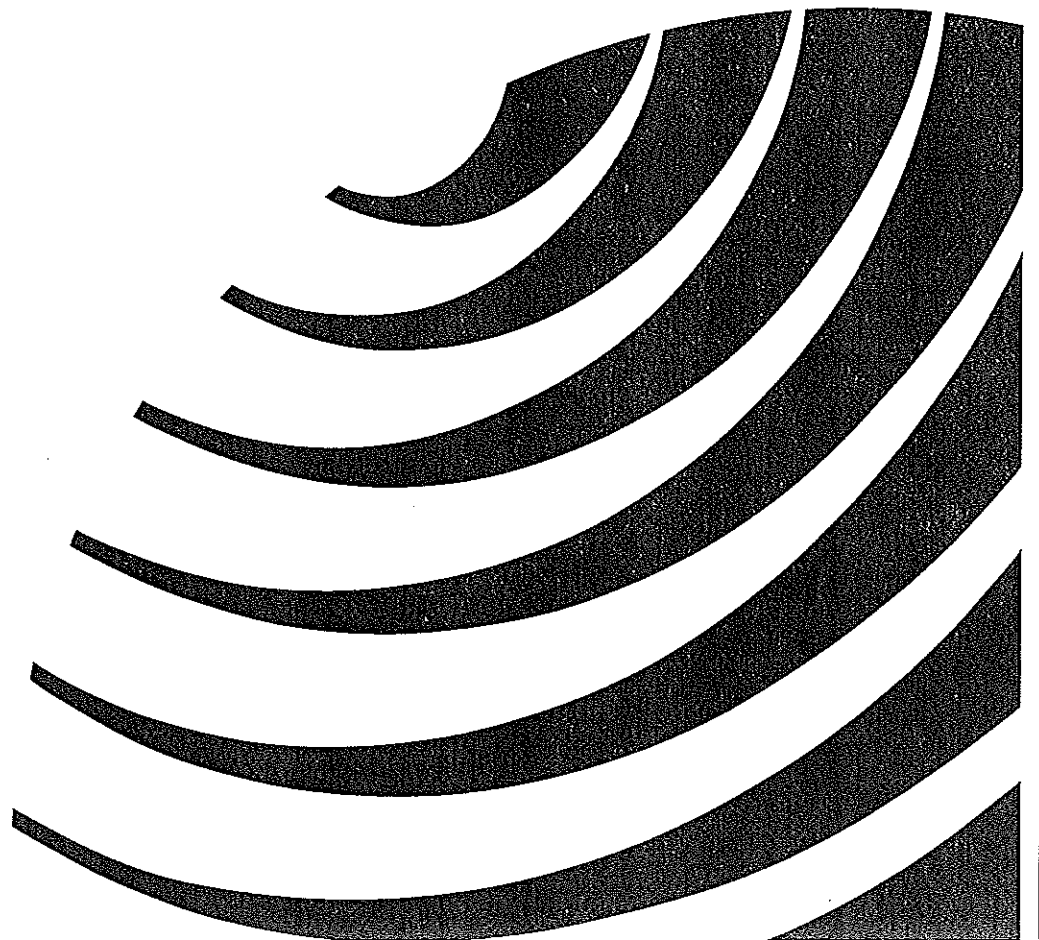


# Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IIIa

Aanvullend onderzoek aan een biggenopfokstal met frequente en restloze mestverwijdering

C.M. Groenestein  
H. Montsma

dlo



# Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IIIa

Anvullend onderzoek aan een biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering

C.M. Groenestein  
H. Montsma

Rapport 93-1001

© 1993

Dienst Landbouwkundig Onderzoek  
Postbus 59, 6700 AB Wageningen

Alle informatie beschikbaar bij  
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.

## Inhoud

	2
Samenvatting	3
1. Inleiding	4
2. Materiaal en methode	6
3. Resultaten en discussie	6
3.1 Meetgegevens	7
3.2 Statistische verwerking	10
Conclusie	11
Literatuur	
Bijlagen	

## Samenvatting

Ammoniak is naast  $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_x$  één van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De Nederlandse overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak in het jaar 2000 t.o.v. 1980 met 50-70% afgenomen moet zijn. In dit kader is aanvullend onderzoek verricht naar de ammoniakemissie van een biggenopfokstal met het Haglando mestschuifstelsel. Eerder onderzoek had uitgewezen dat het stelsel, direkt nadat het geïnstalleerd was, een ammoniakemissie-redukcie van 80% kon realiseren ten opzichte van een gelijktijdig gemeten traditioneel stelsel met grondhokken. Het doel van huidig onderzoek was de duurzaamheid van het stelsel te beoordelen wat de redukcie van ammoniakemissie betreft. Verder werd onderzocht welke statistische technieken toepasbaar zijn om, op basis van kort durende metingen, uitspraken te doen over langere perioden.

Gedurende drie weken werd de ammoniakemissie gemeten aan een traditionele afdeling en aan een afdeling met het Haglando-stelsel. Aan beide afdelingen was in het kader van eerder genoemd onderzoek ook gemeten.

Bij de statistische verwerking van het materiaal bleek dat het niet mogelijk was het verloop van de emissie tijdens een opfokronde door sturing van buitenaf een karakteristiek patroon te geven. Dit betekende dat uitspraken op basis van het verloop van voorgaande ronden niet verantwoord is.

Om op basis van 3 gemeten weken een uitspraak te doen over de totale emissie tijdens de gehele ronde is een tijdreeksanalyse toegepast. Met deze techniek werd een regressie uitgevoerd op de tijd, met als aanname dat de emissie lineair in de tijd verloopt. Berekeningen op basis van het 90% betrouwbaarheidsinterval geven aan dat met 90% zekerheid gesteld kan worden dat de emissieredukcie tussen 59 en 71% ligt. Gemiddeld was dit 65% (66,9 vs. 23,2 g per dierplaats).

Een verklaring voor deze daling van de redukcie met gemiddeld 15% kan gezocht worden in de duurzaamheid van het Haglando-stelsel. Hierbij wordt met name gedacht aan slijtage van coating en (strips van) schuiven, waardoor de mest minder goed verwijderd wordt. De vervuiling van de roosters, het weer en het bedrijfsmanagement spelen ook een rol.

