

## Ammoniakemissiereductie door spoelen van een hellende, gecoate betonvloer in een rundveestal

*Reduction of ammonia emission by flushing  
an inclined coated concrete floor in a cattle  
house*

Ing. J.W.H. Huis in 't Veld  
Ir. W.J. de Boer  
Ing. W. Kroodsma

**imag-dlo**



CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Huis in 't Veld, J.W.H

Ammoniakemissiereductie door spoelen van een hellende, gecoate betonvloer in een rundveestal = Reduction of ammonia emission by flushing an inclined coated concrete floor in a cattle house / J.W.H. Huis in 't Veld, W.J. de Boer, W. Kroodsmā. – Wageningen : IMAG-DLO. – Ill. (Rapport / Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek ; 94-7)

Met lit. opg. – Met samenvatting in het Engels.

ISBN 90-5406-076-X geb.

NUGI 849

Trefw.: ammoniakemissie ; rundveestallen.

© 1994

IMAG-DLO

Postbus 43 – 6700 AA Wageningen

Telefoon 08370-76300

Telefax 08370-25670

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enig andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

## Abstract

Huis in 't Veld, J.W.H., de Boer, W.J. and W. Kroodsmā. Reduction of ammonia emission by flushing an inclined coated concrete floor in a cattle house. DLO- Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Wageningen, March 1994, 20 pp. NL

This report presents an investigation into the reduction of ammonia emission from a cubicle house by flushing with water over an inclined, coated, concrete floor with a urine gutter in the middle. Ammonia emission was measured by constant monitoring of the ventilation rate and the ammonia concentration in the exhaust air. Flushing resulted in significant ( $p < 0.05$ ) emission reduction. Compared to periods without flushing, the ammonia emission was reduced by approx. 33% using a daily amount of 24 l flushing water per cow and by approx. 26% by the use of 20 l flushing water per cow per day.

Key words: ammonia emission, cubicle house, dairy cows, flushing, inclined coated concrete floors

## Voorwoord

Beperking van de ammoniakemissie uit stallen is nodig om te kunnen voldoen aan de door de overheid gestelde 'overall-doelstelling' bij de reductie van de ammoniakemissie afkomstig uit de veehouderij. Het onderzoek naar emissie-arme huisvestingssystemen richt zich met name op het toepassen van verschillende vloersystemen en -constructies, reinigings- en mestbehandelingstechnieken.

Naast het ontwerpen van innovatieve vloerconstructies die perspectief bieden vanuit de optiek van emissies is het toetsen en meten van deze constructies een steeds terugkerend gebeuren. Dit laatste moet plaatsvinden op werkelijke schaal met daarbij de inzet van dieren. Belangrijk is dat van innovatieve vloersystemen en reinigingstechnieken met behulp van de simulator snel een betrouwbare indicatie ten aanzien van de beperking van de ammoniakemissie kan worden verkregen. In dit rapport is het spoelen van een hellende betonvloer met als toplaag een coating en een giergoot getoetst op de reductie van de ammoniakemissie.

Het onderzoek is in goede samenwerking met De Boer Stalinrichtingen b.v. te Leeuwarden tot stand gekomen. De uitvoering van het onderzoek werd ondersteund door de medewerkers van het IMAG-DLO melkveeproefbedrijf 'De Vijf Roeden'. Dankzij hun inzet werd het onderzoek met succes afgesloten.

Het onderzoek is mede mogelijk gemaakt dankzij de steun van het Financieringsoverleg Mest- en Ammoniakonderzoek.

Ir. A.A. Jongebreur  
directeur

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	6
<b>1 Inleiding</b>	7
<b>2 Materiaal en methode</b>	9
2.1 Proefaccomodatie	9
2.2 Spoelinstallatie	10
2.3 Metingen en waarnemingen	11
2.4 Model	12
2.5 Logaritmische modellen	13
<b>3 Resultaten en discussie</b>	14
3.1 Ammoniakemissie: schattingen en toetsresultaten	14
3.2 Technisch functioneren	16
3.3 Gevolgen voor de dieren	17
<b>4 Conclusies</b>	18
<b>Summary</b>	19
<b>Literatuur</b>	20
<b>Bijlage</b>	22

## Samenvatting

In stalperiode 1991-1992 is in een rundveestal, waarin 34 melkkoeien waren gehuisvest, onderzoek uitgevoerd naar de invloed op de ammoniakemissie van spoelen met water over een hellende, geëcoate betonvloer.

De stal werd mechanisch geventileerd en was ingericht als een 1+1-rijige ligboxenstal. De loopgangen voor de dieren waren uitgevoerd met dichte, hellende (2%) betonnen vloerelementen die voorzien waren van een epoxy-troffellaag (Orka). In het midden was een giergoot aangebracht, waardoor urine direct naar de ondergelegen mestkelder werd afgevoerd. Mest werd verwijderd met een schuif.

Met een spoelinstallatie waarvan de spoelleidingen zich aan weerszijden van de loopgangen bevonden, werd de vloer eenmaal per twee uur gespoeld.

De ammoniakemissie, een aantal klimaatsvariabelen en het waterverbruik werden gemeten bij twee verschillende spoelvarianten. Deze werden gekenmerkt door vier variabelen: de waterdruk, de spoeltijd, de frequentie waarmee gespoeld werd en de nippeldiameter, die op verschillende niveaus konden worden ingesteld.

De hoogste emissiereductie bedroeg 33% ten opzichte van een situatie zonder spoelen. Deze reductie werd bereikt bij een spoeldruk van 200 kPa, een spoeltijd van 4 seconden en een nippeldiameter van 3 mm. Per dag werd 24 l water per koe verbruikt.

Bij de andere instelling werd gespoeld met een druk van 250 kPa, een spoeltijd van 2,5 seconden en een nippel doorsnede van 3 mm. De emissiereductie bedroeg 26% bij een dagelijks spoelwaterverbruik van 20 l/koe.

# 1 Inleiding

De bijdrage van ammoniak aan de totale verzuring in Nederland was in 1990 ca. 46% (Hey en Schneider, 1991). De door Nederlandse ammoniakemissiebronnen veroorzaakte verzuring lag voor 94% binnen de landbouw. Volgens modelberekeningen (Ouderdag en Wijnands, 1989) bedroeg de ammoniakemissie van de landbouw in 1986 ca. 241.000 ton. De bijdrage van rundvee was 60%. Vanuit de huisvestingssystemen en mestopslag in de rundveehouderij emitteerde 43.000 ton (18%).

