.0	10.0	2.0	20.9	0.0											0.210	0.006	0.028	0.006	0.250	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	Pertissa; Op ged. Verh. Roosterlver	6.9	2.0	10.0	2.0	20.9	0.0											0.193	0.001	0.011	0.001	0.207	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	Overige bedrijven	6.9	2.0	10.0	2.0	20.9	0.0											0.488	0.023	0.113	0.023	0.646	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
5	312																											
	Zaewende vloer + strooiseldroging						0.0											0.005	0.001	0.005	0.001	0.011	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	Geopreterende vloer + strooiseldroging						0.0											0.013	0.001	0.005	0.001	0.020	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	Ingeweyer. Met roosterlver + belucht.						0.0											0.005	0.001	0.005	0.001	0.011	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	Overige vleskuikenshoudststss. Anacroob						0.0											0.048	0.001	0.005	0.001	0.054	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	Overige vleskuikenshoudststss. Anacroob						0.0											0.048	0.011	0.054	0.011	0.124	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	Aangepaste emissiefactor vleskuikens						0.0											0.077	0.001	0.005	0.001	0.083	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001
	Aangepaste emissiefactor aerobe/anneroob						0.0											0.077	0.011	0.054	0.011	0.153	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.001

Bijlage 6. Berekeningen pluimvee. Deel III.

volgnr	omschrijving	Emissie mestdroging 80% 2003 (optioneel op pluimveebedrijf)				N-verlies uitloop totaal	Total N-verlies stal+opslag + uitloop kg N		Total N-verlies stal+opslag+opslag uitloop % N excretie 2003	
		NH3	N2O	N2	Nex		kg N	% N excretie 2003	kg N	% N excretie 2003
0	0									
	Open mestopslag onder batterij-anaeroob				0,000		0,049	15		
	Open mestopslag onder batterij-aerob				0,000		0,089	27		
	mestbandbatterij natte mest (2/week)				0,000		0,028	9		
	mestbandbatterij natte mest (2/week)				0,000		0,068	21		
	compactbatterij natte mest (2/dag)				0,000		0,020	6		
	compactbatterij natte mest (2/dag)				0,000		0,061	19		
	batterij kanalen/deppistal				0,000		0,224	69		
	mestbandbatterij droge mest (1/week)	0,008	0,000	0,003	0,000		0,084	26	0,033	
	mestbandbatterij droge mest (2/week)	0,008	0,000	0,003	0,000		0,074	23	0,021	
	grondhuisvesting / schureklappen				0,000		0,202	52		
	volierehuisvesting (roosters+strooisel)	0,010	0,000	0,003	0,013		0,106	33	0,060	
0	0									
	Open mestopslag onder batterij-anaeroob				0,000		0,092	14		
	Open mestopslag onder batterij-aerob				0,000		0,177	26		
	mestbandbatterij natte mest (2/week)				0,000		0,052	8		
	mestbandbatterij natte mest (2/week)				0,000		0,137	20		
	compactbatterij natte mest (2/dag)				0,000		0,040	6		
	compactbatterij natte mest (2/dag)				0,000		0,124	18		
	batterij kanalen/deppistal				0,000		0,425	63		
	mestbandbatterij droge mest (2/week)	0,013	0,001	0,007	0,001		0,168	25	0,059	
	mestbandbatterij droge mest (2/week) mestb. barabel+ boventlig droogruimel	0,013	0,001	0,007	0,001		0,150	22	0,037	
	grendh.v. (1/3 strooisel) + ouderdieren leg				0,000		0,153	23		
	grendh.v. (1/3 strooisel) + ouderdieren leg				0,000		0,435	50		
	schureklappen + beluchting mest in beun				0,000	0,131	0,500	57		
	schureklappen + beluchting mest in beun				0,000	0,131	0,140	16		
	grondhuisvesting + mestbeluchting beun				0,000		0,250	29		
	grondhuisvesting + mestbeluchting beun				0,000		0,155	18		
	volierehuisvesting (roosters+strooisel)	0,014	0,001	0,007	0,001		0,210	31	0,109	
	volierehuisvesting (roosters+strooisel)	0,014	0,001	0,007	0,001		0,301	45	0,197	
0	0						0,285	69		
0	0									
	Groepkooi mestband + droging				0,000		0,286	25		
	Voliere + mestbanddroging				0,000		0,351	31		
	Voliere + mestband + strooiseldroging				0,000		0,323	29		
	Grondhuus: + beluchting mest in beun				0,000		0,250	22		
	Perfoosyst. Op ged. Verth. Roosterslaser				0,000		0,207	18		
	Overige bedrijven				0,000		0,646	57		
0	0									
	Zwervend vloer + strooiseldroging				0,000		0,011	2		
	Geperforeerde vloer + strooiseldroging				0,000		0,020	4		
	Fegesyst. Met roostersvloer + belucht.				0,000		0,011	2		
	Overige vleeskuikenshoudensys. Anaeroob				0,000		0,054	10		
	Overige vleeskuikenshoudensys. Aeroob				0,000		0,124	23		
	Aangepaste emissiefactor vleeskuikens				0,000		0,083	15		
	Aangepaste emissiefactor aerob/anaeroob				0,000		0,153	28		

