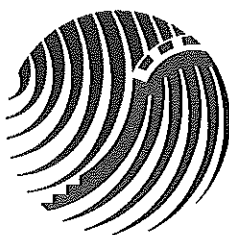


Praktijkonderzoek naar de
ammoniakemissie van
stallen XXXVIII

Behandeling van lucht uit een scharrelstal voor
legghennen met een chemische wasser

J.M.G. Hol
I.H.G. Satter

dlo



Rapport 98-1002



Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVIII

Behandeling van lucht uit een scharrelstal voor
leghennen met een chemische wasser

J.M.G. Hol
I.H.G. Satter

Rapport 98-1002

© 1998

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 59, 6700 AB Wageningen

**Alle informatie beschikbaar bij
IMAG-DLO
Postbus 43, 6700 AA Wageningen
Telefoon: 0317-476300
Telefax: 0317-425670**

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 Systeem en theorie	4
2.3 Metingen	6
3 Resultaten en discussie	8
4 Conclusie	12
Literatuur	13
Bijlagen	

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en SO_x één van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau van 1980 in het jaar 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn. In dit kader werd de ammoniakreductie gemeten van drie identieke chemische wassers. Deze wassers behandelden de centraal afgezogen lucht van een traditionele scharrelstal voor leghennen. De bereikte ammoniakreducties werden vergeleken met de norm van 70% voor biologische en chemische wassers (Groen Label nieuwsbrief, 1996) en met de beoogde ammoniakreductie van 90%. De metingen vonden plaats gedurende twee meetperioden, van 20 juni tot 25 augustus 1997 en van 3 november 1997 tot 9 januari 1998.

De scharrelstal voor leghennen was een traditionele stal waarin 6 040 dieren werden geplaatst. De stal werd geventileerd door drie ventilatoren die elk voor één van de chemische wassers waren geplaatst. Op deze locatie werd één chemische wasser (wasser 1) continu belast. De andere twee wassers werden één voor één bijgeschakeld wanneer dit noodzakelijk was om voldoende luchtverversing in de stal te bewerkstelligen. Eerst werd wasser 2 bijgeschakeld en daarna wasser 3. De gebruikte chemische wassers werkten volgens het zogenaamde kruisstroomprincipe, hetgeen betekent dat in de wassectie de bewegingsrichting van de lucht loodrecht staat op de bewegingsrichting van de wasvloeistof. In de wassectie wordt de ammoniak uit de stallucht ingevangen in de wasvloeistof en hierin omgezet tot ammoniumsulfaat. Deze wasvloeistof bestond uit water dat met zwavelzuur was aangezuurd tot een zuurgraad van 4. De gewassen lucht werd daarna uitgestoten naar de atmosfeer. De wasvloeistof werd gerecirculeerd en eenmaal per dag werd ongeveer 70 liter verversd door schoon water. De spuiwater werd afgevoerd naar de mestopslag onder de beun.

De ammoniakconcentraties van de ingaande lucht vanuit de stal naar de wasser en de gewassen lucht werden bepaald met de nat-chemische methode. De lucht uit een wasser werd alleen bemonsterd gedurende de periode dat de wasser aanstond. Uit de gemeten ammoniakconcentraties kon voor iedere wasser de reductie van de NH_3 -concentratie worden berekend.

Gedurende de eerste meetperiode was de gemiddelde ammoniakconcentratie in de stallucht $16,1 \text{ mg/m}^3$; in de tweede meetperiode was dit $30,0 \text{ mg/m}^3$. Tijdens de twee meetperioden trad vier maal een technische storing op waardoor de wassers niet optimaal functioneerden. De metingen in deze perioden werden wel meegenomen in de berekening van de gemiddelden. De bereikte ammoniakreductie van wasser 1 (continu belast) was in meetperiode 1 gemiddeld 91,3% en in de tweede meetperiode 97,3%. Voor wasser 2 was dit respectievelijk 93,0% en 88,0%, en voor wasser 3 was dit 84,5% en 66,7%. Het rendement van een continu werkend wassysteem lag boven de 90%. Het rendement van wassers die tijdelijk werden bijgeschakeld kon onder de 90% dalen. Mogelijk werd dit veroorzaakt doordat de wasser pas goed functioneerde enige tijd nadat deze werd ingeschakeld.

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 1993 was 86% van de verzuring door NH_x uit eigen land afkomstig en kwam 92% daarvan uit de landbouw. De bijdrage van NH_x aan de totale verzuring in Nederland was in 1993 gelijk aan 46% (Heij en Schneider, 1991). De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak (NH_3) ten opzichte van het niveau van 1980 in het jaar 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn (Notitie Mest- en Ammoniakbeleid, 1993). Om dit te kunnen realiseren is invoering van emissie beperkende technieken en systemen noodzakelijk.

Behalve via onderzoek komen ook vanuit de praktijk vele ideeën en initiatieven om de ammoniakemissie terug te dringen. Om deze op waarde te schatten dient aan, in potentie emissiearme maatregelen, onder normale bedrijfsomstandigheden te worden gemeten. De aanvragen hiervoor komen binnen bij de Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen. Hieruit selecteert zij de aanvragen die wat betreft de vermindering van ammoniakemissie perspectief bieden. Bij deze beoordeling wordt tevens nagegaan of de systemen geen andere negatieve milieueffecten te veroorzaken. De begeleidingscommissie bestaat uit vertegenwoordigers van de overheid en het landbouwbedrijfsleven.

In bovenstaand kader werd door de DLO-meetploeg onderzoek verricht naar de ammoniakreductie uit drie identieke chemische wassers. Deze wassers behandelden de centraal afgezogen lucht uit een traditionele scharrelstal voor leghennen. De bereikte ammoniakreducties werden vergeleken met de norm van 70% voor biologische en chemische wassers (Groen Label, 1996). Van een chemische wasser kan een hogere ammoniakreductie worden verwacht dan van een biologische wasser omdat bij een chemische wasser het invangen van ammoniak niet beïnvloed wordt door biologische processen. Het verloop van deze processen is in het algemeen gevoeliger voor verstoringen dan het verloop van chemische processen. Daarom werd de beoogde ammoniakreductie van deze chemische wassers gelijk gesteld aan 90%.