De doelstelling van de overheid is om voor het jaar 2000 een emissiereductie te realiseren van tenminste 70% ten opzichte van het referentiejaar 1980 (Nationaal Milieubeleidsplan, 1989). Naar schatting was de totale  $\text{NH}_3$ -emissie uit de veehouderij in dat jaar ca. 2% hoger dan in 1986 (Ouderdag en Wijnands, 1989). Het bereiken van de genoemde doelstelling zal ondermeer afhankelijk zijn van het beschikbaar komen van emissie-arme stalsystemen.

Ammoniak wordt gevormd door omzetting van stikstofhoudende verbindingen (met name ureum) in de urine. Het omzettingsproces wordt bevorderd door enzymen. Het enzym dat de omzetting van ureum versnelt is het in faeces aanwezige urease. Het samenbrengen van faeces en urine werkt emissie-bevorderend (Groot Koerkamp *et al.*, 1990).

Op IMAG-DLO proefbedrijf 'De Vijf Roeden' is een ligboxenstal uitgevoerd met mechanische ventilatie zodat de ammoniakemissie kon worden vastgelegd. Er is op dit moment nog geen meetsysteem beschikbaar dat het mogelijk maakt om in natuurlijke geventileerde stallen emissies te meten. In het stalseizoen 1988/1989 was de stal voorzien van een roostervloer met mestkelder. In de stal bevonden zich 40 melkkoeien. Tijdens de stalperiode werd gemiddeld ruim 1 kg ammoniak per dier per maand geëmitteerd (Kroodsma *et al.*, 1993).

In de stalperiode 1989/1990 werd het effect van regelmatig spoelen met water over de roostervloer onderzocht. Met verschillende spoelvarianten werd een beperking van de ammoniakemissie bereikt. De maximaal gerealiseerde ammoniakreductie als gevolg van spoelen met water was 17%, waarbij moet worden aangetekend dat tijdens perioden zonder spoelen, verdunde mest in de kelder aanwezig was (De Boer *et al.*, 1994).

In het stalseizoen 1990/1991 werd de roostervloer vervangen door een hellende (2%) betonvloer met een giergoot in het midden. Met deze vloeruitvoering wordt de mestkelder grotendeels afgesloten en wordt de urine direct naar de onderliggende kelder afgevoerd. De gemeten emissiereducties als gevolg van het spoelen van de hellende stalvloeren varieerden tussen 14 en 34% ten opzichte van perioden waarin de vloer niet werd gespoeld (Huis in 't Veld *et al.*, 1994).

In dit rapport wordt het onderzoek tijdens de stalperiode 1991/1992 beschreven, waarin het oppervlak van de hellende stalvloer werd voorzien van een epoxy-afwerklaag. Simulatoronderzoek liet zien dat dit vloersysteem gedurende een periode van 15 uur na bevulling, 24% minder ammoniak emitteerde dan een standaardroostervloer (Elzing *et al.*, 1992). De verwachting is dat door spoelen met water in combinatie van een hellende betonvloer met afwerklaag en een aanzienlijke reductie van de ammoniakemissie kan worden verkregen.

Naast stalinrichting en mestbehandeling wordt het ammoniakemissieproces beïnvloed door omgevingsvariabelen, waarvan de staltemperatuur een belangrijke is (De Boer,

1993). Elzing (1992) vond in simulatorexperimenten met een standaardroostervloer bij verhoging van de omgevingstemperatuur van 9,5 °C naar 19,0 °C een toename van de emissie met 50%. Het emissieniveau in de stal varieert in de tijd als gevolg van deze omgevingsvariabelen. Het is van belang de invloed van deze factoren op het emissieproces vast te stellen, zodat de emissie als gevolg van de behandeling beter te bepalen is. Invloedsvariabelen die niet worden gemeten worden variatiebronnen genoemd. Van de toevalseffecten, die een gevolg zijn van deze variatiebronnen, is bekend dat de invloed niet tot het moment zelf beperkt blijft, maar enige tijd kan doorwerken. Tijdreeksanalyse zoals in dit onderzoek is toegepast, is dan de geëigende techniek om dergelijke data te analyseren (De Boer, 1993).



## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Proefaccomodatie

Het onderzoek vond plaats in een mechanisch geventileerde ligboxenstal die plaats bood aan 34 melkkoeien van het zwarte FH \* HF-ras. Aan weerszijden van de centrale voergang bevond zich een ligboxenrij voor 17 koeien en een krachtvoerbox. Voor een uitgebreidere omschrijving van de stal en meetmethode wordt verwezen naar Huis in 't Veld *et al.*, (1993). In dit rapport wordt volstaan met het noemen van de belangrijkste kenmerken.

De dieren werden onbeperkt gevoerd met een ruwvoermengsel dat bestond uit 65% gras- en 35% snijmaïskuil. Middels twee drinkbakken werd in de waterbehoefte voorzien. Het krachtvoer werd verstrekt in de beide krachtvoerboxen, waarbij de grootte van de dagelijkse gift afhankelijk was van de individuele melkproductie van de dieren. Het melken vond plaats om ca. 6.00 en 16.00 uur. Tijdens deze perioden was er sprake van een onderbezetting daar de dieren per stalhelft naar de wachtruimte buiten de stal werden geleid. Ieder dier kon na het melken direct terugkeren in de stal.

Bij een staltemperatuur van 8 °C of lager bedroeg het ventilatiedebiet 173 m<sup>3</sup>/koe.uur. Het maximale ventilatiedebiet van 575 m<sup>3</sup>/koe.uur werd bereikt bij staltemperaturen van 18 °C en hoger. Binnen deze bandbreedte had de ventilatie een lineair verloop.

De 3 m brede loopgang tussen het voerhek en de ligboxenrij bestond uit naar het midden toe hellende, prefab-betonplaten (sterkteklasse B45), waarvan het oppervlak was behandeld. Het hellingspercentage van de vloer bedroeg 2%. In het midden was een giergoot van ca. 38 cm breedte aangebracht, die was afgedekt met een smal metalen rooster. In het midden van het rooster was een verdiept U-profiel gemonteerd, waarin de ketting van de mestschuif lag. Onder het rooster was over de gehele stallengte een metalen trechter aangebracht met aan de onderzijde een opening van ca. 5 cm. Het loopoppervlak van de stalvloer was voorzien van een epoxy troffelvloer (Orka, type N). Dit is een kunststofvloerafwerking op basis van epoxyhars met als vulstoffen o.a. geselekteerd en vuurgedroogd kwarts. De troffelvloer-mortel bestond uit 3 componenten en was oplosmiddelvrij.

De epoxytroffelvloer was aangebracht nadat de prefab-betonplaten waren gereinigd en waren voorzien van een epoxyprimer. De stroefblijvende vloerlaag had een dikte van 6 mm en gewicht van ca. 13 kg/m<sup>2</sup>.