Bijlage 7. Berekeningen overig vee. Deel I

Nr	Omschrijving	Mestsoort	Uitscheiding		Excretie		UAV		UAV		UAV		UAV in %		N-verlies		N-verlies			
			kg N/d/jr	MINAS	Tamminga	1998, stal	kg NH3/dp/jr	kg N/dp/jr	kg N/dp/jr	kg N/dp/jr	kg N/d/jr	kg N/d/jr	kg N/d/jr	1998	in %	uit N2O	in %	uit N2	in %	
200	Overige dieren		0,43		0,591		0,15		0,12		0,75		0,16		27,87		2		2	
	Hennen en hanen voor broedeieren 0-6 w	strooiselmest																		
	Hennen en hanen voor broedeieren 6-30 w	strooiselmest	2,4		2,08		0,47		0,39		0,923		0,42		20,16		2		2	
	Hennen en hanen voor broedeieren >30 w	strooiselmest	3,2		2,73		0,59		0,49		0,857		0,57		20,77		2		2	
	Vleeskaalkoenen	strooiselmest	2,2		1,92		0,68		0,56		0,913		0,61		31,95		2		2	
600	Melkgeiten	potstal	19		15,7		1,97		1,62		0,875		1,85		11,79		10		10	
	Melkgeiten, biologisch, met weidegang	potstal	19		14,13		1,77		1,46		0,875		1,67		11,79		10		10	
601	Overige geiten	potstal	14		10,5		0,8		0,66		0,88		0,75		7,10		10		10	
	Overige geiten, biologisch met weidegang	potstal	14		9,45		0,72		0,59		0,88		0,67		7,10		10		10	
700	Vossen: fokmoeren	potstal	4,6		4,28		2,4975		2,06		0,9		2,29		53,39		0,1		0,1	
701	Vossen: fokrekels		3,5		3,46										53,39		0,1		0,1	
702	Vossen: pups		3,5		3										53,39		0,1		0,1	
750	Nertsen: fokteven	open mestopslag	1,6		1,28		0,58		0,48		0,9		0,53		41,46		0,1		0,1	
		Groen Label:	1,6		1,28		0,25		0,21		0,9		0,23		17,87		0,1		0,1	
		dagontm.																		
751	Nertsen: fokreuen		1,3		1,48										41,46		0,1		0,1	
752	Nertsen: pups		1,3		1,05										41,46		0,1		0,1	
800	Ouderdieren van vleeseenden	vaste mest, binnen	2		1,24		0,32		0,26		0,942		0,28		22,56		10		10	
801	Vleeseenden	vaste mest, binnen	1,2		0,948		0,21		0,17		0,839		0,21		21,74		10		10	
900	Voedsters		3,8		2,56		1,2		0,99		0,9		1,10		42,89		0,1		0,1	
901	Fokrammen		2,1		1,58										42,89		0,1		0,1	
902	Opfokkonijnen		1,7		1,43		0,2		0,16		0,75		0,22		15,36		0,1		0,1	
903	Vleeskonijnen		1		0,703		0,2		0,16		0,75		0,22		31,24		0,1		0,1	
951	Parelhoenders ¹⁾	strooiselmest	0,63		0,664		0,05		0,04		0,75		0,05		8,27		2		2	

1) Excretie gelijk verondersteld met vleeskuikens

nr.	Omschrijving	Mestsoort	Uitscheiding		Excretie		UAV		UAV		UAV		UAV in %		N-verlies					
			kg N/d/jr	MINAS	Tamminga	1998	kg NH3/dp/jr	kg N/dp/jr	kg N/dp/jr	kg N/d/jr	kg N/d/jr	kg N/d/jr	1998	in %	uit N2O	in %				
550	Fokschapen	strooiselmest	13,4		3,3		10,1		0,7		0,58		0,58		17,45		2		2	
551	Overige schapen		10,9		10,9															

Bijlage 7. Berekeningen overig vee. Deel II.