2 Materiaal en methode

Van 20 juni tot 25 augustus 1997 en van 3 november 1997 tot 9 januari 1998 werd de reductie van de NH_3 -concentratie van drie identieke chemische wassers bepaald. Deze chemische wassers behandelden de centraal afgezogen lucht uit een traditionele scharrelstal voor leghennen. De ammoniakreductie kon worden bepaald uit de gemeten NH_3 -concentraties van de uitgaande stallucht en met de NH_3 -concentratie van de uitgaande lucht van de chemische wassers. De uitgaande lucht van de chemische wassers wordt in het vervolg van dit rapport gewassen lucht genoemd.

2.1 Stal en bedrijfsvoering

De dieren waren gehuisvest in een stal van 13 m bij 72 m. Het stalsysteem was een traditionele scharrelstal: grondhuisvesting met 40% strooiselvloer (houtkrullen) en 60% latten-roostervloer (beun). De roostervloer lag over de lengte in het midden van de stal. In het midden van de roosters stonden twee rijen groepslegnesten. De mestopslag onder de beun was 1,0 m diep. Na iedere productieronde werden de mest onder de beun en het strooisel verwijderd. Op 2 juni 1997 werden in de stal 6040 dieren op de leeftijd van 17 weken geplaatst.

De lucht kwam aan beide lange zijden van de stal binnen via inlaatventielen. Aan de achterzijde van de stal waren drie chemische wassers met drie ventilatoren, één voor elke wasser (maximale capaciteit: 15 000 m³/uur), geplaatst. Hierdoor was sprake van lengte-ventilatie.

De dieren werden 7 keer per dag gevoerd via een voergoot met sleepketting (tussen 3:00 uur en 18:00 uur). Water was van 3:00 uur tot 18:00 uur vrij beschikbaar via drinknippels met lekbakjes. De stal was voorzien van ramen in de zijgevels. Wanneer natuurlijk licht niet toereikend was werd tussen 3:00 uur en 18:00 uur bijverlicht met TL-lampen.

In Tabel 1 zijn de technische gegevens tijdens beide meetronden gegeven.

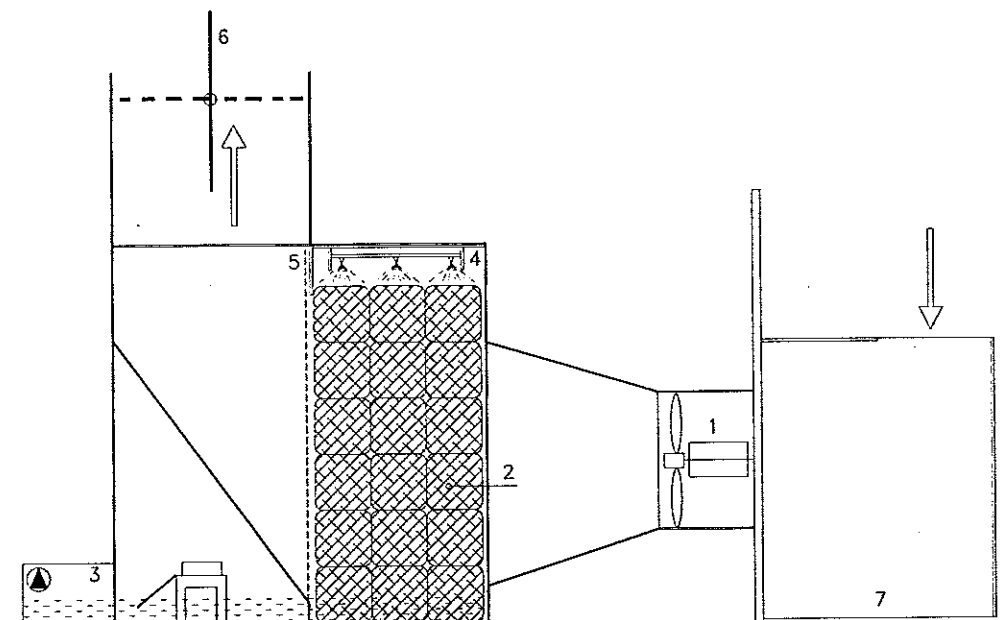
Tabel 1. Technische resultaten gedurende de twee meetperioden

	Periode 1	Periode 2
Legperiode (leeftijd van de dieren in weken)	21 tot 32	42 tot 50
Uitval %	0,9	0,5
Omzetbare energie in het voer (OE MJ/dag per dier)	1,4	1,5
Ruw eiwit in het voer (re g/dag per dier)	20,8	22,0
Voerverbruik per dier per dag (g)	118	125

Aangezien de productie van de dieren na de metingen nog doorliep kon geen technisch eindresultaat worden gegeven.

2.2 Systeem en theorie

De chemische wassers waren opgesteld in een overdekt gebouw dat aan de achterkant van de stal was geplaatst (zie Bijlage A). Een centrale tussenruimte verbond dit gebouw met de stal. De stallucht werd via deze tussenruimte door de ventilator(en) aangezogen en in de chemische wasser(s) geblazen. De gebruikte chemische wassers werkten volgens het zogenaamde kruisstroomprincipe, hetgeen betekent dat in de wassectie de bewegingsrichting van de lucht loodrecht staat op de bewegingsrichting van de wasvloeistof. In de wassectie van de wasser werd de ammoniak uit de stallucht ingevangen in een zure wasvloeistof en omgezet tot ammoniumsulfaat. De gereinigde lucht werd daarna uitgestoten naar de atmosfeer. De wasvloeistof met ammoniumsulfaat werd gerecirculeerd. Figuur 1 toont de dwarsdoorsnede van de gebruikte chemische wassers.



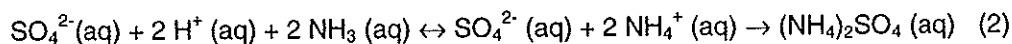
Legenda:

- | | |
|--------------------|--|
| 1 - ventilator | 5 - druppelvanger |
| 2 - wassectie | 6 - terugslagklep |
| 3 - circulatiepomp | 7 - filter (vanaf meetperiode 2 geplaatst) |
| 4 - sproeiers | |

Figuur 1. Dwarsdoorsnede van de chemische wasser.

Wanneer de wasser aanstond werd de stallucht via de ventilator (1) aangezogen (zie Figuur 1). Daarna kwam de stallucht in de wassectie (2) met pakingsmateriaal terecht. De circulatiepomp (3) verpompte de wasvloeistof naar de sproeiers (4). De sproeiers zorgde voor een uniforme bevochtiging van het pakingsmateriaal. Daarna werden de druppels wasvloeistof uit de gewassen lucht verwijderd door de druppelvanger (5). De gewassen lucht werd via de geopende terugslagklep (6) uitgestoten naar de atmosfeer. Wanneer de wasser niet aanstond werd de terugslagklep gesloten (in Figuur 1 is deze stand gestippeld). Na de eerste meetperiode werden de chemische wassers aangepast om vervuiling van het pakingsmateriaal en de druppelvanger door stof tegen te gaan. Hiertoe werd voor de wasser een filter (7) geplaatst. In dit filter werd de stallucht bevochtigd zodat het stof niet in de wasser terecht kon komen.