De mestschuif was zodanig geconstrueerd dat tijdens het schuiven zoveel mogelijk mest via de giergoot in de kelder werd afgevoerd. De resterende mest werd via afgedekte afvoeropeningen aan het einde van de loopgangen naar de kelder afgevoerd. Het totale loopoppervlak in de stal bedroeg 3,5 m<sup>2</sup>/dier. Zowel onder de hellende betonvloer als onder de ligboxen was een 1,5 m diepe mestkelder aanwezig. Het mestoppervlak bedroeg 4,6 m<sup>2</sup>/dier. In twee afgesloten mixerputten waren elektrische dompelmixers geïnstalleerd. Om de vorming van stortkegels onder de afvoeropeningen te voorkomen werd de kelderinhoud iedere week gemengd.

Na het beëindigen van een spoelperiode werd de door het spoelen verdunde mest uit de kelders verwijderd en vervangen door onverdunde rundveedrijfmest uit een andere ligboxenstal van het bedrijf.

## 2.2 Spoelinstallatie

Ten opzichte van de voorgaande meetperiode was de spoelinstallatie op twee punten gewijzigd. De vlakstraalnippels waren vervangen door zg. kogelnippels. Deze nippels werden pas geopend bij een druk hoger dan 50 kPa. Het lekverlies werd hierdoor beperkt. Om een verdergaande waterbesparing te realiseren werd de onderlinge afstand van de nippels op de spoelleiding vergroot van 25 naar 33 cm.

De spoelinstallatie was uit de volgende onderdelen opgebouwd:

- een voorraadbak;
- een druktank voorzien van centrifugaalpomp, compressor, pneumatisch bediende kleppen en regelapparatuur;
- spoelleidingen voorzien van nippels.

De voorraadbak diende om na het spoelen snel het waterniveau in de druktank op peil te brengen.

In de druktank was steeds een onder druk staande hoeveelheid water aanwezig. Onderin de tank bevond zich een uitstroomleiding, die via twee pneumatisch bediende kleppen in verbinding stond met twee aftakkingen naar de spoelleidingen. Met behulp van regelapparatuur konden de druk, de spoeltijd en het spoelinterval worden ingesteld.

Aan weerszijde van de loopgangen waren spoelleidingen van 90 mm doorsnee bevestigd. De spoelleiding langs de achterrand van de boxen fungeerde tevens als afscheiding van de ligboxenrij.

Tabel 1 Overzicht van de instellingen.

Table 1 Scheme of the variants.

Variant	Periode	Spoeldruk (kPa)	Spoeltijd (seconden)	Spoelinterval (uren)	Doorsnede nippel (mm)
1	1/11-18/11 18/12-14/1	200	4	2	3
2	15/1-23/3 8/5-31/5	250	2,5	2	3

Er werden twee spoelvarianten onderzocht die tweemaal werden herhaald. Iedere spoelvariant werd gekenmerkt door een viertal variabelen, die op verschillende niveaus konden worden ingesteld. In tabel 1 is voor iedere variant de instelling van deze variabelen vermeld en de periode waarin deze werd onderzocht.

Ieder uur werd de stalvloer door een mestschuif schoongeschoven. Spoelen vond om de twee uur onmiddellijk na het schuiven plaats.

Tijdens de perioden 19/11-17/12 en 23/3-7/5 werd niet gespoeld en golden derhalve als referentieperioden.

### 2.3 Metingen en waarnemingen

De emissiemetingen zijn verricht in de periode november 1991 tot en met mei 1992. Tijdens de meetperiode verbleven de dieren in de stal. De ammoniakemissie uit de stal werd berekend door de gemeten ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht te vermenigvuldigen met het geregistreerde ventilatiedebiet.

De meting van de ammoniakconcentratie werd uitgevoerd door een monitor (MONITOR LABS NO<sub>x</sub>-monitor + NH<sub>3</sub>-converter Model 8840). Het meetprincipe berust op de chemoluminescentiereactie tussen NO en O<sub>3</sub>, waarbij naast NO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> ook lichtdeeltjes (fotonen) vrijkomen. Het aantal fotonen is evenredig met de NO-concentratie en dus ook met de NH<sub>3</sub>-concentratie. De monsternamepunten bevonden zich in de drie ventilatiekokers van de stal. Voor het transport van de stallucht van de monsternamepunten naar de monitor werden verwarmde (80 °C), geïsoleerde monsternameleidingen (FEP-Teflon) gebruikt.

Iedere ventilatiekoker was voorzien van zowel een stal- als meetventilator. De door de meetventilatoren afgegeven pulsen werden geregistreerd. De relatie tussen de puls-signalen van de meetventilatoren en het ventilatiedebiet was bepaald in een windtunnel van het IMAG-DLO. Voor een gedetailleerde omschrijving van de concentratie- en ventilatiemetingen wordt verwezen naar Scholtens (1993a, 1993b).

De klimaatmetingen binnen en buiten de onderzoekstal werden verricht met Rotronic Hygromer (type L-100) temperatuur- en vochtvoelers. Het meetpunt voor de stallucht bevond zich in het midden van de stal op ca. 2,5 m hoogte. Het meetpunt voor de registratie van de buitenluchttemperatuur en luchtvochtigheid bevond zich op 2,5 m hoogte in de schaduw aan de buitenmuur van de stal.

Het onderzoek in de ligboxenstal maakte deel uit van een onderzoeksprogramma, waarbij in totaal in 5 stallen de ammoniakconcentratie werd gemeten. Hierdoor was een continue meting in de ligboxenstal niet mogelijk. Een computerprogramma regelde dat 12 maal per uur de ammoniakconcentratie van de 5 meetobjecten werd gemeten. Tevens werden het klimaat en het ventilatiedebiet geregistreerd.

Ieder uur werden van alle gemeten variabelen de gemiddelde waarden berekend en opgeslagen op een geheugenkaart. Eenmaal per week werd het computerprogramma voor een korte tijd onderbroken om de geheugenkaart te vervangen en de monitor met een ijkgas te kalibreren. De data op de geheugenkaart werden vervolgens uitgelezen en verwerkt.

Het technisch functioneren en de betrouwbaarheid van de spoelinstallatie werden beoordeeld. Daarnaast werd de invloed van de hellende, behandelde vloer op het diergedrag visueel vastgelegd en werden de dieren gecontroleerd op infecties.

## 2.4 Model

De meetreeksen in dit onderzoek zijn opgebouwd uit een serie opeenvolgende waarnemingen in de tijd en worden aangeduid als een 'tijdreeks'. Statistische modellen voor tijdreeksen worden aangeduid als 'tijdreeksmodellen'. De statistische techniek om een tijdreeks te analyseren wordt 'tijdreeksanalyse' genoemd.

