

Praktijkonderzoek naar de ammoniak- emissie van stallen XX

Stal voor guste en dragende zeugen
met mestopslag onder betonroosters

J.M.G. Hol
C.M. Groenestein

dlo



Praktijkonderzoek naar de ammoniak- emissie van stallen XX

Stal voor guste en dragende zeugen
met mestopslag onder betondroosters

J.M.G. Hol
C.M. Groenestein

Rapport 95-1003

© 1995

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

Samenvatting	2
1 Inleiding	3
2 Materiaal en methode	4
2.1 Stal en bedrijfsvoering	4
2.2 Metingen	5
3 Resultaten en discussie	7
4 Conclusie	9
Literatuurlijst	10
Bijlagen	

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en SO_x een van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het nivo van 1980 in het jaar 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn. Om te bepalen of een stalsysteem emissie-arm is, wordt de ammoniakemissie vergeleken met de emissie van een traditioneel stalsysteem. In dit kader werd gemeten aan een traditioneel stalsysteem voor guste en dragende zeugen.

De dieren waren niet aangebonden gehuisvest in ligboxen in twee afdelingen. In de afdeling met guste zeugen waren naast de ligboxen 6 hokken voor opfokzeugen, zieke zeugen en een beer. Het emitterend mestoppervlak in de kelder was gelijk aan het roosteroppervlak. Dit was voor de dragende zeugen $1,22 \text{ m}^2$ en voor de guste zeugen $1,09 \text{ m}^2$.

De metingen vonden plaats van 23 juli tot 6 september 1993. Gedurende deze meetperiode was de NH_3 -emissie uit de afdeling met dragende zeugen $13,9 \text{ g}$ per dierplaats per dag en voor de afdeling met guste zeugen $10,4 \text{ g}$ per dierplaats per dag. Op jaarbasis, uitgaande van 5% leegstand, betekent dit voor de dragende zeugen $4,8 \text{ kg}$ NH_3 -emissie per dierplaats en voor de guste zeugen $3,6 \text{ kg}$. Uit dit onderzoek kan niet worden afgeleid dat onder gelijke omstandigheden door guste zeugen structureel minder emissie wordt veroorzaakt dan door dragende zeugen.

1 Inleiding

De meest belangrijke verzurende componenten van ons milieu zijn SO_2 , NO_x (NO en NO_2) en NH_3 , samen met hun reactieproducten, in het kort SO_x , NO_y , en NH_x genoemd. In 1989 was 81% van de verzuring door NH_x uit eigen land afkomstig en 94% daarvan kwam uit de landbouw. De bijdrage van NH_x aan de totale verzuring in Nederland bedroeg in 1989 46% (Heij en Schneider, 1991). De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak in 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn (Notitie Mest- en Ammoniakbeleid, 1993). Om dit te kunnen realiseren wordt momenteel veel onderzoek verricht naar emissie-arme huisvestingsystemen voor landbouwhuisdieren.

Om te bepalen of een systeem emissie-arm is, wordt deze vergeleken met de emissie van een traditioneel systeem. In dit kader werd in opdracht van de Begeleidingscommissie Ammoniak-emissiemetingen, de ammoniakemissie gemeten van een traditioneel bedrijf met guste en dragende zeugen.

2 Materiaal en methode

2.1 Stal en bedrijfsvoering

Van 23 juli tot 6 september 1993 werd op een bedrijf met traditionele huisvesting voor guste en dragende zeugen (YN) de ammoniakemissie gemeten. De dragende zeugen waren in een afdeling gehuisvest met 123 dierplaatsen. De guste zeugen (inclusief opfokzeugen, zieke zeugen en een beer) waren in een aparte afdeling, met 63 dierplaatsen gehuisvest. De dieren waren niet aangebonden.

In Bijlage A is een plattegrond van de afdelingen gegeven. De afdeling met dragende zeugen had 6 rijen met ligboxen. Tussen de rijen was een loopgang, een betonroostervloer van 1,40 m breed. Een ligbox was 0,64 m breed en 2,40 m lang, waarvan 40 cm trog, 80 cm dicht beton en 120 cm betonroostervloer. De afdeling en de centrale gang waren volledig onderkelderd. Door de tussenmuren in de kelder stond alleen de lucht onder de roostervloeren in verbinding met de stallucht. Dus was het emitterend mestoppervlak in de kelder gelijk aan het roosteroppervlak: 1,22 m² per zeug.