De wasvloeistof bestond uit water dat aangezuurd werd met zwavelzuur (96%) tot een zuurgraad van 4. De chemische reacties in de wasser kunnen als volgt worden weergegeven:



Het gasvormige (g) ammoniak lost allereerst op in de wasvloeistof (aq, reactie 1). Daar reageert het met zwavelzuur tot het goed oplosbare ammoniumsulfaat (reactie 2). Het verloop van deze twee reacties is onder andere afhankelijk van de grootte van het contactoppervlak tussen de stallucht en de wasvloeistof in de wassectie. In deze wassers was de wassectie gevuld met pakingsmateriaal om het contactoppervlak te vergroten. Ook zorgt een lage zuurgraad (aanwezigheid van $\text{H}^+ (\text{aq})$) van de wasvloeistof voor het beter verlopen van bovenstaande reacties (Satter, 1996). Met een automatische regeling werd de zuurgraad continu op 4 gehouden. Eenmaal per dag werd ongeveer 70 liter wasvloeistof verversd door schoon water. De af te voeren wasvloeistof (spuiwater) kwam gescheiden van de mestopslag onder de beun terecht. In Tabel 2 worden enkele technische eigenschappen van de gebruikte chemische wassers vermeld.

Tabel 2. Technische eigenschappen van de gebruikte chemische wassers

Zuurgraad van de wasvloeistof	4
Maximaal luchtdebiet per wasser	15 000 m ³ /uur
Totale hoeveelheid spuiwater per jaar	25 m ³

Op deze locatie werd één chemische wasser (wasser 1) continu belast. De andere twee wassers werden één voor één bijgeschakeld als dit noodzakelijk was om voldoende luchtverversing in de stal te bewerkstelligen. Eerst werd wasser 2 bijgeschakeld en daarna wasser 3. De bijschakeling van een wasser verliep in drie stappen, te weten:

1. Openen van de terugslagklep van de wasser
2. Starten circulatiepomp waardoor het pakkingsmateriaal werd bevochtigd
3. Starten ventilator waardoor de stallucht in de wasser werd geblazen

De tijd tussen het moment waarop de klep werd geopend en de eerste lucht door het pakkingsmateriaal werd geblazen was 5 minuten.

2.3 Metingen

De ammoniakconcentratie werd op 4 punten gemeten te weten:

- A. in de tussenruimte; stallucht ofwel ingaande lucht wassers
- B. in de afvoerkoker van wasser 1; uitgaande lucht van wasser 1
- C. in de afvoerkoker van wasser 2; uitgaande lucht van wasser 2
- D. in de afvoerkoker van wasser 3; uitgaande lucht van wasser 3

Daarnaast werd een vijfde meting uitgevoerd en gebruikt als duplo. Afwisselend werd bij iedere meting de NH_3 -concentratie gemeten van één van de bovengenoemde punten. Ten behoeve van deze duplo-meting was bij ieder monsternamepunt een extra monsternameleiding geïnstalleerd. Gedurende meetperiode 1 werd 19 maal een meting uitgevoerd, meetperiode 2 bestond uit 15 metingen.

De ammoniakconcentratie werd gemeten volgens de nat-chemische methode (Wintjens, 1993). Hierbij wordt gedurende een bekende tijdsduur een vaste hoeveelheid lucht vanaf het monsternamepunt door een zure opvangvloeistof geleid. De ammoniak in de aangezogen lucht werd ingevangen in deze zure vloeistof. De ammoniakconcentratie in de opvangvloeistof werd in het laboratorium bepaald volgens NEN 6472.

In het onderhavige onderzoek werd met kritische capillairen een vaste hoeveelheid lucht (1 liter per minuut) door gaswasflessen met opvangvloeistof geleid. De opvangvloeistof in de gaswasflessen bestond uit 0,2 M salpeterzuur bij monsternamepunt A. Bij de monsternamepunten B, C en D werd 0,05 M salpeterzuur als opvangvloeistof gebruikt, omdat bij deze monsternamepunten een lagere NH_3 -concentratie werd verwacht. De opvangvloeistof voor de duplo werd aangepast aan het gekozen monsternamepunt. Ieder monsternamepunt bestond uit twee in serie geplaatste gaswasflessen. De tweede gaswasfles was geplaatst om een eventuele verzadiging van de opvangvloeistof met ammoniak in de eerste gaswasfles te ondervangen.

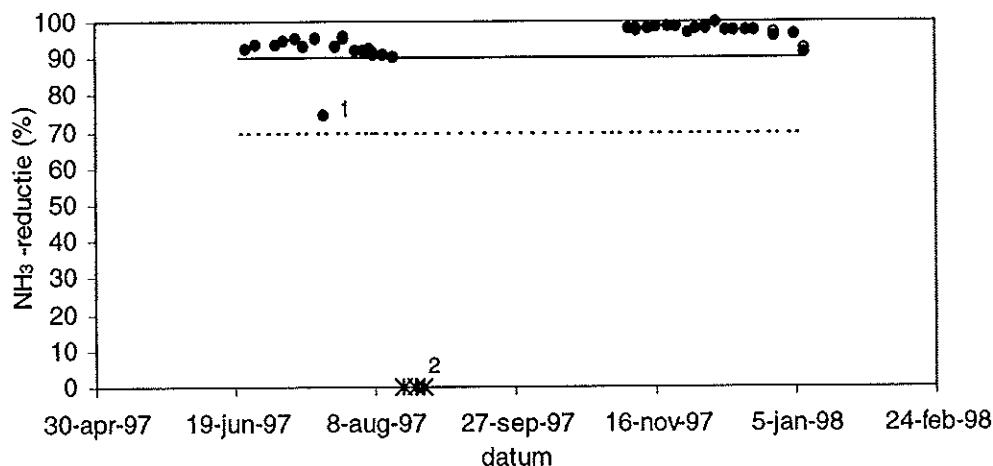
De NH_3 -concentratie in de opvangvloeistof van de tweede gaswasfles was maximaal 15% van de totale hoeveelheid ammonium in de opvangvloeistof van de eerste gaswasfles. Het percentage ammonium in de tweede gaswasfles wordt hier doorslag genoemd. Tijdens de eerste meetperiode was de gemiddelde doorslag van de eerste fles gelijk aan 1,2% en in de tweede meetperiode was dit 2,4%. De gaswasflessen werden om de 3 of 4 dagen vervangen (maandag en vrijdag). De meting van een wasser vond alleen plaats wanneer de wasser daadwerkelijk aanstond. Zodra de ventilator van een wasser werd aangestuurd (bij stap 3 van de bijschakeling), werd de meting via een regeling gestart. Tegelijkertijd begon een tijdteller de tijd van de meting te registreren. Wanneer de werking van de wasser werd stopgezet, zorgde dezelfde regeling voor het stopzetten van de meting en de tijdregistratie.