Voor een uitgebreide uitleg over de betekenis van tijdreeksmodellen en hoe met respectievelijk de transfer- en noisefunctie invloedsvariabelen en/of behandelingen en noisebijdragen worden gemodelleerd, wordt verwezen naar de bijlage en naar De Boer (1993) en de Boer *et al.* (1994). Hier wordt volstaan met een beschrijving van de meest belangrijke aspecten van de gekozen aanpak.

Tijdreeksanalyse is in dit onderzoek toegepast om het effect van spoelbehandelingen met hun nauwkeurigheden vast te stellen, waarbij de emissie gecorrigeerd is voor temperatuureffecten. Onderzocht is welke variabiliteit aanwezig was binnen de reeks toevalsbijdragen en op welke wijze de samenhang in deze toevalsbijdragen beschreven kan worden.

De tijdreeksanalyse is toegepast op daggemiddelden. De data zijn om de volgende redenen gereduceerd. Veel onverklaarbare variatie of ruis als gevolg van kleine storingen zal verdwijnen omdat het wordt uitgemiddeld. Tegelijkertijd verdwijnt hiermee de afhankelijkheid tussen uren, zodat alleen de afhankelijkheid tussen dagen overblijft. Het model bevat daardoor minder parameters en wint aan overzichtelijkheid en zeggingskracht. De gevolgen voor parameterschattingen zijn gering zolang verbanden lineair zijn. Opgemerkt moet worden dat voor de relevante variabelen voldoende variaties tussen dagen moet overblijven om ze schatbaar te laten zijn. Dit zal veelal het geval zijn.

De emissie is met het volgende model gemodelleerd:

$$\log(y_t) = \eta_t + v_t \quad (2.1^a)$$

met  $\eta_t$  de verwachtingswaarde van de (natuurlijke) logaritme van de emissie op tijdstip  $t$  en  $v_t$  de toevalsbijdrage met  $\text{var}(v_t) = \sigma_v^2$ .

Het gebruikte transfermodel was:

$$\eta_t = \eta_0 + \beta(T_t - 15) + \gamma_i \quad (2.1^b)$$

met niveau  $\eta_0$ , de (natuurlijke) logaritme van de verwachte emissie bij een referentietemperatuur van 15 °C en niet spoelen,

$T_t$ , de staltemperatuur op tijdstip  $t$  met effect  $\beta$ ,

$\gamma_i$  het effect van spoelbehandeling  $i$ , met  $i = 1, 2$  (respectievelijk spoelvariant 1 en 2).

De samenhang in de noisebijdragen wordt beschreven met een AR(1)-proces:

$$v_t = \phi v_{t-1} + a_t \quad (2.1^c)$$

met parameter  $\phi$  en innovatie  $a_t \sim N(0, \sigma_a^2)$ .

Het model op de oorspronkelijke schaal is:

$$\mu_t = \mu_0 * \alpha^{(T-15)} * \delta_i$$

met  $\mu_0 = e^{\eta_0}$ ,  $\alpha = e^{\beta}$  en  $\delta_i = e^{\gamma}$ .

Verschillen tussen spoelvarianten worden getoetst op basis van de normale verdeling, gebruik makend van de standaardfouten die berekend worden bij de schattingen. Als een verschil tussen twee te vergelijken grootheden groter is dan 1,96 maal de wortel uit de som van de gekwadrateerde standaardfouten, is het verschil significant bij een 5%-onbetrouwbaarheidsdrempel.

Bij de beschouwing van de verschillende spoelvarianten is verondersteld dat er geen overgangperiode was wanneer werd overgeschakeld op een nieuwe variant. Dus het nieuwe niveau (bij de nieuwe spoelbehandeling) stelt zich abrupt in.

## 2.5 Logaritmische modellen

Eén van de noodzakelijke modelveronderstellingen voor de analyse is, dat de variantie van de responsvariabele ( $\text{NH}_3$ -emissie) constant is. Bij niet-negatieve variabelen echter is het aannemelijk, dat de variantie groter is naarmate het gemiddelde toeneemt. Wanneer de variatie-coëfficiënt constant is, levert logaritmische transformatie toegepast op de responsvariabele een constante variantie op.

De interpretatie van het teruggetransformeerde model is dat effecten niet meer absoluut, maar proportioneel zijn: constante verschillen op logschaal zijn constante verhoudingen, dus percentages, op de oorspronkelijke schaal.

## 3 Resultaten en discussie

### 3.1 Ammoniakemissie: schattingen en toetsresultaten

#### *Algemeen*

De parameterschattingen op logschaal voor het emissieniveau (bij  $T = 15^\circ\text{C}$  en niet spoelen), de temperatuur en de spoelvarianten 1 en 2 met bijbehorende standaardfout tussen haakjes voor model (2.1<sup>b</sup>) zijn:

- emissieniveau ( $\eta_0$ ): 3,55 (0,005) ln(g/h)
- invloed temperatuur ( $\beta$ ): 0,075 (0,008) ln(g/h)
- invloed spoelen ( $\gamma_1$  en  $\gamma_2$ ): -0,41 (0,07) en -0,29 (0,07) ln(g/h)

Tussen variant 1 en 2 werd geen significant verschil gevonden bij een 5%-onbetrouwbaarheidsgrens.

Omgerekend naar de oorspronkelijke schaal zijn de parameterschattingen:

- emissieniveau ( $\mu_0$ ): 34,7 g/h
- invloed temperatuur ( $\alpha$ ): 7,8%
- invloed spoelen ( $\delta_1$  en  $\delta_2$ ): 33 en 26%

De samenhang tussen noisebijdragen (model 2.1.<sup>c</sup>) werd beschreven met een AR(1)-proces met  $\phi = 0,72$ . Met  $\Psi^2 = 2,1$  wordt de mate van afhankelijkheid gekwantificeerd. De nauwkeurigheid van het model,  $VC_{gr}$ , is 20,6%.

#### *Het emissieniveau*

Het emissieniveau van de stal met een hellende gecoate betonvloer bij  $15^\circ\text{C}$  en niet spoelen bedroeg 34,7 g  $\text{NH}_3$  per uur met een 95%- betrouwbaarheidsinterval van (31,3, 38,5). Op basis van het model betekent dit, dat voor de gegeven stalperiode gemiddeld 747 g ammoniak per koe per maand werd geëmitteerd.

