

# Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LXIII

Meeretagesysteem voor vleeskuikens

J.W.H. Huis in 't Veld  
S.G. van der Top  
J.M.G. Hol  
J. Mosquera

Rapport 367





# Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LXIII

Meeretagesysteem voor vleeskuikens

J.W.H. Huis in 't Veld  
S.G. van der Top  
J.M.G. Hol  
J. Mosquera

Rapport 367

## Colophon

Dit onderzoek is gefinancierd door het ministerie van LNV (onderzoeksprogramma 415: Integrale aanpak gasvormige emissies van de veehouderij) en Vencomatic bv.

Title	Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen: Meeretagesysteem voor vleeskuikens.
Author(s)	J.W.H. Huis in 't Veld, S.G. van der Top, J.M.G. Hol en J. Mosquera
A&F number	367
ISBN-number	90-6754-895-2
Date of publication	Februari 2005
Confidentiality	Non
Project code.	630.53010

Agrotechnology & Food Innovations B.V.  
P.O. Box 17  
NL-6700 AA Wageningen  
Tel: +31 (0)317 475 024  
E-mail: [info.agrotechnologyandfood@wur.nl](mailto:info.agrotechnologyandfood@wur.nl)  
Internet: [www.agrotechnologyandfood.wur.nl](http://www.agrotechnologyandfood.wur.nl)

© Agrotechnology & Food Innovations B.V.

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, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

*All right 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 permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for the inaccuracies in this report.*

This report is authorised by: J.M.G. Hol



The quality management system of Agrotechnology & Food Innovations B.V. is certified by SGS International Certification Services EESV according to ISO 9001:2000.

## Abstract

Ammonia emission from animal husbandry in the Netherlands has to be reduced by approximately 40% in the year 2010, compared with the emission level in 1980. Moreover, new odour regulations require measurements of odour emissions of the main conventional and newly developed housing systems. Research was carried out into the emission of ammonia and odour from a housing system for broilers equipped with the Vencomatic Broiler System (VBS). The broilers were kept on separate floors covered with litter. The separated floors were placed in 4 levels above each other. In total there were 4 rows with each 4 levels. Each floor was 3 meters wide and 60 cm high. The reduction of ammonia was realised by drying the litter and by optimisation of the ventilation technique.

The research was carried out during two production periods: July - August and October - November 2004. The ammonia emission amounted 20,3 g/year per broiler during the summer period and during the autumn period 20,4 g/year per broiler, including a correction for the non-occupied periods (19%). This emission was 75% lower than the general level given for traditional housing systems for broilers of 80 g/year per broiler. The geometric mean odour emission from the broiler housing system per animal was 0,36  $OU_E$  /s during both measuring periods (10 measurements).

Keywords: Ammonia, Odour, Emission, Litter drying, Broilers, Field measurement

# Inhoud

<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2 Materiaal en methode</b>	<b>8</b>
2.1 Stal- en bedrijfssituatie	8
2.1.1 Bedrijfssituatie	8
2.1.2 Huisvesting	8
2.1.3 Ventilatie	9
2.1.4 Ammoniakemissiereducerend principe	10
2.2 Bedrijfsvoering	11
2.2.1 Zoötechniek	11
2.2.2 Klimaatregeling	11
2.2.3 Voeding	12
2.2.4 Gezondheid	12
2.3 Metingen	12
2.3.1 Algemeen	12
2.3.2 Productiegegevens	13
2.3.3 Strooisel	13
2.3.4 Klimaat	14
2.3.5 Ventilatie-debiet	14
2.3.6 Tracergasinjectie en –concentratie	14
2.3.7 Ammoniakconcentratie	15
2.3.8 Geurconcentratie	15
2.4 Dataverwerking	16
<b>3 Resultaten</b>	<b>18</b>
3.1 Productieresultaten	18
3.2 Strooiselmonsters	18
3.3 Klimaat en ventilatie-debiet	19
3.4 Ammoniakconcentratie en -emissie	19
3.5 Geurconcentratie en -emissie	21
<b>4 Discussie</b>	<b>22</b>
<b>5 Conclusies</b>	<b>25</b>

# 1 Inleiding

De meest belangrijke verzurende componenten van ons milieu zijn SO<sub>2</sub> (zwaveldioxide), NO<sub>x</sub> (stikstofoxiden; NO en NO<sub>2</sub> (stikstofmonoxide en stikstofdioxide)) en NH<sub>3</sub> (ammoniak), samen met hun reactieproducten, in het kort SO<sub>x</sub>, NO<sub>y</sub> en NH<sub>x</sub> genoemd. In 1999 was 66% van de NH<sub>x</sub> depositie uit eigen land afkomstig. In 2000 droeg de landbouw voor 94% bij aan de nationale emissie van NH<sub>3</sub>. De EU heeft voor Nederland een ammoniakemissieplafond van 128 kton voor 2010 vastgesteld (EU, 2001). Om natuurgebieden te beschermen heeft de Nederlandse overheid voor 2010 tot doel gesteld de ammoniakemissie tot 100 kton te reduceren (VROM, 2001). De bijdrage van de landbouw aan de NH<sub>3</sub> emissie moet dan gedaald zijn tot 86 kton (Sliggers, 2001). Om de tot doel gestelde emissiereductie te kunnen realiseren is onder andere invoering van emissiebeperkende staltechnieken en -systemen noodzakelijk.

Naast de problematiek van de emissies van ammoniak speelt ook de geurhinder, die wordt veroorzaakt door landbouwactiviteiten een steeds belangrijkere rol in de wet- en regelgeving. De landbouwsector is, samen met de industrie en het wegverkeer, een belangrijke bron van geurhinder in Nederland (VROM, 1998). In het Nationaal Milieubeleidsplan van 1989 is hierover opgenomen dat maximaal 750.000 woningen in 2000 geurbelast mogen zijn. Voor 2001 zijn deze cijfers niet veranderd. Voor het jaar 2010 geldt als doelstelling geen ernstige hinder (VROM, 1989). Geurhinder in de landbouw wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door twee bronnen, namelijk het toedienen van dierlijke mest en het vrijkomen van geur uit de veehouderijgebouwen. Momenteel wordt voor veehouderijbedrijven de Richtlijn Veehouderij en Stankhinder 1996 toegepast (VROM en LNV, 1996). Sedert 1999 voert de meetploeg van A&F geurmetingen uit aan de stalsystemen die zijn opgenomen in het ammoniakmeetprogramma, met gebruikmaking van een standaard meetprotocol voor geuremissiemeting (Ogink en Klarenbeek, 1997; Ogink en Mol, 2002).

Behalve via onderzoek komen er ook vanuit de praktijk ideeën en initiatieven om de ammoniakemissie terug te dringen. Om deze op waarde te schatten dienen in potentie emissiearme maatregelen onder normale bedrijfsomstandigheden te worden gemeten. Hiervoor is door Vencomatic bij de ministeries van LNV en VROM een aanvraag ingediend. Een groep van deskundigen ingesteld door het ministerie van VROM beoordeeld alle aanvragen op de volgende criteria: perspectief voor wat betreft de vermindering van de ammoniakemissie, toepasbaarheid in de praktijk en mogelijk overige negatieve danwel positieve effecten. Voor emissiemetingen vanaf 2003 is volledige financiering (eventueel met subsidie) door de aanvrager noodzakelijk. Nadere informatie over de structuur rondom aanvragen tot metingen en de uiteindelijke opname in de Regeling Ammoniak Veehouderij (RAV) wordt in Bijlage A gegeven.

In bovenstaand kader is door de meetploeg van A&F, onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een vleeskuikenstal die was voorzien van een meeretagesysteem, het Vencomatic Broiler System (VBS). In dit houderijsysteem worden relatief kleine hoeveelheden dieren in aparte units

gehuisvest. De units zijn afgescheiden van elkaar en verdeeld in verschillende rijen en verschillende hoogtes. Belangrijke voordelen van dit huisvestingssysteem zijn o.a.: de lage ziektedruk en de mogelijkheid om diervriendelijk de slachtrijpe dieren af te voeren. Het ammoniakemissiereducerend principe van het onderhavige huisvestingssysteem gaat uit van het voorkomen van broei in de strooisellaag en een efficiënt ventilatiesysteem. De gemeten ammoniakemissie werd vergeleken met de emissiefactor voor een traditionele vleeskuikenstal zoals die is opgenomen in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (Infomil, 2004).





## 2 Materiaal en methode

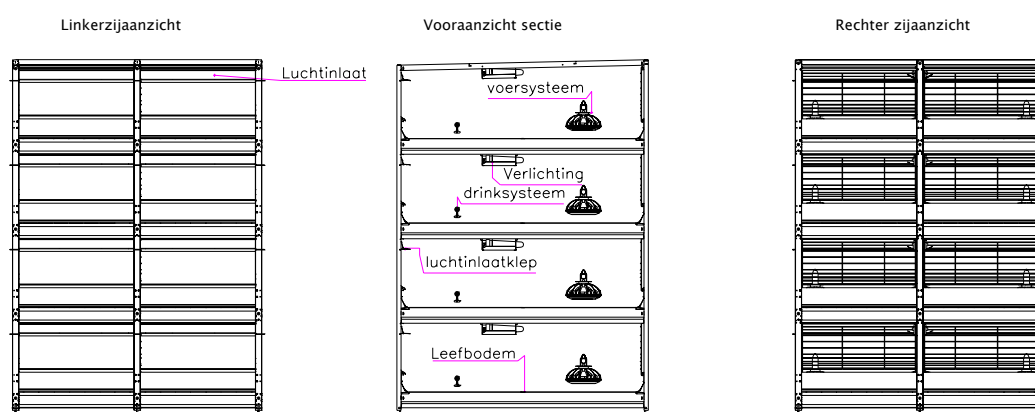
### 2.1 Stal- en bedrijfssituatie

#### 2.1.1 Bedrijfsituatie

De meetlocatie was een vleeskuikenbedrijf waarin 2 grote stallen in totaal 180.000 dieren werden gehouden. De aflevering van beide stallen werd niet tegelijkertijd uitgevoerd, wanneer de ene stal werd afgeleverd waren de dieren en de andere stal ca. 3 weken oud. Beide stallen waren voorzien van het etagesysteem Vencomatic Broiler System (VBS). De metingen werden in één van de stallen in 2004 gedurende twee productieronden uitgevoerd. De stal waar gemeten werd was gebouwd in (2001) de andere stal in (2003). De overige bedrijfsgebouwen op het terrein waren oude vleeskuikenstallen die niet meer werden gebruikt om dieren in te houden.

#### 2.1.2 Huisvesting

De stal die werd gebruikt in het onderhavige onderzoek was 20 m breed en 100 m lang. De zijgevels waren 5,4 m hoog en de nok was ongeveer 9,5 m hoog. De stal was ingericht met 4 rijen (lengte 85,1 m) van ieder 4 etages. Elke 65 cm hoge laag van een rij vormde een leefunit. Elke leefunit was 3 m breed en had de lengte van de stal, behoudens enige meters voor in de stal voor apparatuur voor voer- en waterverstrekking en achter in de stal voor het afdraaien van de mestbanden en de slachtrijpe kuikens. Per leefunit was één voerlijn (voerpannen) en één drinklijn (drinknippels met lekbakjes) geïnstalleerd. Het totale beschikbare vloeroppervlak van de dieren was 4050 m<sup>2</sup>. Er konden maximaal 6000 kuikens per leefunit (90000 kuikens per stal) geplaatst worden. De kuikens zaten gedurende de gehele productieronde op een polypropyleen mestband waarop een dunne strooisellaag was aangebracht (0,6 kg/m<sup>2</sup>). De band (vergelijkbaar met een mestband bij leghennen) werd aan het einde van een ronde afgedraaid waarbij de kuikens en het strooisel werden gescheiden. Figuur 1 toont de aangezichten van één rij met 4 leefunits



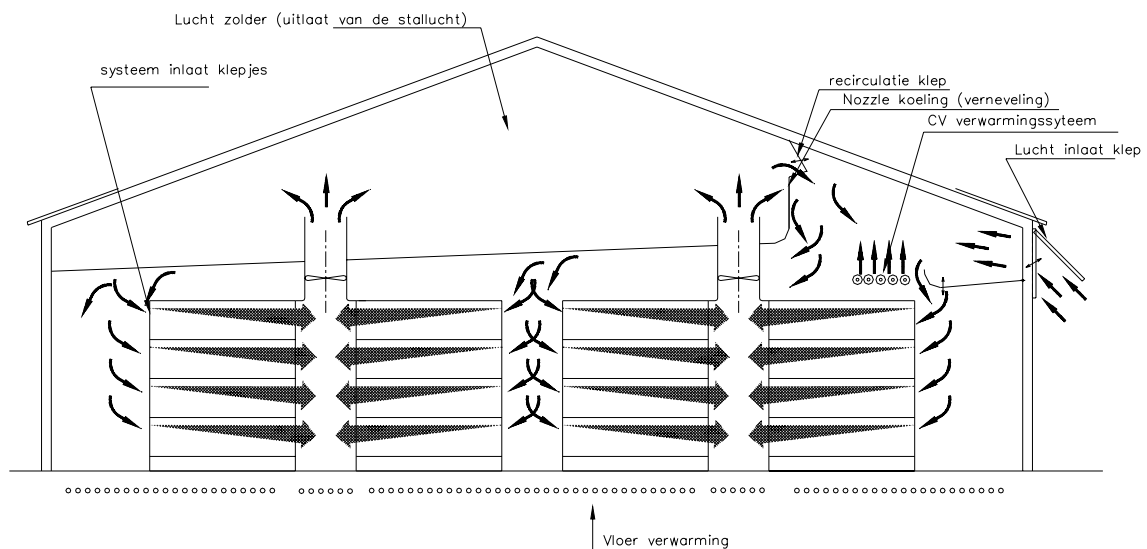
Figuur 1 Aangezichten van één rij met vier leefunits.