## 1. Inleiding

De meest belangrijke verzurende componenten van ons milieu zijn  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$  en  $\text{NO}_2$ ) en  $\text{NH}_3$ , samen met hun reactieproducten, in het kort  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_y$  en  $\text{NH}_x$  genoemd. In 1989 was 81% van de verzuring door  $\text{NH}_x$  uit eigen land afkomstig en 94% daarvan kwam uit de landbouw. De bijdrage van  $\text{NH}_x$  aan de totale verzuring in Nederland bedroeg in 1989 46% (Heij & Schneider, 1991). De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak in 2000 t.o.v. 1980 met 50-70% afgenomen moet zijn (Nationaal Milieubeleidsplan, 1989). Om dit te kunnen realiseren wordt momenteel veel onderzoek verricht naar emissie-arme huisvestingsystemen voor landbouwhuisdieren.

Behalve via onderzoek komen er ook vanuit de praktijk vele ideeën en initiatieven om de ammoniakemissie terug te dringen. Om deze op waarde te schatten dient aan, in potentie emissie-arme huisvestingsystemen, onder normale bedrijfsomstandigheden, te worden gemeten. De aanvragen hiervoor komen binnen bij de Begeleidingscommissie Ammoniak-emissiemetingen, die hieruit de aanvragen selekteert die wat betreft de  $\text{NH}_3$ -emissievermindering perspectief bieden. Deze begeleidingscommissie bestaat uit vertegenwoordigers van de overheid en het landbouwbedrijfsleven. Het onderzoek wordt vervolgens uitgevoerd door de DLO-meetploeg.

In dit kader is van 3 juli tot en met 8 oktober 1991 onderzoek verricht naar de ammoniakemissie van een biggenopfokstal met het Haglando mestschuifstelsel. Het emissie-reducerend principe van dit systeem is dat de mest m.b.v. schuiven frekwent en restloos uit de stal wordt verwijderd. De resultaten staan beschreven in Montsma & Groenestein (1992) (Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen III: Biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering. Rapport 92-1001, DLO, Wageningen). De emissie-reduktie bedroeg 80%.

Er werd toen de kanttekening geplaatst dat een herhaling van metingen noodzakelijk was omdat het systeem destijds net geïnstalleerd was. Na herhaald gebruik zou slijtage van de coating of de schuiven invloed kunnen hebben op de emissie omdat de mest dan minder goed verwijderd wordt. Dit aanvullende onderzoek dient om de duurzaamheid van het systeem te beoordelen. Tevens is onderzocht welke statistische technieken toepasbaar zijn om, op basis van kort durende metingen, uitspraken te doen over langere perioden.

## 2. Materiaal en methode

Voor een beschrijving van de stal en de meetmethodiek wordt verwezen naar Montsma & Groenestein (1992). Hierin wordt verslag gedaan van twee achtereenvolgende opfokperioden die in het vervolg worden aangeduid als ronde 1 en ronde 2. De metingen van onderhavig onderzoek werden van 15 april tot 8 mei 1992 uitgevoerd op hetzelfde bedrijf in twee van de drie eerder gemeten afdelingen. Deze periode wordt aangeduid als ronde 3. De ammoniak-emissie werd voor beide afdelingen gelijktijdig bepaald. Voor de traditionele afdeling (1) betekende dat het begin van de opfokronde (dag 0-23); voor de afdeling met het Haglando-systeem (2B) was dat de tweede helft (dag 21-44). De mestschuiven in afdeling 2B liepen vijf maal per etmaal en wel om 02.30, 08.00, 13.00, 18.00 en 22.00 uur.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de dierbezetting van de afdelingen tijdens de metingen.

Tabel 1. Overzicht van de bezetting per afdeling.

	Afdeling	
	1	2B
datum opzet	15-4-'92	25-3-'92
aantal dierplaatsen	180	160
aantal opgezette biggen	200	176
vloeroppervlakte per dierplaats (m <sup>2</sup> )	0,25	0,25
vloeroppervlakte per big (m <sup>2</sup> )	0,22	0,23

Gedurende de meetperiode zijn de volgende variabelen gemeten:

- NH<sub>3</sub>-concentratie in elke afdeling en van de ingaande lucht (mg/m<sup>3</sup>);
- ventilatiedebiet uit elke afdeling (m<sup>3</sup>/uur);
- temperatuur in elke afdeling en van de ingaande lucht, T (°C);
- relatieve luchtvochtigheid in elke afdeling en van de ingaande lucht, RH (%).

Net als bij de voorgaande metingen is de 41<sup>e</sup> dag van de opfokronde als peildag genomen. In Tabel 2 wordt weergegeven wat de gemiddelde staltemperatuur was en hoeveel, bij de temperatuur van de ingaande lucht, geventileerd werd. Het verschil in staltemperatuur is terug te voeren op het feit dat bij afdeling 1 de eerste helft van de opfokronde is gemeten en van afdeling 2B de tweede helft. De jongere biggen hebben meer behoefte aan warmte, dus is de gemiddelde staltemperatuur in afdeling 1 hoger dan in afdeling 2B.

Tabel 2. Gemiddelde temperatuur (°C), Relatieve Vochtigheid (RH in %) en ventilatie (m<sup>3</sup>/uur) in afdeling 1 (dag 0-23 van de opfokronde) en afdeling 2B (dag 21-41 van de opfokronde).