Nr	Omschrijving	Mestsoort	N-verlies stal totaal in %	Totaal stal kg N/d/jr	Productie drijfmest in %	Opslag drijfmest buiten in %	Opslag vaste mest buiten in %	N-verlies opslag kg/N/jr	Totaal verlies kg N/d/jr	N-verlies %	N-verlies 2003, kg N	Totaal N-verlies, kg N/d/jr
200	Hennen en hanen voor broeders 0-6 w	strooiselmest	41,87	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	41,9	0,591	0,25
201	Hennen en hanen voor broeders 6-30 w	strooiselmest	34,16	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	34,2	2,08	0,71
202	Hennen en hanen voor broeders >30 w	strooiselmest	34,77	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	34,8	2,73	0,95
210	Vleeskalkoenen	strooiselmest	45,95	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	45,9	1,92	0,88
600	Melkgeiten	potstal	41,79	6,56	0,00	25,00	0,37	6,93	44,1	14,2	14,2	6,3
601	Melkgeiten, biologisch, met weidegang	potstal	41,79	5,90	0,00	22,50	0,30	6,20	39,5	14,2	14,2	5,6
601	Overige geiten	potstal	37,10	3,90	0,00	25,00	0,26	4,16	39,6	9,4	9,4	3,7
700	Overige geiten, biologisch met weidegang	potstal	37,10	3,51	0,00	22,50	0,21	3,72	35,4	9,4	9,4	3,3
701	Vossen: fokmoeren	potstal	54,59	2,34	100,00	0,00	0,00	2,34	54,6	4,28	4,28	2,3
701	Vossen: fokrekels	potstal	54,59	1,89	100,00	0,00	0,00	1,89	54,6	3,46	3,46	1,9
702	Vossen: pups	potstal	54,59	1,64	100,00	0,00	0,00	1,64	54,6	3,00	3,00	1,6
750	Nertsen: fokteven	open mestopslag	42,66	0,55	100,00	0,00	0,00	0,55	42,7	1,28	1,28	0,55
750		Groen Label: dagontm.	19,07	0,24	100,00	50,00	0,02	0,26	20,4	1,28	1,28	0,26
751	Nertsen: fokreuen	potstal	42,66	0,63	100,00	0,00	0,00	0,63	42,7	1,48	1,48	0,63
752	Nertsen: pups	potstal	42,66	0,45	100,00	0,00	0,00	0,45	42,7	1,05	1,05	0,45
800	Ouderdieren van vleescenden	vaste mest, binnen	52,56	0,65	0,00	0,00	0,00	0,65	52,6	1,24	1,24	0,65
801	Vleescenden	vaste mest, binnen	51,74	0,49	0,00	0,00	0,00	0,49	51,7	0,948	0,948	0,49
900	Voedsters	potstal	44,09	1,13	100,00	0,00	0,00	1,13	44,1	2,56	2,56	1,1
901	Fokrammen	potstal	44,09	0,70	100,00	0,00	0,00	0,70	44,1	1,58	1,58	0,70
902	Opfokkonijnen	potstal	16,56	0,24	100,00	0,00	0,00	0,24	16,6	1,43	1,43	0,24
903	Vleeskonijnen	potstal	32,44	0,23	100,00	0,00	0,00	0,23	32,4	0,703	0,703	0,23
951	Parelhoenders	strooiselmest	22,27	0,15	0,00	0,00	0,00	0,15	22,3	0,664	0,664	0,15
	Omschrijving	Mestsoort	N-verlies uit NO in %	N-verlies in %	Totaal stal kg N/d/jr	Productie dunne mest, %	Opslag dunne mest, %	Opslag dunne mest buiten, %	N-verlies opslag kg/N/jr	Opslag vaste mest buiten in %	Totaal verlies kg N/d/jr	Totaal N verlies %
550	Fokschapen	strooiselmest	2	10	31,45	1,04	0,00	0,00	0,18	50	1,22	9,1
551	Overige schapen	strooiselmest	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50	0,00	0,0

Bijlage 8. Schattingen gasvormige N-verliezen via balansberekeningen van Bruins et al. (in voorbereiding).

Bij alle categorieën is dezelfde berekeningsmethodiek gebruikt (N/P-verhoudingen), maar de gebruikte bronnen van de invoergegevens verschilt tussen de diercategorieën. De vetgedrukte getallen geven aan dat alle gegevens van de balansberekeningen afkomstig zijn van de gegevens van Bureau Heffingen, uitgezonderd de N-opname (deze is afgeleid van Tamminga et al., 2000). De berekeningen van de overige categorieën zijn voornamelijk gebaseerd op gegevens van WUM (1994a, b en c), de Meststoffenwet en landelijke gemiddelde N/P-gehalten in mest.

