

Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLIII

Twee traditionele huisvestingssystemen voor vleeseenden

Ing. A.C. Wever
Ing. J.M.G. Hol

Rapport 99-07

Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLIII

Twee traditionele huisvestingssystemen voor
vleeseenden

Ing. A.C. Wever
Ing. J.M.G. Hol

Rapport 99-07

© 1999

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 59, 6700 AB Wageningen

**Alle informatie beschikbaar bij
IMAG
Postbus 43, 6700 AA Wageningen
Telefoon: 0317 47 63 00
Telefax: 0317 42 56 70**

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

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

Abstract

A.C. Wever, J.M.G. Hol. Research into the ammonia emission from livestock production systems XLIII: two traditional housing systems for fattening ducks. Institute of Agricultural and Environmental Engineering, report 99-07, in Dutch, with summary in English, 25 pp.

Ammonia emission from animal husbandry has to be reduced in the Netherlands by 70% in the year 2005, as compared with the emission level in 1980. Research was carried out into the emission of ammonia from two traditional housing systems for fattening ducks. Two housing systems were investigated, the so-called *two-ages system* and the *all-in/all-out system*. The research was carried out during two fattening periods in two adjacent experimental, mechanical ventilated compartments.

The emission from the breeding livestock building with 800 broilers, calculated for the situation common in practice incl. 16% non-occupied period, was 152 g/year per animal place during the first measuring period (Summer) and 102 g/year during the second (Autumn). The emission from the fattening house with 400 broilers was 293 g/year during the first measuring period and 248 g/year during the second. The non-occupied period of the *all-in/all-out system* with about 400 broilers was also 16%. The ammonia emission, calculated for the situation common in practice, was 252 g/year per animal place during the first measuring period and 202 g/year during the second. The ammonia emission was considerably greater than the general level given in the UAV (implementation of regulation on ammonia emissions from livestock husbandry) for traditional duck houses (117 g/year per duck).

Voorwoord

Onderzoek naar de ammoniakemissie uit traditionele – en emissiearme stallen onder bedrijfsomstandigheden levert een waardevolle bijdrage aan de kennis van de milieubelasting door de veehouderij en de mogelijkheden om deze belasting te verminderen. In samenwerking met het Praktijkonderzoek Pluimveehouderij te Beekbergen is onderzoek verricht naar de omvang van de ammoniakemissie van twee traditionele huisvestingssystemen voor vleeseenden. Het onderzoek is uitgevoerd door de DLO-meetploeg in een proefstal van het Praktijkonderzoek Pluimveehouderij. Wij zijn de medewerkers van het Praktijkonderzoek Pluimveehouderij erkentelijk voor de goede en prettige samenwerking.

Ir. A.A. Jongebreur

directeur

Inhoud

Abstract	1
Voorwoord	4
Samenvatting	6
1 Inleiding	7
2 Materiaal en methode	8
2.1 Stal- en bedrijfssituatie	8
2.1.1 Bedrijfssituatie	8
2.1.2 Huisvesting	8
2.1.3 Ventilatie	9
2.2 Bedrijfsvoering	9
2.2.1 Zoötechniek	9
2.2.2 Klimaatregeling	10
2.2.3 Voeding	10
2.2.4 Strooisel en hygiëne	11
2.3 Metingen	11
2.3.1 Algemeen	11
2.3.2 Productiegegevens	11
2.3.3 Drogestofgehalte	12
2.3.4 Klimaat	12
2.3.5 Ventilatie-debiet	12
2.3.6 Ammoniakconcentratie	12
2.4 Dataverwerking	13
2.4.1 Algemeen	13
2.4.2 Klimaat	13
2.4.3 Ventilatie-debiet	13
2.4.4 Ammoniakemissie	13
3 Resultaten	16
3.1 Productieresultaten	16
3.2 Drogestofgehalte	17
3.3 Klimaat en ventilatie-debiet	17
3.4 Ammoniakconcentratie en -emissie	19
4 Discussie	22
5 Conclusie	24
Summary	25
Literatuur	26
Bijlagen	27

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en SO_x één van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De Nederlandse 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 door de DLO-meetploeg onderzoek verricht naar de ammoniakemissie uit twee traditionele huisvestingssystemen voor vleeseenden. De volgende huisvestingssystemen werden onderzocht:

- *twee-leeftijden systeem*;
- *all-in/all-out systeem*.

Bij het *twee-leeftijden systeem* kwamen de dieren eerst in een opfokstal en na circa 3,5 weken werden ze naar een afmeststal overgebracht (opschuifstelsysteem). Bij het *all-in/all-out systeem*, ook wel één-leeftijd systeem genoemd, werden de dieren niet overgeplaatst.

Het onderzoek werd uitgevoerd tijdens twee productieronden (circa 49 dagen) in twee naast elkaar gelegen proefafdelingen met 58 m² netto vloeroppervlak. In de afdelingen waren rechthoekige voerbakken en drinklijnen met drinkknippen aanwezig. Het ventilatiesysteem bestond uit een ventilator in de nok (diameter 50 cm), inlaatopeningen langs de zijkant van de afdeling en een klimaatregelcomputer. De ventilatiecapaciteit per dier bij het *twee-leeftijden systeem* was 6 m³/uur in de opfokstal en 11 m³/uur in de afmeststal. Voor het *all-in/all-out systeem* was dit 11 m³/uur. De streeftemperatuur daalde met 1 °C per dag van 32 °C aan het begin van de ronde tot 15 °C tijdens de eerste productieronde en 10 °C tijdens de tweede. De gezondheidstoestand van de dieren was goed. De dieren (type Peking-eend) werden opgezet op lang stro (1 kg/m²) en wanneer de bovenlaag nat was werd schoon stro gestrooid. Ze hadden 23 uur per dag licht. De eenden hadden onbeperkt voer en water tot hun beschikking. Daarnaast kregen de eenden twee uur per dag water in rondrinkers. Dit water werd door de eenden gebruikt als badwater en drinkwater. De productieresultaten kwamen overeen met het landelijk gemiddelde.

Van 3 juni tot en met 21 juli en van 7 oktober tot en met 25 november 1998 werden de ammoniakemissie (NO_x-monitor en ventilatiedebiet) en het stalklimaat gemeten. Bij het *twee-leeftijden systeem* was de bezetting in de opfokstal 13,8 en in de afmeststal 7,2 dieren per m². Voor het *all-in/all-out systeem* was dit 6,9 dieren per m². De gemiddelde buitentemperatuur was tijdens de twee meetperiodes respectievelijk 16,8 °C en 5,5 °C. De gemiddelde temperatuur van de stallucht was bij het *twee-leeftijden systeem* tijdens de eerste meetperiode 20,3 °C en tijdens de tweede 15,1 °C. Bij het *all-in/all-out systeem* was dit achtereenvolgens 20,5 °C en 16,5 °C.

De emissie per dierplaats uit de opfokstal met 800 dierplaatsen was tijdens de eerste meetperiode 152 g/jaar en tijdens de tweede 102 g/jaar (berekend voor de gangbare praktijksituatie inclusief 16% leegstand). De emissie uit de afmeststal met 400 dierplaatsen was tijdens de eerste meetperiode 293 g/jaar en tijdens de tweede 248 g/jaar. De gemiddelde emissie kwam daarmee op 199 g/jaar per dierplaats. De ammoniakemissie van het *all-in/all-out systeem* was met circa 400 dierplaatsen tijdens de eerste meetperiode 252 g/jaar per dierplaats en tijdens de tweede meetperiode 202 g/jaar, inclusief 16% leegstand (gemiddeld 227 g/jaar). De gemiddelde emissies van beide systemen waren aanzienlijk hoger dan de berekende emissiefactor in de Uitvoeringsrichtlijn Ammoniak en Veehouderij van 117 g/jaar per dierplaats.

Op bedrijfsniveau bekeken werd bij het *twee-leeftijden systeem* per jaar veel vaker, maar per keer de helft minder eendenkuikens opgezet dan bij het *all-in/all-out systeem*. Bij een gelijk aantal afgeleverde kuikens per jaar was op bedrijfsniveau de ammoniakemissie per afgeleverd kuiken van het *twee-leeftijden systeem* circa 12% lager dan van het *all-in/all-out systeem*, waarbij de praktijksituatie als uitgangspunt werd genomen. De oppervlakte die nodig was voor het *twee-leeftijden systeem* was 25% lager dan voor het *all-in/all-out systeem*. De ammoniakemissie in kg per m² stalvloeroppervlakte per jaar kwam daardoor hoger uit voor het *twee-leeftijden systeem* dan voor het *all-in/all-out systeem*, te weten respectievelijk 1,9 en 1,6 kg/m².

1 Inleiding

De meest belangrijke verzurende componenten van ons milieu zijn zwaveldioxide (SO₂), stikstofoxiden (stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO₂)) en ammoniak (NH₃), 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 dat jaar 47% (Heij en Schneider, 1995). De Nederlandse 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 (Notitie Mest- en Ammoniakbeleid Derde Fase, 1993; Integrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid, 1995). Om dit te kunnen realiseren is invoering van emissie beperkende technieken en systemen noodzakelijk.

Behalve via onderzoek komen ook uit de praktijk ideeën en initiatieven om de ammoniakemissie terug te dringen. Om deze op waarde te schatten dient aan, in potentie emissie-arme maatregelen, onder normale bedrijfsomstandigheden te worden gemeten. De aanvragen voor emissiemetingen kunnen worden ingediend bij het secretariaat van de DLO-meetploeg. De Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen van de DLO-meetploeg (zie Bijlage A) beoordeelt ten behoeve van de selectie de aanvragen op de volgende criteria: perspectief voor wat betreft de vermindering van de ammoniakemissie, toepasbaarheid in de praktijk en mogelijke negatieve overige milieu-effecten. Tevens worden alleen die aanvragen voor traditionele huisvestingssystemen geselecteerd waaraan nog niet eerder werd gemeten. De Begeleidingscommissie bestaat uit vertegenwoordigers van de overheid.

In bovenstaand kader werd door de DLO-meetploeg onderzoek verricht naar de ammoniakemissie uit twee traditionele huisvestingssystemen voor vleeseenden. De onderstaande huisvestingssystemen werden onderzocht.

- *twee-leeftijden systeem*
- *all-in/all-out systeem*

Bij het *twee-leeftijden systeem* kwamen de dieren eerst in een opfokstal en na circa 3,5 weken werden ze naar een afmeststal overgebracht (opschuifstelsel). Bij het *all-in/all-out systeem*, ook wel één-leeftijd systeem genoemd, werden de dieren niet overgeplaatst.

De gemeten ammoniakemissie, berekend voor de actuele praktijksituatie, werd vergeleken met de emissiefactor voor een traditionele eendenstal zoals die is opgenomen in de Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (1999). De emissiefactor die hierin vermeld staat is een berekende factor, dat wil zeggen dat deze niet is gebaseerd op metingen.

2 Materiaal en methode

2.1 Stal- en bedrijfssituatie

2.1.1 Bedrijfssituatie

Het onderzoek werd uitgevoerd in een bestaande stal (L2) van het Praktijkonderzoek Pluimveehouderij in Beekbergen. De stal was opgedeeld in verschillende proefafdelingen, welke kleiner waren dan praktijkstallen voor eenden. In Bijlage B is de plattegrond van een gedeelte van de stal weergegeven. Gedurende twee productieronden werd de ammoniakemissie gemeten uit afdeling 1 en 2. Afdeling 3 werd tijdens de tweede helft van de productieronden in gebruik genomen. Twee traditionele huisvestingssystemen werden onderzocht. Beide systemen bestonden uit grondhuisvesting in een stal met volledige strooiselvloer. Actuele informatie over de gemiddelde praktijksituatie bij bedrijven met vleeseenden is mondeling verkregen (Workamp, 1999).