	Afdeling	
	1	2B
RH in de stal	50	53
Staltemperatuur	26,1	23,3
RH ingaande lucht	57	69
Temperatuur ingaande lucht	15,6	11,9
Ventilatiedebiet	1092	1536

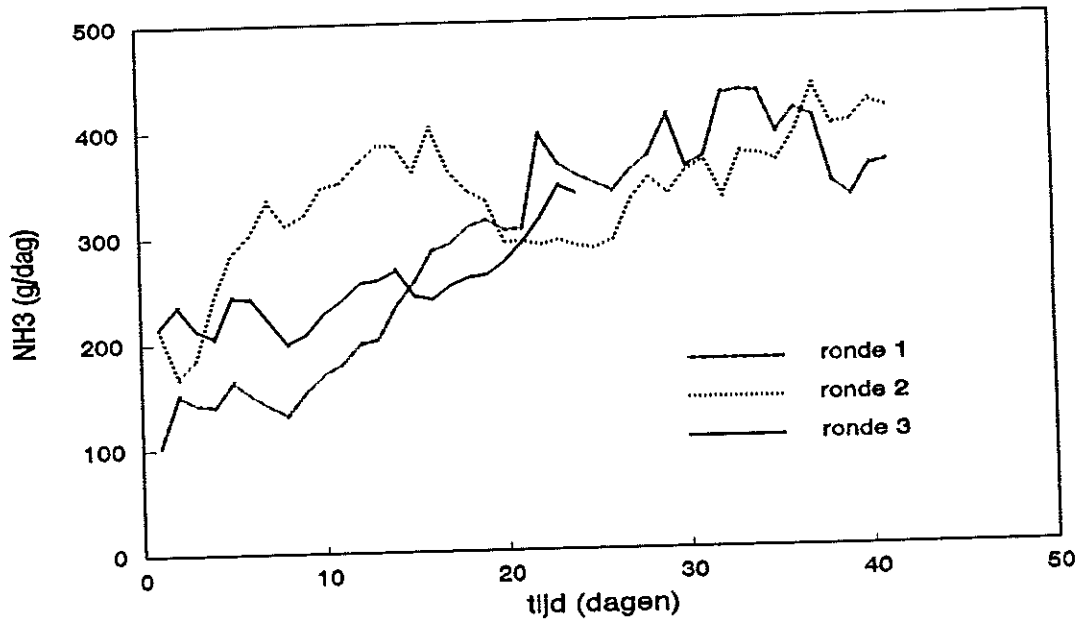
De monitor werd wekelijks geijkt met 45,5 ppm NO gas (0,7% onzuiver). Grote afwijkingen deden zich niet voor. Uit de ijking van de convertors bleek dat voor de metingen gemiddeld 99% van de aangeboden NH<sub>3</sub> als NO<sub>x</sub> werd gemeten; na de metingen was dat 91%.

Voor de statistische verwerking van de gegevens is gebruik gemaakt van het statistische programma Genstat 5.

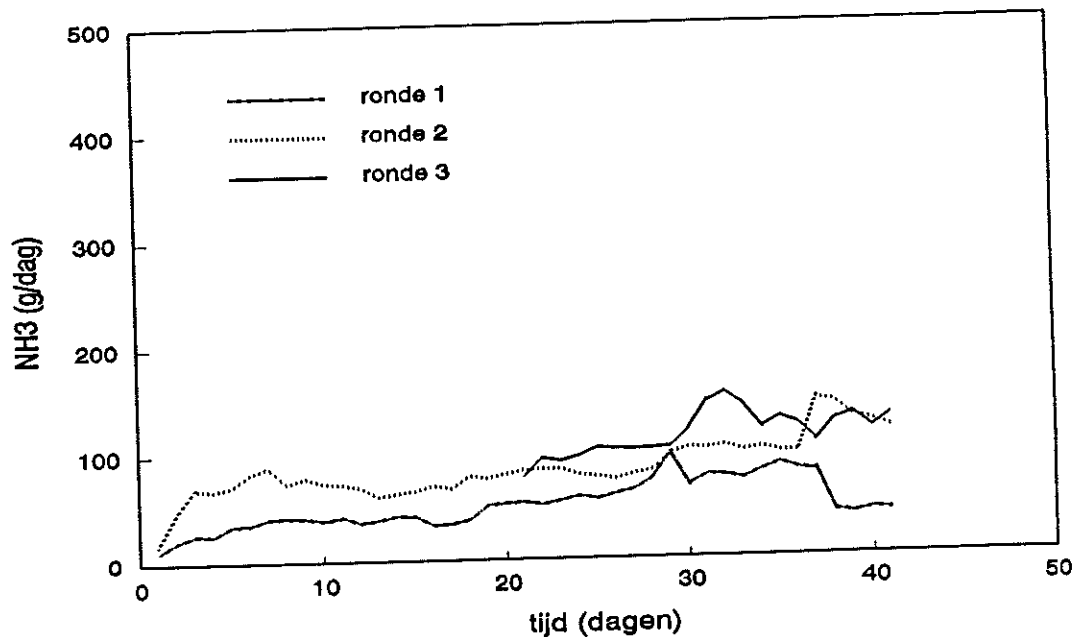
### 3. Resultaten en discussie

#### 3.1 Meetgegevens

Figuur 1 en 2 geven voor beide afdelingen de dagelijkse ammoniakemissie weer. Om een vergelijking mogelijk te maken zijn ook de ammoniakemissie-gegevens uit het voorgaande onderzoek weergegeven.



Figuur 1. NH<sub>3</sub>-emissie per dag van afdeling 1 tijdens de verschillende perioden.



Figuur 2. NH<sub>3</sub>-emissie per dag van afdeling 2B tijdens de verschillende perioden.

In Bijlagen 2 en 4 zijn de temperatuur, de relatieve vochtigheid en het ventilatiedebiet weergegeven. Bij vergelijking van deze parameters met de gegevens van de



eerdere metingen bleek dat beide meetperioden in afdeling 1 ongeveer op hetzelfde nivo geventileerd werd. Gezien de temperatuur van de ingaande lucht tijdens de onderhavige meetperiode, die  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  lager lag, is tijdens ronde 3 veel geventileerd: om de gewenste temperatuur te handhaven is minder (koude) lucht nodig. Er zal meer bijverwarmd zijn dan gedurende ronde 1 en 2 om een zelfde staltemperatuur te hebben kunnen handhaven. Het ventilatiedebiet van afdeling 2B was lager dan tijdens de eerdere metingen. Vanuit de lagere temperatuur van de ingaande lucht, is dit te verklaren.