### 2.1.3 Ventilatie

De ventilatie van de stal werkte op basis van onderdruk. Figuur 2 toont het traject van de ventilatielucht. De ventilatie van de stal was in te delen in 2 circuits, te weten: de grote luchtbeweging van ingaande buitenlucht en uitgaande stallucht. Daarnaast was er sprake van een intern (tweede) ventilatiecircuit. Dit betrof de ventilatie van iedere leefunit, waar ook een ingaande en uitgaande luchtstroom was.

#### 1. Ventilatie stal

De onderdruk in de stal werd gerealiseerd met twee rijen van 15 ventilatoren (met frequentieregeling) van 80 cm doorsnee en een maximale ventilatiecapaciteit van 18.800 m<sup>3</sup>/uur. Buitenlucht werd via een inlaatopening aan één zijde van de stal, voorzien van een regelbare winddrukkak, over de hele lengte van de stal binnengelaten. De ventilatoren die allemaal hetzelfde werden aangestuurd zogen de lucht af naar de zolderruimte boven het plafond. Op de zolder boven het plafond komt de lucht enigszins tot rust en slaat het stof neer op het plafond. Via de zolder kon de lucht via een opening aan de achterzijde de stal verlaten. Alle ventilatie- en verwarmingssystemen worden centraal via een klimaatcomputer geregeld. Figuur 2 toont de doorsnede van de stal met de luchtbewegingen.



Figuur 2 Traject van de ventilatielucht.

De winddrukkak was 110 cm hoog en kon maximaal 96 cm geopend worden. De opening aan de achterzijde van de stal kon maximaal 45 m<sup>2</sup> geopend worden. Om deze opening was een kooi met windbreekgaas geplaatst om te voorkomen dat in plaats van een luchtuitlaat hier een

luchtinlaat zou ontstaan. Voordat de lucht bij de dieren werd gebracht, kon deze worden voorverwarmd met een centraal verwarmingssysteem. Achter de inlaatopeningen waren daarvoor cv-ribbelbuizen aangebracht. Deze buizen zorgden voor circa 60% van de benodigde verwarmingscapaciteit. Voor de overige 40% zorgde een vloerverwarmingssysteem. In de ruimte waar de binnenkomende lucht kon worden voorverwarmd was ook een koelsysteem met hogedruk-sproeinozzles aangebracht, waarmee op warme dagen de binnenkomende lucht werd bevochtigd en gekoeld. Een deel van de ventilatielucht op zolder kon indien nodig via een recirculatieklep gemengd worden met de verse buitenlucht en opnieuw worden gebruikt.

## 2. Ventilatie leefunit

De binnenkomende ventilatielucht werd tussen het plafond en de dichte bovenzijde van de vier etagerijen naar de ventilatie-inlaatgangen van elke leefunit gebracht. In elke leefunit is sprake van dwarsventilatie: aan één zijde van het systeem wordt de lucht binnengelaten en aan de andere zijde, 3 meter verderop, werd de verbruikte lucht over de gang via een ventilator afgezogen naar de ruimte boven het plafond. De lucht kwam de leefunit binnen door kunststof inlaatkleppen over de hele lengte van een verder dichte zijkant. De kunststof inlaatkleppen gingen afhankelijk van de mate van onderdruk meer of minder ver open. Dit zorgde voor een juiste verdeling van de binnenkomende lucht over alle leefunits. De zijde van de leefunits waar de lucht werd afgezogen had over het gehele oppervlak van de leefunit een (open) gaasstructuur.

### 2.1.4 *Ammoniakemissiereducerend principe*

Het ammoniakemissiereducerend principe van dit stalsysteem zou 2-ledig kunnen zijn.

1. Remmen / verminderen van de afbraak(snelheid) van urinezuur en onverteerde eiwitten tot ammoniak.
2. Verminderen van de noodzakelijk hoeveelheid af te voeren stallucht.

Ad 1: Het systeem beoogde dit te bereiken door de verse keutels die in het strooisel terecht kwamen snel in te drogen tot een drogestofgehalte boven 60%, en indirect zo mogelijk ook het drogestofgehalte van het gehele strooisel te verhogen. De directe droging werd bereikt doordat de ingaande lucht zeer dicht bij het strooisel werd binnengelaten (slechts 60 cm afstand). Hierdoor ontstond een soort beluchting van bovenaf van de strooisellaag. In oriënterend onderzoek van Groot Koerkamp *et al.* (2000) bleek dat oppervlaktedroging van het strooisel het drogestofgehalte verhoogde. Bovendien zal door de warmte ontwikkeling in een leefunit ook het strooisel van de 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> verdieping van onderaf door opstijgende warme lucht gedroogd kunnen worden. Bij eerder onderzoek bleek dat bij een scharrelstal met 2 verdiepingen de bovenste verdieping een aanzienlijk lager emissieniveau had wat waarschijnlijk werd veroorzaakt door de warmteontwikkeling van de benedenverdieping (Hol *et al.* 2000). Voor zowel bandmest als strooiselmest is aangetoond dat hogere drogestofgehalten tot lagere emissies leidden (Groot Koerkamp, 1998; Kroodsma *et. al.*, 1989).

Ad 2: Doordat alle ingaande ventilatielucht van een leefunit zeer direct bij de dieren kwam was het mogelijk om met dit huisvestingssysteem de ventilatie te optimaliseren. Nagenoeg alle ventilatielucht werd gebruikt voor luchtverversing bij de dieren. Per dier was de maximale ventilatiecapaciteit 6,2 m<sup>3</sup>/uur. Uit onderzoek bleek dat emissiereducende principes rondom strooiselmanagement gecombineerd met optimalisatie van de ventilatie de NH<sub>3</sub>-emissie sterk kunnen reduceren (Scheer *et al.*, 2002).

De verwachting was dat het systeem naast het hierboven beschreven effect ook een positief effect zou kunnen hebben op het welzijn van het dier (directe toevoer van schone lucht, minimale stress bij afvoer van dieren) en op de gezondheid van het dier (dieren hebben weinig contact met mensen, dus weinig ziekte insleep en minder ziekte overdracht), en tot een lager energieverbruik zou leiden (door een lager ventilatiedebiet door effectievere ventilatie van het microklimaat).

## 2.2 Bedrijfsvoering

### 2.2.1 Zoötechniek

Volgens de milieuvergunning bood de stal plaats aan 90.000 dieren. De bezettingsgraad was daarmee 22,2 dieren per m<sup>2</sup>. In tabel 1 worden de gegevens over de bedrijfsvoering van beide productieronden weergegeven. Tijdens het uitladen werd een deel van de dieren uit de stal gehaald. Bij het afleveren volgde het restant van de dieren. Tijdens de herfstronde werd een deel van de dieren met een hoger gewicht dan gewoonlijk afgeleverd. Hierdoor was deze productieperiode langer dan normaal op dit bedrijf.

Tabel 1 Opzet-, uitlaad- en afleverdata van de kuikens en de bezettingsgraad per productieronde.

Productieronde	Zomer	Herfst
Opzet	1 juli 2004	1 oktober 2004
Uitladen	10 augustus 2004	8 november 2004
Aflevering	11 augustus 2004	11 november 2004
Aantal opgezette kuikens	89.640	88.100
Bezettingsgraad (aantal dieren per m <sup>2</sup> )	22,1	21,8
Type vleeskuiken	Cobb	Cobb

### 2.2.2 Klimaatregeling

Het stalklimaat werd geregeld met een klimaatcomputer. Het gewenst binnenklimaat was afhankelijk van het groeistadium van de dieren. Op basis van de CO<sub>2</sub> concentratie in de stal en de temperatuur binnen en buiten de stal werden de ventilatoren, de recirculatieklep, de stand van de winddrukkap en de grootte van de uitlaatopening geregeld. Tevens kon de ingaande lucht worden verwarmd of bij zeer warme omstandigheden middels verneveling worden gekoeld.

### 2.2.3 Voeding

Het voer en water waren continu beschikbaar. De vleeskuikens werden gevoerd volgens een vier-fase voersysteem (vleeskuikenkorrel). Tabel 2 toont de samenstelling van het voer per fase en de productieperiode waarin het betreffende voer werd gegeven. In beide meetperioden had het voer dezelfde samenstelling.

Tabel 2 Periode, de energiewaarden en het ruw eiwitgehalte van het voer per fase

Fase	I	II	III	IV
Periode (productiedag)	0-7	7-14	14-28	28-40
Omzetbare energie (MJ/kg)	11,9	11,9	12,6	12,6
Ruw eiwitgehalte (g/kg)	20,7	20,7	22,5	22,5

### 2.2.4 Gezondheid

De vleeskuikens waren gehuisvest in een stal zonder toetreding van daglicht, een zogenaamde donkerstal. Het licht in de stal was 2 uur aan gevolgd door één uur uit gedurende 24 uur per dag. Bij opzet van de dieren werden de banden van de leefunits bedekt met een laagje strooisel. Driemaal daags werden de dieren en de stal gecontroleerd en eenmaal per dag ('s ochtends) werden de dode dieren verwijderd. De gezondheidstoestand van de dieren was tijdens de zomerperiode over het algemeen goed. Eenmaal werd gedurende 3 dagen gekuurd vanwege luchtwegproblemen (productiedagen 30 tot 33, met een middel met antibioticum: Flumequine). Tijdens de herfstperiode was de gezondheidstoestand goed hoewel er verschil was in groei. Dit was veroorzaakt door ziekte bij de moederdieren.

Aan het eind van een productieperiode werd de band met kuikens, strooisel en mest afgedraaid. De slachtrijpe kuikens werden aan de zijkant van de stal geladen in een vrachtwagen en het mengsel van strooisel en mest werd aan de achterzijde de stal tijdelijk opgeslagen (bij de luchtuitlaat). Binnen een week werd deze mest hier verwijderd. Na de productieronde werd de stal schoongemaakt en ontsmet met formaldehyde.

## 2.3 Metingen

### 2.3.1 Algemeen

De metingen zijn uitgevoerd binnen randvoorwaarden van het meetprotocol voor emissie-arme stallen, de zogenaamde Beoordelingsrichtlijn (1996). De metingen liepen zoveel mogelijk parallel aan de productieperiodes van de dieren (zie tabel 3).

Tabel 3 Begin- en startdata productieronde en meetronde.

	Zomer	Herfst
Start productieronde	1 juli 2004	1 oktober 2004
Einde productieronde	11 augustus 2004	19 november 2004
Aantal productiedagen	41	49
Start meetperiode	2 juli 2004	2 oktober 2004
Einde meetperiode	9 augustus 2004	7 november 2004
Aantal meetdagen	39	37

Tijdens de meetronden werden productiegegevens geregistreerd door de bedrijfscomputer en de voerleverancier (§ 2.3.2) en werden monsters van de strooisellaag genomen (§ 2.3.3). De geurconcentratie werd per meetperiode 5 keer bepaald (§ 2.3.8). Gedurende de meetperioden was de stal volledig bezet met vleeskuikens.

Gedurende de meetperioden zijn de volgende variabelen semi-continu gemeten:

- relatieve luchtvochtigheid en temperatuur in de stal, van uitgaande lucht en buiten (§ 2.3.4);
- tracergasinjectie en -concentratie ( $SF_6$ ) in de uitgaande lucht en de achtergrondconcentratie naast de stal (§ 2.3.6);
- ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht en de achtergrondconcentratie naast de stal (§ 2.3.7).