2.1.2 Huisvesting

De eenden waren gehuisvest in twee naast elkaar gelegen afdelingen. Deze waren 6,6 meter breed en 9,2 meter lang. Het netto oppervlak (voor de dieren beschikbare ruimte) was 58 m² per afdeling. Dit was het oppervlak zonder het oppervlak van de voerbakken en de ronddrinkers. De afdelingen waren met elkaar verbonden door goed afsluitbare deuren. Luchtuitwisseling tussen de afdelingen vond slechts plaats wanneer de deuren voor werkzaamheden werden geopend. Het gangpad was van de afdeling gescheiden door een schot van circa 1 meter hoog. Bijlage B geeft een overzicht van de indeling en dwarsdoorsnede van een afdeling. Na de opfokperiode (in de opfokstal) van het *twee-leeftijden systeem* werd het koppel gesplitst. De ene helft van het koppel werd in de oorspronkelijke afdeling terug geplaatst (afmeststal) en de andere helft ging naar afdeling 3. Het koppel van het *all-in/all-out systeem* zat gedurende de hele productieronde in afdeling 2.

Langs de korte zijden van de afdelingen stonden rechthoekige voerbakken. Bij het *twee-leeftijden systeem* was de eerste 3 weken 1 cm voerbaklengte beschikbaar per dier, de weken daarna 2 cm. Bij het *all-in/all-out systeem* was per dier 2 cm voerbak beschikbaar gedurende de hele productieronde. In beide afdelingen hingen drinklijnen met drinknippels zonder lekbakjes. Het aantal eenden per drinknippel was bij het *twee-leeftijden systeem* 7,4; bij het *all-in/all-out systeem* was dit tijdens de eerste meetperiode 6,7 en tijdens de tweede 6,3. Daarnaast waren vier ronddrinkers per afdeling aanwezig. De eerste drie weken werden ronddrinkers opgehangen met een doorsnede van 33 cm; de periode daarna hadden de ronddrinkers een doorsnede van 43 cm.

2.1.3 Ventilatie

Beide afdelingen werden mechanisch geventileerd met een ventilator in de nok. Alle uitgaande lucht van een afdeling werd door de ventilator aangezogen en afgevoerd naar buiten. In iedere afdeling hing één ventilatiekoker in het midden van de afdeling (zie Bijlage B). Onder de ventilatiekoker was een koker met een meetventilator geplaatst. Deze hing 2,1 meter boven de vloer. De ventilatoren hadden een diameter van 50 cm. De maximale gemeten ventilatiecapaciteit was circa 4.500 m³/uur. Het maximale ventilatiedebiet per opgezet dier bedroeg voor het *twee-leeftijden systeem* 6 m³/uur in de opfokstal en 11 m³/uur in de afmeststal. Voor het *all-in/all-out systeem* was dit 11 m³/uur.

De buitenlucht kwam de afdelingen binnen door luchtinlaatroosters (0,27x1,00 m) aan beide lengtezijden van de stal. In totaal waren 4 luchtinlaatroosters per afdeling aanwezig. De tegenover elkaar liggende inlaatroosters waren over de breedte van de stal met elkaar verbonden door een luchtinlaatkoker (zie Bijlage B). Per afdeling waren 2 luchtinlaatkokers op een hoogte van 2,3 meter met een regelbare opening van maximaal 5,10 x 0,30 meter.

2.2 Bedrijfsvoering

2.2.1 Zoötechniek

In Tabel 1 staan gegevens over de bedrijfsvoering van beide productieronden. De eenden (Pekingeend) in beide huisvestingssystemen werden tegelijk opgezet en afgeleverd. De bezettingsgraad werd berekend op basis van het netto vloeroppervlak (58 m²).

Tabel 1 Start- en einddata, het aantal opgezette dieren en de bezettingsgraad per productieronde voor beide huisvestingssystemen.

Table 1 Start- and finishing date, number of placed animals en the rate of stocking per production period for both housing systems.

Productieronde	1	2
Opzetten	3 juni 1998	7 oktober 1998
Splitsing <i>twee-leeftijden systeem</i>	24 juni 1998	28 oktober 1998
Aflevering	21 juli 1998	25 november 1998
Aantal opgezette dieren		
<i>twee-leeftijden systeem</i>		
opfokstal	800	800
afmeststal	400	400
<i>all-in/all-out systeem</i>	420	400
Bezettingsgraad (aantal dieren per m ²)		
<i>twee-leeftijden systeem</i>		
opfokstal	13,8	13,8
afmeststal	6,9	6,9
<i>all-in/all-out systeem</i>	7,2	6,9

Op dag 1 na opzet werd in beide meetperioden een NCD sprayenting uitgevoerd. In de ochtend tussen 8:00 en 10:00 uur werden de dieren gecontroleerd en de eventuele dode dieren verwijderd. De snavels van de eenden werden niet gekapt. De eenden waren gehuisvest in een stal zonder toetreding van daglicht, een zogenaamde donkerstal. Gedurende de hele dag waren de lampen in de stal aan, behalve tussen 0:00 en 1:00 uur. Tijdens het voeren en het controleren werd het gangpad extra verlicht.

2.2.2 Klimaatregeling

Het klimaat in de afdelingen werd geregeld met een klimaatcomputer. De klimaatregeling werd ingesteld volgens de inzichten van Praktijkonderzoek Pluimveehouderij. De ventilatoren werden in beide afdelingen continu en traploos geregeld op basis van de temperatuur. Deze werd op één plaats per afdeling, op circa 1,5 meter boven de eenden, gemeten met een temperatuursensor. De luchtinlaat was gedurende de productieronden volledig geopend. De stal werd de eerste 10 dagen na opzet verwarmd met 2 straalkachels en 2 verwarmingselementen per afdeling. De afdelingen werden hierna alleen verwarmd wanneer de absolute minimumtemperatuur (5 °C) werd bereikt. Bij opzet van de dieren was de streef-temperatuur 32 °C, welke met 1 °C per dag werd afgebouwd tot een streef-temperatuur van 15 °C tijdens de eerste meetperiode en 10 °C tijdens de tweede. De instelling van het minimale verschil met de streef-temperatuur was 5 °C en het maximale verschil 8 °C (bandbreedte). Het minimum ventilatiedebiet werd volgens het schema in Bijlage C handmatig ingesteld. De minimumventilatie per dier staat ook vermeld in deze bijlage. Indien nodig werd de minimumventilatie en streef-temperatuur handmatig aangepast.

2.2.3 Voeding

De dieren kregen volledig mengvoer in korrelvorm verstrekt. Naarmate ze ouder werden bevatte het voer een hoger energiegehalte en een lager eiwit- en mineralengehalte. De hoeveelheid startvoer in de voerbakken werd 2 weken na opzet gewogen en bijgevuld met afmestvoer. De voerbakken werden dagelijks tussen 8:00 en 10:00 uur bijgevuld. De dieren hadden onbeperkt voer en water tot hun beschikking. Daarnaast was tijdens de eerste periode water beschikbaar in rondrinkers tussen 6:00 en 7:00 uur en tussen 18:00 en 19:00 uur. Tijdens de tweede periode was dit tussen 8:00 en 9:00 uur en tussen 16:00 en 17:00 uur. In Tabel 2 staat de totale verstrekte hoeveelheid voer per dier en de voersamenstelling per productieronde weergegeven. De omzetbare energie van het voer is bepaald voor vleeskuikens. Deze waarde is niet bekend voor eenden.

Tabel 2 De hoeveelheid voer per dier van beide huisvestingssystemen, de omzetbare energie (voor vleeskuikens) en het ruw eiwitgehalte van het voer per productieronde.

Table 2 The amount of feed per animal for both housing systems, the energy value (for broilers) and the crude protein content per fattening period.

Productieronde	1		2	
	startvoer	afmestvoer	startvoer	afmestvoer
Hoeveelheid per opgezet dier (g)				
<i>twee-leeftijden systeem</i>	910	6411	943	7469
<i>all-in/all-out systeem</i>	1140	6162	1128	7229
Omzetbare energie (MJ/kg)	11,7	12,1	11,7	12,1
Ruw eiwitgehalte (g/kg)	200	160	200	167

2.2.4 Strooisel en hygiëne

Bij opzet van de dieren werd de vloer bedekt met lang tarwestro (1 kg per m²). In de afdelingen werd, wanneer de bovenlaag nat was, tussen 8:00 en 10:00 uur schoon stro gestrooid. Gemiddeld werd 26 kg stro per keer gestrooid. Door het bijstrooien verminderde het zogenaamde verenplukken en bleef het verendek schoner. Na 21 dagen werd bij het *twee-leeftijden systeem* alle strooiselmest verwijderd en werd de vloer weer bedekt met schoon stro. Tussen de meetperioden werd de strooisellaag van de afdelingen verwijderd. Vervolgens werden de afdelingen grondig schoongemaakt en ontsmet met een ontsmettingsmiddel gebaseerd op waterstofperoxide.

2.3 Metingen

2.3.1 Algemeen

De meetperioden liepen parallel aan de productieronden (zie Tabel 1). Tijdens de meetperioden werden productiegegevens geregistreerd door het Praktijkonderzoek Pluimveehouderij (zie § 2.3.2). Het drogestofgehalte van de strooisellaag werd wekelijks bepaald (zie § 2.3.3).

Gedurende de meetperioden werden de volgende variabelen continu gemeten:

- klimaat in beide afdelingen en buiten (zie § 2.3.4);
- ventilatiedebiet per afdeling (zie § 2.3.5);
- ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht per afdeling en de ingaande lucht (zie § 2.3.6).

De meetapparatuur voor de continumetingen werd bestuurd door een programmeerbare datalogger. Alle verzamelde gegevens werden hierin opgeslagen. Eenmaal per twee minuten werden alle variabelen gemeten. Na één uur werden de waarden gemiddeld en weggeschreven. Iedere week werd de apparatuur gecontroleerd en werd de algemene situatie in de stal opgenomen. Hiervan werden notities gemaakt in een logboek.

2.3.2 Productiegegevens

De volgende productiegegevens werden geregistreerd tijdens de productieronden:

- aantal opgezette dieren;
- aantal productiedagen;
- aflevergewicht (kg);
- voerverbruik (kg);
- waterverbruik (l);
- uitval (%);
- stroverbruik (kg).

Het aflevergewicht werd bepaald op de laatste dag vóór aflevering. Het voerverbruik werd bepaald door het bijhouden van het aantal verbruikte zakken voer per afdeling en het wekelijks wegen van de voerbakken. Water werd verstrekt via drinknippels en rondrinkers. Het verbruik werd bepaald aan de hand van wekelijkse geregistreerde meterstanden.

Uit deze gegevens werd de groei per dag (g), de voerconversie (kg voer/kg vlees) en de water/voer-verhouding berekend. De voerconversie werd berekend door de totale hoeveelheid verstrekt voer te delen door het totaal diergewicht per afdeling. De voerconversie had derhalve betrekking op het eindgewicht zonder rekening te houden met het startgewicht.

2.3.3 Drogestofgehalte

Wekelijks werd het drogestofgehalte (g/kg) van de strooisellaag bepaald. Hierbij werd per afdeling onderscheid gemaakt tussen plaatsen met relatief droog en relatief nat strooisel. Deze werd respectievelijk gekwalificeerd als 'droog' en 'nat'. Onder de drinknippels werd het strooisel namelijk natter dan het omliggende strooisel. Een mengmonster werd gemaakt van 3 deelmonsters van de toplaag (circa 5 cm). Dit mengmonster woog circa 1 kg. In totaal werden per week 2 mengmonsters per afdeling ('nat' en 'droog') genomen. De eerste monsternamen van de eerste meetperiode werd geen onderscheid gemaakt tussen 'nat' en 'droog' strooisel. Het drogestofgehalte werd bepaald volgens de gravimetrische methode. Het monster werd in zijn geheel in bewerking genomen en gedroogd bij 105 °C tot een constant gewicht werd bereikt.

2.3.4 Klimaat

De temperatuur (°C) en de relatieve luchtvochtigheid (%) werden continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic Hygromer®). In iedere afdeling hing deze sensor naast de ventilatiekoker bij de instroomring, zodat de uitgaande lucht werd gemeten. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht werden gemeten in de schaduw aan de zuidwestkant van de stal. De sensoren werden vóór en na elke meetperiode gecontroleerd.