De afdeling met de guste zeugen had 2 rijen met ligboxen (42 dierplaatsen). Tussen de rijen was net als bij de dragende zeugen een loopgang van 1,40 m breedte met een betonroostervloer. De boxen waren 0,64 m breed en 2,25 m of 2,30 m lang, waarvan 35 cm trog, 80 cm dicht beton en 110 cm betonroostervloer. De afdeling bood ook plaats aan opfokzeugen, zieke dieren en een dekbeer. Deze dieren waren gehuisvest in 6 hokken met een betonnen halfroostervloer. Uitgaande van een bezetting van 4 opfokzeugen per hok en 1 beer per hok waren er 21 dierplaatsen beschikbaar (gemiddelde bezetting was 19 dieren). Er waren in deze afdeling twee aparte kelders. Het emitterend mestoppervlak in de kelders was gelijk aan het roosteroppervlak: 1,09 m² per zeug.

De lucht kwam de afdelingen binnen vanaf de centrale gang via handmatig instelbare balanskleppen. De afdeling met dragende zeugen werd geventileerd met drie ventilatoren met een diameter van 45 cm; de afdeling met guste zeugen had twee ventilatoren met dezelfde diameter. De ventilatoren waren tegenover de inlaat aan de andere kant van de afdeling geplaatst (Bijlage A). De totale maximale capaciteit per afdeling was respectievelijk 18 000 en 12 000 m³/uur. In de centrale gang was net onder de luchtinlaat van de afdeling centrale verwarming aanwezig. Gedurende de meetperiode werd de ingaande lucht niet verwarmd.

Door enkele ramen in de buitenmuur tegenover de inlaatkleppen was in beide afdelingen daglicht aanwezig. Daarnaast was het licht 's morgens tussen 7:30 en 12:00 uur en 's middags tussen 16:00 en 19:00 uur in beide afdelingen aan.

De dieren werden zes dagen per week twee keer per dag individueel gevoerd, om 7:30 uur en om 16:30 uur. Zondags werd eenmaal per dag om 12:00 uur gevoerd. Om 10:30 uur en 18:00 uur werd de trog handmatig volgezet met drinkwater. Op zondag werd dit eenmaal na het voeren gedaan. De tijden zijn globaal omdat het tijdstip van voeren handmatig werd bepaald. Tijdens het voeren vond de controle van de dieren plaats. Iedere ochtend werd in de afdeling voor guste zeugen gecontroleerd op berigheid. Dit betekende dat enkele zeugen enige tijd los liepen in de loopgang.

Tabel 1. De hoeveelheden voer per dag (kg), de energiewaarde (EW) en het percentage ruw eiwit (re) per gemiddeld aanwezig dier.

	Hoeveelheid	EW	re
Standaardzeugenvoer	2,6	1,00	14
Lactozeugenvoer	2,0	1,08	18

Door de individuele voeding kon iedere zeug naar konditie worden gevoerd. Het gemiddelde van 2,6 kg voer per dag werd berekend uit de totale hoeveelheid voer over een periode en het gemiddeld aantal aanwezige dieren. Het lactozeugenvoer was voor de opfokzeugen. De dragende zeugen kregen beperkt water, gemiddeld 12 l per dier per dag. In de afdeling met guste- en opfokzeugen werden de guste dieren beperkt voorzien van water; de opfokzeugen hadden de hele dag beschikking over water via een drinknippel zonder morsbak. Deze drinknippels lekten continu druppelsgewijs. Het gemiddelde waterverbruik (inklusief lek- en morswater) per dier was daar hoger dan in de afdeling met dragende zeugen en bedroeg 16 l per dier per dag.

In Tabel 2 worden de technische resultaten van dit bedrijf en het landelijk gemiddelde gegeven. Zoals uit de tabel blijkt komen beide goed met elkaar overeen.

Tabel 2. De worpindex en het aantal grootgebrachte biggen per zeug per jaar op het bedrijf en het landelijk gemiddelde (Kwantitatieve Informatie Veehouderij, 1993-1994)

	Bedrijf	Landelijk
Worpindex	2,22	2,22
Aantal grootgebrachte biggen	20,6	20,5

2.2 Metingen

De volgende variabelen werden continu gemeten:

- NH₃-concentratie van de uit- en ingaande lucht (mg/m³);
- ventilatiedebiet (m³/uur);
- temperatuur (T) van de uit- en ingaande lucht (°C).
- relatieve luchtvochtigheid (RH) van de uit- en ingaande lucht (%);

De NH₃-concentratie werd gemeten met behulp van een NO_x-monitor (Monitor labs nitrogen oxides analyzer model 8840 gemeten). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentie-reactie tussen O₃ en NO:



Deze methode is uitgebreid beschreven door Scholtens (1993). Hier wordt volstaan met een korte beschrijving van het systeem en de meetopstelling.