De gemiddelde ammoniakconcentratie van een meting werd berekend door de hoeveelheid ammoniak (mg) in de opvangvloeistof te delen door de hoeveelheid lucht (m^3) die door de opvangvloeistof was geleid. De ammoniakreductie van de wassers werd berekend door de ammoniakconcentratie van de gewassen lucht te vergelijken met de ammoniakconcentratie van de stallucht. De bereikte ammoniakreducties worden vergeleken met de norm van 70% voor biologische en chemische wassers (Groen Label, 1996) en met de beoogde ammoniakreductie van 90%.

Aan het einde van de eerste meetperiode werden hoge NH_3 -concentraties gemeten in de gewassen lucht. Met behulp van een kwalitatieve test op sulfaat in de opgangvloeistof van de gaswasflessen werd aangetoond dat de gewassen lucht druppels wasvloeistof (ofwel ammoniumsulfaat) bevatte. Waarschijnlijk werd het uitstoten van druppels wasvloeistof naar de atmosfeer veroorzaakt doordat de druppelvanger vervuild was met stof. In de tweede meetperiode werd daarom een filter voor de wassers geplaatst. Met dit filter werd de stallucht gereinigd van stof (zie § 2.2).

3 Resultaten en discussie

In Bijlage B worden de ammoniakconcentraties van de uitgaande lucht van de wassers en de ammoniakconcentratie van de stallucht vermeld. In Figuur 2 worden de berekende ammoniakreducties van wasser 1 voor beide meetperioden gegeven. De getrokken lijn en de stippellijn in Figuur 2 geven een ammoniakreductie van respectievelijk 70% en 90% aan.



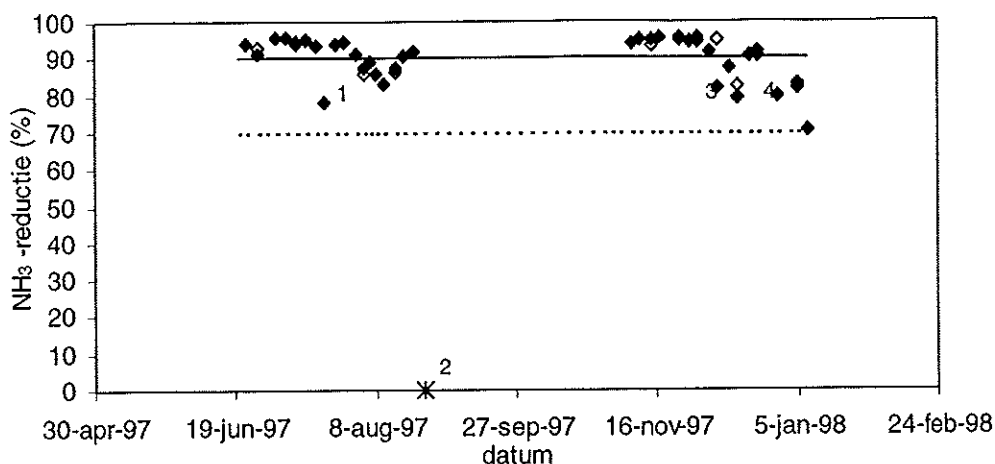
Figuur 2. NH_3 -reductie van wasser 1 gedurende twee meetperioden; • meetresultaat; o meetresultaat duplo; * meetresultaat dat niet werd meegenomen in de berekeningen (— 90% NH_3 -reductie, --- 70% NH_3 -reductie).

Uit Figuur 2 blijkt dat gedurende de eerste meetperiode de ammoniak-reductie van wasser 1 bij vier van de totaal 19 metingen lager was dan 90%. Bij het resultaat met label 1 was de ammoniakreductie gelijk aan 74% (meting van 18 juli – 21 juli). De meting viel samen met een technische storing van de wasvloeiستفانك. Gedurende 1,5 dag bleef tijdens deze meting de overstort continu openstaan en werd een overmaat wasvloeiستفانك als spuiwater afgevoerd. Hierdoor werd ook continu schoon water aan de wasvloeiستفانك toegevoegd. Deze hoeveelheid water was groter dan de 70 liter die normaliter werd ververs. Met de technische eigenschappen van de chemische wasser werd berekend dat de gemiddelde pH van de wasvloeiستفانك door deze storing niet kon oplopen. Het kan echter zijn dat de zuurgraad van de wasvloeiستفانك lokaal wel hoger was dan 4. Hierdoor zou de wasser slechter kunnen functioneren. Het is dus niet duidelijk of deze storing de werking van de wasser negatief heeft beïnvloed.

Bij de drie meetpunten uit Figuur 2 (*) met label 2 waren de gemeten uitgaande NH_3 -concentraties hoger dan de ingaande lucht (metingen van 15 aug – 25 aug). Doordat de druppelvanger vervuild was bevatte de gewassen lucht waarschijnlijk druppels wasvloeiستفانك. De $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ -concentratie van de wasvloeiستفانك is hoog, waardoor de gewassen lucht een hogere NH_3 -concentratie kon hebben als de ingaande stallucht. Een kwalitatieve test op sulfaat bevestigde de aanwezigheid van wasvloeiستفانك in de gewassen lucht.

Gedurende de tweede meetperiode was de ammoniakreductie bij alle 15 metingen hoger dan 90%. De resultaten van de 9 duplo-metingen gedurende beide perioden waren nagenoeg gelijk.

In Figuur 3 worden de berekende ammoniakreducties van wasser 2 voor beide meetperioden gegeven. De getrokken lijn en de stippellijn uit figuur 3 geven een ammoniakreductie van respectievelijk 70% en 90%.