2.3.5 Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet (m³/uur) werd met een meetventilator gemeten. Deze hing in een meetkoker met dezelfde diameter als de ventilatiekoker. Deze meetkoker werd onder de oorspronkelijke ventilatiekoker geplaatst. Alle lucht die de stal verliet werd op deze wijze gemeten met de meetventilator. Per omwenteling van de meetventilator werden vier pulsen afgegeven en het aantal pulsen per 10 seconden werd geregistreerd. De relatie tussen het aantal pulsen per 10 seconden en het ventilatie-debiet werd bepaald met behulp van een windtunnel (Berckmans *et al.*, 1991; Scholtens en Van 't Klooster, 1993). De kalibratie van één van de gebruikte meetventilatoren vond plaats na afloop van de metingen. De resultaten zijn vermeld in Bijlage D.

2.3.6 Ammoniakconcentratie

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO_x-monitor (Monitor Labs nitrogen oxydes analyzer, model 8840). Deze methode staat beschreven in Scholtens (1993) een korte omschrijving staat in Bijlage E. Om ammoniak te kunnen meten moet het eerst door een convertor omgezet worden tot NO. Het gevormde stabiele NO werd door teflonslangen naar de monitor geleid en gemeten. De gemeten ammoniakconcentratie in ppm werd met een factor 0,71 (bij 20 °C en 1 atm.) omgerekend naar mg NH₃ per m³ lucht (Weast *et al.*, 1986). De monsternamenpunten van de uitgaande lucht bevonden zich in de ventilatiekokers tussen de ventilator en de meetventilator. De ingaande lucht werd aan de noordoostkant van de stal bemonsterd.

Ieder week werd de monitor gekalibreerd met 38,7 ppm NO-gas en werd de ammoniakconcentratie in de stal gecontroleerd met behulp van een gasdetectiebuisje. Zonodig werden de filters in de luchtleiding voor de convertors vervangen. De resultaten van de kalibraties van de monitor zijn vermeld in Bijlage E. Volgens het gebruikte meetprincipe was het signaal van de monitor lineair met de ammoniakconcentratie. De convertors werden voor en na de beide meetperioden gekalibreerd. Deze resultaten zijn vermeld in Bijlage F.

2.4 Dataverwerking

2.4.1 Algemeen

De meetperiode werd gestart op de eerste hele dag na het opzetten van de dieren. Het einde van de meetperiode werd bereikt op het laatste hele etmaal vóór de eenden afgeleverd werden; dit was na circa 49 dagen. Missende uurwaarnemingen (als gevolg van kalibraties en storingen van de apparatuur) van ventilatiedebiet, ammoniakconcentratie, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid werden niet geïnterpoleerd. Uit de uurwaarnemingen van de hiervoor genoemde gemeten parameters en van de ammoniakemissie werden daggemiddelden berekend.

2.4.2 Klimaat

De vochtsensor bij het *all-in/all-out systeem* was tijdens de eerste meetperiode vanaf 6 juli en de tweede meetperiode vanaf 19 november defect. Voor de berekening van de gemiddelde relatieve luchtvochtigheid over de meetperiode werd voor de missende dagen de relatieve luchtvochtigheid van de andere afdeling gebruikt.

2.4.3 Ventilatie-debiet

Tijdens de dag dat het koppel van het *twee-leeftijden systeem* gesplitst werd stonden gedurende een aantal uren de deuren van beide afdelingen open om de strooisellaag naar buiten te transporteren. Hierdoor ging niet alle stallucht door de ventilatiekoker naar buiten en was het ventilatie-debiet, en daarmee de emissie, niet zuiver te meten. De gegevens van deze dag werden daarom niet meegenomen in de berekeningen.

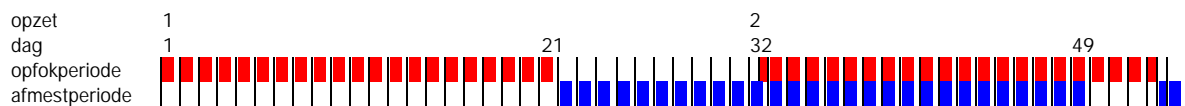
De meetventilator van afdeling 1 liep na het splitsen van het koppel tijdens de tweede meetperiode enkele keren aan en vast, waardoor het geregistreerde ventilatie-debiet te laag was. Het ventilatie-debiet gedurende deze periode werd vergeleken met het ventilatie-debiet van afdeling 2, gedurende dezelfde periode. Tijdens de eerste meetperiode volgde het verschil tussen het ventilatie-debiet van de beide afdelingen een zelfde patroon. Een soortgelijk patroon werd gevonden tijdens de tweede meetperiode, de te lage waarnemingen buiten beschouwing latend. Daarom was het verantwoord om het ventilatie-debiet van afdeling 2 te gebruiken om de te lage waarnemingen van afdeling 1 te corrigeren. Indien het geregistreerde debiet van de meetventilator van afdeling 1 meer afweek dan het gemiddelde maximum verschil tussen het geregistreerde debiet van de meetventilator van afdeling 1 en 2, werd het debiet van afdeling 1 gecorrigeerd. Als correctiefactor werd het gemiddelde verschil tussen het debiet van afdeling 1 en 2 gebruikt.

2.4.4 Ammoniakemissie

De ammoniakemissie, berekend als het product van de ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht en het ventilatie-debiet, werd per afdeling bepaald. Voor de berekening van de ammoniakemissie werd de ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht verminderd met de ammoniakconcentratie van de ingaande lucht (achtergrondconcentratie). De ammoniakconcentraties werden gecorrigeerd voor de rendementen van de converters en kalibraties van de monitor.

De daggemiddelde emissie (g/uur) van dagen met minder dan 21 uren gegevens werden niet meegenomen in de berekeningen. De gemiddelde emissie van beide meetperioden werd berekend (g/uur). Het aantal dierplaatsen werd voor beide huisvestingssystemen gelijk gesteld aan het aantal opgezette dieren. Hiermee werd de ammoniakemissie in g/jaar per dierplaats berekend voor beide meetperioden. De dagelijks terugkerende handelingen, zoals het geven van badwater en voeren, kunnen het verloop van de emissie binnen een dag beïnvloeden. Daarom werd het dagpatroon van de ammoniakemissie bepaald. Van elke meetdag werd de emissie van een uur gedeeld door het bij dat uur horende daggemiddelde (= ratio). Vervolgens werd de gemiddelde ratio bepaald van elk uur van een etmaal over de hele meetperiode.

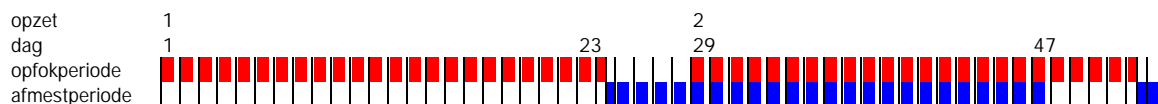
In de praktijk komen andere productie- en leegstandsperioden voor dan in het onderhavige onderzoek (Workamp, 1999). De emissie per dierplaats werd berekend voor beide omstandigheden. Hiertoe moesten de leegstandpercentages voor beide omstandigheden worden bepaald. Bij het *twee-leeftijden systeem* werd gewerkt met een opschuifstelsel waarbij op één bedrijf een opfokstal en een afmeststal aanwezig waren. Tijdens de metingen duurde de productieronde 49 dagen en de opfokperiode 21 dagen. In de onderstaande figuur is schematisch deze productieronde weergegeven. Als minimale leegstand werd 3,5 dagen aangehouden. Deze minimale leegstand werd berekend uit KWIN-V (1998). De leegstand in de opfokstal is 33% (10,5 dagen) en in de afmeststal 11% (3,5 dagen) met respectievelijk 800 en 400 opgezette dieren.



Figuur 1 Schematische weergave van het *twee-leeftijden systeem* met een productieronde van 49 dagen en een opfokperiode van 21 dagen.

Figure 1 Schematic view of the two-age system with a fattening period of 49 days and a breeding period of 21 days.

Daarnaast werd de emissie per jaar per dierplaats berekend voor de gemiddelde praktijksituatie (Workamp, 1999). Hiervoor werd een gemiddelde productielengte van 47 dagen gebruikt en een opfokperiode van 23,5 dagen. Om de vier weken werd, onder deze omstandigheden, een nieuw koppel opgezet. In Figuur 2 is deze productieronde schematisch weergegeven. De leegstand in de opfokstal was 16% (4,5 dagen) en in de afmeststal ook 16% (4,5 dagen).



Figuur 2 Schematische weergave van het *twee-leeftijden* systeem met een productieronde van 47 dagen en een opfokperiode van 23,5 dagen.

Figure 2 Schematic view of the *two-age* system with a fattening period of 47 days and a breeding period of 23,5 days.

Bij het *all-in/all-out* systeem werd in de praktijk om de 8 weken een nieuw koppel opgezet, ongeacht het aantal opfokdagen (Workamp, 1999). Voor een productieronde van 49 dagen gaf dit een leegstand van 7 dagen (13%). Voor een productieronde van 47 dagen werd de leegstand 9 dagen (16%). Bij het *all-in/all-out* systeem werden 420 dieren opgezet tijdens de eerste meetperiode en 400 tijdens de tweede. Voor de berekening van de emissie per jaar per dierplaats van de verschillende lengten van productieronden werden de bijbehorende leegstandpercentages gebruikt.

De ammoniakemissie van een opfokperiode van 21 dagen en een afmestperiode van 28 dagen (meet-situatie) werd berekend voor respectievelijk 23,5 en 23,5 dagen (praktijksituatie). Voor een schatting van de emissie tijdens een opfokperiode van 23,5 dagen werd de emissie van meetdag 20 geëxtrapoleerd naar dag 21, 22 en 23. De dag dat het koppel gesplitst werd, werd niet meegenomen in de berekeningen. De emissie van dag 25 tot en met 46 uit de afmeststal (praktijk) werd bepaald met de emissie van meetdag 22 tot en met meetdag 43. Meetdag 22 werd gebruikt als dag 1 na het splitsen, omdat er op deze dag schoon stro in de afdeling lag en de daggemiddelde emissie lager was. De afleverdag werd niet meegenomen in de berekeningen.

3 Resultaten

3.1 Productieresultaten

In Tabel 3 zijn de productieresultaten van de twee huisvestingssystemen weergegeven van beide productieronden en het landelijk gemiddelde. De lengten van de productieronden waren langer dan het landelijk gemiddelde waardoor het gemiddeld aflevergewicht en voerverbruik van beide huisvestingssystemen hoger was. Het aflevergewicht was na de tweede productieronde hoger dan na de eerste. De voerconversie van beide productieronden en huisvestingssystemen was ongeveer gelijk en was beter dan het landelijk gemiddelde. Het uitvalpercentage was gemiddeld 3% lager dan het landelijk gemiddelde. Het stroverbruik was gedurende deze perioden hoger dan het landelijk gemiddelde. De water/voer-verhouding was tijdens de eerste meetperiode hoger dan tijdens de tweede en was beide perioden hoger dan het landelijk gemiddelde. Het landelijk gemiddelde voerverbruik was vergelijkbaar met het gemiddelde voerverbruik van de beide meetperioden. Het waterverbruik was gemiddeld gedurende de productieronden ongeveer 6 liter hoger dan het landelijk waterverbruik. De eenden gebruikten het water uit de ronddrinkers om te drinken en om de veren mee nat te maken, waardoor het waterverbruik bestond uit opgenomen – en badwater. Het waterverbruik van het landelijk gemiddelde is gebaseerd op opgenomen water. Dit kan verklaren waarom het waterverbruik tijdens de meetperioden hoger lag dan het landelijk verbruik.

Tabel 3 Productieresultaten en –kenmerken van de huisvestingssystemen per productieronde en het landelijk gemiddelde (KWIN-V, 1998 en Workamp, 1999).