In Bijlage C is een schematische weergave opgenomen van de meetopstelling voor de continue metingen. De meetopstelling was geautomatiseerd met data-acquisitieapparatuur die door een industriële PC werd aangestuurd. Het besturingsprogramma voor de data-acquisitie was met Notebook Pro (versie 10.1) van de firma Labtech ontwikkeld. De gaschromatograaf, gebruikt voor bepaling van de tracergasconcentratie, werd aangestuurd door Chrom-Card software. De Notebook Pro-applicatie registreerde alle meetwaarden, inclusief de tracergasconcentraties die door Chrom-Card-software uitgelezen werden. Wekelijks werd de meetapparatuur gecontroleerd en gekalibreerd. Alle veranderingen en werkzaamheden werden in een logboek bijgehouden.

### 2.3.2 Productiegegevens

De volgende productiegegevens werden geregistreerd tijdens de productieronden:

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

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 opgenomen voer te delen door het totale afgeleverde gewicht.

### 2.3.3 Strooisel

Om een indruk te krijgen van het de samenstelling van het strooisel werden tijdens de metingen wekelijks strooiselmonsters uit de stal genomen. De eerste monsternamen waren ongeveer een week na opzet. De monsters werden genomen vanaf het middelste gangpad. Verdeeld over de lengte van de stal werd met de hand van de tweede etage willekeurig strooiselmonster genomen van de band van beide rijen. Van alle monsters werd één mengmonster gemaakt. Van dit mengmonster werd een chemische analyse gemaakt van totaalstikstof, ammoniumstikstof, drogestofgehalte en

pH. De monsternamen werden via een vast patroon uitgevoerd maar was niet geaccrediteerd. Het milieulaboratorium van A&F is onder nummer L313 geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie te Utrecht voor het uitvoeren van chemische analyses.

#### 2.3.4 *Klimaat*

De temperatuur (°C) en de relatieve luchtvochtigheid (%) werden continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic Hygromer®). De nauwkeurigheid van deze sensoren was resp.  $\pm 1,0$  °C en  $\pm 2$  %. Eén sensor hing in het midden van de stal tussen twee rijen nabij een ventilator en een andere sensor hing in de uitgaande lucht. De sensor voor de buitenlucht was in de schaduw aan de noordoostzijde van de vleeskuikenstal geplaatst. De sensoren werden vóór en na de metingen gecontroleerd.

#### 2.3.5 *Ventilatie-debiet*

Het ventilatie-debiet ( $\text{m}^3/\text{uur}$ ) werd met de interne tracergas ratiomethode bepaald (Scholtens en Huis in 't Veld, 1997; Mosquera *et al.*, 2002). Deze methode gaat uit van de aanname dat een geïnjecteerd tracergas en het gas waarvan de emissie bepaald moet worden, in dit geval ammoniak en geur, zich op dezelfde manier door de stallen verspreiden en zo een vergelijkbaar concentratieprofiel in de stallen geven. Onder deze aanname is uit de gemeten tracergas injectiehoeveelheid ( $Q_{\text{tr}}$ ) en de concentratieverschillen tussen binnen- en buitenlucht voor tracergas ( $\Delta C_{\text{tr}}$ ) en ammoniak/geur ( $\Delta C_{\text{NH}_3, \text{geur}}$ ), de emissie ( $E_{\text{NH}_3, \text{geur}}$ ) van het gemeten gas terug te vinden als

$$E_{\text{NH}_3, \text{geur}} = \frac{\Delta C_{\text{NH}_3, \text{geur}}}{\Delta C_{\text{tr}}} * Q_{\text{tr}}$$

In het onderhavige onderzoek meetobjecten werd verondersteld dat de ammoniak en geur vrijkomen vanaf de strooisellaag op de banden. Uitgangspunt voor de emissie van ammoniak en geur uit de stallen is dat alle gevormde ammoniak en geur uiteindelijk de stallen verlaat en daarmee de bronsterkte van ammoniak en geur gelijk te stellen is aan de ammoniak- en geuremissie.

De voornaamste voorwaarden voor emissiebepalingen volgens deze methode zijn dat:

- een goede menging plaatsvindt tussen het tracergas en het te meten gas;
- het verschil in dichtheid van het ingeblazen gasmengsel en de stallucht minimaal is;
- de lucht die de stal verlaat representatief wordt bemonsterd.

De interne tracergas ratiomethode wordt in bijlage G uitgebreid beschreven.

#### 2.3.6 *Tracergasinjectie en –concentratie*

In de meetruimte werden met behulp van twee thermische Mass Flow Controllers (MFC) zuiver  $\text{SF}_6$ -gas en droge perslucht met elkaar gemengd. Dit luchtmengsel werd door een leiding met speciaal ontworpen injectiepunten in de vleeskuikenstal gebracht. In ieder injectiepunt was een orifice (plaatje met zeer kleine doorstroomopening) geplaatst. Het tracergas werd gelijkmatig over



20 injectiepunten en over de gehele lengte van de stal verdeeld in de ruimte van de ingaande lucht.

De uitgaande stallucht werd bemonsterd met een verwarmde en geïsoleerde verzamelleiding van polyethyleen met een diameter van ¼ inch (0,635 cm). Via 6 monsterpunten à 500 ml/min werd de uitgaande lucht bemonsterd. De buitenlucht werd met een soortgelijke leiding bemonsterd aan de oostzijde van de stal circa 2 meter onder de winddruppel. Via 3 monsterpunten à 1000 ml/min werd de buitenlucht aangezogen.

Voor de analyse van het SF<sub>6</sub>-tracergas werd gebruik gemaakt van een gaschromatograaf (GC), die was uitgerust met een ECD-80 detector. De GC werd wekelijks gekalibreerd met een gecertificeerd ijkgas van SF<sub>6</sub> in N<sub>2</sub>. De resultaten van de kalibraties van de GC zijn vermeld in Bijlage D.

#### 2.3.7 *Ammoniakconcentratie*

De ammoniakconcentratie werd semi-continu gemeten met behulp van een NO<sub>x</sub>-monitor (Advanced Pollution Instrumentation Inc., model 200A). Deze methode is door Scholtens (1993) beschreven en een korte omschrijving is in Bijlage E opgenomen. De luchtmonsters voor de tracergasmetingen werden ook voor de bepaling van ammoniakconcentraties gebruikt. Om NH<sub>3</sub> met de NO<sub>x</sub>-monitor te kunnen meten moet het eerst door een converter omgezet worden tot NO. Het gevormde stabiele NO werd met een pomp door polyethyleen slangen naar de monitor gezogen en gemeten.

Iedere week werd de monitor gekalibreerd met NO-gas in stikstof van 10,8 (zomerperiode) en 41,4 ppm (herfstperiode). De resultaten van de kalibraties van de monitor zijn vermeld in Bijlage E. Bij het gebruikte meetprincipe is het signaal van de monitor lineair met de ammoniakconcentratie. De stoffilters in de luchtleiding voor de converters werden regelmatig vervangen. De gemiddelde omzettingpercentages van de converters zijn vermeld in Bijlage E.

#### 2.3.8 *Geurconcentratie*

Het monsternamepunt voor de geur bevond zich in de uitgaande luchtstroom van de stal. Het geurmonster werd tussen 10:00 en 12:00 uur aangezogen door een pomp bij de meetapparatuur. De bemonstering werd uitgevoerd volgens de zogenaamde longmethode. Hierbij werd een lege teflon monsterzak, die zich in een gesloten vat bevond, via een teflon slang gevuld met stallucht. Door lucht uit het vat te zuigen (0,5 l/min), ontstond in het vat onderdruk en werd door een stoffilter (1-2 µm) stallucht aangezogen in de zak. Om condensvorming te voorkomen werd verwarmingslint langs de monsternameleiding aangebracht.

Het monster werd direct na bemonstering naar het geurlaboratorium van A&F vervoerd om binnen 30 uur te worden gemeten. De geuranalyses werden uitgevoerd door het geurlaboratorium van A&F volgens de voornorm NVN 2820 met wijzigingsblad A1 (NNI,

1995). Het geurlaboratorium van A&F is onder nummer L313 geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie te Utrecht voor het uitvoeren van geuranalyses. Aan de geuranalyses werd deelgenomen door een groep van 4 tot 6 panelleden in wisselende samenstelling. De gevoeligheid van de panelleden werd voor de metingen getest met butanol. De geurconcentraties en –emissies worden vermeld in resp.  $\text{OU}_E/\text{m}^3$  en  $\text{OU}_E/\text{s}$ . De eenheid ‘ $\text{OU}_E$ ’ staat hierbij voor ‘European Odour Units’.

## 2.4 Dataverwerking

De ammoniakemissie uit de stallen werd berekend volgens de interne tracergas ratiomethode. Hieronder volgt een puntsgewijs overzicht hoe bij de berekening te werk is gegaan. Voor de hierbij gebruikte formules en achtergrondinformatie wordt verwezen naar Bijlage G.

- geregistreerde meetwaarden werden omgerekend naar uurgemiddelde waarden voor de betreffende fysische grootheden;
- de hoeveelheid geïnjecteerd tracergas ( $\text{SF}_6$ ) werd bepaald aan de hand van de ijkcurve van de betreffende Mass Flow Controller;
- de uurgemiddelde ammoniakconcentraties werden gecorrigeerd voor de rendementen van de converters en voor het verloop van de  $\text{NO}_x$ -monitor dat uit de kalibraties met ijkgas volgde;
- de uurgemiddelde ammoniakconcentraties in ppm werd met een factor 0,76 (bij 0 °C en 1 atm.) omgerekend naar mg ammoniak per  $\text{m}^3$  lucht (Weast *et al*, 1986);
- de uurgemiddelde tracergasconcentraties werden aan de hand van de wekelijkse kalibraties met een ijkgas lineair gecorrigeerd voor het verloop van de gaschromatograaf tussen twee kalibraties;
- de mengfactor ( $K_M$ ,  $\text{m}^3/\text{uur}$ ) werd berekend uit de verhouding tussen het  $\text{SF}_6$ -injectieniveau en de gemeten verschilconcentratie van  $\text{SF}_6$ ;
- missende uurwaarnemingen (als gevolg van kalibraties, technische storingen of onbetrouwbaarheid) van tracergas- en ammoniakconcentraties, temperaturen en relatieve luchtvochtigheden werden niet geïnterpoleerd;
- de  $\text{NH}_3$ -bronsterkte werd berekend door het  $\text{SF}_6$ -injectieniveau te vermenigvuldigen met de verhouding tussen  $\text{NH}_3$ - en  $\text{SF}_6$ -concentratieverschillen tussen binnen- en buitenlucht;
- uit de uurwaarnemingen werden daggemiddelden berekend. Indien een daggemiddelde emissie (g/uur) uit minder dan 19 uurwaarnemingen bestond werd deze gehele dag als missend beschouwd.

De meetronde werd gestart op de eerste hele dag na opleg van de dieren. Het einde van de meetronde werd bereikt op het laatste hele etmaal vóór de eerste kuikens afgeleverd werden. Dit was na circa 5-6 weken.

Een aantal meetdagen ontbrak door apparatuur- en elektriciteitsstoringen. Het bleek dat door een technische storing de metingen van de achtergrondmetingen van de ammoniakconcentratie in beide meetperioden problemen gaf. Besloten is om voor beide perioden de uitgaande

stalconcentraties te corrigeren met een vaste achtergrondconcentratie van  $0,07 \text{ mg NH}_3/\text{m}^3$ . Deze concentratiewaarde is gebaseerd op de gemeten concentratie aan het begin van de eerste ronde en op achtergrondmetingen bij locaties in het verleden.

Uit de uurwaarnemingen van de hiervoor benoemde gemeten parameters werden dag-gemiddelden berekend. De gemiddelde emissie (g/uur) werd berekend voor beide meetperioden. Hiermee werd voor beide meetperioden de ammoniakemissie per dierplaats per jaar berekend, uitgaande van een leegstand van 19%. De leegstand is berekend op basis van een gemiddelde productieperiode van 42 dagen en een gemiddelde leegstand van 10 dagen (KWIN, 2003). Het aantal dierplaatsen werd gelijk gesteld aan het aantal opgezette dieren. De berekende ammoniakemissie werd vergeleken met de emissiefactor voor vleeskuikens zoals die is opgenomen in de Wijziging Regeling Ammoniak en Veehouderij (Infomil, 2004).