Diercategorie	Omschrijving	Mestcode	N-excretie in 2003, kg N/dier/jaar	N-verlies uit stal + mestopslag in 2003	
				% van totale N excretie	kg N/dier/jr
100	Melkvee	14+15+16	129	11,3	14,6
101	jongvee < 1jr	14+15+16	40,5	11,5	4,6
102	jongvee > 1 jr	14+15+16	82,9	9,0	7,5
103	fokstier < 1 jr	14+15+16	38,5	11,5	5,3
104	fokstier > 1 jr	14+15+16	69,2	16,2	11,2
110	witvlees 0-2 mnd	18	6,03	29,0	1,8
111	witvlees 2-6 mnd	18	15,1	28,9	4,4
112	witvlees 0-6 mnd	18	12,0	29,1	3,5
	rosé 0-3 mnd	18A	12,9	28,3	3,7
	rosé 3-9 mnd	18A	35,9	28,4	10,2
	rosé 0-9 mnd	18A	27,4	28,3	7,8
120	zoogkoe	14+15+16	86,9	11,2	9,7
121	vleesstier 0-3 mnd	17	10,0	20,1	2,0
122	vleesstier 3-16 mnd	17	39,3	20,1	7,9
123	vleesstier 0-16 mnd	17	34,0	20,1	6,8
200	kalkoenen/haan < 6 wk	20	0,591	45,3	0,27
201	kalkoen 6-30 wk	21	2,08	45,2	0,94
202	kalkoen > 30 wk	22	2,73	45,2	1,24
210	Vleeskalkoen	23	1,92	48,5	0,93
300A	opfokleghen/haan bat < 18 wk	30	0,325	29,1	0,095
300A	opfokleghen/haan bat < 18 wk	32	0,325	31,2	0,10
300A	opfokleghen/haan bat < 18 wk	33	0,325	32,9	0,11
300B	opfokleghen/haan los < 18 wk	35	0,389	51,1	0,20
301A	legghen/haan bat > 18 wk	30A	0,676	12,4	0,084
301A	legghen/haan bat > 18 wk	32A	0,676	21,1	0,14
301A	legghen/haan bat > 18 wk	33A	0,676	30,5	0,21
301B	legghen/haan los > 18 wk	35A	0,872	57,1	0,50
301B	legghen/haan los > 18 wk	38	0,872	56,7	0,49
310	opfokvleeshen/haan < 19 wk	35B	0,414	59,1	0,25
311	vleeshen/haan > 19 wk	37	1,130	60,7	0,69
312	vleeskuiken	39	0,543	31,7	0,17
400	zeug + big 6 wk	51	21,4	26,5	5,68
401	zeug + big 25 kg	51	28,1	26,5	7,45

Diercategorie	Omschrijving	Mestcode	N-excretie in 2003, kg N/dier/jaar	N-verlies uit stal + mestopslag in 2003	
				% van totale N excretie	kg N/dier/jr
403	opfokzeug > 7mnd	52	16,2	28,7	4,65
404	opfokzeug 25 kg-1e dek	51	11,8	26,5	3,13
405	opfokbeer 25-130 kg	51	11,0	26,5	2,92
406	dekbeer > 7 mnd	51	21,1	26,5	5,60
407	big 6 wk-25 kg	47	3,3	31,9	1,05
410	slachtzeug	51	20,9	26,5	5,54
411	vleesvarken	52A en 54 A	11,7	33,4	3,91
550	schaap	56	13,3	9,6	1,29
551	overig schaap	56	10,9	0	0
600	geit	61	14,2	37,5	5,33
601	overig geit	61	9,4	37,5	3,53
700	fokmoer vos	70	4,28	43,6	1,87
701	fokrekel vos	70	3,46	44,2	1,53
702	pup vos	70	3,00	42,7	1,28
750	fokteef nerts	75	1,28	60,1	0,77
751	fokreu nerts	75	1,48	60,1	0,89
752	pup nerts	75	1,05	60,1	0,63
750	fokteef nerts	75A	1,28	28,7	0,37
751	fokreu nerts	75A	1,48	28,8	0,43
752	pup nerts	75A	1,05	28,8	0,30
800	vleeseend ouderdier	80	1,24	23,0	0,29
801	vleeseend	80	0,95	49,4	0,47
900	voedster konijn	90	2,56	51,5	1,32
901	fokram konijn	90	1,58	52,3	0,83
902	opfokkonijn 80 dgn - dek	90	1,43	51,7	0,74
903	vleeskonijn	90	0,703	46,3	0,33

Bijlage 9. Schattingen gasvormige N-verliezen via balans-berekeningen met behulp van gegevens van mestanalyses en WUM (Van der Hoek, niet gepubliceerde resultaten: zie ook toelichting).