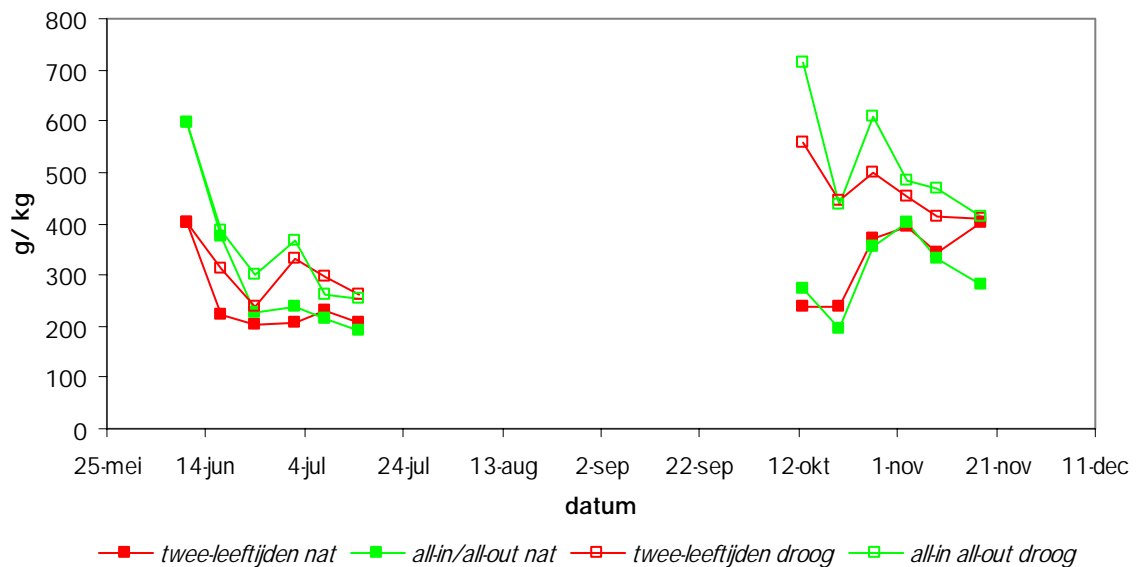
Table 3 Production results and features of the housing systems per fattening period and the national standard (KWIN-V, 1998 en Workamp, 1999).

Productieronde	<i>twee leeftijden</i>		<i>all-in/all-out</i>		landelijk gemiddelde
	1	2	1	2	
Aantal opgezette dieren	800	800	420	400	-
Aantal productiedagen	49	50	49	50	45
Aflevergewicht (kg)*	3,1	3,6	3,1	3,6	3,0
Voerverbruik per dier (kg)	7,32	8,41	7,30	8,36	7,65
Groei per dag (g)	64,1	72,8	64,2	73,0	66,6
Voerconversie	2,38	2,36	2,37	2,34	2,55
Water/voer-verhouding	3,3	2,8	3,4	2,8	2,3
Waterverbruik (l)	24,2	23,5	24,8	23,4	17,6
Uitval (%)	0,9	1,4	0,8	0,5	4,0
Stroverbruik per dier (kg)	1,5	2,2	1,5	2,3	1,5

* het aflevergewicht werd op de laatste dag voor aflevering bepaald.

3.2 Drogestofgehalte

In Figuur 3 is het drogestofgehalte van de toplaag van de strooisellaag per productieperiode weergegeven voor beide huisvestingssystemen. Naarmate de eenden ouder werden, werd het strooisel natter. Tijdens de eerste meetperiode was de toplaag van zowel het natte als het droge strooisel in het algemeen natter dan tijdens de tweede meetperiode. Het verschil in drogestofgehalte van het strooisel tussen de huisvestingssystemen was gering. Aan het eind van de eerste meetperiode was het drogestofgehalte globaal 30% en aan het eind van de tweede 40%. Het hogere waterverbruik tijdens de eerste meetperiode leek van invloed te zijn op het drogestofgehalte van het strooisel. In de praktijk is het drogestofgehalte van de strooiselmest aan het eind van een productieronde ongeveer 20-30% (Workamp, 1999).



Figuur 3 Verloop van het drogestofgehalte van de toplaag van strooisel onder de drinknippels ('nat') en overig strooisel ('droog') van twee huisvestingssystemen gedurende twee productieronden.

Figure 3 Dry matter content of the top layer of litter under the drinking nipples ('wet') and the remaining litter ('dry') of the two housing systems during two fattening periods.

3.3 Klimaat en ventilatie-debiet

In Tabel 4 zijn de klimaatgegevens voor de meetperioden en huisvestingssystemen weergegeven. Tevens is het ventilatie-debiet per gemiddeld aanwezig dier vermeld. In Bijlage G staan grafieken met daggemiddelden van de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid buiten en in de afdelingen. In Bijlage H zijn de uurgemiddelden van het ventilatie-debiet per huisvestingssysteem weergegeven.

Tabel 4 Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten en in de afdelingen en het ventilatie-debiet per gemiddeld aanwezig dier per meetperiode.

Table 4 Mean temperature and relative humidity of the outdoor and indoor air and the ventilation rate per average present animal per measuring period.

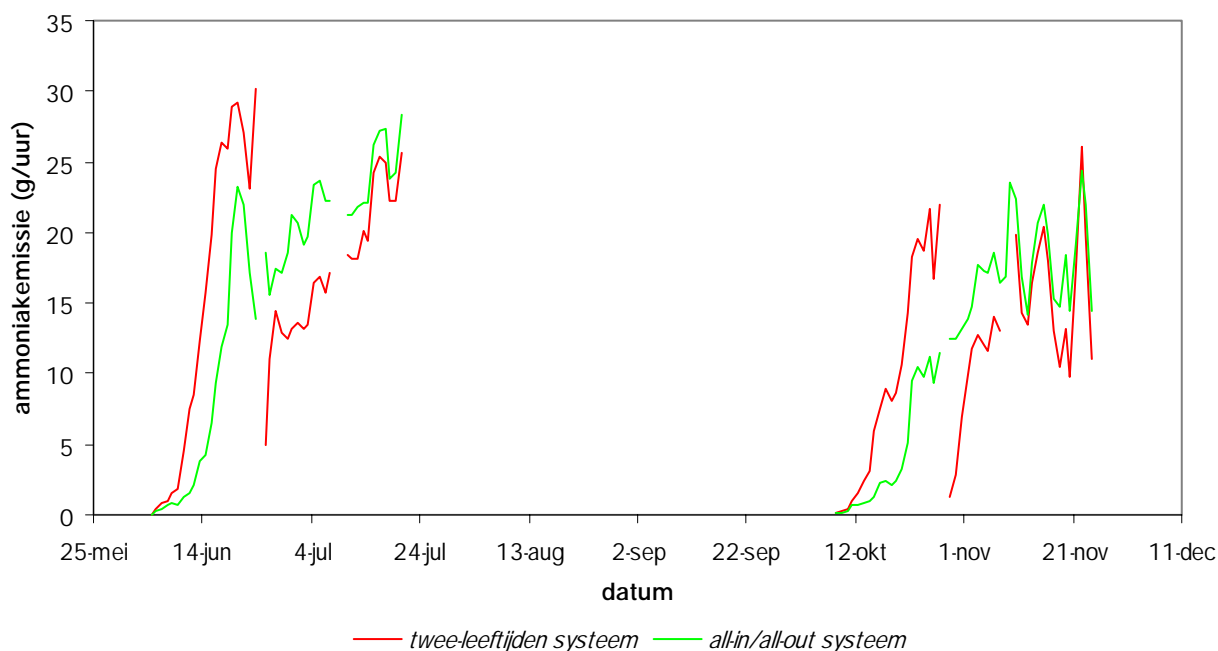
Meetperiode	1	2
Buiten		
temperatuur (°C)	16,8	5,5
relatieve luchtvochtigheid (%)	79	88
<i>Twee-leeftijden systeem</i>		
temperatuur (°C)	20,3	15,1
relatieve luchtvochtigheid (%)	73	75
ventilatie-debiet (m ³ /uur per dier)		
opfokstal	2,8	2,0
afmeststal	7,5	3,7
<i>All-in/all-out systeem</i>		
temperatuur (°C)	20,5	16,5
relatieve luchtvochtigheid (%)	70	74
ventilatie-debiet (m ³ /uur per dier)	6,4	3,6

De buitentemperatuur lag tijdens de eerste meetperiode (zomer) hoger dan tijdens de tweede meetperiode (winter). De buitentemperatuur tijdens de eerste meetperiode was ongeveer gelijk aan het landelijk gemiddelde en tijdens de tweede meetperiode lager (KNMI, 1998). De temperatuur van de afdelingen was tijdens de tweede meetperiode circa 5 °C lager dan tijdens de eerste meetperiode. Het ventilatie-debiet was tijdens de tweede meetperiode lager dan tijdens de eerste. In Bijlage H is te zien dat tijdens de eerste meetperiode vanaf 8 juli het ventilatie-debiet toenam. Vanaf deze datum werd de klimaatregeling aangepast, omdat de lucht in de stal als benauwd werd ervaren. Ook is te zien dat de minimumventilatie vanaf 20 november lager lag dan de week ervoor. Op deze datum werd de minimumventilatie teruggezet op 25% van het maximum en werd de verwarming aangezet, omdat de temperatuur in de stal onder het absolute minimum (5 °C) kwam. De gegevens van de relatieve luchtvochtigheid (buiten) tijdens de eerste meetweek van de eerste meetperiode missen als gevolg van apparatuurstoring.

3.4 Ammoniakconcentratie en -emissie

De gemeten ammoniakconcentraties zijn grafisch weergegeven in Bijlage I. De gemiddelde concentratie was voor beide huisvestingssystemen gedurende de eerste meetperiode 6 mg/m³ en gedurende de tweede 8 mg/m³. De achtergrondconcentratie was gemiddeld lager dan 0,1 mg/m³.

In Figuur 4 is het verloop van de daggemiddelde ammoniakemissie in g/uur van de beide huisvestingssystemen weergegeven. Tijdens de zesde productieweek van de eerste meetperiode misten 2 dagen van beide huisvestingssystemen als gevolg van apparatuurstoring. Tijdens de vijfde productieweek van de tweede meetperiode misten 2 dagen van het *twee-leeftijden systeem* als gevolg van een defecte convertor. De eerste 3 weken van de productieronden was de emissie van het *twee-leeftijden systeem* hoger dan van het *all-in/all-out systeem*. Dit kwam door een hogere bezettingsgraad. De dag dat het koppel gesplitst werd, werd niet meegenomen in de berekeningen. In de grafiek is te zien dat de emissie van het *twee-leeftijden systeem* na deze dag flink afnam. Twee dagen na het splitsen van het koppel van het *twee-leeftijden systeem* nam de emissie ongeveer het niveau aan van het *all-in/all-out systeem*, maar bleef aanvankelijk onder het niveau van het *all-in/all-out systeem*. Na een paar weken werd het verschil steeds kleiner of nihil.



Figuur 4 Verloop van de daggemiddelde ammoniakemissie (g/uur) van het *twee-leeftijden systeem* (800 opfokdieren, 400 afmestdieren) en het *all-in/all-out systeem* (400 dieren) tijdens de meetperioden.

Figure 4 Daily mean of the ammonia emission (g/h) of the two-age system (800 breed animals, 400 fattening animals) and the all-in/all-out systems (400 animals) during the two measuring periods.

In Tabel 5 zijn de basisgegevens en de resultaten van de berekeningen van de ammoniakemissie per jaar per dierplaats weergegeven voor beide huisvestingssystemen, voor een productieronde van 49 dagen (meetsituatie). De ammoniakemissie uit de opfokstal was tijdens de eerste meetperiode 106 g/jaar per dierplaats en uit de afmeststal 336 g/jaar. Voor het *all-in/all-out systeem* was dit 281 g/jaar. Tijdens de tweede meetperiode was dit respectievelijk 69, 276 en 226 g/jaar.

Tabel 5 Het aantal productiedagen, het aantal opgezette dieren, de leegstand en de ammoniakemissie van de huisvestingssystemen per meetperiode voor een productieronde van 49 dagen (meetsituatie).