De maximaal meetbare concentratie was 50 ppm. Om NO te kunnen meten moet NH₃ eerst worden omgezet met een convertor. In de convertor passeert de luchtstroom een filter waarna het verhit wordt tot 775°C. Bij deze temperatuur wordt NH₃ aan een roestvrijstalen katalysator geoxideerd tot NO. De convertor is zo dicht mogelijk bij het monsternamepunt gemonteerd om de transportafstand van NH₃ tot een minimum te beperken. NH₃ adsorbeert makkelijk aan allerlei materialen en lost makkelijk op in water, waardoor metingen kunnen worden verstoord. De stallucht werd continu aangezogen via teflon slangen. Om condens in de slangen te voorkomen werden alle slangen met een verwarmingslint en isolatie omwikkeld. De monsternamepunten voor de bepaling van de NH₃-concentratie in de stal bevonden zich in iedere ventilatiekoker tussen de meet- en stalventilator. Het monsternamepunt van de ingaande lucht

bevond buiten bij de luchtinlaat van de centrale gang. Het in de convertors gevormde stabiele NO werd door verwarmde en geïsoleerde teflonslangen naar de monitor geleid.

Het ventilatiedebiet werd bepaald met behulp van meetventilatoren in de ventilatiekokers. Per omwenteling werden vier pulsen afgegeven. De pulsen werden geregistreerd. De relatie tussen het aantal pulsen en het debiet is bepaald met behulp van een windtunnel (Berckmans et al., 1991; Scholtens & van 't Klooster, 1993). De relatie tussen het ventilatiedebiet (m^3/uur) en het geregistreerde aantal pulsen was:

$$V = 9,5 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 22$$

De temperatuur en relatieve luchtvochtigheid werden continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Hygromer Rotronic®). De temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de uitgaande lucht werden bij de afdeling met dragende zeugen bij de middelste ventilator gemeten, en bij de andere afdeling werd bij de ventilator in de loopgang tussen de 2 rijen guste zeugen gemeten. De sensor voor de ingaande lucht hing voor de inlaatklep.

De meetapparatuur werd bestuurd door een programmeerbare datalogger. Alle verzamelde gegevens werden hierin opgeslagen. Eén keer per 3 minuten werden alle variabelen gemeten. Na een uur werden de waarden gemiddeld en weggeschreven. Elke week werd de apparatuur gecontroleerd, de monitor geijkt en zonodig de filters voor de convertors vervangen. Tevens werd de algemene situatie in de stal genoteerd. De convertors werden voor en na de meetperiode geijkt.

De monitor werd geijkt met 42,8 ppm NO gas. De absolute afwijking tijdens de ijking was gemiddeld 3%. Wanneer de absolute afwijking boven de 5% lag werd hiervoor gecorrigeerd. Uit de ijking van de convertors bleek dat voor de metingen gemiddeld 95% van de aangeboden NH_3 als NO_x werd gemeten; na de meting was dit 96%.

De emissie is het produkt van de NH_3 -concentratie en het ventilatiedebiet. Dit wordt per koker berekend. De emissie uit de stal is de sommatie van alle emissies per koker. De totale emissie werd berekend door cumulatie van uur-gemiddelden. Bij het ontbreken van de meetgegevens door storingen werd geïnterpoleerd ten behoeve van de cumulatie en berekenen van de gemiddelden.

In bijlage C zijn de daggemiddelden van de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid voor de afdelingen en de ingaande lucht bij de afdeling met dragende zeugen weergegeven. In bijlage B is het verloop van het ventilatiedebiet voor beide afdelingen weergegeven. De gemiddelde waarden tijdens meetperiode voor temperatuur en ventilatie staan in Tabel 3.

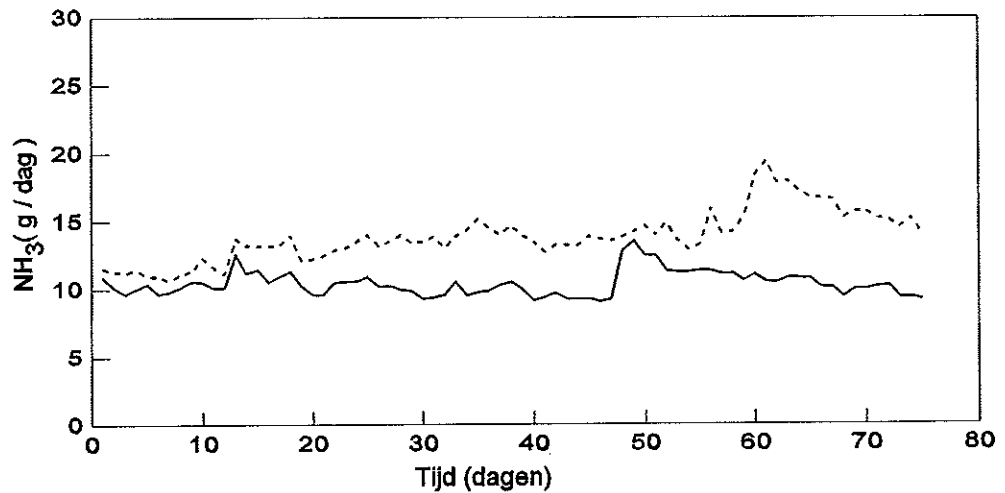
Tabel 3. Gemiddelde temperatuur ($^{\circ}\text{C}$) voor beide afdelingen en de ingaande lucht. Ventilatiedebiet per gemiddeld aanwezig dier (m^3/uur) voor beide afdelingen.