Categorie	Omschrijving	Mestcode	Aantal monsters	N/P2O5 excretie	N/P2O5 mest	Totaal N-verlies, % van N excretie in stal
100	Melkkoeien	Dunne mest	5282		2,73	
100	Melkkoeien (alleen wintermest)	Dunne mest	5282	3,02	2,73	9,6
100	Melkkoeien (alleen wintermest + jongvee)	Dunne mest	5282	3,26	2,73	16,3
100	Melkkoeien (alle stalmest)	Dunne mest	5282	3,24	2,73	15,7 ¹
100	Melkkoeien (alle stalmest + jongvee)	Dunne mest	5282	3,37	2,73	19,0 ¹
101	Jongvee <1 jaar (alleen stalmest)	Dunne mest		3,86		
102	Jongvee >1 jaar (alleen stalmest)	Dunne mest		3,64		
400+401	Zeugen	Dunne mest	516		1,40	
401	Zeugen + biggen tot 25 kg	Dunne mest	516	1,76	1,40	20,5
411	Vleesvarkens	Dunne mest	1824	2,58	1,71	33,7
300	Opfoklegghennen (mest direct van mestband)	32	8 bedrijven	2,13	1,56	26,8
301	Leghennen	30	247	1,72	1,30	24,4
301	Leghennen (mest direct van mestband)	32	28/55 bedrijven	1,41	1,27	9,9
301	Leghennen	Vaste mest	466	1,72	0,90	47,7
311	Vleeskuikenouderdieren	37+38	23/77 bedrijven	1,80	0,69	61,7
312	Vleeskuikens	39	48/50 bedrijven	2,66	1,78	33,1
312	Vleeskuikens	Vaste mest	459	2,61	1,52	41,8
210	Vleeskalkoenen	23	12/16 bedrijven	2,20	1,27	42,1
550	Schape (alleen stalmest)	Vaste mest	22	3,42	2,05	40,1 ²
600	Geiten	Vaste mest	17	3,19	1,63	48,9
750	Nertsen (cijfers 1989)	Vaste mest	14	1,44	0,66	54,2
750	Nertsen (cijfers 1995)	Vaste mest	6	1,44	0,51	64,8
801	Vleescenden	80	7 bedrijven	2,28	1,02	55,3
900	Konijnen (cijfers 1989)	Vaste mest	13	1,79	0,99	44,7
900	Konijnen (cijfers 1995, voedsters)	Vaste mest	6	1,79	1,12	37,6
903	Konijnen (cijfers 1995, vleeskonijnen)	Vaste mest	10	1,79	1,13	36,7

¹ de emissiepercentage van 15,7 respectievelijk 19,0% komen overeen met 10,5 respectievelijk 12,2% van de totale jaarlijkse excretie van melkkoeien omstreeks 1993 en 1994.

² dit emissiepercentage komt overeen met 7% van de totale jaarlijkse N-excretie van schape (inclusief lammeren) omstreeks 1993 en 1994.

Toelichting op tabel.

Door de N/P2O5 verhouding in bewaarde mest te vergelijken met de N/P2O5 verhouding in de excretie, kan een indruk verkregen worden van de hoeveelheid stikstof die gedurende de bewaring van mest vervluchtigt.

Hieronder wordt per diercategorie een korte toelichting gegeven op de herkomst van de gebruikte data. Daar waar sprake is van het gemiddelde excretieniveau van de jaren 1993 en 1994, is dit ontleend aan WUM-cijfers (van Eerdt, 1995a, 1995b).

Diercategorie 100 (melkkoeien). De N/P2O5-mest verhouding is gebaseerd op 2495 BLGG mestanalyses en 2787 DAAD mestanalyses, genomen in de jaren 1993 en

1994 (Mooij, 1996). In de praktijk wordt behalve de wintermest van de melkkoeien de mest van het jongvee opgevangen in dezelfde mestkelder. Op veel bedrijven verblijven de melkkoeien zomers een deel van de dag in de stal en de mest die dan wordt geproduceerd, komt eveneens in de mestkelder terecht. Aldus ontstaan er een viertal situaties met betrekking tot de samenstelling van de mest. Voor deze situaties is de N/P2O5-excretie verhouding uitgerekend en in de tabel weergegeven. Uitgangspunten daarbij waren het gemiddelde excretieniveau van de jaren 1993 en 1994, 40% overdracht van de zomerstap van melkkoeien naar de mestkelder en een verhouding van 1 melkkoe op 0,5 stuks jongvee <1 jaar en 0,5 stuks jongvee >1 jaar. De tabel laat zien dat aanvoer van mest van jongvee en zomerstap van melkkoeien leidt tot een hogere N/P2O5-excretie verhouding. De berekende emissiepercentages hebben betrekking op de daadwerkelijk in de mestkelder opgevangen stikstof en niet op de jaarlijkse hoeveelheid uitgescheiden stikstof.

Diercategorie 101 (jongvee <1 jaar). Alleen vermeld is de N/P2O5-excretie verhouding, gebaseerd op het gemiddelde excretie-niveau van de jaren 1993-1994.

Diercategorie 102 (jongvee >1 jaar). Ook hier is alleen de N/P2O5-excretie verhouding, gebaseerd op het gemiddelde excretie-niveau van de jaren 1993-1994 vermeld.