Per meetperiode werd de geuremissie ( $\text{OU}_E/\text{s}$ ) berekend als het product van geurconcentratie ( $\text{OU}_E/\text{m}^3$ ) en de mengfactor ( $K_m, \text{m}^3/\text{uur}$ ) gedeeld door 3600 (aantal seconden per uur). Per geuremissie werd het natuurlijk logaritme (LN) berekend en deze werden gemiddeld. Dit geometrisch gemiddelde per periode werd vervolgens weer door omzetting via de exponentiële functie op normale schaal uitgedrukt. Tenslotte werd de geometrisch gemiddelde geuremissie per dier voor het gehele huisvestingssysteem berekend.

## 3 Resultaten

### 3.1 Productieresultaten

In tabel 4 zijn de productieresultaten weergegeven van de twee productieronden. Tevens is het landelijk gemiddelde weergegeven.

Tabel 4 Bedrijfsresultaten en –kenmerken van de productieronden en het landelijk gemiddelde (KWIN 2003).

Productieronde	zomer	herfst	landelijk gemiddelde
Aantal opgezette kuikens	89.640	88.100	-
Lengte productieronde (dagen)	40	49	43
Aflevergewicht (g)	1.860	2.252	2.050
Groei per dag (g)	46	50	49
Voerverbruik (g per dier)	3.180	3.983	3.547
Voerconversie	1,71	1,77	1,73
Uitval (%)	1,2	6,0	4,0
Water/voer-verhouding	1,92	1,80	-

Tijdens de eerste productieronde liep de dagelijkse voeropname van dag 1 naar dag 40 op van 12 tot 140 gram per dier. Tijdens de tweede productieronde ging de voeropname van 10 gram (dag 1) naar 174 gram per dier (dag 46). In de productieronde in de herfst was de uitval hoog. Dit werd met name veroorzaakt door de onregelmatige groep dieren die werd opgelegd. En dit werd weer veroorzaakt door ziekte bij de moederdieren. De gemiddelde uitval van dit meeretagesysteem was 1,5% (gemiddelde van 20 rondes; bron Vencomatic bv.).

### 3.2 Strooiselmonsters

In Tabel 5 zijn de resultaten van de chemische- en drogestofanalyses van de mest/strooiselmonsters per productieronde gegeven. Uit de resultaten blijkt dat het N-totaalgehalte, vanaf productiedag 19, hoger was ten opzichte van gemiddelde vleeskuikenstrooisel (normaal 30,5 g/kg). Het ammonium-N gehalte was daarentegen juist laag (normaal 5,6 g/kg). Tijdens de monsternamen van het strooisel viel in beide meetperioden op dat na enkele weken een droge, enigszins verharde bovenlaag ontstond.

Tabel 5 Droge stof, ammoniumstikstof (NH<sub>4</sub>-N), totaal stikstof (totaal-N) en pH van de mestmonsters en gemiddelde met standaarddeviatie (stdv) van beide productieronden.

	Droge stof (g/kg)		NH <sub>4</sub> -N (g/kg)		Totaal-N (g/kg)		PH (-)	
<i>Zomerperiode</i>								
Productiedag 19	754		1,75		33,1		7,6	
Productiedag 27	680		2,74		36,9		7,7	
Productiedag 32	629		3,23		35,9		8,1	
Gemiddelde en stdv	<b>688</b>	<b>63</b>	<b>2,57</b>	<b>0,8</b>	<b>35,3</b>	<b>2,0</b>	<b>7,8</b>	<b>0,4</b>
<i>Herfperiode</i>								
Productiedag 6	765		0,45		15,3		6,1	
Productiedag 13	794		0,68		26,7		5,8	
Productiedag 20	735		1,84		31,1		6,0	
Productiedag 27	664		2,56		31,0		6,1	
Productiedag 34	623		3,52		31,7		6,6	
Gemiddelde en stdv	<b>716</b>	<b>71</b>	<b>1,81</b>	<b>1,3</b>	<b>27,2</b>	<b>6,9</b>	<b>6,1</b>	<b>0,4</b>

### 3.3 Klimaat en ventilatie-debiet

In tabel 6 zijn de gemiddelde temperatuur, de relatieve luchtvochtigheid en het ventilatie-debiet per gemiddeld aanwezig dier tijdens beide meetperioden weergegeven. In bijlage H en I staan de daggemiddelden van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de stal-, uitgaand- en buitenlucht. In Bijlage J staat het totale ventilatie-debiet van de stal tijdens beide productieronden grafisch gegeven.

Tabel 6 Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buiten-, stal- en uitgaande lucht en het ventilatie-debiet per gemiddeld per meetronde.

		zomer	herfst
Temperatuur (°C)	Buitenlucht	21,2	13,2
	Stallucht	28,4	29,6
	Uitgaande lucht	27,9	28,9
Relatieve luchtvochtigheid (%)	Buitenlucht	72	83
	Stallucht	62	55
	Uitgaande lucht	62	61
Ventilatie-debiet (m <sup>3</sup> /uur per dier)		2,4	0,5

Uit de tabel blijkt dat de buitentemperatuur in de zomerperiode aanzienlijk hoger was dan de in de herfstperiode. De verschillen zijn in veel mindere mate terug te vinden in de staltemperatuur. De lagere buitentemperatuur in de herfstperiode had tot gevolg dat het ventilatie-debiet ook aanzienlijk lager was ten opzichte van de zomerperiode. De staltemperatuur was tijdens de eerste en tweede meetperiode nagenoeg gelijk.

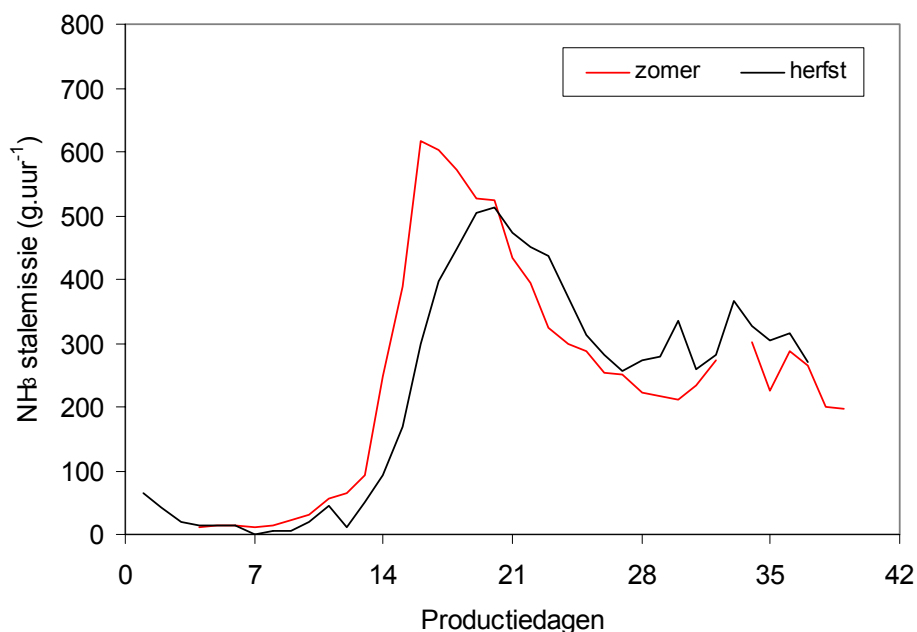
### 3.4 Ammoniakconcentratie en -emissie

In tabel 7 staan de gemiddelde ammoniakconcentraties en -emissies tijdens de zomer- en herfstperiode. De gemeten ammoniakconcentraties van beide productieronden zijn grafisch weergegeven in Bijlage K.

Tabel 7 Aantal geplaatste dieren, lengte meetperiode, aantal bruikbare meetdagen, ammoniakconcentratie en ammoniakemissie per meetperiode.

Meetronde	Zomer	Herfst
Aantal geplaatste dieren	89.640	88.100
Lengte meetperiode (dagen)	39	37
Aantal bruikbare meetdagen	31	34
NH <sub>3</sub> -concentratie uitgaande lucht (mg/m <sup>3</sup> )	1,61	4,49
NH <sub>3</sub> -concentratie ingaande lucht (mg/m <sup>3</sup> )	0,07	0,07
Ammoniakemissie (g/uur)	257,1	252,1
Ammoniakemissie (g/jaar per dierplaats incl. 19% leegstand)	20,3	20,4
Ammoniakemissie reductie op jaarbasis t.o.v. RAV	75%	74%

De gemiddelde concentratie van de uitgaande lucht was gedurende de zomerronde 1,61 mg/m<sup>3</sup>, voor de herfstronde 4,49 mg/m<sup>3</sup>. De ammoniakemissie was, rekening houdend met een leegstand van 19%, tijdens de zomerronde 20,3 g/jaar per dier en voor herfstronde 20,4 g/jaar per dier. De gemiddelde emissiereductie ten opzichte van de emissiefactor voor traditionele vleeskuikenstallen was 75% (Infomil, 2004). Figuur 3 toont de daggemiddelde ammoniakemissie van de gehele stal tijdens de zomer- en herfstperiode.



Figuur 3 Verloop van de ammoniakemissie (g/uur) tijdens zomer- en herfstperiode.

De emissie kwam tijdens beide perioden na bijna 2 weken op gang. In deze periode produceerden de kuikens nog weinig mest en tevens was door het toepassen van recirculatie, weinig lucht die de stal verliet. Rond 2 weken na opleg nam de emissie van ammoniak sterk toe. Gezien het ventilatie- en concentratieverloop (bijlagen J en K) werd deze emissietoename vooral veroorzaakt door de toegenomen ammoniakconcentratie in de uitgaande lucht. Na de snelle

toename van de emissie volgde een geleidelijke afname waarna de emissie zich de laatste 2 weken van de perioden stabiliseerde.

Tijdens het einde van de zomerperiode waren er momenten dat de ingaande lucht werd verneveld om voor koeling te zorgen. Aangezien verneveling automatisch werd geregeld, is onbekend hoe vaak dit heeft plaatsgevonden.

Het verloop van de ammoniakemissie tijdens beide perioden vertoonde veel overeenkomst. De toename van ammoniakemissie was tijdens de zomerperiode wat groter en kwam eerder op gang, terwijl de toename tijdens de herfstperiode iets minder groot was en wat geleidelijker op gang kwam.

### 3.5 Geurconcentratie en -emissie

In Tabel 8 wordt de geurconcentratie en -emissie per dierplaats voor de zomer- en herfstperiode gegeven. In zowel de zomerronde als herfstperiode waren 5 geurmetingen uitgevoerd.

Tabel 8 Gemiddelde geurconcentratie van uitgaande lucht, ventilatiedebiet en geuremissie uit de stal en per geplaatst dier gedurende de zomer- en herfstperiode.

	zomer	herfst
Aantal metingen	5	5
Geurconcentratie (OU <sub>E</sub> /m <sup>3</sup> )	1.237	1.400
Gemiddeld debiet (m <sup>3</sup> /uur)	225.746	48.230
Geuremissie (OU <sub>E</sub> /s)	62.267	16.751
Aantal geplaatste dieren	89.640	88.100
Geuremissie afdeling per geplaatst dier (OU <sub>E</sub> /s)	0,70	0,19

De geometrisch gemiddelde geuremissie bedroeg in de zomerperiode 0,70 OU<sub>E</sub>/s per dierplaats en in de herfstperiode 0,19 OU<sub>E</sub>/s per dierplaats. De geometrisch gemiddelde geuremissie voor de hele periode bedroeg 0,39 OU<sub>E</sub>/s per dierplaats. Dit is hoger dan de meetresultaten van alle tot nu toe gemeten vleeskuikenstallen (Ogink en Lens, 2000; Mol en Ogink, 2002; Scheer *et al*, 2003). Deze geuremissie was gemiddeld 0,22 OU<sub>E</sub>/s per dier.