In de door de overheid gehanteerde Richtlijn Ammoniak en Veehouderij (1991) is voor melk- en kalfkoeien een norm of emissiefactor opgenomen van 8,8 kg  $\text{NH}_3$  per dierplaats per stalseizoen. De norm is gesteld voor stallen met roostervloeren en dunne mestopslag onder de roosters. Het cijfer is berekend op basis van een stikstofmassabalans en gaat uit van een stalseizoen van 190 dagen. Teruggerekend naar dierplaats per maand bedraagt de emissiefactor 1,412 kg. Een relatie tussen staltemperatuur en emissiefactor wordt in de Richtlijn niet omschreven. Onder aanname dat een gemiddelde staltemperatuur van  $15^\circ\text{C}$  reëel is voor een ligboxenstal tijdens het stalseizoen is een indicatieve vergelijking mogelijk tussen de emissienorm en de gemeten emissie. Hieruit blijkt dat de gemeten emissie uit de ligboxenstal met de gecoate hellende betonvloer 47% lager lag dan de norm.

Het emissieniveau van een ligboxenstal met een ongecoate vloer werd geschat op 48,9 g/h met een 95%- betrouwbaarheidsinterval van (45,2, 53,0) (Huis in 't Veld *et al.*, 1994). Ten opzichte van de emissienorm was de gemeten ammoniakemissie van een ligboxenstal met dit vloertype 25% lager. Hieruit zou kunnen worden afgeleid dat het aan-

brengen van een coatinglaag een emissiereductie geeft, mits er vanuit wordt gegaan dat de stal in beide jaren gelijk is gebleven en er geen jaareffecten zijn.

Uit simulatoronderzoek (Elzing, 1992) bleek dat 15 uur na toedienen van urine op de vloer, een behandelde dichte vloer een geringere emissiereductie gaf (24% ten opzichte van een standaard roostervloer) dan een onbehandelde dichte vloer (35% ten opzichte van een standaard roostervloer). Blijkbaar leidde de coatinglaag hier niet tot meer afspoeling van de urine, waarbij als mogelijke oorzaak de ruwheid van de nieuwe laag coating werd genoemd, waardoor een aangehechte mestlaag achter bleef zodat mest en urine op het oppervlak bleven staan. Een andere oorzaak zou hier het hogere drogestofpercentage van de gebruikte faeces kunnen zijn. Tijdens metingen aan de standaard roostervloer en de onbehandelde hellende vloer was het drogestofgehalte 10% en tijdens metingen aan de behandelde hellende vloer 16,7%. Mogelijk heeft de drogere mest bijgedragen aan een betere hechting van mest aan het oppervlak en daardoor een verminderde afspoeling van urine. De niet altijd overeenkomstige meetomstandigheden bemoeilijkt het vergelijken van reductie-cijfers van simulator- en praktijkonderzoek.

#### *De temperatuur*

Het model bevat één parameter ( $\beta$ ) om het effect van temperatuur te schatten. Dit betekent dat gedurende de gehele stalperiode een constant effect van de temperatuur wordt verondersteld.

Het temperatuureffect  $\alpha$  werd geschat op 7,8%. Het gevolg van het veronderstellen van een proportioneel effect is, dat een verhoging van één graad bij 15 °C tot een andere absolute bijdrage aan de emissie leidt dan bij een temperatuur van bijvoorbeeld 20 °C. Op grond van het model worden de volgende bijdragen berekend: van 15 naar 16 °C, 2,7 g NH<sub>3</sub> en van 20 naar 21 °C, 4,0 g NH<sub>3</sub>.

Het temperatuureffect dat hier werd gevonden kwam overeen met eerder gevonden schattingen. Huis in't Veld *et al.* (1994) rapporteerden voor het stalseizoen 1990/1991 7,2%; De Boer *et al.* (1994) vonden voor het stalseizoen 1988/1989 een percentage van 8,4%.

De veronderstelling dat het temperatuureffect gedurende de gehele periode constant was, werd onderzocht door elke behandeling met een eigen parameter voor de temperatuur te modelleren. Dit betekent dat model 2.1<sup>b</sup> werd uitgebreid met drie parameters,  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  en  $\beta_2$  en dat het temperatuureffect afhankelijk was van de behandeling. De behandeling werd aangegeven d.m.v. de indices, waarbij 0 = niet spoelen en 1 en 2 respectievelijk spoelvariant 1 en 2. Dit leverde de volgende schattingen met standaardfouten op:  $\beta_0 = 0,078$  (0,016),  $\beta_1 = 0,071$  (0,019) en  $\beta_2 = 0,076$  (0,010).  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  en  $\beta_2$  waren niet significant verschillend van elkaar, zodat volstaan kon worden met één parameter ( $\beta$ ) waarmee het effect van temperatuur werd gemodelleerd.

#### *De spoelvarianten*

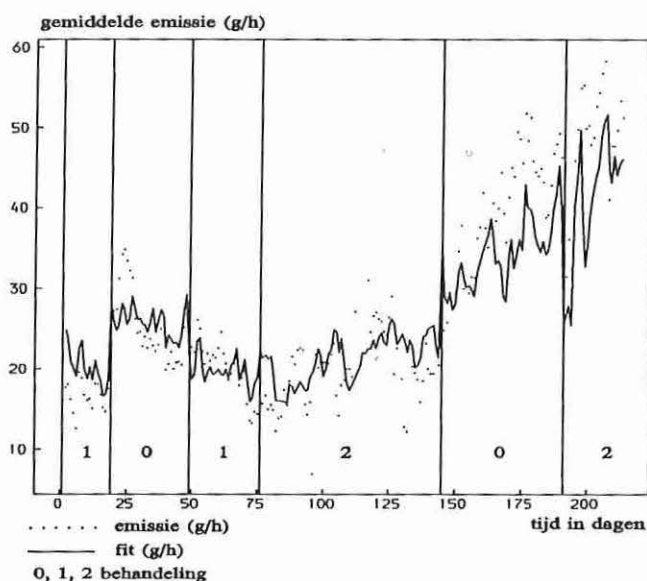
In het experiment werden twee spoelvarianten onderzocht. Beiden gaven significante reducties ( $p < 0,05$ ), maar er was geen significant verschil tussen spoelvariant 1 en 2.

Met spoelvariant 1 (200 kPa, 4 sec, 2 uur, 3mm) werd een reductie bereikt van 33% met een 95%-betrouwbaarheidsinterval (23%, 42%). Spoelvariant 2 (250kPa, 2,5 sec, 2 uur, 3 mm) gaf 26% reductie met een interval (16%, 35%). Het spoelwaterverbruik bij variant 2 was iets lager dan bij variant 1, nl. 20 liter/koe.dag tegen 24 l/koe.dag.