Diercategorie 400+401 (zeugen). De N/P2O5-mest verhouding is gebaseerd op 399 BLGG mestanalyses en 117 DAAD mestanalyses, genomen in 1993 en 1994 (Mooij, 1996). De N/P2O5-excretie verhouding is het gemiddelde excretieniveau van de jaren 1993 en 1994. Omdat in de praktijk de mest van zeugen en van biggen tot 25 kg veelal in dezelfde mestkelder verzameld wordt, is het vervluchtigingspercentage betrokken op de categorie zeugen met biggen tot 25 kg.

Diercategorie 411 (vleesvarkens). De N/P2O5-mest verhouding is gebaseerd op 1457 BLGG mestanalyses en 367 DAAD mestanalyses, genomen in 1993 en 1994 (Mooij, 1996). De N/P2O5-excretie verhouding is het gemiddelde excretieniveau van de jaren 1993 en 1994.

Diercategorie 300 (opfokleghennen). De data voor zowel excretie als mestsamenstelling zijn ontleend aan Werkgroep Praktijkcijfers 1995a. Op een achttal bedrijven werd gelijktijdig een mineralenbalans bijgehouden en de afgevoerde mest bemonsterd. Het verschil op de mineralenbalans tussen aanvoer en afvoer (dierlijke producten) is beschouwd als excretie. De mest werd direct bij het afdraaien van de mestbanden bemonsterd, zodat stikstofverlies bij opslag van mest daarna niet meegenomen is.

Diercategorie 301 (leghennen). Een drietal situaties zijn in de tabel weergegeven. Mestcode 30 omvat dunne mest en de N/P2O5-mest verhouding is gebaseerd op 189 BLGG, 32 DAAD en 26 IMAG mestmonsters, genomen in de periode 1993 en 1994 (Mooij, 1996). De N/P2O5-excretie verhouding is het gemiddelde excretieniveau van 1993 en 1994.

Vaste mest van leghennen is eveneens gebaseerd op BLGG mestanalyses, in totaal 466, genomen in 1993 en 1994 (Mooij, 1996). Het is niet bekend of het hier vaste mest van mestbandbatterijen betreft of bijvoorbeeld strooiselmest.

Data behorende bij mestcode 32 zijn afkomstig van de Werkgroep Praktijkcijfers 1995b. Van 55 bedrijven werd een mineralenboekhouding bijgehouden en op 28 bedrijven werd de mest bemonsterd. Ook hier werd direct bij het afdraaien van de mestbanden een monster genomen, zodat vervolgv verliezen bij de opslag van mest niet meegenomen zijn.

Diercategorie 311 (vleeskuikenouderdieren). Data zijn ontleend aan de Werkgroep Praktijkcijfers 1994. Van 77 bedrijven werd een mineralenbalans bijgehouden en op 23 bedrijven vond bemonstering van mest plaats. De data zijn een mix van de mestcodes 37 en 38.

Diercategorie 312 (vleeskuikens). Een tweetal datasets zijn in de tabel gepresenteerd. De Werkgroep Praktijkcijfers 1995b heeft op 50 bedrijven de mineralenbalans opgesteld en van 48 bedrijven de mestsamenstelling bepaald.

Daarnaast zijn van de periode 1993 en 1994 een 459-tal BLGG mestanalyses beschikbaar (Mooij, 1996), waarbij van het gemiddelde excretieniveau van 1993 en 1994 uitgegaan is.

Diercategorie 210 (vleeskalkoenen). De Werkgroep Praktijkcijfers 1995b heeft op 16 bedrijven een mineralenbalans verzameld en op 12 bedrijven mestanalyses verzameld.

Diercategorie 550 (schapen). De N/P₂O₅-mest verhouding is gebaseerd op 22 BLGG monsters uit de periode 1993 en 1994 (Mooij, 1996), en dit is gerelateerd aan het gemiddelde van in de stal uitgescheiden N en P₂O₅ in de jaren 1993 en 1994.

Diercategorie 600 (geiten). De mestdata hebben betrekking op 17 BLGG monsters uit de periode 1993 en 1994 (Mooij, 1996), en dit is gerelateerd aan de gemiddelde excretie van 1993 en 1994. Het betreft hier melkgeiten die het hele jaar op stal staan.

Diercategorie 750 (nertsen). De berekeningen hebben betrekking op 14 mestanalyses uit 1989 (Mooij, 1996) en 6 mestmonsters uit 1995 (Werkgroep Praktijkcijfers 1995a). In beide gevallen is als excretie het gemiddelde van 1993 en 1994 genomen.

Diercategorie 801 (vleeseenden). De mestdata zijn ontleend aan de Werkgroep Praktijkcijfers 1995a, verzameld op een zevental bedrijven. Als excretie is het gemiddelde van 1993 en 1994 genomen.