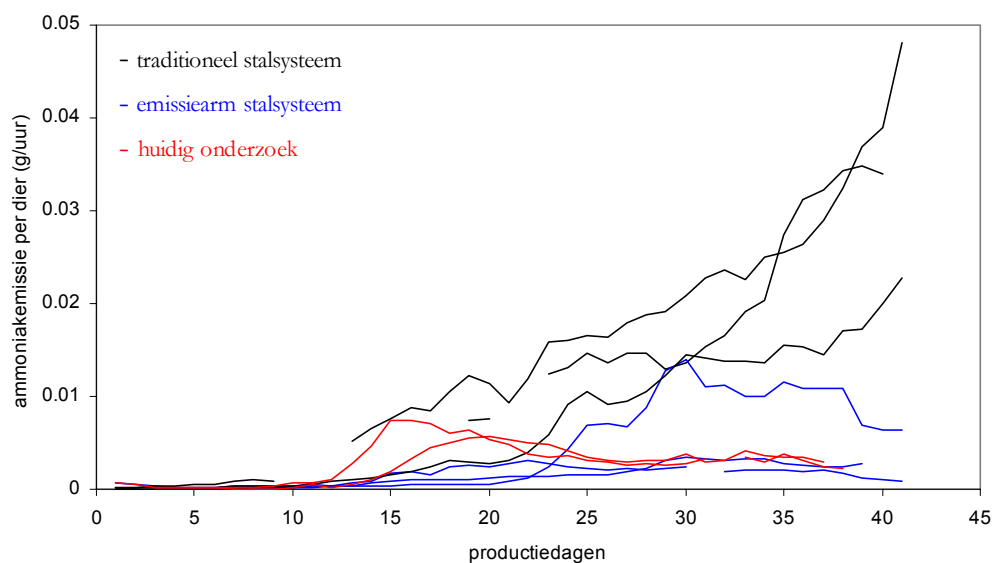
## 4 Discussie

Het ammoniakemissiereducerend principe van het onderhavige huisvestingsstelsel gaat uit van het voorkomen van broei in de strooisellaag en een efficiënt ventilatiesysteem. Aangezien de gemeten ammoniak emissiereductie ten opzichte van de emissiefactor voor traditionele vleeskuikenstallen gemiddeld 75% was, lijkt dat deze principes inderdaad tot een grote emissiereductie kunnen leiden.

Door direct bij het dier te ventileren, was de hoeveelheid lucht die nodig was voor verversing aanzienlijk minder dan de hoeveelheid voor een traditionele stal met grondhuisvesting. Bovendien bedraagt de afstand tussen ingaande lucht en af te voeren lucht slechts de breedte van de strooiselvloer (3 m). In een traditionele stal deze afstanden vele malen groter zijn. Dit kan verklaren waarom het ventilatiedebiet, de lucht die via de achterdeur naar buiten wordt afgevoerd, in beide perioden laag was. Met name in de herfstperiode was het gemiddelde debiet zeer laag,  $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{uur}^{-1}$  per dier. Dit kan alleen worden bereikt wanneer een deel van de stallucht (uit de leefunit) samen met ingaande lucht wordt gerecirculeerd en dus niet meteen wordt afgevoerd. Zolang de temperatuur en het  $\text{CO}_2$ -gehalte van de stallucht aan de gestelde voorwaarden voldeden was recirculatie mogelijk. Het is echter onduidelijk wat het effect van de recirculatie op de totale emissie of emissiereductie was.

Volgens Groot Koerkamp *et al.* (2000) is de vorming van ammoniak uit het strooisel maximaal bij een drogestofgehalte van ca. 750 g/kg. In het onderhavige onderzoek was het gemiddelde drogestofgehalte van het strooisel 688 g/kg en 716 g/kg. Op basis van deze gehalten zou geen hoge emissiereductie worden verwacht. Toch werd een emissiereductie bereikt van ruim 70%. In onderzoek van Scheer *et al.* (2003) werd een gelijksoortige tegenstelling gevonden, een emissiereductie van ruim 80% (IMAGO stalsysteem) waarbij het drogestofgehalte gemiddeld ca. 600 g/kg was. In dit onderzoek werd aangegeven dat de bulkbepaling van het drogestofgehalte van een mengmonster van de strooisellaag niet de juiste parameter was voor het vaststellen van het emitterend vermogen van het strooisel. Bij de monstername van het strooiselmateriaal in de eerste deel van de productieronde werd geconstateerd dat het strooisel rul was, terwijl in de tweede deel een wat (vochtige) dichte bovenlaag zichtbaar en voelbaar was. Bovendien was het duidelijk dat het strooisel in de tweede deel van de productieronde niet broeide. Dit kan de stijging en afvlakking van de ammoniakemissies in figuur 3 verklaren.



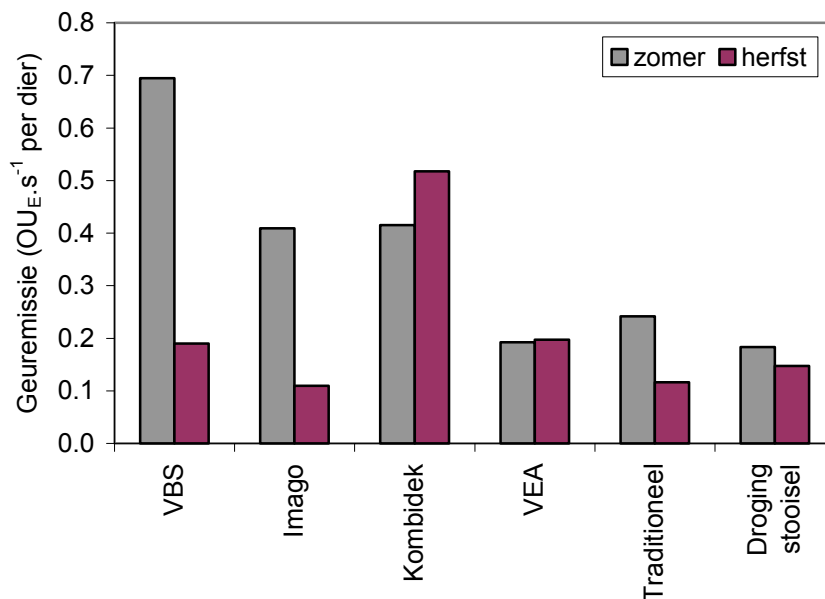


Figuur 4 Emissieverloop van verschillende stalsystemen voor vleeskuikens (Scheer et al, 2003; Wever *et al.* 1999 ; Hol en Groot Koerkamp 1998)

In figuur 4 wordt het verloop van de ammoniakemissie bij het onderhavige onderzoek vergeleken met andere gemeten vleeskuikenstallen. In de eerste deel van de productieronde laten alle systemen een vergelijkbaar emissiepatroon zien: een toename van de mestproductie dat tot een hogere ammoniakemissie leidt. Na ca 15 tot 18 productiedagen werd in het onderhavige onderzoek een afvlakking van de emissie geconstateerd, die ook bij andere huisvestingssystemen werd teruggevonden echter op andere tijdstippen in de productieronde. Door de toename in mestproductie gecombineerd met de luchtbeweging langs het strooisel werd een dichte laag op het strooisel gevormd. Hierdoor werd waarschijnlijk de emissie geremd, waardoor deze niet meer toenam, ondanks de toename in mestproductie. De daaropvolgende daling in emissie werd niet geregistreerd bij de overige stalsystemen. Een mogelijke verklaring zou kunnen worden gevonden in het sterk verminderen van het contact tussen ventilatielucht en emitterend oppervlak (het strooisel). In principe moet de ventilatielucht in de leefunit met behulp van de klepstand richting de strooiselvloer worden geleid. Bij grotere dieren zou dit niet altijd kunnen worden gerealiseerd, aangezien de dieren de luchtstroom beïnvloeden, waardoor de gerichte luchtstroom niet meer bij het strooisel zou kunnen komen.

Een mogelijke aanvullende verklaring voor het dalen van de emissie in het tweede deel van de productieperiode zou kunnen worden gezocht in de stofopslag op de zolder. Het is mogelijk dat aan het stof ammoniak blijft kleven (het stof is zeer waarschijnlijk hydrofiel). Naarmate de dieren ouder werden zal er meer stof worden geproduceerd en is het mogelijk dat een groter deel van de ammoniak uit de leefunit opgenomen wordt door het stof. Het resultaat is een lagere emissie en een ammoniakopslag in het stof. Er is echter geen stof bemonsterd en geanalyseerd zodat deze mogelijk verklaring niet is getoetst.

De gemeten geuremissie van dit stalsysteem laat geen emissiereductie zien ten opzichte van traditionele stalsystemen. Het is al eerder aangetoond (Ogink en Lens, 2001) dat de relatie tussen de emissies van geur en ammoniak bij pluimveestallen niet aanwezig is. De geuremissie van een stal voor leghennen met een legbatterij is bijvoorbeeld vergelijkbaar met die van een scharrelstal met grondhuisvesting terwijl de ammoniakemissie van een scharrelstal 10 maal zo hoog is ten opzichte van een stal met een legbatterij.



Figuur 5 Geuremissies tijdens meetperioden in de zomer en herfst van verschillende stalsystemen voor vleeskuikens (Scheer et al, 2003; Ogink en Lens, 2001).

Uit figuur 5 blijkt dat bij vleeskuikens de ammoniakemissiearme stalsystemen gelijkwaardige of hogere geuremissies geven ten opzichte van traditionele stalsystemen. De geometrisch gemiddelde geuremissie van vleeskuikenstallen was  $0,23 \text{ OU}_{\text{E}}\cdot\text{s}^{-1}$  per dier met een standaardfout op log-schaal van 0,19. Verder blijkt uit de meetresultaten de invloed van het ventilatiedebiet op de geuremissie. Een hoger ventilatiedebiet in de zomer gaf bij 4 van de 6 stalsystemen een hogere geuremissie. Mol en Ogink (2002) vonden bij varkens een significant debieteffect waarbij een toename van het ventilatiedebiet met 100% en toename in geuremissie betekende van 57% tot 77%.

## 5 Conclusies

De ammoniakemissie van de Vencomatic broiler System, een meeretage vleeskuikenstal, was gedurende de zomerronde gemiddeld 20,3 g per dierplaats per jaar en voor de herfstronde 20,4 g per dierplaats per jaar (incl. 19% leegstand). Op jaarbasis was de ammoniakreductie 75% lager dan de emissiefactor voor traditionele stallen.

De geometrisch gemiddelde geuremissie bedroeg in de zomerperiode 0,70  $\text{OU}_E/\text{s}$  per dierplaats en in de herfstperiode 0,19  $\text{OU}_E/\text{s}$  per dierplaats. De geometrisch gemiddelde geuremissie voor de hele periode bedroeg 0,36  $\text{OU}_E/\text{s}$  per dierplaats. Dit is hoger dan de gemiddelde geuremissie uit emissie-arme en traditionele vleeskuikstallen.

## Literatuur

- Beoordelingsrichtlijn. 1996. Beoordelingsrichtlijn in het kader van Groen Label stallen, uitgave maart 1996. Publicatie van de Ministeries van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieugeheer en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- EU (2001). Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants. Official Journal L 309, 27/11/2001, pp. 22-30
- Groot Koerkamp, 1998. Ammonia emission from aviary housing systems for laying hens. Inventory, Characteristics and Solutions. Thesis Wageningen, 161 pp.
- Groot Koerkamp, P.W.G., J.H. van Middelkoop, J. van Harn en H. Gunnink, 2000. Oriënterend onderzoek naar de effecten van beluchting van de toplaag van strooisel in een vleeskuikenstal. Wageningen, IMAG nota P 2000-16; PP-rapport No. 20002, 15 pp.
- Groot Koerkamp, P.W.G., J.H. van Middelkoop en E. Evers, 2000. Ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen toegenomen. Pluimveehouderij 30 (21) p. 10-11.
- 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 met strooisel. Wageningen, DLO rapport 98-1004, 15 pp. excl. bijlage.
- Infomil, 2004. Wijziging Regeling ammoniak en veehouderij. In: Staatscourant 1 mei 2004, nr. /pag 16.
- Kroodsma, W., W. Brunnekreef and D.A. Ehlhardt, 1989. Mogelijkheden voor mestbehandeling en vermindering van de NH<sub>3</sub>-emissie op pluimveebedrijven (Possibilities for manure treatment and reduction of ammonia emissions on poultry farms). In: Perspectieven voor de aanpak van de mest- en ammoniakproblematiek op bedrijfsniveau (eds: A.A. Jongebreur and G.J. Monteny), Proceedings Themadag 30 May te Ede, DLO, Wageningen, the Netherlands, p. 13-38.
- KWIN-Veehouderij, 2004. Kwantitatieve informatie veehouderij 2003-2004. Animal Science Group / Praktijkonderzoek, Praktijkboek 28, Lelystad, p. 365-376.
- Mol, G. en N.W.M. Ogink, 2002. Geuremissie uit de veehouderij II. Overzichtsrapportage 2000 - 2002. IMAG rapport 2001-14, 36pp.
- NVN 2820+A1, 1995,1996. Luchtkwaliteit, sensorische geurmetingen met een olfactometer + aanvulling. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.
- Ogink, N.W.M. en J.V. Klarenbeek, 1997. Evaluation of a standard sampling method for determination of odour emission from animal housing systems and calibration of the Dutch pig odour unit into standardised odour units. Gepubliceerd in: Proceedings of the International symposium. Ammonia and odour control from production facilities. Vinkeloord, The Netherlands, 1997, p. 231-238.