	Dragende zeugen	Guste zeugen
Afdelingstemperatuur	22,0	20,0
Temperatuur ingaande lucht	16,4	16,0
Ventilatiedebiet	101	152

Uit Tabel 3 valt op te maken dat de afdelingstemperatuur bij guste zeugen lager was, bij een ventilatiedebiet dat 50% hoger was dan bij dragende zeugen. De warmtebehoefte van dragende zeugen is echter lager (Handboek voor de Varkenshouderij, 1993).

3 Resultaten en discussie

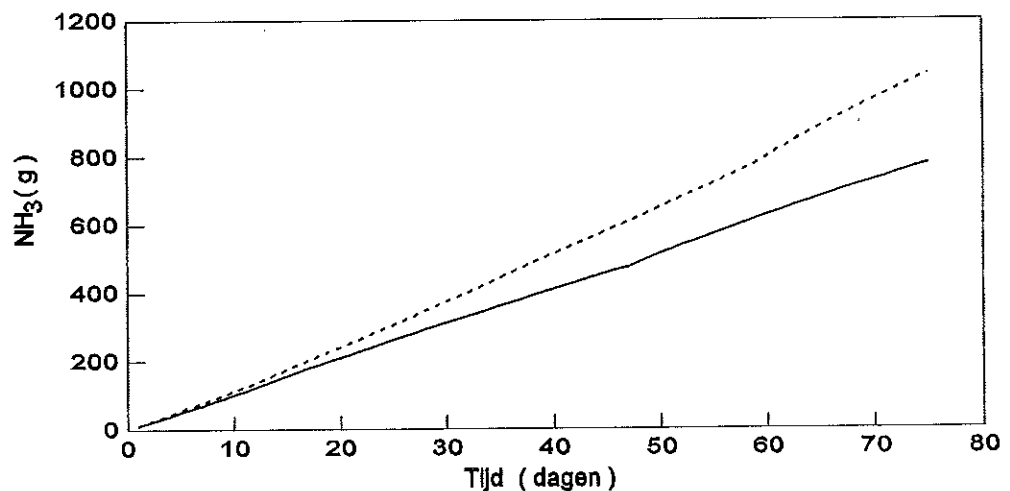
In Bijlage B zijn het totale ventilatie-debiet per afdeling en de ammoniakconcentratie bij één van de ventilatoren gegeven. De ammoniakconcentratie bij de overige ventilatoren had hetzelfde nivo en verloop. De buitenlucht had een gemiddelde ammoniakconcentratie van $0,04 \text{ g/m}^3$. Figuur 1 geeft de dagelijkse ammoniakemissie voor dierplaats voor beide afdelingen.



Figuur 1. Daggemiddelden van de NH_3 -emissie per dierplaats voor de afdeling met dragende zeugen (---) en de afdeling met guste zeugen (—).

De figuur geeft aan dat de emissie per dierplaats uit de afdeling met dragende zeugen gedurende de gehele meetperiode hoger was dan de emissie uit de afdeling met guste zeugen.

In Figuur 2 is de cumulatieve emissie per dierplaats voor beide afdelingen gegeven. Tabel 4 geeft samenvattend de resultaten van de ammoniakemissiemetingen. Voor de berekening op jaarbasis is uitgegaan van 5% leegstand.



Figuur 2. Cumulatieve emissie per dierplaats voor de afdeling met dragende zeugen (---) en de afdeling met guste zeugen (—).

Tabel 4. Lengte van de meetperiode, het aantal dierplaatsen, de ammoniakemissie per zeug per dag, en per zeug per jaar voor de afdeling met dragende zeugen en de afdeling met guste zeugen.

	Dragende zeugen	Guste zeugen
lengte meetperiode (dagen)	75	75
aantal dierplaatsen	123	63
Totale NH ₃ -emissie (kg)	127,8	49,0
NH ₃ -emissie per dierplaats (g/dag)	13,9	10,4
NH ₃ -emissie per dierplaats (kg/jaar) met 0% leegstand	5,1	3,8
NH ₃ -emissie per dierplaats (kg/jaar) met 5% leegstand	4,8	3,6

Gedurende de meetperiode was de NH₃-emissie uit de afdeling met dragende zeugen 13,9 g per dierplaats per dag en voor de afdeling met guste zeugen was dit 10,4 g per dierplaats per dag. Op jaarbasis, uitgaande van 5% leegstand betekende dit voor de dragende zeugen een ammoniakemissie van 4,8 kg per dierplaats en voor de guste zeugen 3,6 kg per dierplaats.