Table 5 Length of the production periods (days), number of placed animals, vacancy and the ammonia emission of the housing systems per measuring period for a production period of 49 days (measuring circumstances)

Meetperiode	1			2		
	<i>twee-leeftijden</i>		<i>all-in/all-out</i>	<i>twee-leeftijden</i>		<i>all-in/all-out</i>
Stal	opfok	afmest		opfok	afmest	
Aantal productiedagen	21	28	49	21	29	50
Aantal opgezette dieren	800	400	420	800	400	400
Leegstand na productieronde (dagen)*	10,5	3,5	7	10,5	3,5	7
Leegstand per jaar (%)*	33	11	13	33	11	12
Ammoniakemissie (g/uur)	14,5	17,3	15,4	9,5	14,2	11,8
Ammoniakemissie (g/jaar per dierplaats)	106	336	281	69	276	227

* zie voor berekening § 2.4.4

In Tabel 6 zijn de basisgegevens en de resultaten van de berekeningen van de ammoniakemissie per jaar per dierplaats weergegeven voor beide huisvestingssystemen, voor een productieronde van 47 dagen (praktijksituatie volgens Workamp, 1999). De ammoniakemissie uit de opfokstal was tijdens de eerste meetperiode 152 g/jaar per dierplaats en van de afmeststal 293 g/jaar. Voor het *all-in/all-out systeem* was dit 252 g/jaar. Tijdens de tweede meetperiode was dit respectievelijk 102, 248 en 202 g/jaar.

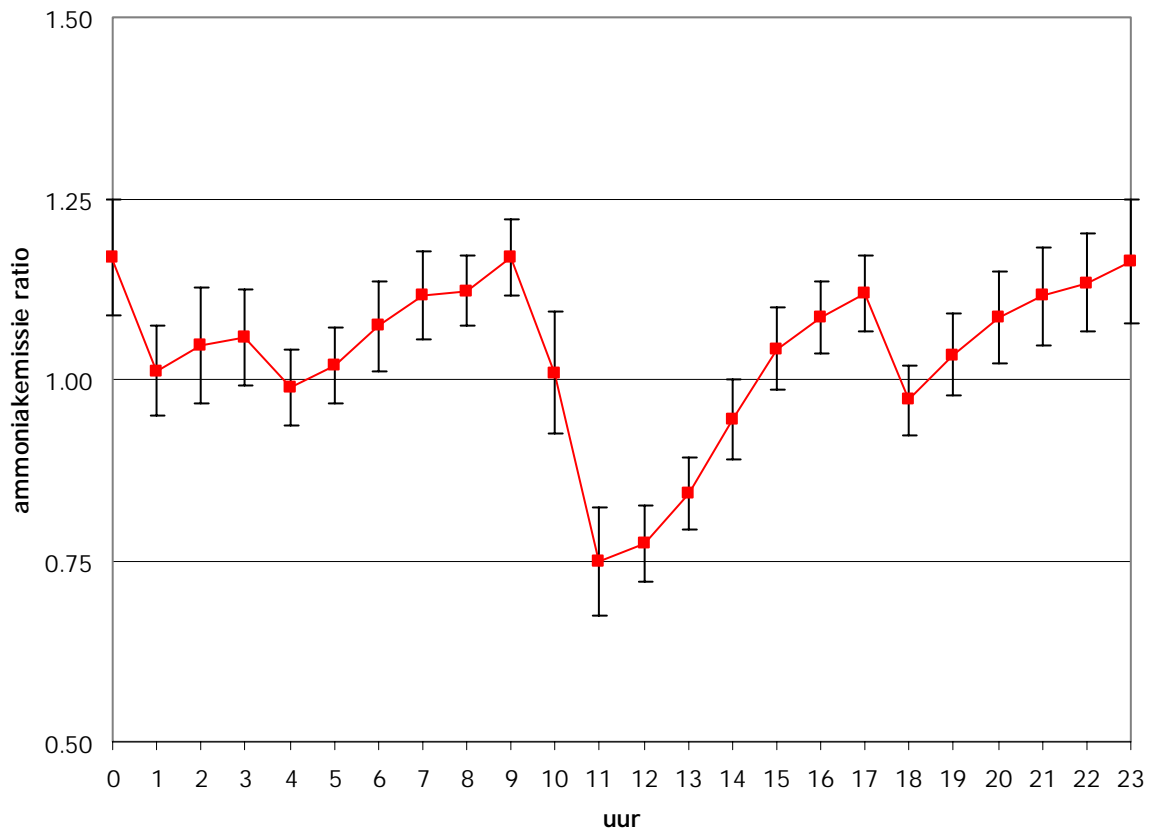
Tabel 6 Het aantal productiedagen, het aantal opgezette dieren, leegstand en de ammoniakemissie van de huisvestingssystemen per meetperiode voor een productieronde van 47 dagen (praktijksituatie).

Table 6 Length of the fattening periods (days), number of placed animals, vacancy and the ammonia emission of the housing systems per measuring period for a fattening period of 47 days (common in practice).

Meetperiode	1			2		
	<i>twee-leeftijden</i>		<i>all-in/all-out</i>	<i>twee-leeftijden</i>		<i>all-in/all-out</i>
Stal	opfok	afmest		opfok	afmest	
Aantal productiedagen	23,5	23,5	47	23,5	23,5	47
Aantal opgezette dieren	800	400	420	800	400	400
Leegstand na productieronde (dagen)*	4,5	4,5	9	4,5	4,5	9
Leegstand per jaar (%)*	16	16	16	16	16	16
Ammoniakemissie (g/uur)	16,5	16,0	14,4	11,1	13,5	11,0
Ammoniakemissie (g/jaar per dierplaats)	152	293	252	102	248	202

* zie voor berekening § 2.4.4

In Figuur 5 is de gemiddelde ammoniakemissie ratio met het 95% betrouwbaarheidsinterval van het *twee-leeftijden systeem* tijdens de tweede meetperiode uitgezet tegen de uren van een etmaal. Het patroon van de eerste meetperiode en van het *all-in/all-out systeem* lieten een soortgelijk verloop zien. Gegevens van uur 2 hebben betrekking op de tijd van 1:00 tot 2:00 uur. Van uur 0 tot 1, van uur 3 tot 4, van uur 9 tot 11 en van uur 17 tot 18 trad een daling in de emissie op. Op 0, 9 en 17 uur werd een maximum in de emissie gevonden.



Figuur 5 De gemiddelde ammoniakemissie ratio over een etmaal plus het 95% betrouwbaarheidsinterval van het *twee-leeftijden systeem* tijdens de tweede meetperiode (oktober—november).

Figure 5 The mean ammonia emission over a day and the 95% confidence interval of the two-age system during the second measuring period (October-November).

4 Discussie

Het geven van badwater was niet conform de praktijk; hiermee werd ingespeeld op mogelijk toekomstige welzijnseisen voor eenden. Hierna wordt het effect van deze maatregel op de emissie nader toegelicht. Strooiselmest van eenden heeft in de praktijk een laag drogestofgehalte. Tijdens de meetperioden was het strooisel misschien natter dan in de praktijk als gevolg van het geven van badwater. De snelheid waarmee ammoniak vrijkomt wordt onder andere beïnvloed door het drogestofgehalte van de mest. Bij een afnemend drogestofgehalte vanaf 100% neemt deze snelheid toe tot een optimum hetgeen samenhangt met optimale condities voor micro-organismen. Daarna neemt deze snelheid weer af door anaërobe omstandigheden en binding van ammoniak aan water (Groot Koerkamp, 1998). Omdat strooisel van eenden in de praktijk al een laag drogestofgehalte heeft, zal het nattere strooisel tijdens dit onderzoek waarschijnlijk weinig invloed hebben gehad op de emissie. Indien natter strooisel een effect heeft gehad, zal dit waarschijnlijk een verlaging van de emissie zijn geweest.

Het drogestofgehalte van het strooisel had binnen dit onderzoek een betrekkelijke waarde. Het was namelijk moeilijk om een goed gemiddeld monster te nemen van de strooisellaag. Dit kwam door de grove structuur van het strooisel (lang stro).

Twee dagen na het splitsen van het koppel van het *twee-leeftijden systeem* was de emissie ongeveer op het niveau van het *all-in/all-out systeem*. Het effect van een schone strooisellaag duurde dus niet lang en de meeste emissie kwam waarschijnlijk uit de toplaag. Hieruit bleek dat vers geproduceerde mest een grote bijdrage leverde in de totale emissie. De emissie bleef wel lager dan van het *all-in/all-out systeem*. Dit verschil kon worden toegeschreven aan de oude en relatief dikke strooisellaag met mest.

In Tabel 6 is te zien dat bij een langere opfokperiode de gemiddelde emissie per periode toeneemt, omdat er dagen bij worden gerekend met een hoge emissie. Bij een kortere afmestperiode nam de emissie af, omdat er dagen af gehaald werden met een hoge emissie. Bij het *all-in/all-out systeem* was de emissie per dierplaats bij de praktijkuitgangspunten 11% lager dan bij de meetomstandigheden, door het afvallen van 3 dagen met een hoge emissie. De emissiefactor voor een vleeseendenstal is 117 g ammoniak per dierplaats per jaar (Wijziging UAV, 1999). Deze berekende factor is niet gebaseerd op metingen. De gemiddelde ammoniakemissie van het *all-in/all-out systeem* voor de praktijksituatie was 227 g/jaar. De gemiddelde ammoniakemissie van het *twee-leeftijden systeem* was 199 g/jaar per dierplaats. De emissies van beide systemen waren hoger dan de huidige emissiefactor.

De gemiddelde emissie per dierplaats per jaar van het *twee-leeftijden systeem* was lager dan de emissie bij het *all-in/all-out systeem*. Het *twee-leeftijden systeem* werkte met twee stallen en de 'dierplaatsen' waren als het ware dubbel bezet. Om beide systemen verder te kunnen vergelijken werd als voorbeeld in Bijlage J de emissie berekend op bedrijfsniveau voor het *twee-leeftijden systeem* en het *all-in/all-out systeem* voor een productieronde van 47 dagen (praktijksituatie). Hierbij werd uitgegaan van een gelijk aantal afgeleverde eenden per jaar voor beide huisvestingssystemen. Door de dubbele bezetting bij het *twee-leeftijden systeem* worden veel vaker eendenkuikens opgezet (13 ten opzichte van 6,5 ronden per jaar) maar per keer veel minder (10.000 ten opzicht van 20.000). De ammoniakemissie per jaar op bedrijfsniveau kwam voor het *twee-leeftijden systeem* 12% lager uit dan bij het *all-in/all-out systeem*. De oppervlakte die nodig was voor het *twee-leeftijden systeem* is 25% lager dan voor het *all-in/all-out systeem*. Zoals in Bijlage J is te zien kwam daardoor de ammoniakemissie van het *twee-leeftijden systeem*, uitgedrukt in kg per m² stalvloeroppervlakte per jaar, hoger uit dan van het *all-in/all-out systeem*, namelijk respectievelijk 1,9 en 1,6 kg/m² per jaar.

In het dagpatroon van het *twee-leeftijden systeem* konden tijdens de tweede meetperiode, zoals in Figuur 5 is weergegeven, de volgende activiteiten worden ingevuld.

Tijd (uur)	Activiteit	Patroon
0:00-1:00	donker	tussen 0:00-1:00 daling
8:00-10:00	voeren, controleren en stro strooien	tussen 9:00-11:00 daling
8:00-9:00	badwater	op 9:00 uur maximum
16:00-17:00	badwater	op 17:00 uur maximum

Het verloop van het emissiepatroon over de dag werd onder andere beïnvloed door de veranderingen in de activiteit van de dieren. Groenestein en Hol (1994) lieten zien dat een verhoogde activiteit van staldieren de emissie tijdelijk sterk kan doen toenemen en dat daarna weer een sterke daling te zien is doordat ventilatie en concentratie elkaar versterken. In het huidige onderzoek bestond een verlaging in activiteit uit het rusten tijdens de donkerperiode (tussen 0:00 en 1:00 uur) en na het geven van badwater. Naast de afname van ventilatie door afname van de staltemperatuur (door verlaging van de activiteit) zal waarschijnlijk ook de concentratie dalen. De emissie zou tevens afgenomen kunnen zijn doordat de dieren tijdens het rusten de strooisellaag gedeeltelijk afdekten. Tussen 8:00 en 10:00 uur werden de dieren gevoerd, gecontroleerd en werd schoon stro in de afdeling gestrooid. Waarschijnlijk daalde de ammoniakemissie door het bedekken van de strooisellaag met schoon stro.