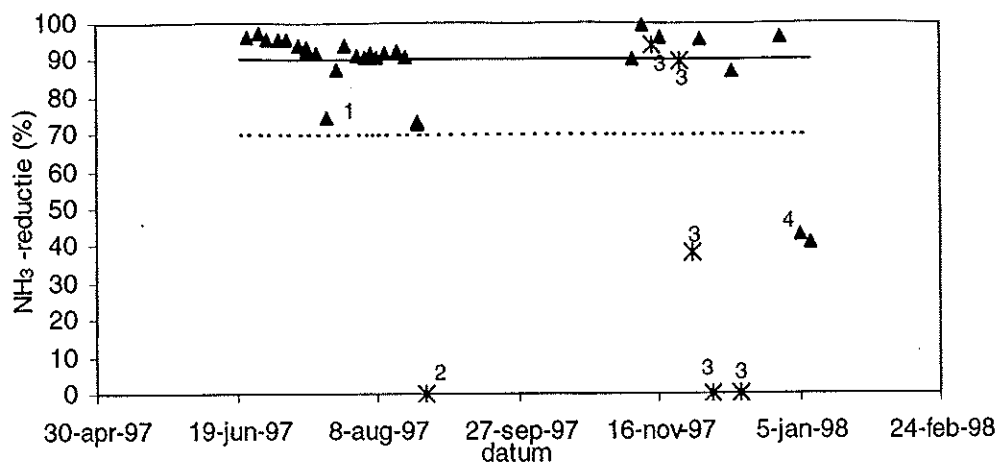


Figuur 3. NH_3 -reductie van wasser 2 gedurende twee meetperioden; ♦ meetresultaat; ◈ resultaat duplometing; * meetresultaat dat niet werd meegenomen in de berekeningen (— 90% NH_3 -reductie, --- 70% NH_3 -reductie).

Uit Figuur 3 blijkt dat in de eerste meetperiode de ammoniakreductie van wasser 2 bij 7 van de 19 metingen lager was dan 90%. Bij het resultaat met label 1 was de NH_3 -reductie gelijk aan 78% (meting van 18 juli – 21 juli). Deze meting viel samen met de eerder genoemde technische storing (een continu geopende overstort). Bij het meetpunt in Figuur 3 met label 2 was de NH_3 -concentratie van de gewassen lucht hoger dan de ingaande lucht (meting van 22 aug – 25 aug). Deze meting viel samen met de vervuilde druppelvanger van wasser 2, waarvan het effect op de ammoniakreductie bij de resultaten van wasser 1 werd beschreven. De metingen werden bij wasser 1 al vanaf 15 augustus door deze storing beïnvloed terwijl dit bij wasser 2 pas vanaf 22 augustus speelde. Wellicht werd dit veroorzaakt door het kleiner aantal draaiuren van wasser 2, waardoor minder stof in de druppelvanger terecht kwam. Voor de overige resultaten uit meetperiode 1 met een lagere NH_3 -reductie dan 90%, maar met een hogere reductie dan 70% kon geen verklaring worden gevonden. In de figuur is wel een opvallend verloop te zien vanaf de meting 25 juli – 28 juli tot aan het einde van de eerste meetperiode. Vanaf deze meting daalde de NH_3 -reductie tot een minimum van 83% om vervolgens weer te stijgen naar een NH_3 -reductie boven de 90%.

Gedurende de tweede meetperiode was de ammoniakreductie van wasser 2 bij vijf van de in totaal 14 metingen lager dan 90%. Door een meetfout was de reductie van 5 tot 8 december niet beschikbaar. De NH_3 -reductie van het resultaat met label 3 was gelijk aan 88% (meting 8 dec – 12 dec). De eerste dag van deze meting viel samen met de reparatie van de circulatiepomp van wasser 2. Wanneer deze pomp niet of slecht functioneerde had dit waarschijnlijk een slechte bevochtiging van het pakkingsmateriaal tot gevolg. Hierdoor zou de werking van de wasser af kunnen nemen, hetgeen de lagere NH_3 -reductie tijdens deze meting kon verklaren. Bij het meetpunt uit Figuur 3 met label 4 werd ook een lagere ammoniakreductie gemeten (meting 22 dec – 29 dec). Tijdens deze meting functioneerde de pomp van de stoffilter niet. Het is echter niet zeker of deze storing de werking van wasser 2 beïnvloedde, aangezien gedurende de eerste meetperiode de wasser minimaal 8 weken zonder stoffilter goed functioneerde. Voor de overige resultaten uit meetperiode 2 met een lagere NH_3 -reductie dan 90% kon geen verklaring worden gevonden. De resultaten van de 10 duplometingen waren gedurende beide perioden nagenoeg gelijk.

In Figuur 4 worden de berekende ammoniakreducties van wasser 3 voor beide meetperioden gegeven. De getrokken lijn en de stippellijn uit figuur 4 geven een ammoniakreductie van respectievelijk 70% en 90%.



Figuur 4. NH_3 -reductie van wasser 3 gedurende twee meetperioden; ▲ meetresultaat; Δ meetresultaat duplo; * meetresultaat dat niet werd meegenomen in de berekeningen, (— 90% NH_3 -reductie, --- 70% NH_3 -reductie).

Uit Figuur 4 blijkt dat tijdens de eerste meetperiode bij 4 van de in totaal 19 metingen de NH_3 -reductie lager was dan 90%. Bij het resultaat met label 1 was de NH_3 -reductie gelijk aan 78% (meting van 18 juli – 21 juli). Deze meting viel samen met de eerder genoemde technische storing (continu geopende overstort). Bij het meetpunt in Figuur 4 met label 2 was de NH_3 -concentratie van de gewassen lucht hoger dan van de ingaande lucht (meting van 22 aug – 25 aug). Deze meting viel samen met de vervuilde druppelvanger, waarvan het effect op de ammoniakreductie bij de resultaten van wasser 1 werd beschreven. De metingen werden bij wasser 1 al vanaf 15 augustus door deze storing beïnvloed terwijl dit bij wasser 3 pas vanaf 22 augustus speelde. Wellicht werd dit veroorzaakt door het kleiner aantal draaiuren van wasser 3. Voor de overige twee resultaten uit meetperiode 1 met een lagere NH_3 -reductie dan 90%, maar met een hogere reductie dan 70%, kon geen verklaring worden gevonden.