- Ogink, N.W.M. en G. Mol, 2002. Uitwerking van een protocol voor het meten van de geuremissie uit stallocaties en stalsystemen in de veehouderij. IMAG nota P 2002-57, 31 pp.
- Ogink, N.W.M. en P. Lens, 2001. Geuremissie uit de veehouderij. Overzichtsrapportage 1996-1999. IMAG rapport 2001-14, 36pp.
- Scheer, A., J.M.G. Hol en G. Mol, 2003. Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LVIII; Stal voor vleeskuikens met vloerverwarming en mixluchtventilatoren voor het drogen van de strooisellaag. Wageningen, IMAG rapport 2003-15, 48 pp.
- Scholtens, R., 1993. NH<sub>3</sub>-converter + NO<sub>x</sub>-analyser. In: E.N.J. Ouwkerk (Ed.): Meetmethoden NH<sub>3</sub>-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 NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 59-62.
- Scholtens, en J.W.H. Huis in 't Veld, 2003. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVI: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met betonroosters voor melkvee. Wageningen, DLO; Rapport 97-1006, 35 pp. excl. bijlage.
- Sliggers, J. (Ed), 2001. Op weg naar duurzame niveaus voor gezondheid en natuur. Overzichtspublicatie thema verzuring en grootschalige luchtverontreiniging. Rapport VROM 010344/h/10-01 17529/187, Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), Den Haag, oktober 2001, 229 pp.
- VROM, 1989. Nationaal Milieubeleidsplan: kiezen of verliezen. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.
- VROM, 1998. Nationaal Milieubeleidsplan 3. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.
- VROM en LNV, 1996. Richtlijn Veehouderij en Stankhinder 1996. Publicatie van de Ministeries van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- VROM (2001). National Environmental Policy Plan-4. VROM, The Hague, the Netherlands.
- Waest, R.C., M.J. Astle and W.H. Beyer, 1986. Handbook of chemistry and physics, 67th Edition. Florida, CRC Press Inc.
- Wever, A.C., J.W.H. Huis in 't Veld en P.W.G. Groot Koerkamp, 1999. Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLV: Vleeskuikenstal met isolatie en ventilatie volgens het VEA-concept. Wageningen, IMAG rapport 99-09, 21 pp. excl. bijlage.

## **Bijlagen**

- Bijlage A Kader en contactpersonen A&F-meetploeg
- Bijlage B Plattegrond van het bedrijf
- Bijlage C Schema meetopstelling
- Bijlage D Kalibratieresultaten van de gaschromatograaf
- Bijlage E Principe en kalibratieresultaten NO<sub>x</sub>-monitor
- Bijlage F Omzettingspercentage converters
- Bijlage G Achtergrondinformatie interne tracergasratio-methode
- Bijlage H Temperatuur
- Bijlage I Relatieve luchtvochtigheid
- Bijlage J Ventilatie-debiet
- Bijlage K Ammoniakconcentratie

## **Bijlage A Kader en contactpersonen meetploeg A&F**

De meetploeg van Agrotechnology & Food Innovations, onderdeel van Wageningen UR, voert op aanvraag emissiemetingen uit aan stallen of systemen met een verminderde uitstoot van ammoniak en geur, op met name agrarische praktijkbedrijven. Zo'n aanvraag kan worden ingediend door een veehouder of het bedrijfsleven, maar ook kan de overheid (LNV, VROM) belang hebben bij het vaststellen van een emissiefactor voor bepaalde systemen. Voor elk soort vraag is een protocol voor het uitvoeren van de metingen beschikbaar. Het maakt namelijk uit of het resultaat van de metingen gebruikt wordt voor het vaststellen van een emissiefactor voor de RAV of dat inzicht nodig is in het verloop van de uitstoot in de tijd (processtudies). De meetploeg is gespecialiseerd in het meten van ammoniak- en geuremissies in stallen, maar ook buiten de stallen, bijvoorbeeld na het uitrijden van mest of van biologische uitloopssystemen. Daarnaast meet ze ook regelmatig broeikasgassen en fijn stof.

De meetploeg bestaat uit een team van meettechnici, landbouwkundige onderzoeksassistenten en wetenschappelijk onderzoekers. Zij werken samen om metingen in praktijkomstandigheden wetenschappelijk verantwoord uit te voeren en te rapporteren. In de afgelopen 15 jaar heeft de meetploeg ervaring opgedaan met meer dan 60 verschillende stalsystemen. Door deze grote ervaring bij de uitvoering van metingen kan de meetploeg nieuwe meetresultaten goed in een groter geheel analyseren en zodoende verbanden leggen tussen de meetresultaten, de techniek en het handelen van de veehouder.

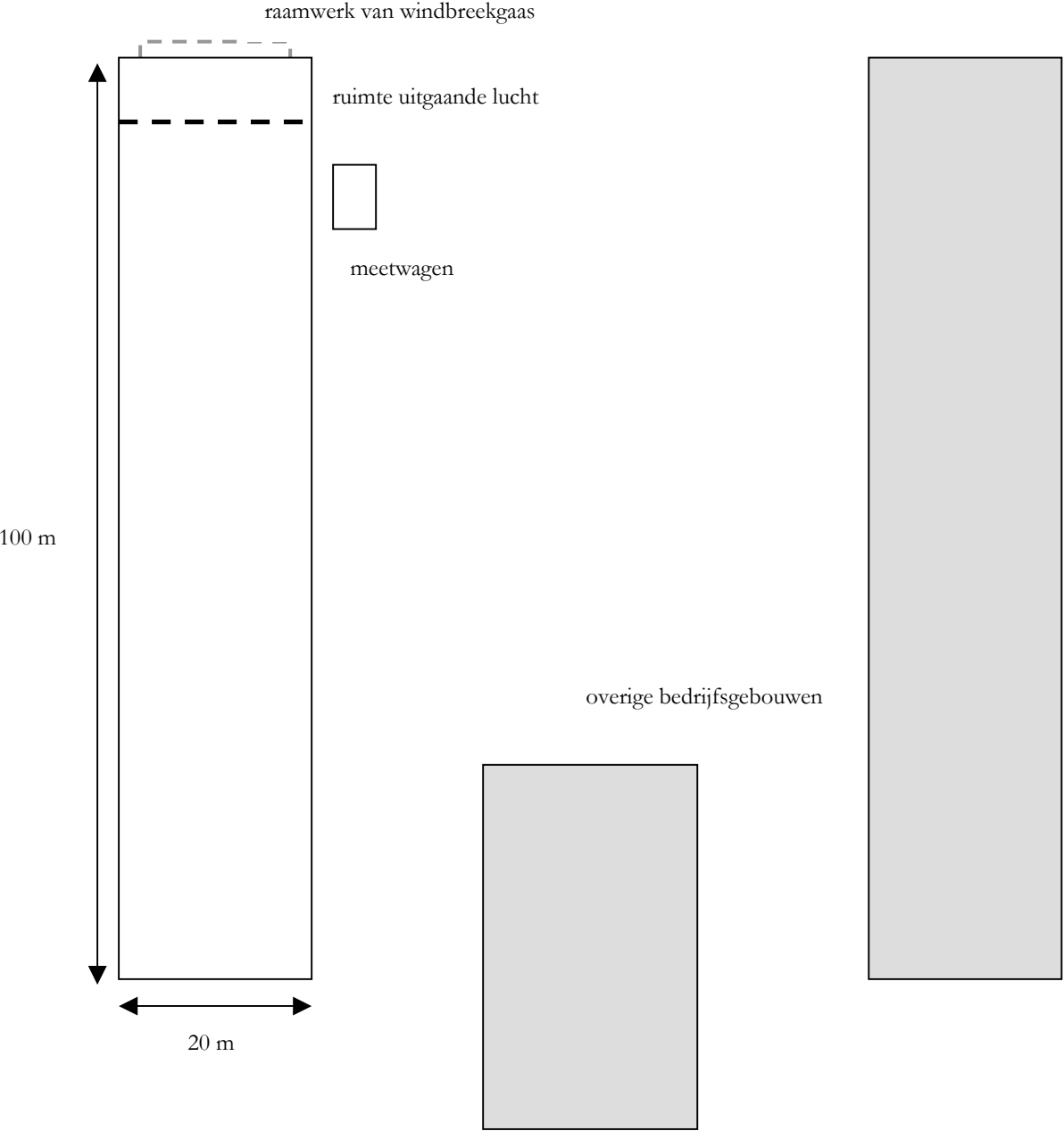
Een deel van de meetaanvragen kan door het ministerie van LNV financieel worden ondersteund. Hiervoor is binnen het programma 415: *integrale aanpak van gasvormige emissie van de veehouderij* een beperkte financiële ruimte gecreëerd. Voor meetaanvragen die als doel hebben een emissiefactor in de RAV te verkrijgen heeft het ministerie van VROM een Commissie van deskundigen samengesteld. Deze commissie beoordeelt meetaanvragen op de haalbaarheid, zorgt voor de protocollen rond de metingen en beoordeelt de metingen na afloop aan de hand van een rapportage.

### ***Contact:***

Ministerie van VROM  
DG Milieu; Directie Bodem, Water en Landelijk Gebied; Afdeling Landbouw  
Postbus 30945; 2500 GX Den Haag; IPC 625  
Telefoon (secr. BWL): 070 3394309

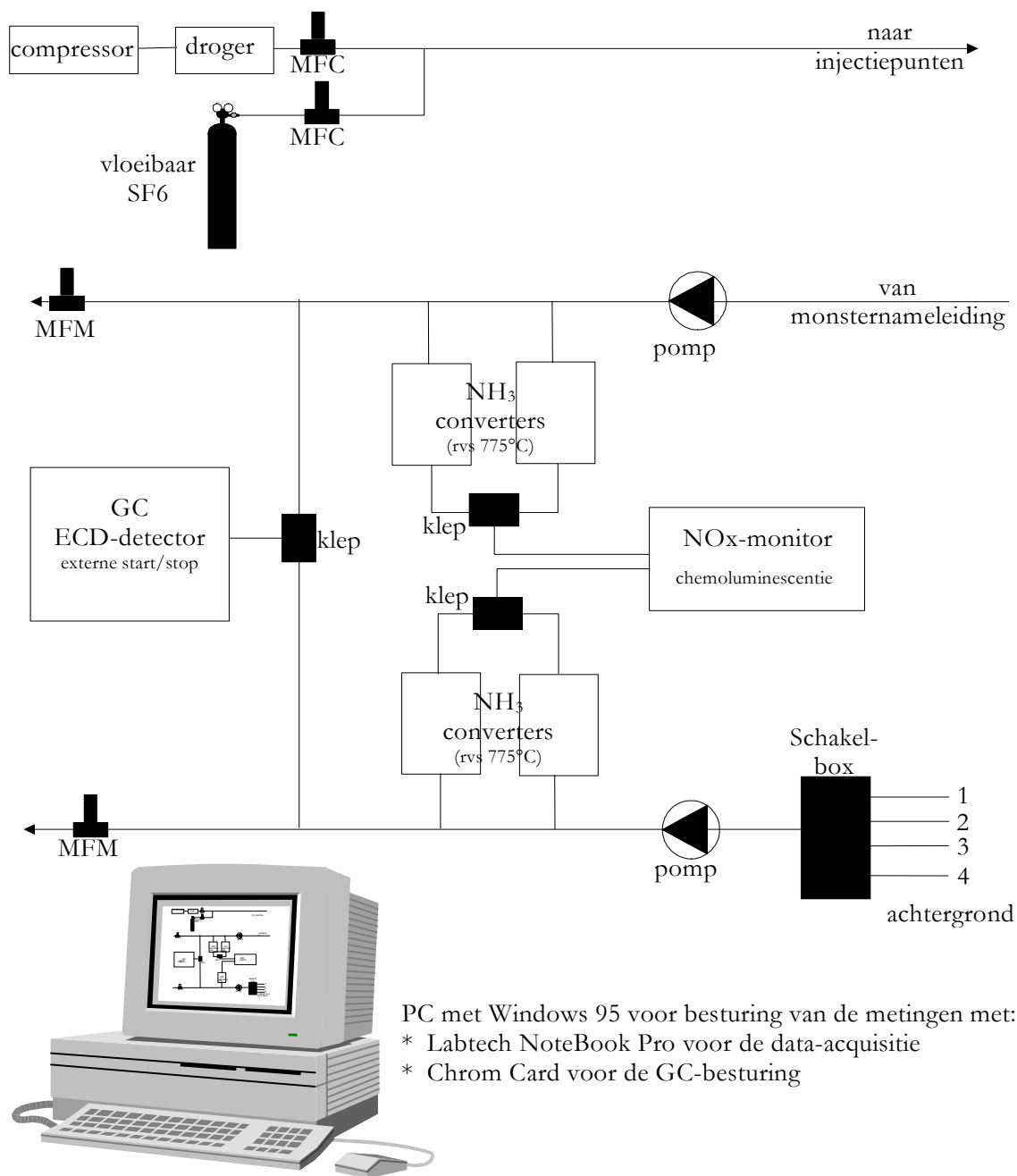
contactpersoon meetploeg A&F: Annemieke Hol  
Postbus 17, 6700 AA, Wageningen  
Telefoon: 0317-476597  
e-mail: annemieke.hol@wur.nl