De verschillen tussen dragende en guste zeugen wat betreft voer- en wateropname en metabolisme kunnen leiden tot een verschil in mestsamenvatting, wat kan leiden tot verschil in emissie. Per dierplaats werd uit de afdeling met guste zeugen, opfokzeugen en de beer 25% minder ammoniak geëmitteerd dan uit de afdeling met dragende zeugen. Factoren die de emissie kunnen reduceren zijn het kleinere rooster- en kelderoppervlak, waardoor het emitterend oppervlak kleiner is (Aarnink et al., 1993), en het hoge waterverbruik, waardoor de mest in de kelder wordt verdund (Muck en Steenhuis, 1982; Aarnink et al., 1993). Een andere faktor die van invloed is op de emissie was de klimaatregeling. In de afdeling met guste zeugen werd 50% meer geventileerd en was de temperatuur twee graden lager dan in de afdeling met dragende zeugen. Een lagere temperatuur vermindert de emissie, een hogere luchtbeweging over het emitterend oppervlak daarentegen stimuleert de emissie (Elzing et al., 1992). Bovenstaande betekent dat kan niet worden afgeleid dat door guste zeugen onder gelijke omstandigheden structureel minder emissie wordt veroorzaakt dan door dragende zeugen, omdat alle genoemde factoren hebben kunnen bijdragen aan deze lagere emissie.

4 Conclusie

Gedurende de meetperiode was de NH_3 -emissie uit de afdeling met dragende zeugen 13,9 g per dierplaats per dag en voor de afdeling met guste zeugen was dit 10,4 g per dierplaats per dag. Op jaarbasis, uitgaande van 5% leegstand betekende dit voor de dragende zeugen een ammoniakemissie van 4,8 kg per dierplaats en voor de guste zeugen 3,6 kg per dierplaats.

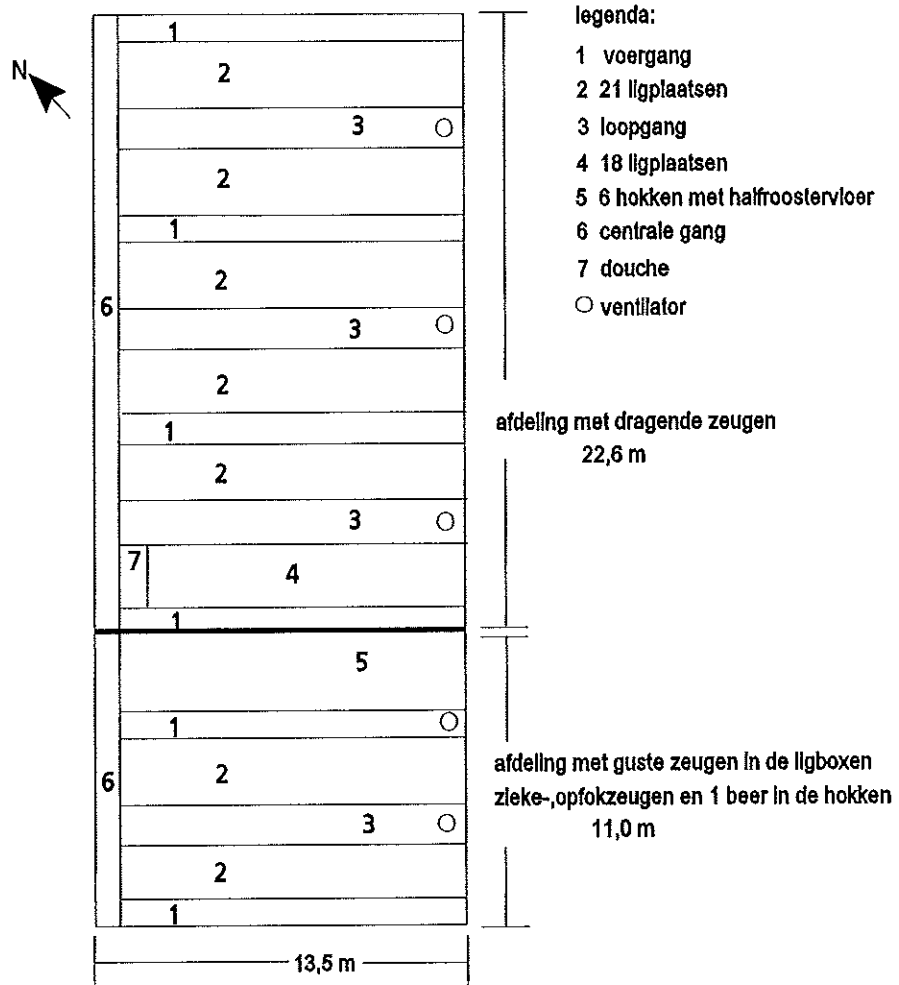
Uit dit onderzoek kan niet worden afgeleid dat door guste zeugen onder gelijke omstandigheden structureel minder emissie wordt veroorzaakt dan door dragende zeugen.