De reducties die hier gevonden worden, liggen in dezelfde orde van grootte als de reducties die gemeten werden bij toepassing van een tweetal spoelvarianten op een dichte,

hellende betonvloer (Huis in't Veld *et al.*, 1994). Zij rapporteerden voor een spoelvariant met de instelling (60 kPa, 2 sec, 2 uur, 5 mm) en een schuifinterval van 2 uur een reductie van 34%, voor dezelfde variant met een schuifinterval van 1 uur een reductie van 28% en voor een variant met de instelling (150 kPa, 4 sec, 2 uur, 3 mm) en schuifinterval van 1 uur een reductie van 14%.

In figuur 1 is de gemiddelde dagemissie en de verwachtingswaarde van model (2.1) tegen de tijd uitgezet. In de figuur is d.m.v. 0, 1 en 2 aangegeven welke behandelingen hebben plaatsgevonden, waarbij 0 = niet spoelen, 1, 2 = spoelvariant 1 en 2.



**Figuur 1** Gemiddelde dagemissie en de verwachtingswaarde (g/h) van het model.  
**Figure 1** Average daily emission (g/h) and fitted values (g/h) of the model.

### 3.2 Technisch functioneren

De spoelinstallatie functioneerde technisch naar tevredenheid. Met uitzondering van een enkele verstopte spoelnippel bleek het systeem bedrijfszeker. Door de hellende vloer vond een scheiding plaats van mest en urine. De urine stroomde direct via de giergoot naar de mestkelder. De op de vloer achtergebleven droge mest werd ieder uur door een mestschuif verwijderd. Een deel van de mest bereikte via de giergoot de mestkelder, terwijl het overige deel op de dwarsroosters werd geschoven. Omdat de mest te droog van samenstelling was, bleef het veelvuldig op de roosters liggen en moest het met een handschuif dagelijks door de spleten worden gewerkt. Bij deze vloeruitvoering is de consistentie van de mest in de kelder niet homogeen. Indien de mest niet regelmatig wordt gemixt kunnen problemen ontstaan zoals het niet kunnen rondpompen of leeghalen. Tijdens het onderzoek werd de mest wekelijks gemixt waardoor de problemen werden vermeden.



### 3.3 Gevolgen voor de dieren

Om de kans op infecties en ontstekingen bij de dieren als gevolg van spoelen zo klein mogelijk te houden, waren de spoelnippels zodanig gemonteerd dat de uiers en de ligplaatsen van de dieren niet werden bevochtigd. Tijdens het onderzoek kwamen witvuilen en mastitis niet vaker voor dan in stalperioden zonder spoelen.

Tijdens perioden waarin niet werd gespoeld ontstond een dun mestlaagje op de hellende vloer. Het oppervlak werd hierdoor glad en moeilijk begaanbaar voor de dieren. De indruk werd verkregen dat het aantal glij- en valpartijen op een vloer in perioden waarin niet gespoeld werd hoger was dan tijdens perioden waarin wel gespoeld werd. Smits en Swierstra (1993) hebben onderzoek uitgevoerd naar het gedrag van koeien op een hellende (3%), gecoate vloer ten opzichte van standaard roostervloeren. Zij constateerden dat het aantal uitglijders op deze hellende, gecoate vloer ongeveer een factor 4 hoger was dan op roostervloeren. De begaanbaarheid van een hellende, gecoate vloer is een punt dat in de toekomst nadere aandacht behoeft.

Er hebben zich als gevolg van het grote aantal uitglijders geen blijvende letsels voorgedaan, maar de dieren werden wel voorzichtiger en verplaatsten zich behoedzamer over de vloer.

## 4 Conclusies

Door spoelen van een hellende, gecoate vloer met water werd de stalemissie gereduceerd ten opzichte van een situatie zonder spoelen. De hoogst gemeten reductie was 33% met een 95%-betrouwbaarheidsinterval (23%, 42%). Deze reductie werd bereikt door gebruik te maken van spoelnippels met een diameter van 3 mm, een druk van 200 kPa, een spoeltijd van 4 seconden en een spoelinterval van 2 uur. Het spoelwaterverbruik bedroeg 24 l/koe.dag.

Bij een tweede spoelvariant werden nippels gebruikt met een doorsnede van 3 mm. De spoeldruk bedroeg 250 kPa, de spoeltijd was 2,5 seconden en het spoelinterval bedroeg 2 uur. Het spoelwaterverbruik lag op 20 l/koe.dag. Deze instelling leverde een reductie op van 26% met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van (16%, 35%).

Het emissieniveau in de stal is geschat op 34,7 g/h bij 15 °C en niet spoelen, hetgeen overeenkomt met 750 g ammoniak per koe per maand. De staltemperatuur heeft een positief effect op de ammoniakemissie. Dit effect is geschat op 7,8% per graad verhoging.

In technisch opzicht heeft de spoelinstallatie goed gefunctioneerd. De looppaden werden over het gehele oppervlak bevochtigd, waarbij de ligboxen droog bleven. Er waren praktisch geen verstoppingen van de nippels en lekverliezen zijn niet waargenomen.

Een deel van de vaste mest werd door de mestschuif via de giergoot de kelder ingeschoven. Het overige deel bleef op de dwarsroosters achter, waar het handmatig moest worden verwijderd.

Omdat onder de dwarsroosters kegelvorming optreedt door opstapeling van droge mest is het bij dit systeem noodzakelijk om regelmatig de mest te mixen.

Regelmatig spoelen voorkomt dat op het vloeroppervlak een dunne, gladde mestlaag ontstaat, waardoor de vloer voor de koeien moeilijk begaanbaar wordt.

## Summary

In 1991 and 1992 research was carried out into the ammonia emission from a cubicle house for dairy cows, housing 34 Friesian Holsteiners. The effect of flushing with water over an inclined (2%) coated concrete floor was investigated. The cow house with forced ventilation had two rows of cubicles and urine was drained away through a urine gutter and collected in the underlying slurry cellar. The floor was coated with an (Orka-) Epoxylayer.

For flushing, a system of pipes with nipples was installed at both sides of the alleys. The system was connected to an installation in order to regulate water pressure, flushing time and flushing interval. Flushing took place after removing faeces with a scraper every two hours. Ammonia emission, climate variables and waterconsumption were measured applying two different flushing variants. Reduction of ammonia emission was estimated by using time series analysis.

A 33% emission reduction was achieved with a water pressure of 200 kPa, a flushing time of 4 seconds and a nipple diameter of 3 mm. Flush water consumption was 24 liters per cow per day.

A second variant, with a water pressure of 250 kPa, a flushing time of 2,5 seconds and a nipple diameter of 3 mm. resulted in a 26% emission reduction and a water consumption of 20 litres per cow per day.