# Bijlage B Plattegrond van het bedrijf





## Bijlage C Schema meetopstelling



## **Bijlage D Kalibratieresultaten van de gaschromatograaf**

### **Tracergasconcentratie**

Voor de analyse van het SF<sub>6</sub>-tracergas werd gebruik gemaakt van een gaschromatograaf (GC 8000 series van Fisons Instruments). Deze was uitgerust met een ECD-80 detector (Electron Capture Detection). Tevens was de GC voorzien van een automatisch injectiesysteem met een injectielus van 500 µl. De stallucht werd continu langs het monsternamepunt van de GC geleid. Iedere 3 minuten werd een luchtmonster genomen en geanalyseerd. De scheiding van de gassen in de GC vond plaats over twee gepakte Molsieve 5A kolommen (kolom 1: diameter 1/8", lengte 1 m; kolom 2: diameter 1/8", lengte 2 m). Nadat het SF<sub>6</sub> de eerste kolom was gepasseerd werd deze middels een backflush-systeem schoongespoeld. Op deze wijze raakten analysekolom 2 en de ECD detector minder snel vervuild. Als dragergas werd zuiver N<sub>2</sub>-gas gebruikt.

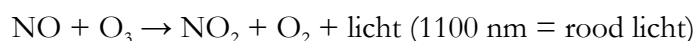
### **Kalibratieresultaten**

De wekelijkse kalibraties van de gaschromatograaf zijn uitgevoerd met 45,7 ppb SF<sub>6</sub>-gas in N<sub>2</sub> tijdens de eerste meetperiode en 48,9 ppb SF<sub>6</sub>-gas in N<sub>2</sub> tijdens de tweede meetperiode in de herfst. Tijdens de eerste meetperiode in de zomer bedroeg de absolute afwijking tijdens de kalibratie gemiddeld 2,21%, en tijdens de tweede meetperiode in de herfst gemiddeld 4,8%. Aan de hand van de kalibraties met het SF<sub>6</sub>-ijkgas werden uurgemiddelde tracergasconcentraties lineair gecorrigeerd voor het verloop van de GC tussen twee kalibraties.

## Bijlage E Principe en kalibratieresultaten NO<sub>x</sub>-monitor

### Meetprincipe

De ammoniakconcentratie wordt continu gemeten met behulp van een NO<sub>x</sub>-monitor (Advanced Pollution Instrumentation Inc., model 200A). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentiereactie tussen ozon (O<sub>3</sub>) en stikstofmonoxide (NO). Bij deze reactie komt stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>), zuurstof (O<sub>2</sub>) en licht vrij. De stroom lichtdeeltjes is evenredig met de NO-concentratie van de aangezogen lucht:



Om ammoniak (NH<sub>3</sub>) te kunnen meten moet het eerst door een converter worden omgezet tot NO. In de converter wordt de lucht verhit tot circa 775°C. Bij deze temperatuur wordt NH<sub>3</sub> aan een roestvrijstalen katalysator geoxideerd tot NO. De luchtmonsters worden continu via verwarmde en geïsoleerde teflon slangen aangezogen. NH<sub>3</sub> adsorbeert namelijk makkelijk aan allerlei materialen en lost makkelijk op in water, waardoor metingen kunnen worden verstoord (Bleijenberg, R en Ploegaert, J.P.M.. Handleiding meetmethoden ammoniakemissies uit mechanisch geventileerde stallen. Wageningen, IMAG-DLO, 1994; Rapport 94-1, 76 pp).

### Kalibratieresultaten

Tijdens de meetperiode was de maximaal meetbare NH<sub>3</sub>-concentratie ingesteld op 50 ppm. De wekelijkse kalibratie van de monitor in de zomerperiode werd uitgevoerd met 10,8 ppm NO-gas in N<sub>2</sub>. Tijdens deze periode bedroeg de absolute afwijking tijdens de kalibratie gemiddeld 2,55%. Tijdens de meetperiode in de herfst werd de wekelijkse kalibratie uitgevoerd met 41,4 ppm NO-gas in N<sub>2</sub> en bedroeg de absolute afwijking gemiddeld 1,37%. Voor het verloop in ammoniakconcentratie tussen 2 kalibraties zijn de concentraties lineair op basis van de duur sinds de voorafgaande kalibratie gecorrigeerd.

## Bijlage F Omzettingspercentages converters

In onderstaande tabel staat per meetpunt het gemiddelde omzettingspercentage van de converters weergegeven bij aanbieding van ongeveer 10 ppm NH<sub>3</sub> in N<sub>2</sub>. De omzettingspercentages van de converters zijn bepaald voor het begin en na het einde van de in de tabel aangegeven meetperiodes. Zowel voor de hoge concentraties (verzamelleiding uit stal) als voor de lage concentraties (achtergrond) zijn 2 converters gebruikt. Na iedere meting wordt het aangevoerde luchtmonster middels een driewegklep door een andere converter geleid. Per kanaal is het gemiddelde van de omzettingspercentages van de aanwezige converters gebruikt voor de correctie van de ammoniakconcentratie.

Tabel E Gemiddeld omzettingsrendement van de converters voor beide meetperiodes.

	zomer	herfst
Stal	96,5%	98%
Ingaande stallucht	95%	94%

## Bijlage G Achtergrondinformatie interne tracergasratio-methode

De ammoniakemissie uit stallen kan worden bepaald volgens de interne tracergasratio-methode. Bij deze methode wordt aangenomen dat het kunstmatig vrijgelaten tracergas en het gas waarvan de bronsterkte bepaald moet worden, zich op dezelfde wijze vanaf het bronniveau door de stal verdelen. In dit geval is de verhouding van de bronsterktes van beide gassen af te leiden uit de verhouding van de gemeten gasconcentraties. De volgende vergelijking beschrijft de berekeningswijze van de ammoniakemissie volgens de interne tracergasratio-methode in de praktijk:

$$Q_{NH_3}^{NTP}(i, j) = \frac{Q_{SF_6}^{NTP}(i, j)}{\Delta C_{SF_6}(i, j)} * \Delta C_{NH_3}(i, j) = K_M * \Delta C_{NH_3}(i, j)$$

waarin:

$Q_{NH_3}(i, j)$ :  $NH_3$ -bronsterkte op uur  $i$  van dag  $j$  (ml/min);

$K_M$ : mengfactor ( $m^3/min$ );

$Q_{SF_6}(i, j)$ : uurgemiddeld  $SF_6$ -injectie tijdens uur  $i$  van dag  $j$  (ml/min);

$\Delta C_{NH_3}(i, j)$ : uurgemiddelde  $NH_3$ -concentratieverschil tussen binnen- en buitenlucht tijdens uur  $i$  van dag  $j$  (ppm);

$\Delta C_{SF_6}(i, j)$ : uurgemiddelde  $SF_6$ -concentratieverschil tussen binnen- en buitenlucht tijdens uur  $i$  van dag  $j$  (ppm);

$i = 1 \dots 24$ : uur op een dag;

$j = 1 \dots N$ : nummer van een meetdag in de meetperiode;

$^{NTP}$ : normaaltemperatuur (273,15 K) en -druk (1013,25 hPa).

De ammoniak-bronsterkte in ml/min wordt als volgt omgerekend naar ammoniakemissie (g/uur):

$$E(i, j) = Q_{NH_3}^{NTP}(i, j) * \rho^{NTP} * \frac{60}{1000}$$

waarin:

$E(i, j)$ : ammoniakemissie op uur  $i$  van dag  $j$  (g/uur);

$\rho$ : soortelijk gewicht van ammoniak (g/l);

60: aantal minuten in een uur;

1000: omrekeningsfactor van mg naar g.

Tracergasexperimenten zijn in principe bruikbaar voor alle geventileerde ruimten, zolang er een goede menging van de ruimtelucht optreedt. Bij grote concentratiegradiënten of duidelijke stagnatiezones verliest de methode aan nauwkeurigheid indien de aanname van ideale menging van de stallucht gehandhaafd wordt. Voor zeer open stallen kan dit een probleem zijn. De

verblijftijd van de lucht in de stal kan zodanig laag zijn, dat geen goede menging in de stal optreedt. In een ideale situatie is voor een oppervlakte met afmeting  $A_O$  de bronsterkte van het tracer gas bekend en constant ( $Q_{tr,O}$ ), terwijl de bronsterkte van het te meten gas ( $NH_3$ ) niet bekend en variabel ( $Q_{NH_3,O}$ ) is. Er zijn geen andere storende bronnen aanwezig. Op enige afstand van de bron is, in het gebouw, een concentratiemeetpunt gesitueerd. De op dat punt gemeten concentraties van tracer gas ( $C_{tr}$ ) en  $NH_3$  ( $C_{NH_3}$ ) zijn afhankelijk van het mengproces dat het bemonsterde pakketje lucht heeft ondergaan. In een formule kan dit proces als volgt worden weergegeven:

$$C = K \cdot Q \cdot L$$

De weglengte  $L$  is de lengte van de door het luchtpakketje afgelegde weg van de bron tot meetpunt. De dispersiefactor  $K$  is een maat voor de menging van het luchtpakketje met stallucht (diffusie en turbulente menging). De constante weglengte  $L$  kan met de dispersiefactor worden opgenomen in een dispersiefactor  $K'$  ( $K'=K*L$ ) met dimensie (s/m).

Uit de bekende bronsterkte van het tracer gas en de tracer gasconcentratie op het meetpunt kan de dispersiefactor  $K'$  voor het pakketje lucht worden berekend:

$$K' = \frac{C_{tr}}{Q_{tr,O}}$$

Met de berekende dispersiefactor en het oppervlak  $A_O$  wordt de sterkte van de  $NH_3$ -bron bepaald volgens:

$$Q_{NH_3} = \frac{A_O * C_{NH_3}}{K'} = K_M * C_{NH_3}$$

Omdat  $A_O$  constant is kunnen  $K'$  en  $A_O$  samengevoegd worden tot de mengfactor  $K_M (=A_O/K')$  met dimensie ( $m^3/s$ ).

Randvoorwaarden voor de interne tracer gasratio-methode zijn dat:

- een goede menging plaatsvindt tussen het tracer gas en ammoniak;
- een representatief luchtmonster wordt genomen.

In een stal treden de volgende afwijkingen van het bovenstaande model op:

- de  $NH_3$ -bron is niet homogeen in tijd en plaats;
- de weglengte en bewegingssnelheid zijn niet gelijk voor alle pakketjes lucht;
- de tracer gasinjection is geen echte oppervlaktebron, terwijl de  $NH_3$ -bron dat wel is.

De eerste twee afwijkingen hebben ieder tot gevolg dat niet volstaan kan worden met een enkel meetpunt in de stal. Er kan gekozen worden voor meerdere aparte meetpunten in de stal of een verzamelleiding. Aparte in de stal gemeten concentraties worden gemiddeld om de NH<sub>3</sub>-productie te berekenen. Een verzamelleiding op basis van dezelfde meetpunten geeft, mits van ieder meetpunt een gelijke volumestroom wordt bemonsterd, dezelfde gemiddelde concentratie. De volgende vergelijking verduidelijkt het bovenstaande. De gemiddelde concentratie van N meetpunten wordt als volgt berekend:

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^N C_i}{N}$$

De concentratie in de verzamelleiding kan worden berekend met de volgende vergelijking. Aangenomen wordt dat de flow ( $f_i$ ) op ieder meetpunt gelijk is aan  $f$ .

$$C_v = \frac{\sum_{i=1}^N f_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^N f_i} = \frac{f \cdot \sum_{i=1}^N C_i}{N \cdot f} = \frac{\sum_{i=1}^N C_i}{N}$$

Doordat de flows van meetpunten van de verzamelleiding gelijk zijn komt de gemeten concentratie van de verzamelleiding ( $C_v$ ) overeen met de gemiddelde concentratie op de meetpunten ( $C_p$ ).