Gedurende de tweede meetperiode was het buiten kouder, waardoor wasser 3 weinig werd gebruikt. Van de in totaal 16 metingen waren 5 metingen waarbij de wasser 0 draaiuren had. Tijdens deze metingen werd de ingaande stallucht niet door wasser 3 geleid en daardoor vond geen meting bij wasser 3 plaats. Deze bemonsteringsperioden zijn dus niet terug te vinden in Figuur 4. Bij 5 van de overgebleven 11 metingen was het aantal draaiuren tijdens een meting minder dan 5% van de totale draaitijd van wasser 1. Deze metingen worden in Figuur 4 met label 3 weergegeven. Uit de figuur blijkt dat tijdens drie bemonsteringsperioden de NH_3 -reductie lager dan 90% was. Volgens de fabrikant duurde het maximaal 2 uur voordat het gehele pakkingsmateriaal voldoende bevochtigd was. Het bovenstaande zou een slechtere werking van de wasser kunnen verklaren bij een klein aantal draaiuren gedurende een meting. Echter uit Bijlage B blijkt dat de NH_3 -reductie bij een klein aantal draaiuren niet per definitie laag was. Het aantal draaiuren tijdens een meting geeft echter niet aan hoe lang een wasser aaneengesloten werkte. Waarschijnlijk geeft de duur van de verschillende perioden dat de wasser tijdens een meting aaneengesloten aanstond een betere verklaring voor de bereikte NH_3 -reductie. In dit onderzoek waren hierover geen gegevens beschikbaar. Maar op basis van het bovenstaande was besloten om de bemonsteringsperioden met minder dan 5% van de totale draaitijd van wasser 1 niet mee te nemen in de berekening van de gemiddelden.

Van de resterende 7 metingen was de ammoniakreductie drie keer lager dan 90%. Op 1 januari werd de circulatiepomp van wasser 3 gerepareerd. Wanneer deze pomp niet of slecht functioneert heeft dit waarschijnlijk een slechte bevochtiging van het pakkingsmateriaal tot gevolg. Hierdoor zou de werking van wasser 3 kunnen afnemen. De meting die samenviel met deze storing heeft in Figuur 4 het label 4 gekregen (meting 29 dec – 5 jan). Voor de twee overgebleven resultaten uit meetperiode 2 met een lagere NH_3 -reductie dan 90% kon geen verklaring worden gevonden.

In Tabel 3 staan de gemiddelde ammoniakconcentraties van de stallucht en van de gewassen lucht van alle drie de wassers per meetperiode vermeld. Daarnaast werd voor iedere wasser de gemiddelde NH_3 -reductie berekend. Bij de berekening van de gemiddelden werden de meetpunten uit Figuur 1, 2 en 3 weergegeven met een * en de bijbehorende labels 2 en 3 niet meegenomen. Dit betrof de meetpunten waarbij respectievelijk wasvloeistof naar de atmosfeer werd uitgestoten en waarbij het aantal draaiuren van de wasser kleiner was dan 5% van het aantal draaiuren van wasser 1.

Tabel 3. Gemiddelde ammoniakconcentratie in de stallucht en in de gewassen lucht van iedere wasser (mg/m^3) en de ammoniakreductiepercentages (%) per wasser.

		Meetperiode 1	Meetperiode 2
Wasser 1	NH ₃ -concentratie stal (mg/m^3)	16,1	30,0
	NH ₃ -concentratie (mg/m^3)	1,2	0,8
	NH ₃ -reductie (%)	91,3	97,3
Wasser 2	NH ₃ -concentratie stal (mg/m^3)	16,1	30,0
	NH ₃ -concentratie (mg/m^3)	1,1	3,5
	NH ₃ -reductie (%)	93,0	88,0
Wasser 3	NH ₃ -concentratie stal (mg/m^3)	16,1	30,0
	NH ₃ -concentratie (mg/m^3)	2,5	9,6
	NH ₃ -reductie (%)	84,5	66,7

Uit Tabel 3 blijkt dat de gemiddelde NH₃-concentratie in de lucht uit de stal gedurende meetperiode 1 lager was dan meetperiode twee. Gedurende de eerste meetperiode was de gemiddelde ammoniakconcentratie 16,1 mg/m^3 . De gemiddelde buitentemperatuur was in deze periode (20 juni tot 15 augustus) 18,1 °C (KNMI, 1997). Bij metingen die verricht zijn bij een vergelijkbare traditionele scharrelstal voor leghennen was de gemiddelde NH₃-concentratie in de zomerperiode (juni-juli) ongeveer 10 mg/m^3 bij een gemiddelde buitentemperatuur van 20 °C (Hol en Groenestein, 1996). In de tweede meetperiode was de ammoniakconcentratie uit de stal 30,0 mg/m^3 . De gemiddelde temperatuur was in deze periode (3 november tot 9 januari) 5,8 °C (KNMI, 1997; KNMI, 1998). Tijdens het eerder genoemde onderzoek van Hol en Groenestein (1996) was de NH₃-concentratie ongeveer gelijk aan 25 mg/m^3 bij een gemiddelde buitentemperatuur van 10 °C (oktober). De NH₃-concentratie in de stallucht van het onderhavige onderzoek waren dus vergelijkbaar met de resultaten van Hol en Groenestein (1996). Het verschil in de NH₃-concentratie tussen beide meetperioden werd veroorzaakt door de genoemde verschillen in buitentemperatuur. Een hogere buitentemperatuur zal resulteren in een hoger ventilatiedebiet. Hierdoor zal de lucht in de stal vaker worden ververst waardoor de NH₃-concentratie in de stal zal dalen.

De bereikte ammoniakreductie van wasser 1 (continu belast) was voor meetperiode 1 gemiddeld 91,3 % en voor de tweede meetperiode was dit 97,3%. Voor wasser 2 was dit respectievelijk 93,0% en 88,0%, en voor wasser 3 was dit respectievelijk 84,5% en 66,7%. Wanneer de ammoniakreducties van de wassers worden vergeleken met de norm voor wassers van 70%, dan blijkt dat alleen wasser 3 gedurende de tweede meetperiode hier niet aan voldeed. Met name de twee laatste metingen met een ammoniakreductie lager dan 50%, verlaagden het gemiddelde. Beide meetperioden van wasser 1 en de eerste meetperiode van wasser 2 voldeden aan de beoogde NH₃-reductie van 90%.