Elzing et al., (1992) gaven aan dat een hoger ventilatiedebiet bij gelijkblijvende temperatuur een hogere emissie tot gevolg heeft. Gezien de temperatuur van de ingaande lucht had tijdens ronde 3 minder geventileerd kunnen worden ten opzichte van ronde 1 en 2. Dit zou een verlagend effect op de emissie hebben gehad, en dus een verlagend effect op de emissiereductie. Deze redenatie laat zien dat het weer en het bedrijfsmanagement invloedsfactoren zijn. Dit zijn beide onvoorspelbare factoren die niet of moeilijk te beïnvloeden zijn.

Uit de Figuren 1 en 2 blijkt dat de emissies van de betreffende afdelingen in dezelfde range liggen als voorheen. De emissie van afdeling 2B ligt structureel iets hoger. Tijdens ronde 3 waren de vloer onder de roosters en de roosters in de mesthoek meer vervuild. Vervuiling van de vloer onder de roosters heeft direkt betrekking op het Haglando systeem. Vervuiling van de roosters is hiervan onafhankelijk. Oorzaken kunnen o.a. gezocht worden bij klimaat en gedrag van de dieren.

### 3.2 Statistische verwerking

Onderzocht werd of het mogelijk is om op basis van drie weken meten het verloop van de emissie voor de rest van de opfokronde te voorspellen. Hierbij werd gebruik gemaakt van de gegevens uit de 2 volledige opfokronden, die van juli tot oktober 1991 in dezelfde stal werden gevonden. Het idee was dat het verloop van de emissie gedurende die 2 ronden karakteristiek was voor deze biggenopfokstal en dat er hooguit sprake was van nivo-verschillen. Dat betekent dat de voorwaarde was dat de 2 reeksen met waarnemingen gedaan aan de volledige ronden, hoog gecorreleerd moesten zijn en ook een hoge correlatie zouden moeten vertonen met de reeks op basis van 3 weken meten.

Onderstaande tabel geeft voor de 3 gemeten ronden van de traditionele afdeling de correlatiecoëfficiënten weer. De tabel laat zien dat ronden 1 en 2 binnen een afdeling

Tabel 3. Correlatiecoëfficiënten van de gemiddelde emissie per dag van ronde 1, 2 en 3 van afd. 1 en 2B.

	afdeling 1			afdeling 2B		
	ronde			ronde		
	1	2	3	1	2	3
ronde 1	1,00	0,22	0,86	1,00	0,51	0,55
ronde 2		1,00	0,11		1,00	0,47
ronde 3			1,00			1,00

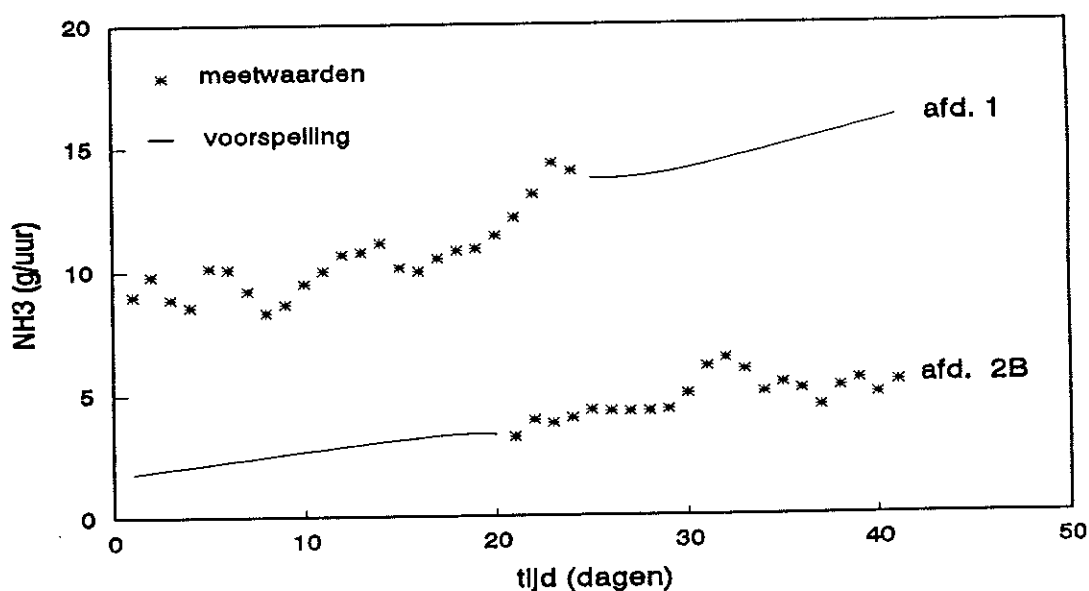
slecht gecorreleerd zijn. Alleen de correlatie tussen de eerste en derde ronde van de traditionele afdeling (afd. 1) is hoog ( $r = 0.86$ ). De correlaties maken duidelijk dat ronde 1 en 2 weinig overeenkomst vertonen. Het wordt daardoor twijfelachtig of reeksen die gemeten worden in dezelfde stal maar in verschillende perioden, gebruikt kunnen worden om onvolledige reeksen aan te vullen. Hooguit zou de

informatie van ronde 1 uit afdeling 1 gebruikt kunnen worden om het verloop van de resterende 3 weken van ronde 3 te voorspellen.

Hoewel invloedsfactoren zoveel mogelijk gelijk gesteld zijn, vertoont de emissie gedurende een opfokronde een eigen patroon. Onbekende maar ook bekende variatiebronnen die niet controleerbaar zijn spelen een rol tijdens een ronde en oefenen invloed uit op het verloop van de emissie. Voorbeelden van bekende variatiebronnen zijn zoals eerder genoemd het weer en het bedrijfsmanagement. Ook de dieren zelf kunnen een variatiebron zijn (b.v. gedrag). Hierdoor wordt het onmogelijk om het verloop van de emissie tijdens een opfokronde door sturing van buitenaf een karakteristiek patroon te geven dat voor elke opfokronde hetzelfde is. Het vervolg van de analyse werd daarom beperkt tot de gegevens van de derde ronde.