Literatuurlijst

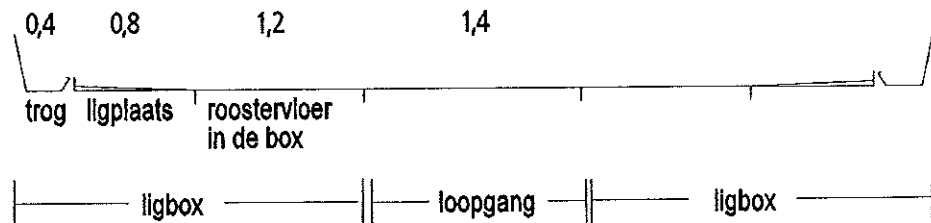
- Aarnink, A.J.A., M.J.M. Wagemans & A. Keen, 1993. Factors affecting ammonia emission from housing for weaned piglets. In M.W.A. Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen & J.H.M. Metz (Eds.): Nitrogen flow in pig production and environmental consequences. EAAP Publication No. 69, Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, The Netherlands, p. 286-294.
- Berckmans, D., Ph. Vandenbroeck & V. Goedgeels, 1991. Sensor for continuous measurement of the ventilation rate in livestock buildings. *Indoor Air* 3: 323-336.
- Elzing, A., W. Kroodsmas, R. Scholtens & G.H. Uenk, 1992. Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een rundveestal: Theoretische beschouwingen. IMAG-DLO Rapport 92-3, Wageningen, 25 pp.
- Handboek voor de varkenshouderij, 1993. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Publikatie nr. 37, Ede, 362 pp.
- Heij, G.J. & T. Schneider, 1991. Dutch priority programme on acidification. Final report second phase Dutch priority programme on acidification no. 200-09.
- Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1993-1994. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Publikatie nr. 6-93, Ede, 264 pp.
- Muck, R.E. & T.S. Steenhuis, 1982. Nitrogen losses from manure storages. In: *Agricultural Wastes* 4, p. 41-54.
- Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase. Tweede kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19882, nr. 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravenhage, 55 pp.
- Scholtens, R., 1993. NH₃-converter + NO_x-analyzer. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 19-22.
- Scholtens, R. & C.E. van 't Klooster, 1993. Meetventilator. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 59-62.