Diercategorie 900 (konijnen). De mestdata hebben betrekking op 1989 (Mooij, 1996) en op 1995 (Werkgroep Praktijkcijfers 1995a). Als excretie is ook hier het gemiddelde van de jaren 1993 en 1994 genomen.

Referenties

Eerd, M.M. van, 1995a. Mestproductie, mineralenuitscheiding en mineralen in de mest, 1993. Kwartaalbericht Milieustatistieken (CBS) 95/2, 4-11.

Eerd, M.M. van, 1995b. Mestproductie, mineralenuitscheiding en mineralen in de mest, 1994. Kwartaalbericht Milieustatistieken (CBS) 95/4, 11-21.

Mooij, M., 1996. Samenstelling dierlijke mest. Intern rapport nr. 1, 2de herziene druk. Informatie- en KennisCentrum Landbouw, Ede. 30 pag. en 22 bijlagen.

Tamminga, S., A.W. Jongbloed, M.M. van Eerd, H.F.M. Aarts, F. Mandersloot, N.J.P. Hoogervorst en H. Westhoek, 2000. De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren. Rapport ID-Lelystad no 00-2040, 71 pag.

Werkgroep Praktijkcijfers Mest en Mineralen Pluimveehouderij, 1994. Praktijkcijfers Mest en Mineralen van ouderdieren van vleesrassen (diercategorie 311), gehouden op een gedeeltelijke roostervloer (mestcode 37) of op volledig strooisel (mestcode 38). 48 pag.

Werkgroep Praktijkcijfers Mest en Mineralen Pluimveehouderij, 1995a. Praktijkcijfers Mest en Mineralen van opfokleghennen (diercategorie 300, mestcode 32), vleeseenden (diercategorie 801, mestcode 80), konijnen (diercategorie 900-903, mestcode 90) en nertsen (diercategorie 750-752, mestcode 75). 96 pag.

Werkgroep Praktijkcijfers Mest en Mineralen Pluimveehouderij, 1995b. Praktijkcijfers Mest en Mineralen van vleeskalkoenen (diercategorie 210, mestcode 23), leghennen (diercategorie 301, mestcode 32) en vleeskuikens (diercategorie 312, mestcode 39). 84 pag.

Bijlage 10. Publicatieoverzicht ammoniakemissies pluimvee

Overzicht van de belangrijkste publicaties van de DLO meetploeg, IMAG en het Praktijkonderzoek voor de Pluimveehouderij over ammoniakemissies uit huisvestingssystemen, opslagen en mestbewerkingseenheden voor pluimvee (mest) die mede gebruikt zijn voor het vaststellen van ammoniakemissiefactoren voor de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij. Deze lijst is aanvullend ten opzichte van de referenties waarnaar in de hoofdtekst in hoofdstuk 6 wordt gerefereerd.

DLO-meetploeg

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1991. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen I: slachtkuikenstal met vloerventilatie. Wageningen, DLO, rapport 91-1001, 14 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G., R. Bleijenberg en C.M. Groenestein, 1994. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVII: vleeskuikenouderdierenstal met halfroostervloer. Wageningen, DLO rapport 94-1008, 11 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1995. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVIII: compactbatterij voor leghennen met tweemaal daags verwijderen van natte mest. Wageningen, DLO rapport 95-1001, 11 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G., J.W.H. Huis in 't Veld en C.M. Groenestein, 1995. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIII: Bandbatterij voor leghennen met geoptimaliseerde mestdroging. Wageningen, DLO rapport 95-1006, 12 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1996. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIX: scharrelstal voor leghennen. Wageningen, DLO, Rapport 96-1005, 12 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en I.H.G. Satter, 1997. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIII: behandeling van lucht uit een composteringsbak voor voorgedroogde leghennenmest door een fysisch-chemische wasser. Wageningen, DLO, Rapport 97-1003, 15 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en I.H.G. Satter, 1998. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVIII: Behandeling van lucht uit een scharrelstal voor leghennen met een chemische wasser. Wageningen, DLO, Rapport 98-1002, 13 pp. excl. bijlage.

Satter, I.H.G. en H. Gunnink, 1998. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIX: Scharrelstal voor leghennen met droging van de mest op banden onder de beun. Wageningen, DLO, Rapport 98-1003, 15 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en P.W.G Groot Koerkamp, 1998. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXX: Vleeskuikenstal met verwarming en koeling van de vloer. Wageningen, DLO, Rapport 98-1004, 16 pp. excl. bijlage.

Wever, A.C. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1999. Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLV: Vleeskuikenstal met isolatie en ventilatie volgens het VEA-concept. Wageningen, IMAG, Rapport 99-09, 21 pp. excl. bijlage.