Omdat het hier afhankelijke waarnemingen betrof, werden de gegevens onderzocht met een tijdreeksanalyse. Dit is een statistische analyse methode die rekening houdt met de samenhang in de tijd door deze te modelleren. Met deze techniek werd een regressie uitgevoerd op de (leef)tijd. Vervolgens werd de emissie voorspeld voor de resterende 3 weken. Een aanname was dat het gemiddelde nivo van de emissie lineair in de tijd toeneemt. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 3.

De cumulatieve emissie werd bepaald op basis van de gemeten en voorspelde waarden. Deze berekening is uitgevoerd op de daggemiddelden van de gemeten waarden, d.w.z. op afdelingsnivo. In Tabel 1 werd vermeld dat dat voor afdeling 1 en 2B respectievelijk 180 en 160 dierplaatsen betrof. In Tabel 4 wordt de berekende emissie per dierplaats weergegeven, samen met de gemeten resultaten van het voorgaande onderzoek (Montsma en Groenestein, 1992).



Figuur 3. Daggemiddelden van de gemeten en voorspelde ammoniakemissie.

Tabel 4. Ammoniakemissie (g per dierplaats per ronde) tijdens 3 opfok-ronden en de emissiereductie (%) t.o.v. afdeling 1, waarbij die van ronde 3 berekend zijn op basis van meetgegevens van  $\pm 3$  weken.

	Afdeling			Reduktie	
	1	2A	2B	2A	2B
ronde 1	67,2	12,5	13,1	81	81
ronde 2	76,1	15,0	22,5	80	70
ronde 3	66,9	-	23,2	-	65

Op grond van het model is de nauwkeurigheid van een voorspelling aan te geven, d.w.z. een onder- en bovengrens waarbinnen met 90% zekerheid een voorspelling ligt. Voor afdeling 1 betekende dat de emissie gedurende deze ronde tussen 63,5 en 70,4 g per dier lag, voor afdeling 2B was dit 20,2 en 26,2 g. Voor de emissiereductie komt dat neer op 59 en 71%. Met 90% zekerheid kan dus gesteld worden dat de emissiereductie niet op 80% komt. Gemiddeld was de reductie 65% op basis van 66,9 g en 23,2 g NH<sub>3</sub> per dierplaats. Op jaarbasis betekent dit, uitgaande van 10% leegstand, 541 g en 188 g NH<sub>3</sub> respectievelijk.

## Conclusie

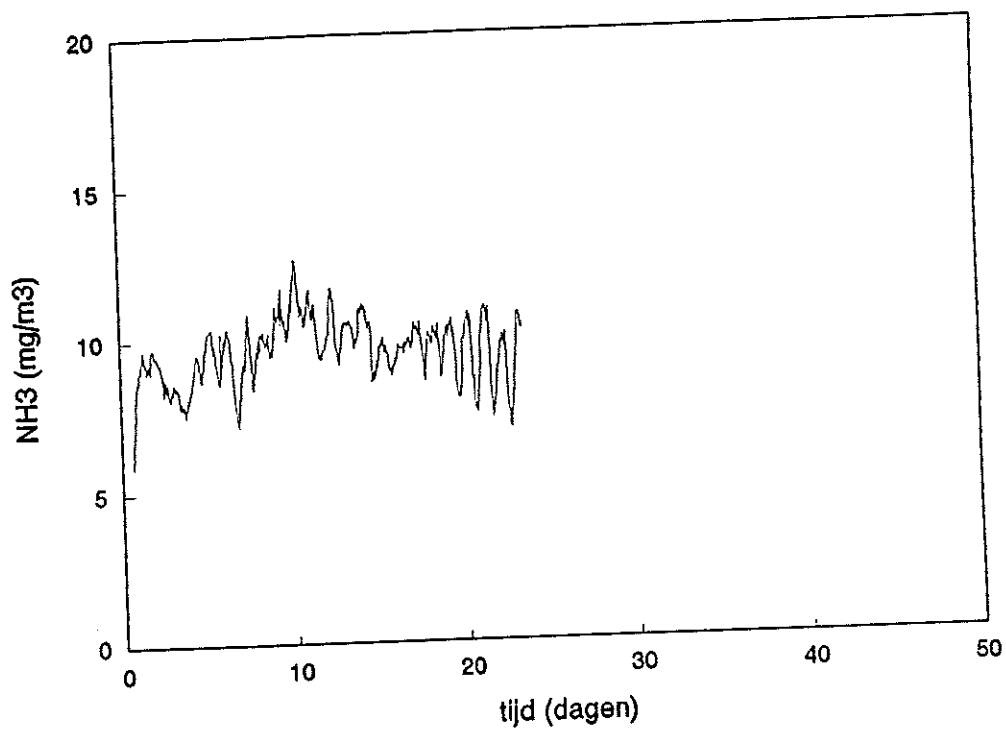
Uit statistische analyse blijkt dat het niet mogelijk is om het verloop van de emissie tijdens een opfokronde door controle op- of beïnvloeding van factoren, een karakteristiek patroon te geven dat voor elke opfokronde hetzelfde is.

Op basis van een drie weken durende meetperiode is met tijdreeksanalyse een voorspelling gedaan van de emissie gedurende de betreffende opfokronde. De emissiereductie lag op grond van het model met 90% zekerheid tussen 59 en 71%. De gemiddelde reductie bedroeg 65%.