4 Conclusie

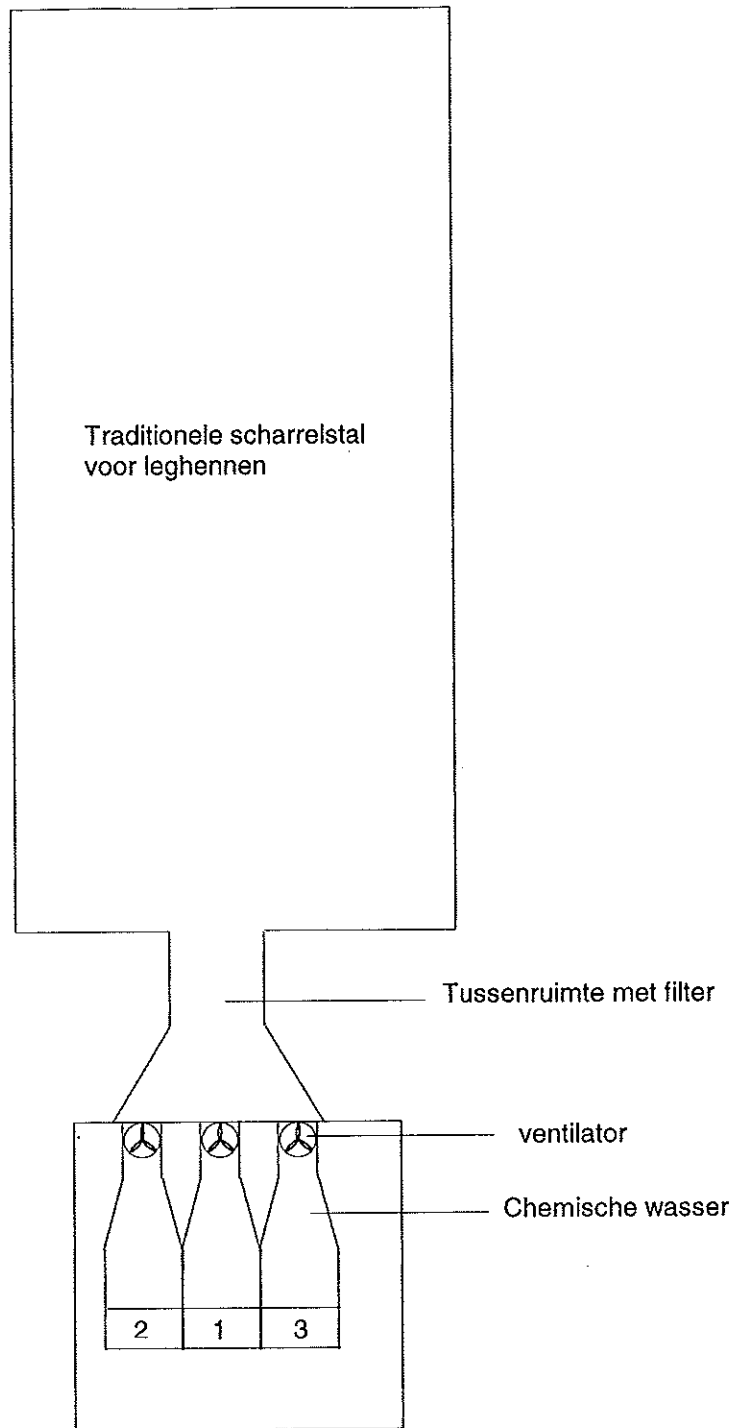
De bereikte ammoniakreductie van wasser 1 (continu belast) was in meetperiode 1 gemiddeld 91,3% en in de tweede meetperiode 97,3%. Voor wasser 2, welke als eerste werd bijgeschakeld, was dit respectievelijk 93,0% en 88,0%. De laatst bijgeschakelde wasser, wasser 3, bereikte een ammoniakreductie van respectievelijk 84,5% en 66,7%.

Gedurende de eerste meetperiode was de gemiddelde ammoniakconcentratie uit de scharrelstal voor leghennen 16,1 mg/m³. In de tweede meetperiode was deze gelijk aan 30,0 mg/m³.

Het rendement van een continu werkend wassysteem lag boven de 90%. Het rendement van wassers die tijdelijk werden bijgeschakeld kon onder de 90% dalen. Mogelijk werd dit veroorzaakt doordat de wasser pas goed functioneerde enige tijd nadat deze werd ingeschakeld.

Literatuur

- Groen Label, 1996. Groen Label nummer BB 96.10.043. Chemische luchtwassysteem voor vleesvarkens, kraamzeugen, guste en dragende zeugen, gespeende biggen en beren, Bovema Konstrukties b.v. Milsbeek. 10 oktober 1996, Stichting Groen Label, Deventer
- Heij, G.J. en T. Schneider, 1991. Dutch priority programme on acidification. Final report second phase Dutch priority programme on acidification no. 200-09.
- Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1996. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIX: Scharrelstal voor leghennen. Wageningen, DLO rapport 96-1005, 12 pp. exl. bijlagen.
- K.N.M.I., 1997. Maandoverzicht van het weer in Nederland. Jaargang 94 nrs. 6,7,11 en 12, De Bilt.
- K.N.M.I., 1998. Maandoverzicht van het weer in Nederland. Jaargang 94 nr. 1, De Bilt.
- Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase, 1993. Tweede kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19882, nr. 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravenhage, 55 pp.
- Satter, I.H.G., 1996. Biowassers in Nederland. Wageningen, Vakgroep Agrotechniek en -fysica, afstudeerscriptie.
- Wintjes, Y., 1993. Gaswasfles. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH_3 -emissies uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 38-40.



- 1 = wasser die continu belast wordt
- 2 = wasser die als eerste wordt bijgeschakeld
- 3 = wasser die als laatste wordt bijgeschakeld