5 Conclusie

Het *twee-leeftijden systeem* werd opgesplitst in een opfokstal en een afmeststal. De ammoniakemissie omgerekend naar de praktijksituatie was tijdens de eerste meetperiode uit de opfokstal (23,5 dagen) 152 g/jaar per dierplaats met een leegstand van 16%. Voor de afmeststal (23,5 dagen) was dit 293 g/jaar bij een leegstand van 16%. Tijdens de tweede meetperiode was dit respectievelijk 102 en 248 g/jaar.

Voor het *all-in/all-out systeem* was de ammoniakemissie berekend voor de praktijksituatie tijdens de eerste meetperiode voor een productieronde van 47 dagen 252 g/jaar per dierplaats met 16% leegstand. Tijdens de tweede meetperiode was dit 202 g/jaar. De gemiddelde emissie van beide productieronden bedroeg 227 g/jaar per dierplaats. De gemiddelde ammoniakemissie van het *twee-leeftijden systeem* was 199 g/jaar per dierplaats. De emissies van beide systemen waren aanzienlijk hogere dan de berekende emissiefactor in de Uitvoeringsrichtlijn Ammoniak en Veehouderij (117 g/jaar per dierplaats).

Op bedrijfsniveau bekeken, werd bij het *twee-leeftijden systeem* per jaar veel vaker, maar per keer veel minder eendenkuikens opgezet dan bij het *all-in/all-out systeem*. Bij een gelijk aantal afgeleverde kuikens per jaar was op bedrijfsniveau de ammoniakemissie per afgeleverd kuiken van het *twee-leeftijden systeem* circa 12% lager dan van het *all-in/all-out systeem*, waarbij als uitgangspunt de praktijksituatie werd genomen. De ammoniakemissie, uitgedrukt in kg per m² stalvloeroppervlakte per jaar bij een gelijk aantal afgeleverde kuikens per jaar op bedrijfsniveau, was van het *twee-leeftijden systeem* hoger dan van het *all-in/all-out systeem*, respectievelijk 1,9 en 1,6 kg/m².

Summary

Deposition of ammonia, besides NO_x and SO_x deposition, causes acidification and eutrophication of the environment. Animal husbandry is the main source of ammonia emission in the Netherlands. The policy of the Dutch government aims at a reduction of 50% in the year 2000 and 70% in 2005, as compared with the emission level in 1980. Within this framework research was carried out by IMAG into the emission of ammonia from two traditional housing systems for fattening ducks. The following housing systems were investigated.

- *two-ages system*
- *all-in/all-out system*

The animals of the *two-ages system* first come in a breeding house and after about 3½ weeks they are moved to a fattening house. The animals of the *all-in/all-out system*, also called the one-age system, are not moved.

The research was carried out during two fattening periods (approx. 49 days) in two adjacent experimental compartments. The net floor area was 58 m² per compartment. Feed was supplied in rectangular troughs and water by means of drinking nipples. The ventilation system consisted of one ventilator in the roof (diameter 50-cm), inlet openings along the side walls, and a climate control computer per compartment. The maximum ventilation rate for the *two-ages system* was 6 m³/h in the breeding house and 11 m³/h in the fattening house. The maximum ventilation rate for the *all-in/all-out system* was 11 m³/h. The set point temperature was gradually decreased (1 °C per day) from 32 °C down to 15 °C during the first measuring period and to 10 °C during the second. The broilers were housed on long straw and fresh straw was supplied daily as the top layer became wet. Lights were on for 23 h per day. Feed and water was supplied *ad libitum*. Two hours per day, water was supplied in round waterbowls to be used by the ducks as bathing water. The health status of the animals was good and the production results were comparable with the national standard.

From June 3rd to July 21st and from October 7th to November 25th 1998, the emission of ammonia was measured by means of continuous measurements of the ammonia concentration (NO_x monitor) and the ventilation rate (anemometers). The outdoor and indoor climate were also measured continuously. In the *two-ages system*, 13.8 animals were placed per m² in the breeding house and 7.2 in the fattening house. In the *all-in/all-out system*, 6.9 animals were housed per m². The mean outside temperature was 16.8 and 5.5 °C for the first and second measuring period, respectively. The temperature of the air in the house was 20.3 °C and 15.1 °C for the *two-ages system*, and 20.5 and 16.5 °C for the *all-in/all-out system* for the two measuring periods, respectively.

The emission of the breeding livestock building, calculated for the common situation in practice incl. 16% non-occupation, was 152 g/year per animal place during the first measuring period and 102 g/year during the second. The emission from the fattening house was 293 g/year during the first measuring period and 248 g/year during the second.

The non-occupation of the *all-in/all-out system* was also 16%. The ammonia emission, calculated for the common situation in practice, was 252 g/year per animal place during the first measuring period and 202 g/year during the second. The mean ammonia emission was 227 g/year. The mean ammonia emission was 199 g/year for the *two-ages system* per animal place. The mean emission of both systems was considerably greater than the general level given in the UAV (implementation of regulation on ammonia emissions from livestock husbandry) for traditional duck houses (117 g/year per duck).

The *two-ages system* compared to the *all-in/all-out system* places more often but each time half of the ducklings. Assuming the same yearly duck production, the ammonia emission from the *two-ages system* per duck produced was about 12 % lower than the emission from the *all-in/all-out system*. The ammonia emission in kg/m² per year was higher for the *two-ages system* than for the *all-in/all-out system*, 1.9 and 1.6 kg/m² respectively.

Literatuur

Berckmans, D., Ph. Vandenbroeck en V. Goedseels, 1991. Sensor for continuous measurement of the ventilation rate in livestock buildings. *Indoor Air* 3: 323-336.

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

Groot Koerkamp, P.W.G., 1998. Ammonia emission from aviary housing systems for laying hens. Wageningen, IMAG-DLO, 161 pp.

Heij, G.J. en T. Schneider, 1995. Dutch priority programme on acidification. Final report third phase Additional programme on acidification no. 300-15, 160 pp.

IKC-V, 1994. Handboek voor de pluimveehouderij. Publikatie nr. 42. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij Afdeling Pluimveehouderij. Beekbergen.

Integrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid, 1995. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer en Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, SDU-uitgeverij, 's-Gravenhage, 36 pp.

KNMI, 1998. Jaaroverzicht van het weer in Nederland. Jaargang 95 nrs. 6, 7, 10 en 11, De Bilt.

KWIN-V, 1998. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1998-1999. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, KWIN-V september 1998, Lelystad, Drukkerij Cabri b.v., 416 pp.

Notitie Mest- en Ammoniakbeleid Derde Fase, 1993. Tweede Kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19 882, nr. 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravenhage, 55 pp.

Scholtens, R., 1993. NH₃-converter + NO_x-analyser. In: E.N.J. Ouwkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 19-22.

Scholtens, R. en C.E. van 't Klooster, 1993. Meetventilator. In: E.N.J. Ouwkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 59-62.

Waest, R.C., M.J. Astle and W.H. Beyer, 1986. Handbook of chemistry and physics, 67th Edition. Florida, CRC Press Inc.

Workamp, 1999, mondelinge mededeling, d.d. 18 maart 1999. Dhr. J. Workamp is schrijver van het hoofdstuk over vleeseenden in KWIN-V (1998).

Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij, 1999. Interimwet Ammoniak en Veehouderij, 22 december 1998. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Staatscourant nr. 245, Den Haag, p. 20-22.

Bijlagen

BIJLAGE A	Kader en contactpersonen DLO-meetploeg
BIJLAGE B	Plattegrond en dwarsdoorsnede
BIJLAGE C	Instelling minimum ventilatie
BIJLAGE D	Kalibratieresultaten meetventilator
BIJLAGE E	Principe en kalibratieresultaten NO _x -monitor
BIJLAGE F	Omzettingspercentage convertors
BIJLAGE G	Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid
BIJLAGE H	Ventilatiedebiet
BIJLAGE I	Ammoniakconcentratie
BIJLAGE J	Emissieberekening op bedrijfsniveau

6 BIJLAGE A Kader en contactpersonen DLO-meetploeg

6.1 Kader

De DLO-meetploeg verricht ammoniak- en geurmetingen ten behoeve van het ondersteunen van beleidsdoelstellingen van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Deze metingen vinden plaats aan bestaande en nieuw ontwikkelde systemen, voorzieningen en methoden tot het verminderen van de ammoniak- en geuruitstoot uit stallen. Het gaat hierbij met name om systemen waarvan de emissie nog niet eerder is gemeten (categorie I), systemen waarvan die uitstoot verandert als gevolg van beleidswijzigingen door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (categorie II) en systemen voor diersoorten waarvoor nog nauwelijks emissie-arme systemen beschikbaar zijn (categorie III). Door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij zijn financiële middelen beschikbaar gesteld voor het meten van ammoniak- en geuremissies aan voornoemde systemen. Deze systemen worden uit de aanvragen geselecteerd door de Begeleidingscommissie van DLO onderzoeksprogramma 309 of haar gedelegeerde. Voor het uitvoeren van metingen beschikt de Begeleidingscommissie over een meetploeg. De uitvoerende instelling waaronder de meetploeg ressorteert is het Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG). De metingen worden uitgevoerd volgens de beoordelingsrichtlijn "Emissie-arme stallen" die is opgesteld door de Stichting Groen Label. De daarin genoemde landbouwkundige voorwaarden vallen onder de verantwoordelijkheid van de aanvrager.

6.2 Contactpersonen

6.2.1

6.2.2 Voorzitter Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen

Ir. J.H.G. Tuinte
Informatie- en Kennis Centrum Landbouw
Bezoekadres: Pascalstraat 10
6716 AZ Ede
Postadres: Postbus 482
6710 BL Ede
Telefoon: 0318 67 14 33

6.2.3 Coördinator DLO-meetploeg

Dr. Ir. Peter W.G. Groot Koerkamp
Instituut voor Milieu- en Agritechniek IMAG
Bezoekadres: Mansholtlaan 10-12
6708 PA Wageningen
Postadres: Postbus 43
6700 AA Wageningen