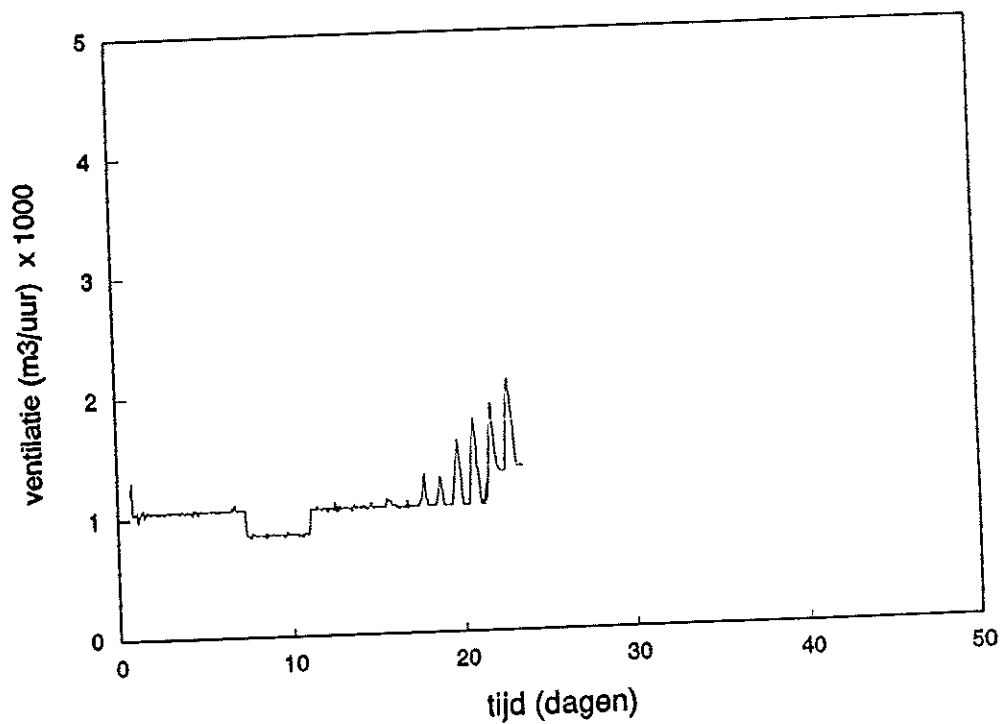
Verklaringen voor deze daling van de reductie met gemiddeld 15% kunnen gezocht worden in de duurzaamheid van het Haglando-systeem (slijtage van coating en (strips van) schuiven). De emissies van de roosters, het weer en het bedrijfsmanagement kunnen ook een rol spelen.

## Literatuur

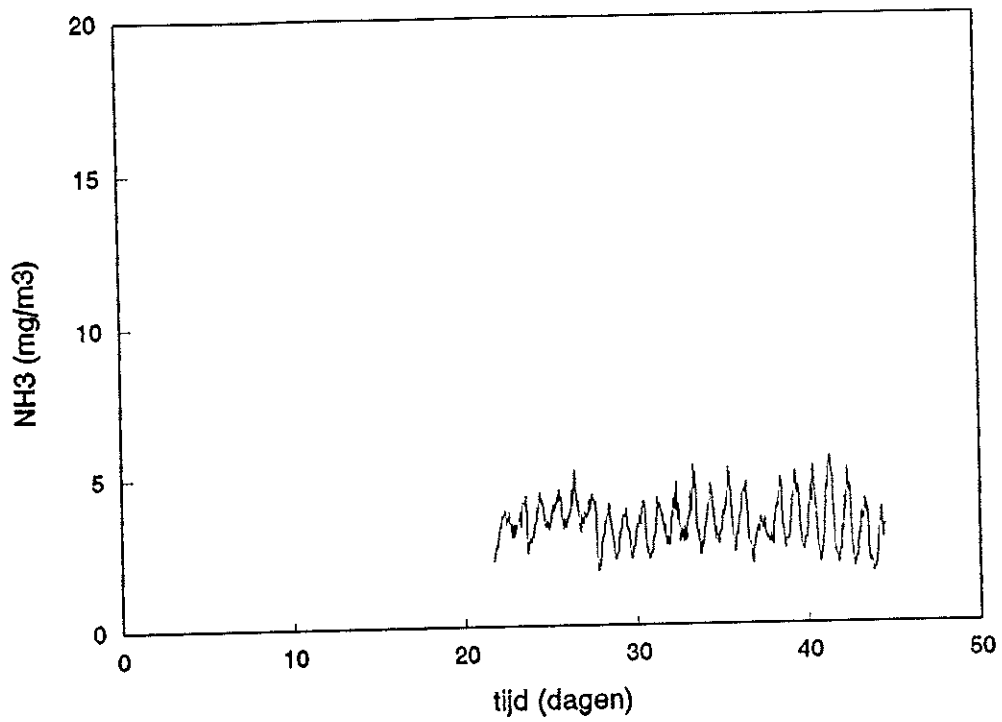
- De Boer, W., 1992. Box-Jenkins-tijdreeks-analyse, toegepast op metingen van de ammoniakemissie gedurende de periode januari-april in een ligboxenstal op proefbedrijf "De vijf Roeden". IMAG-rapport in voorbereiding, Wageningen.
- Elzing, A., W. Kroodsmā, R. Scholtens & G.H. Uenk, 1992. Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een rundveestal: Theoretische beschouwingen. IMAG-DLO Rapport 92-3, Wageningen.
- Heij, G.J. & T. Schneider, 1991. Dutch priority programme on acidification. Final report second phase Dutch priority programme on acidification no. 200-09.
- Montsma, H. & C.M. Groenestein, 1992. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen III: Biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering. Rapport 92-1001, DLO, Wageningen
- Nationaal Milieubeleidsplan, 1989. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21 137, nrs. 1-2 p. 134, SDU uitgeverij 's-Gravenhage.
- Scholtens, R., 1990. Ammoniakemissionsmessungen in zwangbelüfteten Ställen. in: Ammoniak in der Umwelt. KTBL-schrift:20.1-20.9.