Bijlage A

Plattegrond van de twee afdelingen

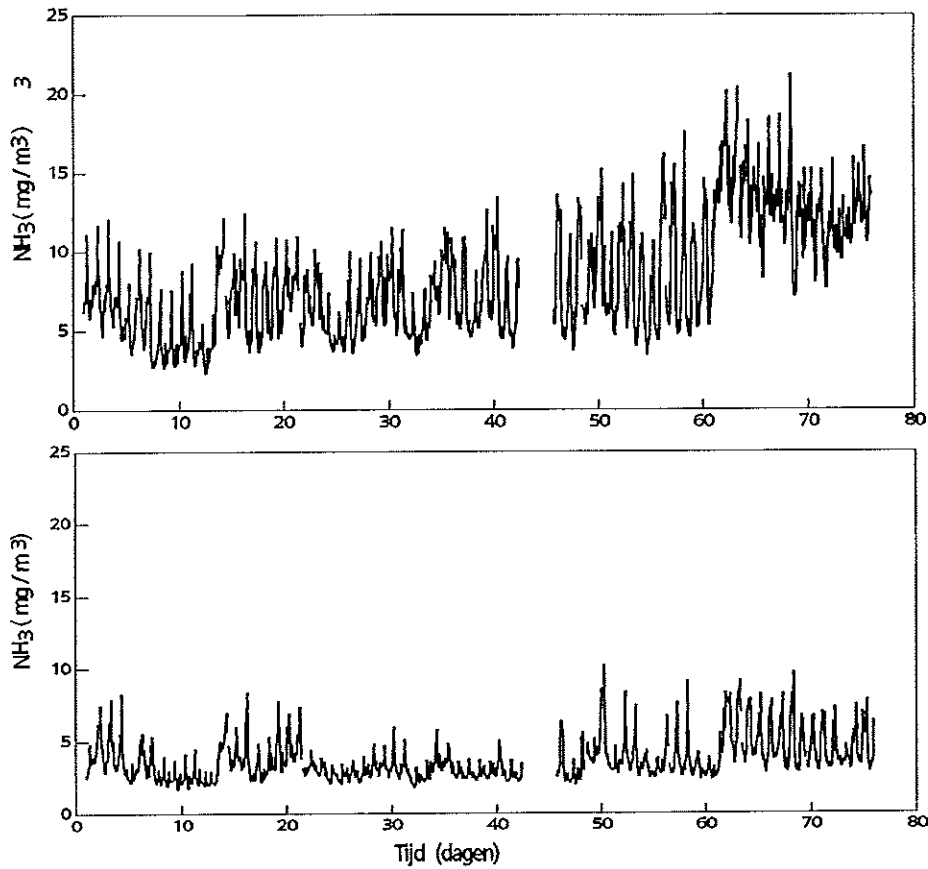


Dwarsdoorsnede

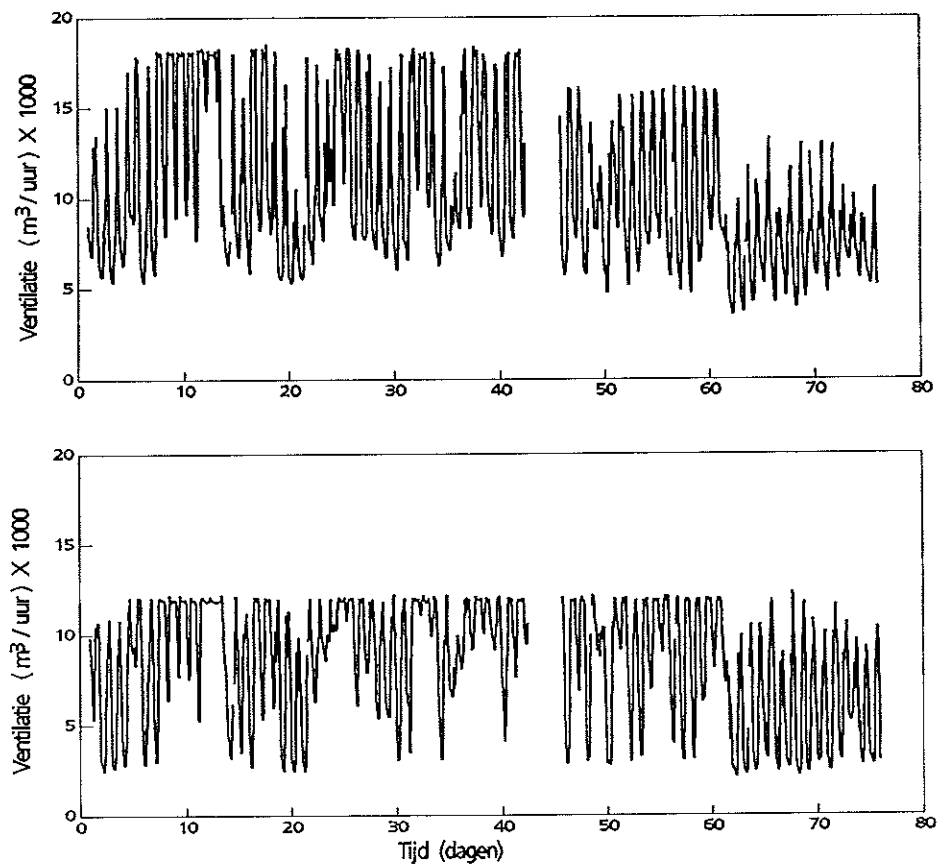


Bijlage B

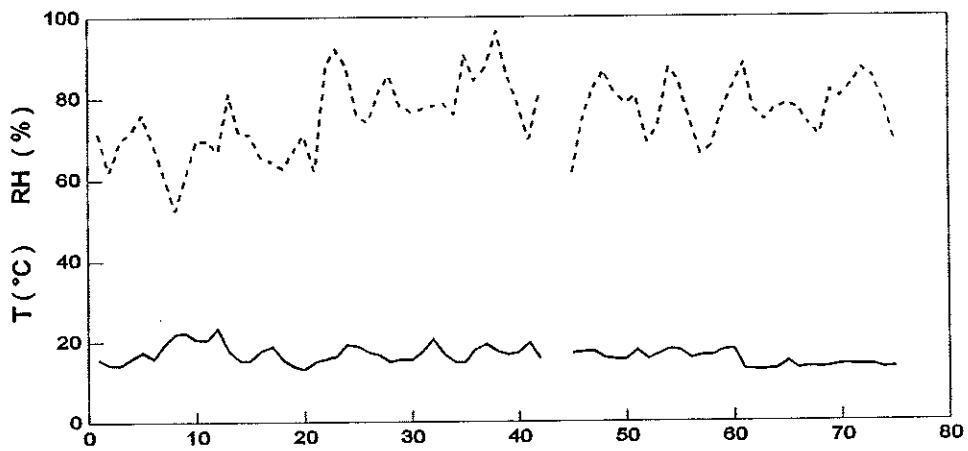
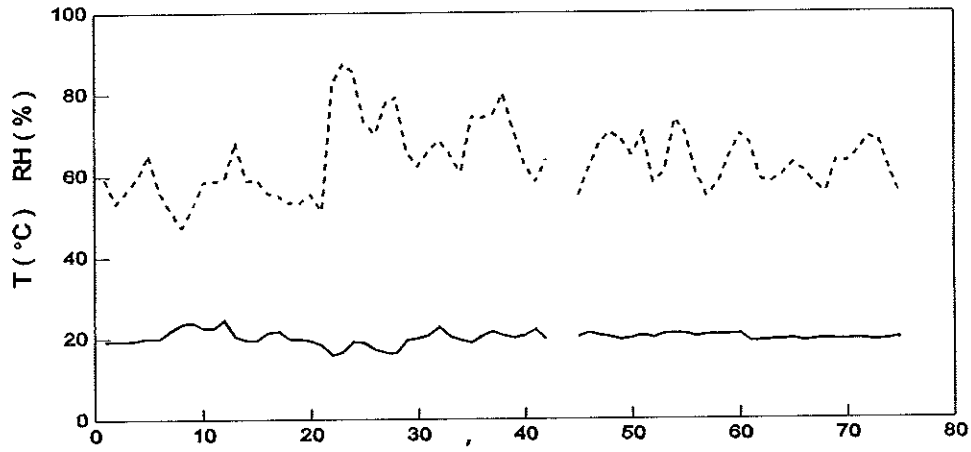
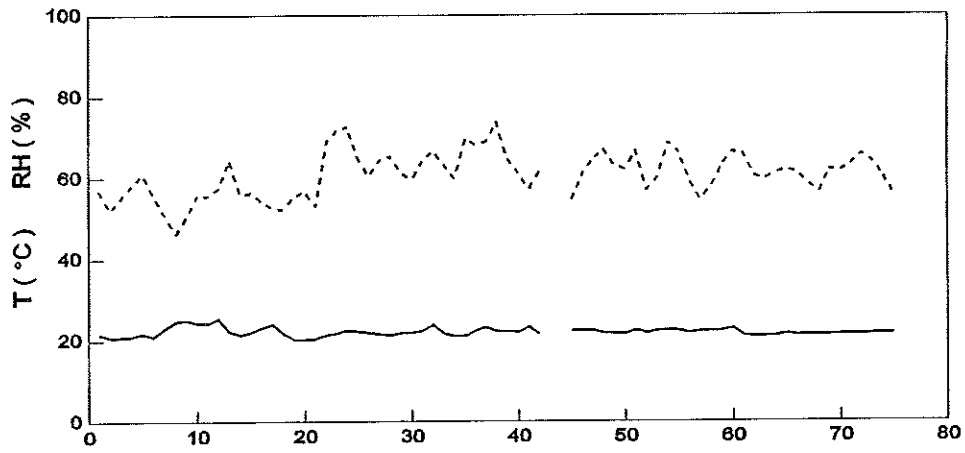
NH₃-concentratie bij een ventilator in de afdeling met dragende zeugen (boven). De NH₃-concentratie bij een ventilator in de afdeling met guste zeugen (onder).



Totaal ventilatiedebiet bij de afdeling met dragende zeugen (boven) en de afdeling met guste zeugen (onder).



Bijlage C Temperatuur (—) en relatieve luchtvochtigheid (---) in de afdeling voor dragende zeugen (boven), de afdeling met guste zeugen (midden) en van de ingaande lucht (onder).



Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen

publicatieoverzicht

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 frekwente 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.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IVa: aanvullend onderzoek aan een kraamopfokstal met gladde hellende vloer, giergoot en mestschuiven. Wageningen, DLO, Rapport 94-1003, 13 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 diepstrooiselsysteem. 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.

Groenestein, C.M., 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIII: zeugenstal met mestverwijdering door schuiven over een gecoate putvloer.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1004, 11 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIV: biggenopfokstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten.
Wageningen, DLO rapport 94-1005, 12 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XV: potstal voor zoogkoeien.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1006, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., J.M.G. Hol en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVI: vleesvarkensstal met mestverwijdering door schuifsystemen.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1007, 19 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. 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.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIX: hellingstal voor vleesvarkens
Wageningen, DLO, Rapport 95-1002, 13 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XX: stal voor guste en dragende zeugen met mestopslag onder betonroosters.
Wageningen, DLO rapport 95-1003, 10 pp. excl. bijlage.