start	eind	NH ₃ -concentratie (mg/m ³)										Looptijd bemonstering (minuten)			
		Stal		Wasser 1		Wasser 2		Wasser 3		Wasser 1	Wasser 2	Wasser 1	Wasser 2	Wasser 1	Wasser 2
		Meetpunt A	Duplo	Meetpunt B	Duplo	Meetpunt C	Duplo	Meetpunt D	Duplo						
20-6-97	23-6-97	11.9	12.2	0.9		0.7		0.5		4360	4358			1559	
23-6-97	27-6-97	17.7		1.1		1.6	1.3	0.5		5722	5182			1120	
27-6-97	30-6-97	17.5		-	-	-		0.7		-				2231	
30-6-97	4-7-97	17.1		1.2		0.7		0.7	0.7	5785	5725			2767	
4-7-97	7-7-97	15.6	15.6	0.8		0.7		0.7		4076	4076			2188	
7-7-97	11-7-97	14.8		0.7		0.8	0.9	0.9		5781	5781			4542	
11-7-97	14-7-97	15.6		1.1		0.8		1.2	1.0	4414	4414			4375	
14-7-97	18-7-97	15.7		0.8		1.0		1.3	1.3	5488	5488			5293	
18-7-97	21-7-97	11.6	10.5	3.0		2.5		2.9		4389	4389			4331	
21-7-97	25-7-97	15.5		1.1	1.2	1.0		1.9		5664	5664			5550	
25-7-97	28-7-97	18.7		0.9	0.8	1.0		1.1		4200	4200			3413	
28-7-97	1-8-97	14.2	14.4	1.2		1.2		1.2		5839	5839			4147	
1-8-97	4-8-97	13.4		1.1		1.7	1.9	1.3		4542	4542			4117	
4-8-97	6-8-97	15.3		1.1	1.3	1.7		1.2		2696	2694			2190	
6-8-97	8-8-97	14.6		1.4	1.3	2.1		1.4		2597	2597			2597	
8-8-97	11-8-97	15.1	14.5	1.4		2.6		1.2		4381	4379			4375	
11-8-97	15-8-97	15.9		1.6		2.0	2.1	1.2		5655	5655			5655	
15-8-97	18-8-97	16.1		49.4	108.6	1.5		1.5		4531	4549			4411	
18-8-97	22-8-97	16.9		74.1		1.4		4.6	4.6	5522	5522			5524	
22-8-97	25-8-97	20.2		158.4		60.0	81.5	37.9		4259	4254			4254	
3-11-97	7-11-97	31.7		0.7		2.0		3.1		4379	4358			1672	
7-11-97	10-11-97	22.7		0.6	0.5	1.2		0.1		4492	4492			3184	
10-11-97	14-11-97	25.1		0.6		1.3	1.5	1.5		5008	5413			25	
14-11-97	17-11-97	27.2		0.4		1.2		1.0		4515	4515			1015	
17-11-97	21-11-97	31.2		0.5		-		-		5674				0	
21-11-97	24-11-97	30.8		0.6		1.3	1.6	3.2		4008	3845			38	
24-11-97	28-11-97	39.3	40.8	1.4		2.2		24.3		5761	3785			1	
28-11-97	1-12-97	31.4		0.7		1.7	1.4	1.4		4236	4217			1309	
1-12-97	5-12-97	38.1		0.9	0.6	3.2		140.0		5913	3834			19	
5-12-97	8-12-97	41.4		0.2		7.4	2.1	-		4033	2415			0	
8-12-97	12-12-97	32.0		0.9	0.9	4.0		4.3		5690	5691			2667	
12-12-97	15-12-97	34.2		0.9		7.1	6.0	35.4		4239	4058			163	
15-12-97	19-12-97	49.1	44.3	1.3		4.5		-		5621	1709			0	
19-12-97	22-12-97	46.7		1.2		4.2	3.8	-		4314	3995			0	
22-12-97	29-12-97	36.0		1.6	1.1	7.4		1.5		9897	9899			3873	
29-12-97	5-1-98	28.2		1.0		5.0	4.7	16.1		9968	9968			3663	
5-1-98	7-1-98	25.3		2.3	2.0	7.4		15.0		5686	5666			3092	

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 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., R. Bleijenberg en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVII: vleeskuikenouderdierenstal met halfroostervloer.
Wageningen, DLO rapport 94-1008, 11 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVIII: compactbatterij voor leghennen met tweemaal daags verwijderen van natte mest.
Wageningen, DLO rapport 95-1001, 11 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 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.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXI: zeugenstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1004, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., C.M. Groenestein en J.W.H. Huis in 't Veld, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXII: zeugenstal, kraamzeugenstal en biggenopfokstal met reductie van mestoppervlak en verdunning van mest.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1005, 23 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G., J.W.H. Huis in 't Veld en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIII: Bandbatterij voor leghennen met geoptimaliseerde mestdroging.
Wageningen, DLO rapport 95-1006, 12 pp. excl. bijlage.

Huis in 't Veld, J.W.H. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIV: vleesvarkensstal met verdunning van mest door opvang in ammoniakvrije vloeistof.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1007, 15 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., J.M.G. Hol en C.M. Groenestein, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXV: zeugenstal, kraamzeugenstal en biggenopfokstal met pH-verlaging van de mest door spoelen met aangezuurde dunne mestfractie.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1001, 26 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVI: zeugen- en kraamzeugenstal met mestverwijdering door schuiven en reductie van mestoppervlak.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1002, 15 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVII: vleesvarkensstal met koeling van mestoppervlak in de kelder.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1003, 15 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVIII: biggenopfokstal met mestverwijdering door hellende mestband.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1004, 15 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIX: scharrelstal voor leghennen.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1005, 12 pp. excl. bijlage.

Scholtens, R., J.J.C. van der Heiden-de Vos en J.W.H. Huis in 't Veld, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXX: natuurlijk geventileerde ligboxenstal voor melkvee met hellende dichte vloer en zelfrijdende sproeischuiven.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1006, 15 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1997 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXI: verschillende huisvestingsystemen voor vleeskalveren.
Wageningen, DLO, Rapport 97-1001, 15 pp. excl. bijlage.

Satter, I.H.G., H. Gunnink, B. Reitsma en C.M. Groenestein, 1997 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXII: zeugenstal, kraamzeugenstal en biggenopfokstal met koeling van het mestoppervlak in de kelder.
Wageningen, DLO, Rapport 97-1002, 23 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en I.H.G. Satter, 1997 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIII: behandeling van lucht uit een composteringsbak voor voorgedroogde leghennenmest door een fysisch-chemische wasser.
Wageningen, DLO, Rapport 97-1003, 15 pp. excl. bijlage.

Satter, I.H.G., J.M.G. Hol, J.H.W. Huis in 't Veld en C.M. Groenestein, 1997 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIV: vleesvarkensstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten.
Wageningen, DLO, Rapport 97-1004, 17 pp. excl. bijlage.

Satter, I.H.G., H. Gunnink en C.M. Groenestein, 1997 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXV: Zeugenstal met reductie van mestoppervlak en verdunning van mest door opvang in ammoniakvrije vloeistof.
Wageningen, DLO, Rapport 97-1005, 12 pp. excl. bijlage.

Scholtens, R. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1997 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVI: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met betonroosters voor melkvee.
Wageningen, DLO, Rapport 97-1006, 35 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en I.H.G. Satter, 1998 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVII: Vleesvarkensstal met specifieke hokinrichting en gereduceerd emitterend oppervlak.
Wageningen, DLO, Rapport 98-1001, 13 pp. excl. bijlage.