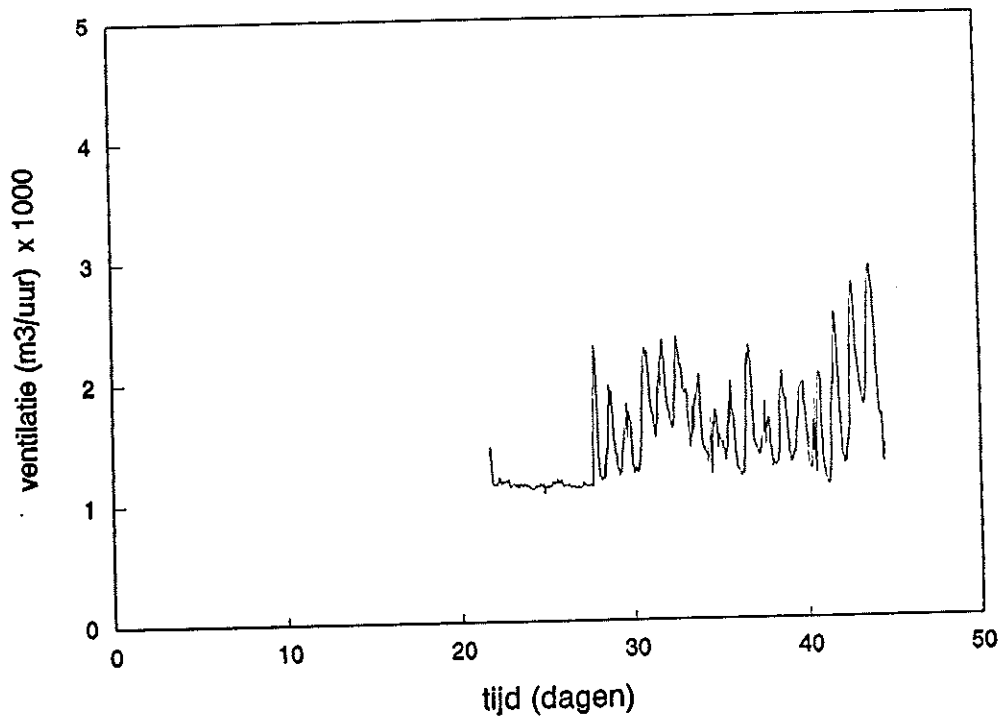
NH<sub>3</sub>-concentratie afd. 1 tijdens de derde opfokperiode.



Ventilatie debiet afd. 1 tijdens de derde opfokperiode.

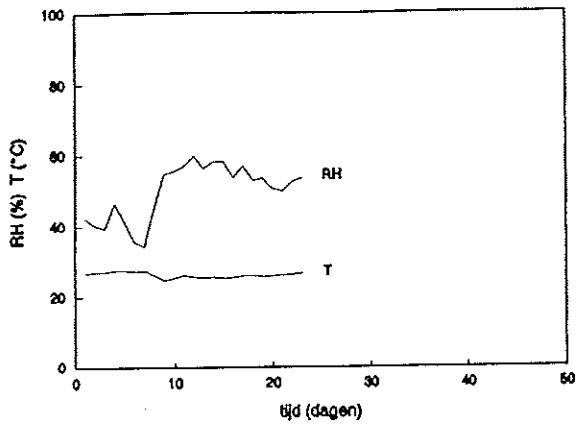


NH<sub>3</sub>-concentratie afd. 2B tijdens de derde opfokperiode.

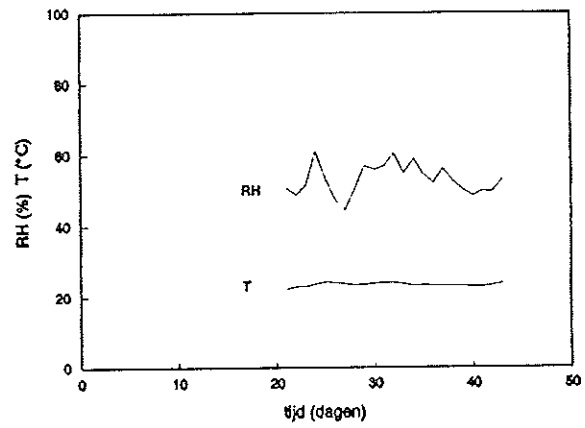


Ventilatie debiet afd. 2B tijdens de derde opfokperiode.

BIJLAGE 2

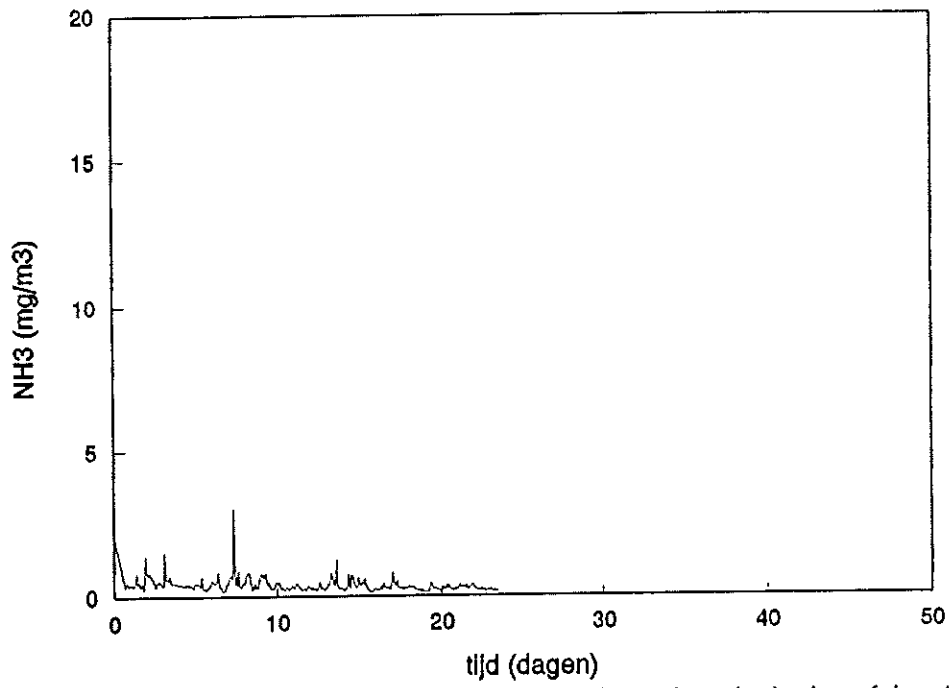


Relatieve luchtvochtigheid en temperatuur van afd. 1 tijdens de derde opfokperiode.