## Literatuur

- Boer, W.J. de, 1993. Box-Jenkins tijdreeksanalyse, toegepast op de resultaten van ammoniakemissiemetingen in een rundveestal. Wageningen, IMAG-DLO rapport 93-6, 32 pp
- Boer, W.J. de, Keen, A. en G.J. Monteny, 1994. Het effect van spoelen op de ammoniakemissie uit melkveestallen; het schatten van behandelingseffecten en nauwkeurigheden door tijdreeksanalyse. Wageningen, IMAG-DLO rapport 94-6, 30 pp
- Elzing, A., Swierstra, D., Uenk, G.H. en W. Kroodsma, 1992. Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een rundveestal: de invloed van vloervarianten. Wageningen, IMAG-DLO rapport 92-10, 18 pp
- Groot Koerkamp, P.W.G., Verdoes, N., Monteny, G.J. en T. de Haan, 1990. Naar stallen met beperkte ammoniak-uitstoot; Bronnen, processen en factoren, deel 1, Stuurgroep emissie-arme huisvestingssystemen, DLO Wageningen, 83 pp
- Hey, G.J. en T. Schneider, 1991. Dutch Priority Programme on Acidification, Eindrapport tweede fase Additioneel Programma Verzuuringsonderzoek, RIVM no 200-09, p. 39-53
- Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsma, W. en S. van Westreenen, 1993. Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van de roosters. Wageningen, IMAG-DLO rapport 93-1, 20 pp
- Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsma, W. en W.J. de Boer, 1994. Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van een hellende vloer. Wageningen, IMAG-DLO rapport 94-4, 18 pp
- Kroodsma, W., Huis in 't Veld, J.W.H. en R. Scholtens, 1993. Ammonia emission and its reduction from cubicle houses by flushing. *Livestock Production Science*, volume 34, p. 293-303
- Nationaal Milieubeleidsplan, 1989. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21 137, nrs 1-2, SDU uitgeverij, 's-Gravenhage, p. 134
- Oldenburg, J. 1989. Geruchs- und Ammoniak-Emissionen aus der Tierhaltung. *KTBL-Schrift* 333, 147 pp
- Oosthoek, J. and W. Kroodsma, 1990. Ammonia emission reduction from cowsheds. *Proceedings of the 6th International Symposium on Agricultural and Food Processing Wastes*. ASAE Publication 05-90, Chicago, p. 442-448.
- Oudendag, D.A. en J.H.M. Wijnands, 1989. Beperking van de ammoniakemissie uit dierlijke mest. Een verkenning van mogelijkheden en kosten. LEI-DLO, Den Haag, 72 pp. Onderzoekverslag 56
- Richtlijn Ammoniak en Veehouderij 1991. Richtlijn in het kader van de Hinderwet. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer, 's-Gravenhage, 36 pp
- Scholtens, R. 1993a. Meetventilator. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. Onderzoek inzake mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, Werkgroep meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen, p. 59-62
- Scholtens, R. 1993b. NH<sub>3</sub>-converter + NO<sub>x</sub>-analyser. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. Onderzoek inzake mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, Werkgroep meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen, p. 19-22

Smits, M.C.J. en D. Swierstra, 1993. Development of floors in loose housing systems for dairy cattle which will meet environmental animal welfare demands. In: Proc BIBM-, CEMBUREAU-, CIGR- & ERMCO-symposium 'Concrete for a sustainable agriculture' 21-23 April 1993, Bologna, Italy (niet genummerd).

## Bijlage

De algemene notatie voor een tijdreeksmodel luidt:

$$y_t = \mu_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

met  $\mu_t = f(x_1 \dots x_p)$

Hierin is  $y_t$  de responsvariabele op tijdstip  $t$ ,  $f(\cdot)$  de aanduiding van een te specificeren functie, de zg. transferfunctie,  $x_1 \dots x_p$ , de verklarende variabelen en  $\varepsilon_t$ , de toevalsbijdrage op tijdstip  $t$ , ook wel 'noise' genoemd.

De noise kan geschreven worden als een lineaire combinatie van onafhankelijk toevalsfoutjes, innovaties genoemd, die plaats hebben gevonden in het heden en verleden:

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= a_t + \psi_1 a_{t-1} + \psi_2 a_{t-2} + \dots + \psi_{n-1} a_{t-n+1} \\ &= \sum_{j=0}^{n-1} \psi_j a_{t-j} \end{aligned} \quad (2)$$

met  $a_t \sim N(0, \sigma_a^2)$ . De gewichten  $\psi_j$ ,  $j = 0, 1 \dots n-1$ , geven het relatieve belang aan van innovaties uit het verleden.

Uit vergelijking (2.2) is de variantie van een waarneming op eenvoudige wijze te berekenen, omdat de  $a_t$ 's stochastisch onafhankelijk zijn:

$$\begin{aligned} \text{var}(\varepsilon_t) &= \text{var}(a_t + \psi_1 a_{t-1} + \psi_2 a_{t-2} + \dots + \psi_{n-1} a_{t-n+1}) \\ &= \left(1 + \sum_{j=1}^{n-1} \psi_j^2\right) \sigma_a^2 = \psi^2 \sigma_a^2 \end{aligned} \quad (3)$$

waarbij  $t$ , het beschouwde tijdstip en  $n-1 \leq t$ .

De som van de gekwadrateerde psi-gewichten,  $\psi^2$ , is de verhouding tussen de varianties van  $\varepsilon_t$  en  $a_t$ :

$$\psi^2 = \frac{\text{Var}(\varepsilon_t)}{\text{Var}(a_t)} = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sigma_a^2} \quad (4)$$

Bij onafhankelijke waarnemingen is deze verhouding 1.