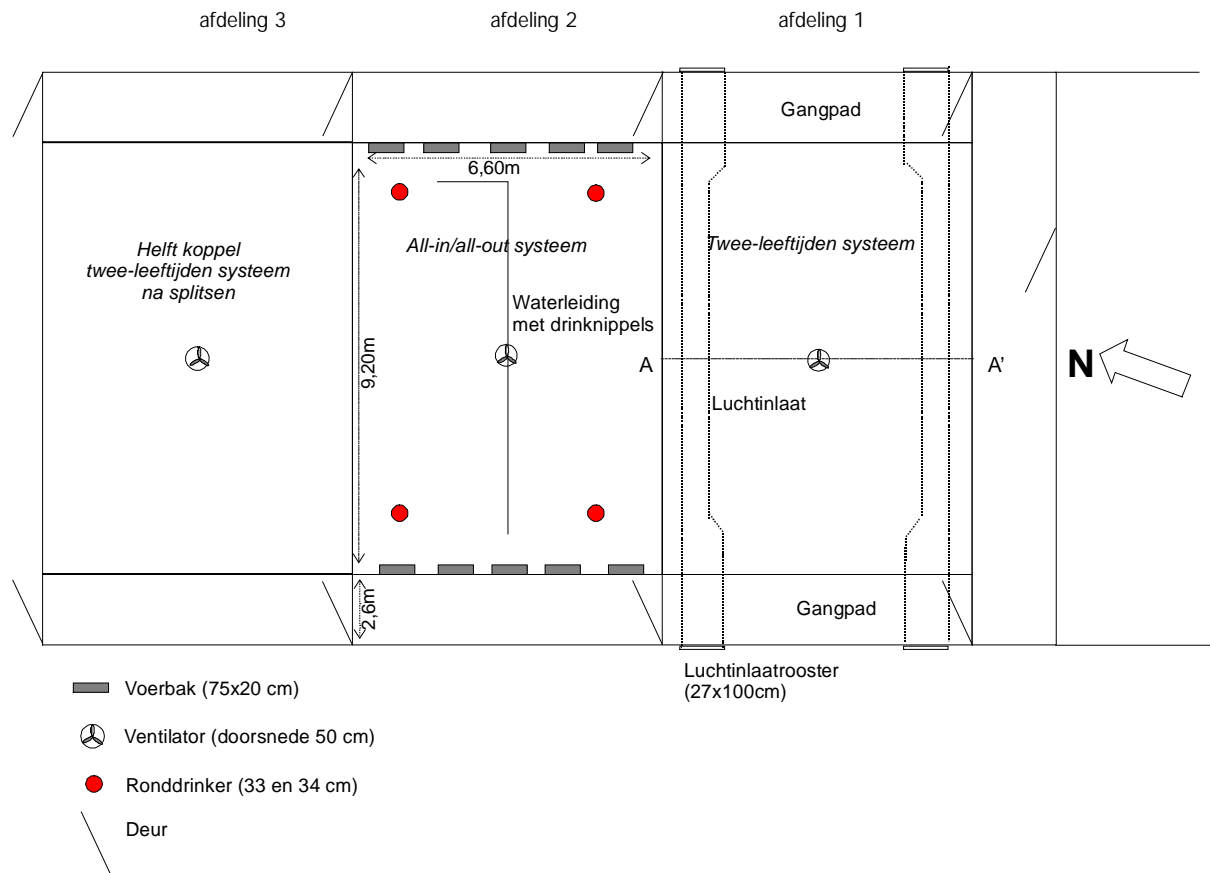
Telefoon: 0317 47 63 00

7 BIJLAGE B

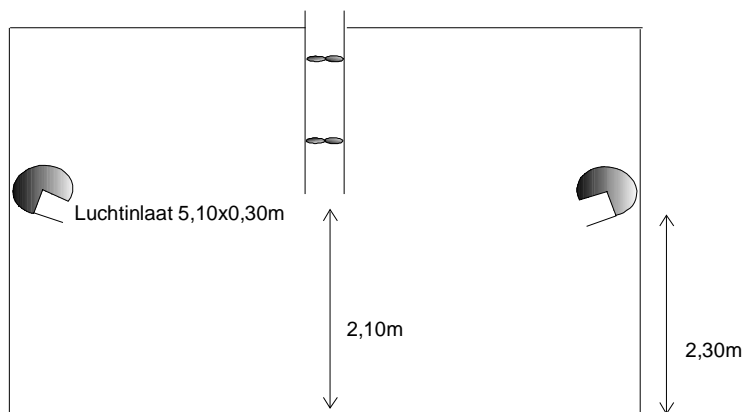
Plattegrond en dwarsdoorsnede

In onderstaand figuur staat de plattegrond van het voor dit onderzoek gebruikte deel van stal L2 van het Praktijkonderzoek Pluimveehouderij in Beekbergen. In afdeling 1 en 2 werden ammoniakmetingen uitgevoerd. In afdeling 2 staat de indeling van de proefafdeling weergegeven. In afdeling 1 staat de luchtinlaat getekend. De weergegeven voorzieningen en installaties waren in beide afdelingen aanwezig.

8



Dwarsdoorsnede van een afdeling (A-A').



9 BIJLAGE C

Instelling minimum ventilatie

De instelling van de minimum ventilatie in procenten van de maximale ventilatiecapaciteit, het ventilatiedebiet (m^3/uur) en (m^3/uur per dier) gedurende de meetperiode per huisvestingssysteem. Het ventilatiedebiet is berekend met behulp van de maximaal gemeten ventilatiecapaciteit.

Debiet	<i>twee-leeftijden systeem</i>			<i>all-in/all-out systeem</i>				
	Week	(%)	m^3/uur	m^3/uur per dier	(%)	m^3/uur	m^3/uur per dier ¹⁾	m^3/uur per dier ²⁾
	1	5	225	0,3	5	225	0,5	0,6
	2	10	450	0,6	7	315	0,8	0,8
	3	15	675	0,8	10	450	1,1	1,1
	4	20	800	2,0	15	675	1,6	1,7
	5	20	800	2,0	20	800	1,9	2,0
	6	20*	800	2,0	20	1.575	3,8	3,9
	7	25*	1.125	2,8	25	1.575	3,8	3,9

* Tijdens de eerste meetperiode is deze instelling gewijzigd naar 35%. Tijdens de tweede meetperiode is in week 7 deze instelling weer terug gezet.

¹⁾ meetperiode 1

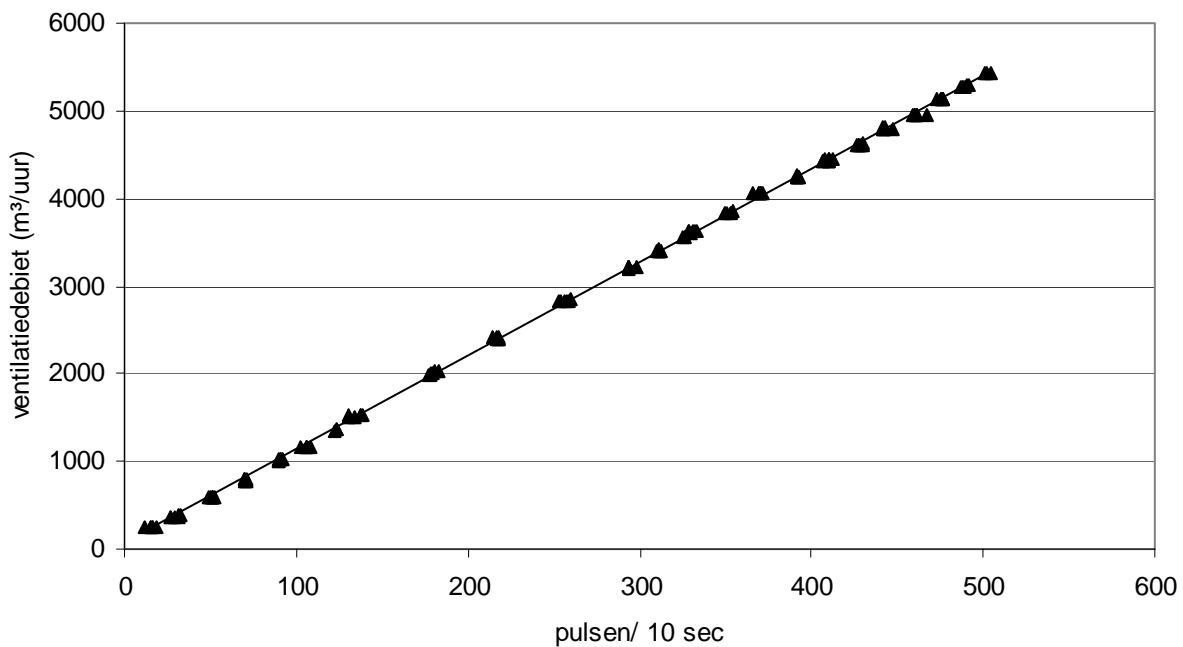
²⁾ meetperiode 2

10 BIJLAGE D

Kalibratieresultaten meetventilator

De meetventilator van afdeling 2 werd 13 januari 1999 gekalibreerd (diameter 50 cm). De relatie tussen het ventilatie-debiet V (m^3/uur) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was voor de twee afdelingen:

$$V = 10,7 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 66$$



11.1 Meetprincipe

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO_x-monitor (Monitor Labs nitrogen oxydes analyzer, model 8840). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentiereactie tussen ozon (O₃) en NO. Bij deze reactie komt NO₂, zuurstof (O₂) en licht vrij:



De stroom lichtdeeltjes is evenredig met de NO-concentratie van de aangezogen lucht. Hierna volgt een korte beschrijving van het systeem en de meetopstelling.

Om NH₃ te kunnen meten moet het eerst door een convertor omgezet worden tot NO. In de convertor passeert de luchtstroom een stoffilter waarna het verhit wordt tot circa 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 het transport van NH₃ tot een minimum te beperken. NH₃ adsorbeert namelijk makkelijk aan allerlei materialen en lost makkelijk op in water, waardoor metingen kunnen worden verstoord. De stallucht werd continu aangezogen via teflonslangen. Om condensvorming in de slangen te voorkomen waren alle slangen verwarmd met een verwarmingslint en omwikkeld met isolatiemateriaal.

Voor het meten van NO₂-concentraties kan een molybdeenconvertor worden toegepast. In deze convertor wordt NO₂ vrijwel voor 100% omgezet naar NO door oxidatie van NO₂ op molybdeen bij ca. 325 °C. Een molybdeenconvertor kan noodzakelijk zijn als, door transport van NO in zeer lange leidingen, NO wordt omgezet in NO₂. Tijdens testmetingen met een slang van 350 m is geen verschil gemeten in NO-concentraties voor en na transport door deze slang (R. Bleijenberg en J.P.M. Ploegaert, 1994. Handleiding meetmethoden ammoniakemissies uit mechanisch geventileerde stallen. Wageningen, IMAG-DLO rapport 94-1, 76 pp). Gedurende dit onderzoek werd geen gebruik gemaakt van een molybdeenconvertor in de monitor. Onder de gegeven meetomstandigheden vond tijdens het transport van lucht van de NH₃-convertor naar de NO_x-monitor geen aantoonbare omzetting plaats van NO in NO₂.

11.2 Kalibratieresultaten

Het meetbereik van de NO_x-monitor bedroeg 0-50 ppm, overeenkomend met 0-50 ppm NH₃. De wekelijkse kalibratie van de monitor werd uitgevoerd met 38,7 ppm NO-gas. Gedurende de eerste meetperiode was de gemiddelde afwijking tijdens de kalibratie -2,3%. Tijdens de tweede meetperiode was dit gemiddeld 0,9%.

12 BIJLAGE F

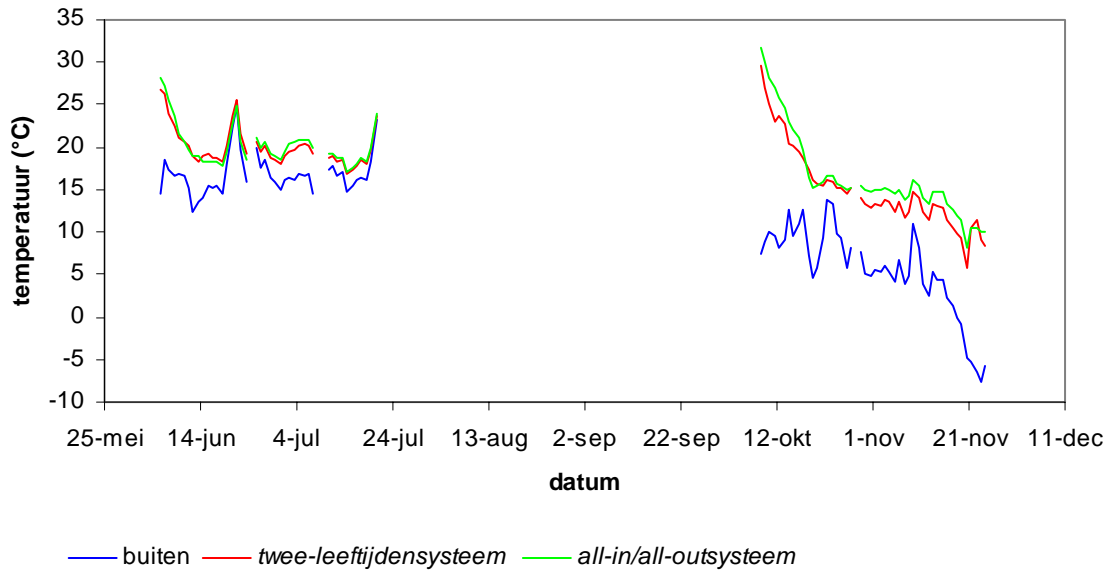
Omzettingspercentage convertors

In onderstaande tabel staat per meetpunt het gemiddelde omzettingspercentage van de convertors weergegeven bij aanbieding van 10 ppm NH₃. Deze waardes werden gebruikt voor de correctie van de ammoniakconcentraties.