IMAG

Kroodsma, W., R. Scholtens en J.W.H. Huis in 't Veld, 1988. Ammoniakemissie van slachtkuikenstallen. Wageningen, IMAG nota 352

Kroodsma, W., R. Scholtens en J.W.H. Huis in 't Veld, 1988. Ammoniakemissie van leghennenstallen. Wageningen, IMAG nota 353, 22 pp excl. bijlagen

Kroodsma, W., R. Scholtens en J.W.H. Huis in 't Veld, 1988. Ammoniakemissie van slachtkuikenmest gedurende een zevendaags 'gestuurd' composteringsproces. Wageningen, IMAG nota 355

Kroodsma, W., N.W.M. Ogink, R. Bleijenberg en M.A. Bruins, 1995. Mestdroging in een leghennenstal met mestbandbatterijen: Energieverbruik, drogestofgehalte van de mest en ammoniakemissie. Wageningen, IMAG-DLO rapport 95-17, 25 pp.

Groot Koerkamp, P.W.G., 1998. Ammonia emission from aviary housing systems for laying hens – inventory, characteristics and solutions. Landbouwniversiteit Wageningen, PhD thesis, 161 pp.

Praktijkonderzoek voor de Pluimveehouderij

Haar, J.W. van der, 1994. Onderzoek naar de toepassing van droge luchtwassers in een stal voor vleeskuikenouderdieren. Beekbergen, PP-uitgave 14.

Meijerhof, R en J.W. van der Haar, 1994. Ammoniakemissie van vleeskuikenouderdieren bij verschillende vormen van huisvesting. Beekbergen, PP-uitgave 18.

Niekerk, Th.G.C.M. en B.F.J. Reuvekamp, 1994. Alternatieve huisvesting leghennen; tussentijds verslag 1e ronde. Beekbergen, PP-uitgave 19.

Niekerk, Th.G.C.M. en B.F.J. Reuvekamp, 1994. Mestdroging en NH₃-emissie (opfok)leghennen. Beekbergen, PP-uitgave 22

Haar, J.W. van der, 1995. Effect van huisvestingssysteem en strooiselbehandeling op de ammoniakuitstoot, technische resultaten en uitwendige kwaliteit bij vleeskalkoenen. Beekbergen, PP-uitgave 26

Middelkoop, J.H. van en J. van Harn, 1995. Ammoniakemissie-arme huisvestingssystemen voor vleeskuikens en het effect van vloerverwarming op emissie en technische resultaten. Eindrapportage Foma. Beekbergen, PP-uitgave 34

Haar, J.W. van der en R. Meijerhof, 1996. Ammoniakemissie bij het volièresysteem Laco Boleg voor vleeskuikenouderdieren. Beekbergen, PP-uitgave 46.

Haar, J.W. van der en R. Meijerhof, 1996. 1996. Ammoniakemissie bij het volièresysteem Voletage voor vleeskuikenouderdieren. Beekbergen, PP-uitgave 48

Veldkamp, T., 1996. Ammoniakemissie bij het traditionele houderijsysteem voor vleeskalkoenen (volledig strooiselvloer). Beekbergen, PP-uitgave 50

Haar, J.W. van der en R. Meijerhof, 1996. Ammoniakemissie bij vleeskuikenouderdieren in een stal met 70% roostervloer, en schijnvloer in de mestput. Beekbergen, PP-uitgave 51

Veldkamp, T., 1996. Ammoniakemissie bij de gedeeltelijk verhoogde strooiselvloer (gvsv) voor vleeskalkoenen. Beekbergen, PP-uitgave 53

Reuvekamp, B.F.J. en Th.G.C.M. van Niekerk, 1996. Ammoniakemissie bij scharrelhennen; traditioneel en geperforeerde schijnvloer. Beekbergen, PP-uitgave 55

Reuvekamp, B.F.J. en Th.G.C.M. van Niekerk, 1997. Ammoniakemissie bij leghennen op batterijen bij drogen tot minimaal 55% drogestof en bij natte mest. Beekbergen, PP-uitgave 63

Haar, J.W. van der, R. Meijerhof en J.H. van Middelkoop, 1998. Ammoniakemissie bij vleeskuikenouderdieren in grondhuisvestingssysteem met mestbeluchting van bovenaf. Beekbergen, PP-uitgave 70

Haar, J.W. van der, R. Meijerhof, J.H. van Middelkoop en H.H. Ellen 1998. Emissiearme huisvestingssystemen bij vleeskuikenouderdieren (5e onderzoekronde). Beekbergen, PP-uitgave 72

Reuvekamp, B.F.J. en Th.G.C.M. van Niekerk, 1999. Mestbeluchting met buizen onder de beun bij scharrelhennen. Beekbergen, PP-uitgave 81