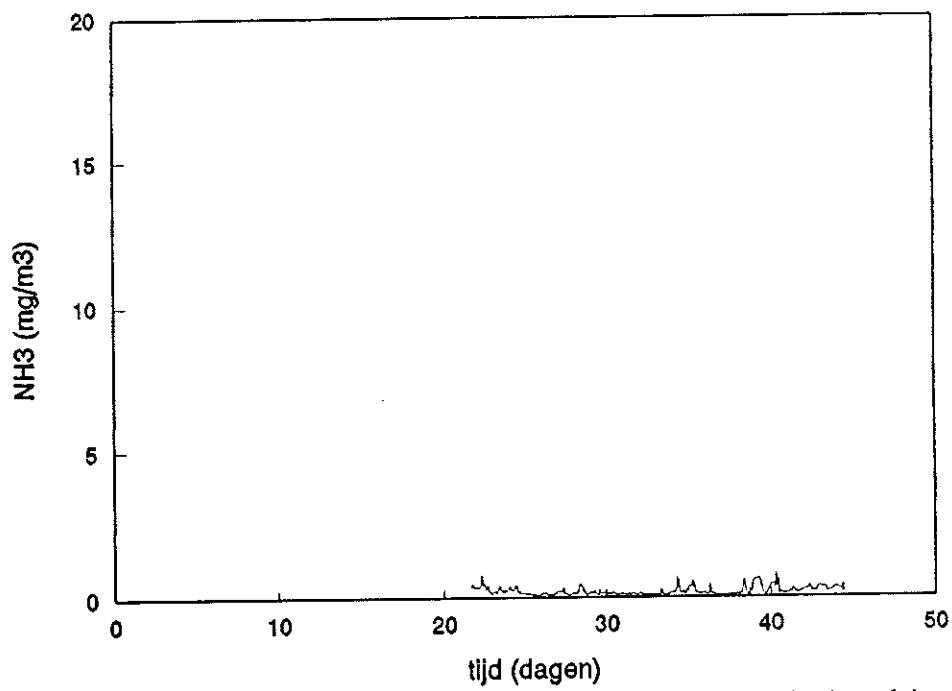


Relatieve luchtvochtigheid en temperatuur van afd. 2B tijdens de derde opfokperiode.

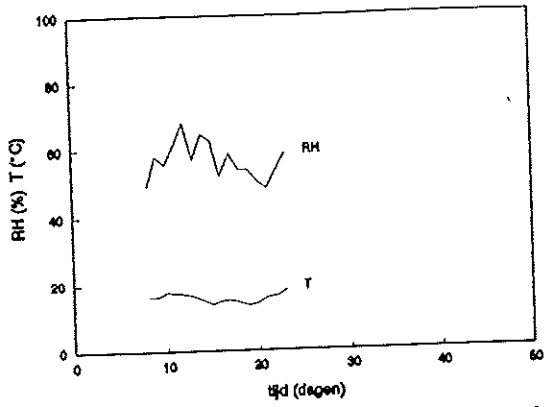




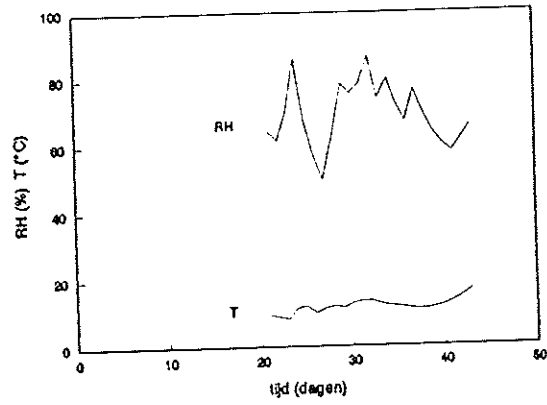
NH<sub>3</sub>-concentratie van ingaande lucht van afd. 1 tijdens de derde opfokperiode.



NH<sub>3</sub>-concentratie van ingaande lucht van afd. 2B tijdens de derde opfokperiode.



Relatieve luchtvochtigheid en temperatuur van ingaande lucht van afd. 1 tijdens de derde opfokperiode.



Relatieve luchtvochtigheid en temperatuur van ingaande lucht van afd. 2B tijdens de derde opfokperiode.

## Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen publikatieoverzicht

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.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1991 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen II: grupstal voor melkvee. Wageningen, DLO, rapport 91-1002, 14 pp. excl. bijlage.

Montsma, H. en C.M. Groenestein, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen III: biggenopfokstal met frekwentie en restloze mestverwijdering. Wageningen, DLO, rapport 92-1001, 12 pp. excl. bijlage

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IIIa: aanvullend onderzoek aan een biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering. Wageningen, DLO rapport 93-1001, 9 pp excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IV: kraamopfokstal met gladde hellende vloer, giergoot en mestschuiven. Wageningen, DLO, Rapport 92-1002, 14 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen V: vleesvarkensstal met dikstrooiselsysteem. Wageningen, DLO, Rapport 92-1003, 18 pp. excl. bijlage

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniak uit stallen VI: vleesvarkensstal met diepstrooiselstalsysteem. Wageningen, DLO, Rapport 92-1004, 20 pp. excl. bijlage.

Montsma, H. en C.M. Groenestein, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen VII: konijnenstal met mestscheiding, frekwente mestverwijdering en luchtafzuiging boven de giergoot. Wageningen, DLO rapport 93-1002, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen VIII: vleesvarkensstal met overdrukventilatie en luchtverdeling via slangen. Wageningen, DLO rapport 93-1003, 14 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IX: kraamzeugenstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten. Wageningen, DLO rapport 93-1004, 13 pp.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen X: potstal voor melkvee, Wageningen, DLO, Rapport 93-1005, 15 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en J.M.G. Hol, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XI: zeugenstal met gereduceerd roosteroppervlak. Wageningen, DLO, Rapport 94-1001, 12 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., J.M.G. Hol en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XII: kraamzeugenstal met mestverwijdering door schuiven over een gecoate putvloer. Wageningen, DLO, Rapport 94-1002, 11 pp. excl. bijlage.