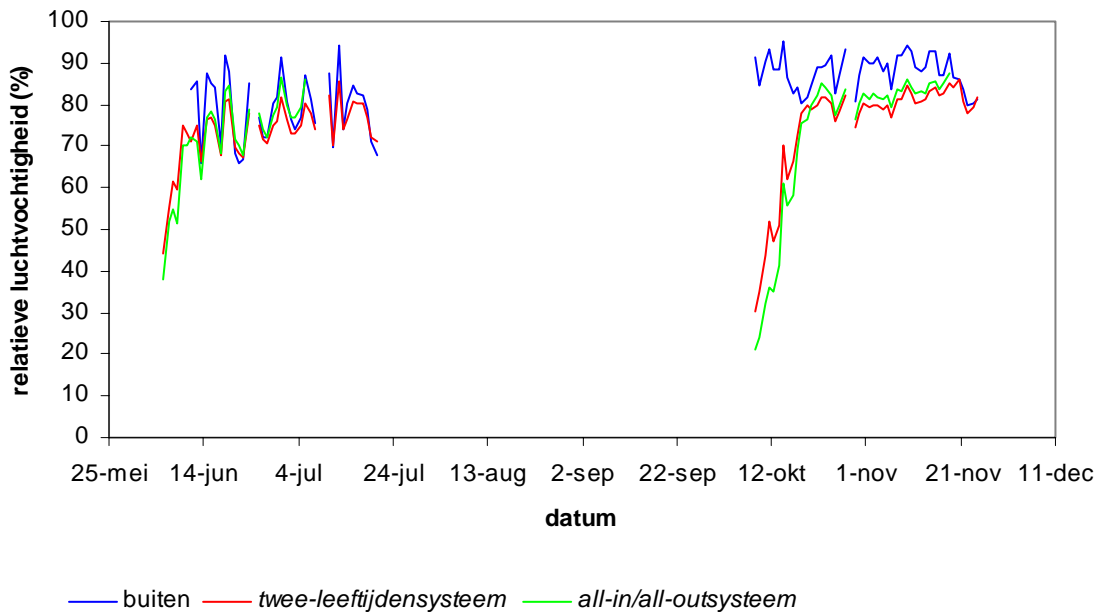
Meetperiode	1	2
Achtergrond	92%	92%
<i>Twee-leeftijden systeem</i>	96%	93%
<i>All-in/all-out systeem</i>	93%	94%

13 BIJLAGE G

Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid



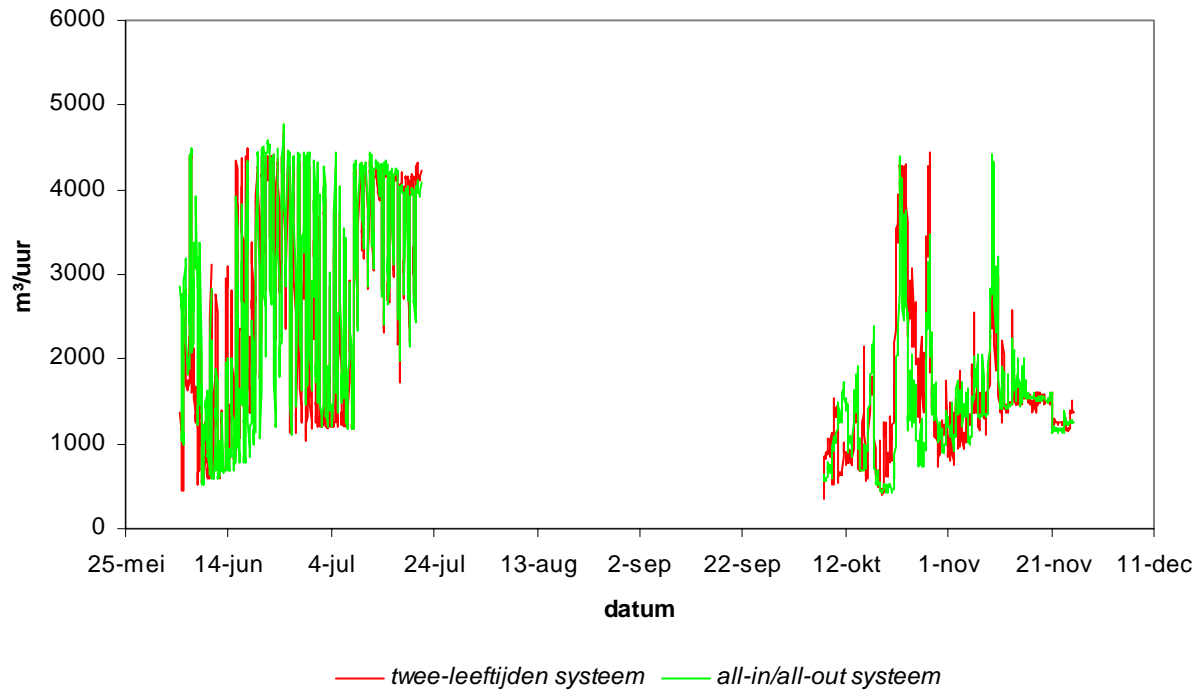
Daggemiddelden van de buitentemperatuur en van de staltemperatuur bij het *twee-leeftijden* systeem en het *all-in/all-out* systeem gedurende de twee meetperioden.



Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht en van de stallucht bij het *twee-leeftijden* systeem en het *all-in/all-out* systeem gedurende de twee meetperioden.

14 BIJLAGE H

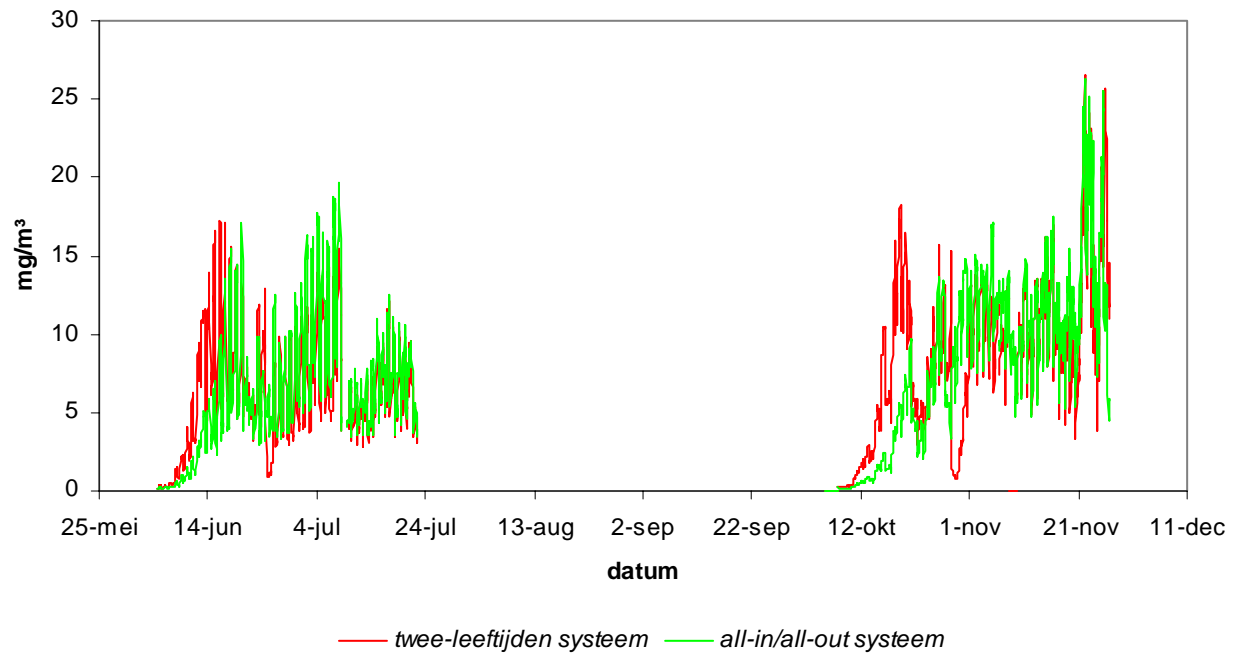
Ventilatiedebiet



Uurgemiddelden van het ventilatiedebiet (m³/uur) tijdens de twee meetperioden per afdeling bij het *twee-leeftijden systeem* en het *all-in/all-out systeem*.

15 BIJLAGE I

Ammoniakconcentratie



Uurgemiddelden van de NH₃-concentratie (mg/m³) van de uitgaande lucht per afdeling bij het *twee-leeftijden systeem* en het *all-in/all-out systeem* tijdens de twee meetperioden.

BIJLAGE J Emissieberekening op bedrijfsniveau

Om beide systemen verder te kunnen vergelijken is als voorbeeld de emissie berekend op bedrijfsniveau voor het *twee-leeftijden systeem* en het *all-in/all-out systeem* voor een productieronde van 47 dagen (praktijksituatie). In de onderstaande tabel staan deze emissieberekeningen met als uitgangspunt: 130.000 afgeleverde kuikens per jaar.

Systeem	<i>twee-leeftijden</i>	<i>all-in-all-out</i>
Aantal afgeleverde kuikens per jaar	130.000	130.000
Opfokstal (m²)	714	
Productieperiode (dagen)	23,5	
Leegstandperiode (dagen)	4,5	
Leegstand (%)	16	
Duur één ronde	28	
Aantal ronden per jaar	13	
Aantal dierplaatsen	10.000	
Bezetting (dieren/m ²)	14	
NH ₃ -emissie (g/jaar per dierplaats)	$(152+102)/2 = 127$	
NH ₃ -emissie opfokstal (kg/jaar)	1.270	
Afmeststal (m²)	1.428	2.857
Productieperiode (dagen)	23,5	47
Leegstandperiode (dagen)	4,5	9
Leegstand (%)	16	16
Duur één ronde	28	56
Aantal ronden per jaar	13	6,5
Aantal dierplaatsen	10.000	20.000
Bezetting (dieren/m ²)	7	7
NH ₃ -emissie (g/jaar per dierplaats)	$(293+248)/2 = 271$	$(252+202)/2 = 227$
NH ₃ -emissie afmeststal (kg/jaar)	2.705	4.540
NH₃-emissie stal (kg/jaar)	3.975	4.540
NH₃-emissie stal (g/jaar per dierplaats)	199	227
Relatieve emissie (%)	88	100
Aantal dierplaatsen stal	20.000	20.000
Oppervlakte totaal (m ²)	2.142	2.857
Relatieve oppervlakte (%)	75	100

NH₃-emissie totaal (kg/m² per jaar)

1,9

1,6

16 Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen

16.1 *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 ammoniakemissie van 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 mestfraktie 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 huisvestingssystemen 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 composteringbak 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.

Hol, J.M.G. en I.H.G. Satter, 1998 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVIII: Behandeling van lucht uit een scharrelstal voor leghennen met een chemische wasser.
Wageningen, DLO, Rapport 98-1002, 13 pp. excl. bijlage.

Satter, I.H.G. en H. Gunnink, 1998 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIX: Scharrelstal voor leghennen met droging van de mest op banden onder de beun.
Wageningen, DLO, Rapport 98-1003, 15 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en P.W.G Groot Koerkamp, 1998 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXX: Vleeskuikenstal met verwarming en koeling van de vloer.
Wageningen, DLO, Rapport 98-1004, 16 pp. excl. bijlage.

Scholtens, R. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1998 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXXI: Natuurlijk geventileerde vleesstierenstal met betonroosters.
Wageningen, DLO, Rapport 98-1005, 16 pp. excl. bijlage.

Huis in 't Veld, J.W.H en R. Scholtens, 1998 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXXII: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met sleufvloer voor melkkoeien.
Wageningen, DLO, Rapport 98-1006, 16 pp. excl. bijlage.