## Verschenen rapporten

- 93-1 Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsmā, W. en S. van Westreenen – Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van de roosters.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 16 pp., f 25,00
- 93-2 Elzing, A. en D. Swierstra. – Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een varkensstal; de invloed van vloerbevuilding en het vloertype.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp., f 25,00
- 93-3 Elzing, A. en W. Kroodsmā – De relatie tussen ammoniakemissie en stikstofconcentratie in de urine van melkvee.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 22 pp., f 25,00
- 93-5 Dieën, J.H. van – Functional load of the low back.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 150 pp., f 40,00
- 93-6 Boer, W.J. de – Box Jenkins tijdreeksanalyse, toegepast op de resultaten van ammoniakemissiemetingen in een rundveestal.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 32 pp., f 30,00
- 93-7 Hoeksma, P., Scholtens, R. en A.J. van den Berg – Een milieuvriendelijk bedrijfsstelsel voor de varkenshouderij.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 26 pp., f 30,00
- 93-8 Smits, M.C.J., Kroodsmā, W., Swierstra, D. en W.J. de Boer – Opzet van het onderzoek inzake beperking van de ammoniakemissie in de Milieu-onderzoekstal.  
Wageningen, IMAG-DLO-rapport, 32 pp., f 35,00
- 93-9 Drost, H. en D. van der Drift – Vergelijkend arbeidshygiënisch onderzoek in twee huisvestingssystemen voor leghennen. Onderzoek naar omgevingscomponenten en ODTS-symptomen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 54 pp., f 40,00
- 93-10 Uenk, G.H., Demmers, T.G.M. en M.G. Hissink – Luchtsamenstelling onder de overkapping van mestsilos vóór en na het mixen van de mest.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 22 pp., f 25,00
- 93-11 Aarnink, A.J.A., Houwers, H.W.J., Ouwerkerk, E.N.J. van en P.B. Hangelbroek – Vooronderzoek naar een milieu- en welzijnsvriendelijk huisvestingssysteem voor vleesvarkens. Mestscheiding, vloerkoeling en grote groepen dieren.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 41 pp., f 40,00
- 93-12 Kasper, G.J. – Literatuuronderzoek naar het droogproces van gemaaid gras en de invloed van technische factoren hierop.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 34 pp. f 30,00
- 93-13 Vollebregt, H.J.M. en T. de Jong – Experimenteel onderzoek aan indirecte verdampingskoeling.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 56 pp. f 35,00
- 93-14 Hendrix, A.T.M. – Taaktijden voor de groenteteelt onder glas.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 95 pp. f 40,00
- 93-15 Loeffen, H. – CO<sub>2</sub>-produktiesnelheid als maat voor groei van de champignon *Agaricus bisporus*.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 75 pp. f 35,00

- 93-16 Swierstra, D. en M.J.M. van den Elzen. – Verhardingen voor containerteelt buiten: technische eisen en ontwerpvarianten.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 61 pp. f 35,00
- 93-17 Frénay, J.W., Waltje, H. en H. Zilverberg. – Duurzaamheid van beton in agrarische milieu.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 108 pp. f 50,00
- 93-18 Ketelaar-de Lauwere, C.C., Benders, E. en P.J.M. Huijsmans. – De reactie van koeien als de krachtvoerverstrekking in de stal afhankelijk wordt gesteld van die in de AMS-ruimte. De invloed van verschillende stalindelingen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 19 pp. f 35,00
- 93-20 Jong, T., et al. – Ontwerp van klimaatbeheersingsapparatuur voor gesloten kassystemen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp. f 35,00
- 93-21 Dingemans, E.C.F.M., Buré, R.G. en G. van Putten. – De invloed van opfokomstandigheden op het sociale gedrag van zeugen in groepen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 81 pp. f 35,00
- 93-22 Smits, M.C.J., Ooster, A. van 't en E.N.J. van Ouwerkerk. – Beperking van de warmtebelasting in een ligboxenstal voor melkvee. Een oriënterend onderzoek.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 36 pp. f 30,00
- 93-23 Hoeksma, P., Oosthoek, J., Verdoes, N. en J.A.M. Voermans. – Reductie van ammoniakemissie uit varkensstallen door mestspoelen met beluchte spoelvlloeistof.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 56 pp. f 40,00
- 93-24 Waaijbergen, D. en J.W. Frénay. – Kunststofkas met tuiconstructie: ontwerp, uitvoering en toetsing van een prototype.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 43 pp. f 40,00
- 93-25 Drost, H. en D.W. van der Drift. – Aerial contaminants in aviary and battery housing systems for laying hens.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 28 pp. f 30,00.
- 93-26 Os, E.A. van, Klomp, G. en N.J. van de Braak. – Onderzoek geïntegreerde wateropslag met biologische reiniging van recirculatiewater en energie-opslag.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 34 pp. f 35,00
- 93-27 Uenk, G.H., Monteny, G.J., Demmers, T.G.M. en M.G. Hissink. – Vermindering ammoniakemissie door gebruik van biowassers.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 41 pp. f 40,00
- 93-28 Uenk, G.H., Monteny, G.J. Demmers, T.G.M. en M.G. Hissink. – Vermindering van ammoniakemissie door gebruik van biofilters.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 37 pp. f 40,00
- 93-29 Zuydam, R.P. van and C. Sonneveld. – Test of an automatic precision guidance system for implements for row crumbling, row fertilizing, row spraying, drilling and hoeing and its effect on weed development and fertilizer use in sugar beet.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 27 pp. f 35,00
- 93-30 Hendriks, J.G.L., Mulder, E.M. en J.F.M. Huijsmans. – Aanzuren van rundermest, kort voor het uitrijden.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 40 pp. f 30,00
- 93-31 Smits, M.C.J., Valk, H., Elzing, A., Huis in 't Veld, J.W.H. en A. Keen. – Perspectief van beperking van de ammoniakemissie uit melkveestallen door aanpassing van het rantsoen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 36 pp. f 35,00



- 93-32 Os, E.A. van, Kramer, C.F.G., Kruistum, G. van, Looijesteijn, F.X.C. en H.H.E. Oude Vrieling. – Mens- en milieuvriendelijke treksystemen voor witlof: een verkenning van mogelijkheden.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 72 pp. f 40,00
- 93-33 Swierstra, D. – Verhardingen van gestabiliseerde kleigrond met asfaltdeklagen: ontwerp, uitvoering en beproeving.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 37 pp. f 30,00
- 93-34 Derikx, P.J.L., Vijn, T.K. en H.C. Willers. – Oriënterend onderzoek naar de integrale inpassing van aanzuren van varkensmest.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 41 pp. f 40,00
- 93-35 Hoeksma, P. en A.J. van den Berg. – Geur- en ammoniakemissie tijdens het indampen van mest bij de HEPAQ-milieustal.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 27 pp. f 30,00
- 93-36 Hendrix, A.T.M. – Taaktijden voor de snijbloemeteelt onder glas.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 59 pp. f 35,00
- 94-1 Bleijenberg, R. en J.P.M. Ploegaert – Handleiding voor de IMAG-DLO meetmethode ter bepaling van ammoniakemissies uit mechanisch geventileerde stallen : (apparatuur, installatie en gegevensverwerking) .  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 77 pp. f 40,00
- 94-2 Hendriks, J.G.L. en J.F.M. Huijsmans. – Trekkkrachtbehoefte van sleepvoeten- en zodebemestertechnieken op grasland.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 45 pp. f 35,00

De rapporten kunt u **schriftelijk** bestellen door overmaking van het genoemde bedrag op Postbanknummer 3514771 ten name van IMAG-DLO te Wageningen, onder vermelding van het rapportnummer.

Reports must be ordered by transferring the appropriate amount (in Dutch Guilders) to the IMAG-DLO account, no. 3514771, at the Postbank, Wageningen, quoting the relevant report number(s)