Systematische afwijkingen in de interne tracergasratio-methode door de hierboven aangehaalde punten zijn naar verwachting gering, omdat een goed verzamelmonster van de stallucht hiervoor corrigeert. De invloed van de laatste afwijking is sterk afhankelijk van de uitvoering van het injectiesysteem. Geschikte tracergassen dienen aan de volgende voorwaarden te voldoen:

- lage achtergrondconcentratie;
- het gas mag geen gevaar vormen voor mensen en dieren in het geval van inhalatie, voor de toegepaste concentraties in het gebouw;
- veilig met betrekking tot vuur en explosie bij de gebruikte concentratie;
- lage tracergasconcentraties dienen gemakkelijk en nauwkeurig gemeten te kunnen worden;
- geen invloed van andere gassen die in het gebouw voorkomen op de metingen van tracergasconcentraties;
- geen directe of indirecte invloed van het tracergas op de gemeten gassen;
- goedkoop en eenvoudig te verkrijgen;
- lage milieubelasting.

Zwavelhexafluoride (SF<sub>6</sub>) is het meest gebruikte tracergas voor ventilatiedoeleinden. Met een gaschromatograaf voorzien van een ECD (Electron Capture Detector) kunnen zeer lage SF<sub>6</sub>

concentraties (ppt's) gemeten worden. Dit betekent dat slechts kleine hoeveelheden van het tracergas geïnjecteerd moeten worden. Bovendien is de natuurlijke achtergrondconcentratie voor SF<sub>6</sub> erg laag (ppt's). Andere factoren die maken dat SF<sub>6</sub> het ideale tracergas is, zijn:

- niet toxisch, niet radioactief, kleurloos, geurloos en smaakloos;
- niet ontvlambaar en niet corrosief;
- gasvormig onder kamertemperatuur omstandigheden;
- chemisch inert en thermisch stabiel voor atmosferische omstandigheden;
- geschikt om vrij snel en onder controle te injecteren van punt- en oppervlaktebronnen;
- bemonstering mogelijk met verschillende technieken:
  - o spuitjes, canisters (gemiddelde concentratie over een meetperiode)
  - o GC-ECD (semi-continu concentratiemetingen)
- commercieel beschikbaar.

Voor toepassing in praktijkstallen heeft SF<sub>6</sub> de volgende nadelen:

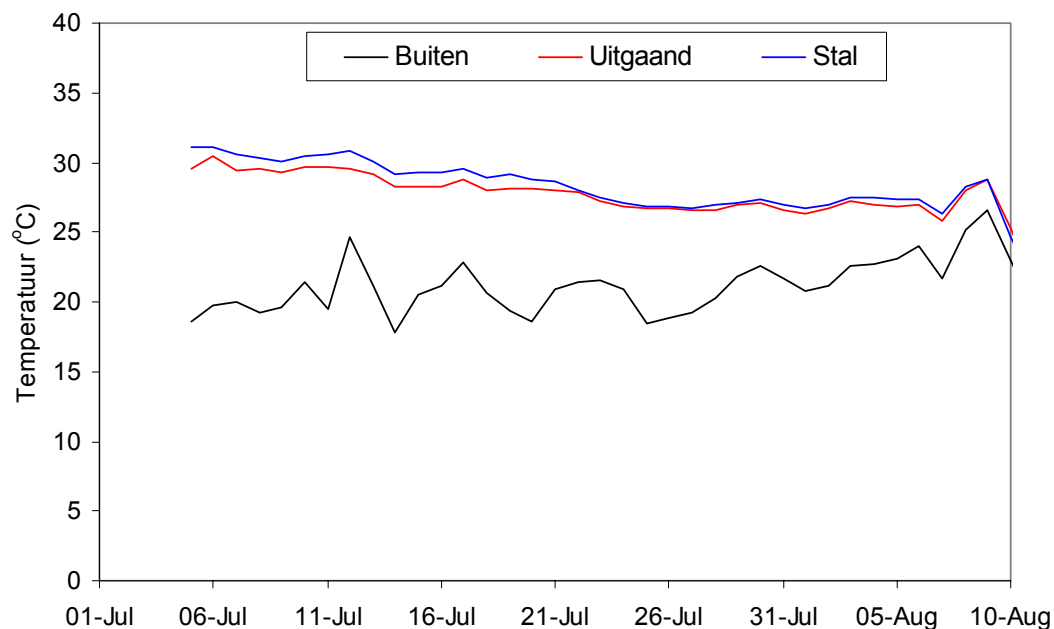
- SF<sub>6</sub> heeft een zeer hoog molecuulgewicht, waardoor een geïnjecteerde gasstroom met puur SF<sub>6</sub> een hogere dichtheid heeft dan de omgevende lucht. Dit maakt menging in de stal problematisch. Bij sterk voorverdunde injectiestromen speelt dit probleem niet.
- Om te voorkomen dat SF<sub>6</sub> in de injectie- en monsternaleidingen geabsorbeerd wordt moeten polyethyleen (PE) leidingen worden gebruikt (geen teflon).
- Het broeikasgaseffect van SF<sub>6</sub> is groot in vergelijking met andere gassen. Aangezien zeer lage SF<sub>6</sub> concentraties gemeten kunnen worden, blijven de geïnjecteerde hoeveelheden SF<sub>6</sub> beperkt.

De mengfactor is te interpreteren als de hoeveelheid lucht die nodig is om het bij de oppervlaktebron geïnjecteerde tracergas te verdunnen tot de in de monsternaleiding gemeten concentratie en vormt daarmee een maat voor het ventilatie-debiet.

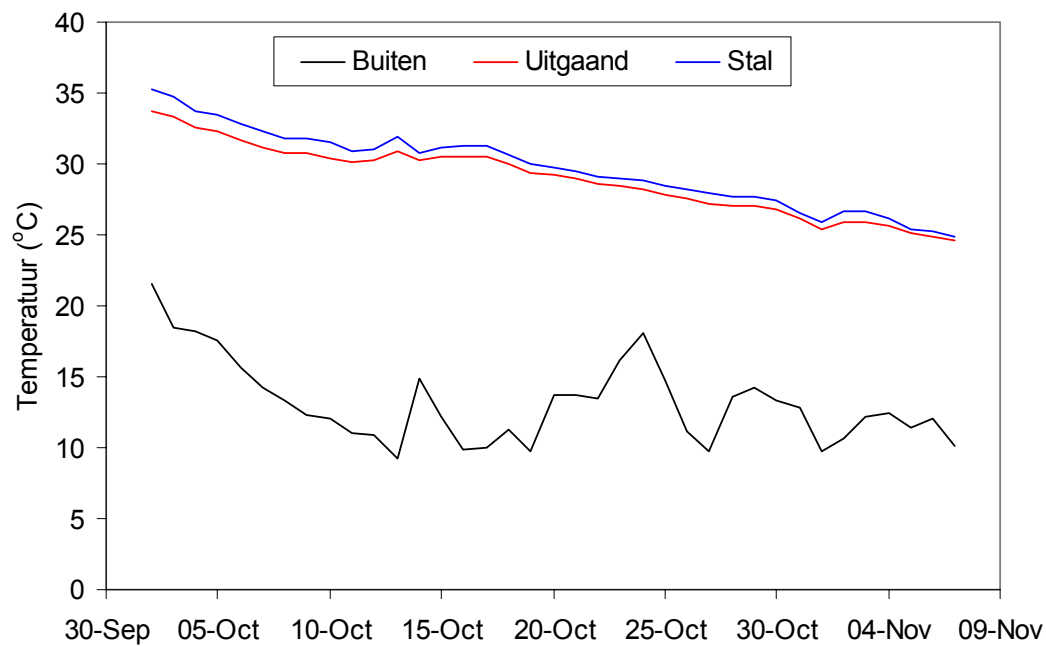


## Bijlage H Temperatuur

Daggemiddelden van de temperatuur van stallucht, buitenlucht, uitgaandelucht voor de zomerperiode.

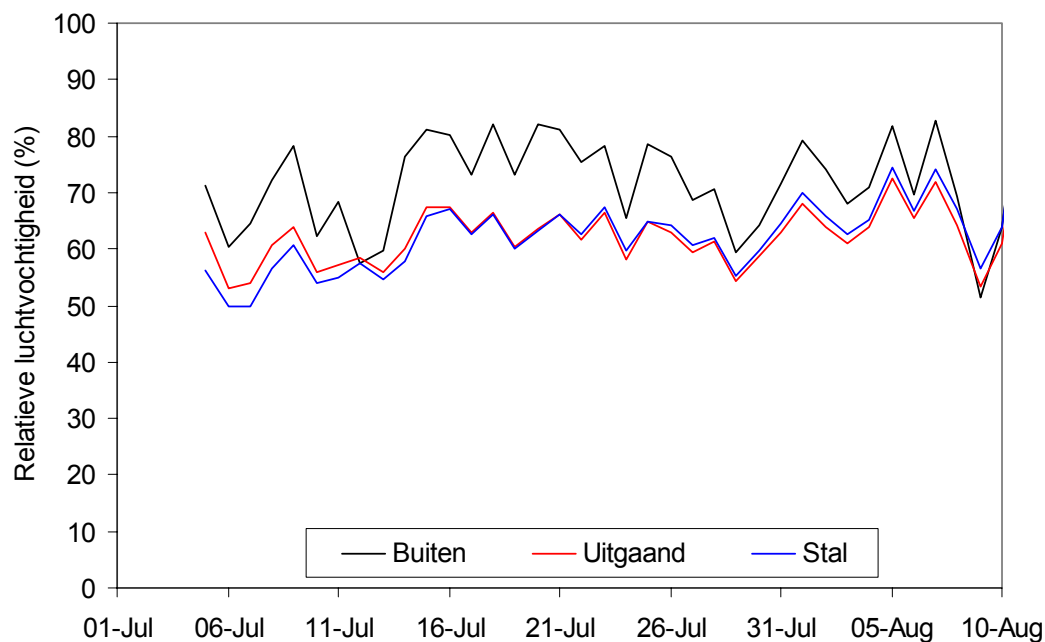


Daggemiddelden van de temperatuur van stallucht, buitenlucht en uitgaandelucht voor de herfstperiode.

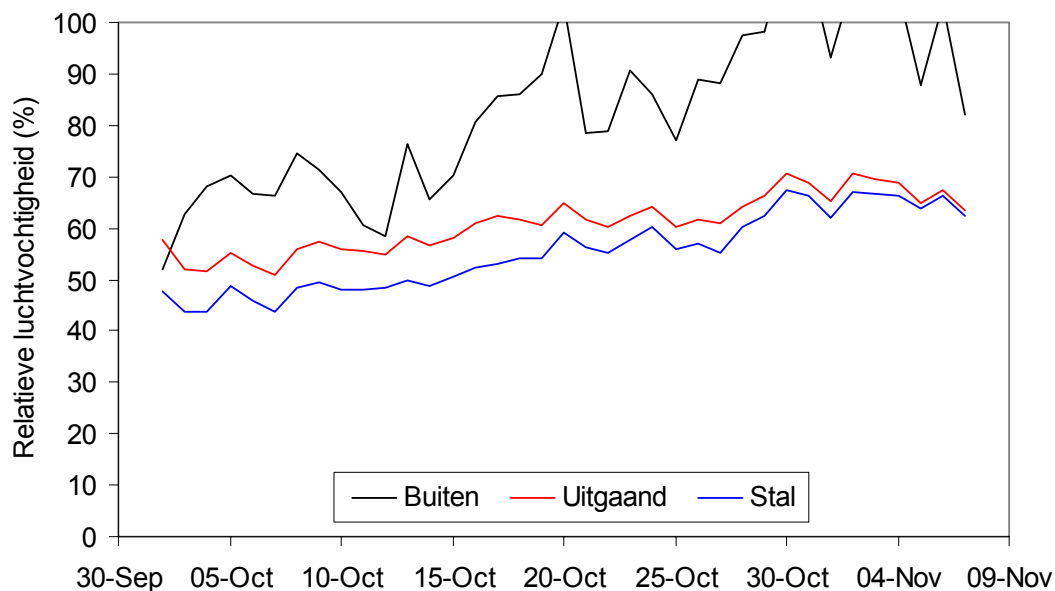


## Bijlage I Relatieve luchtvochtigheid

Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van stallucht, buitenlucht en uitgaande lucht voor de zomerperiode.

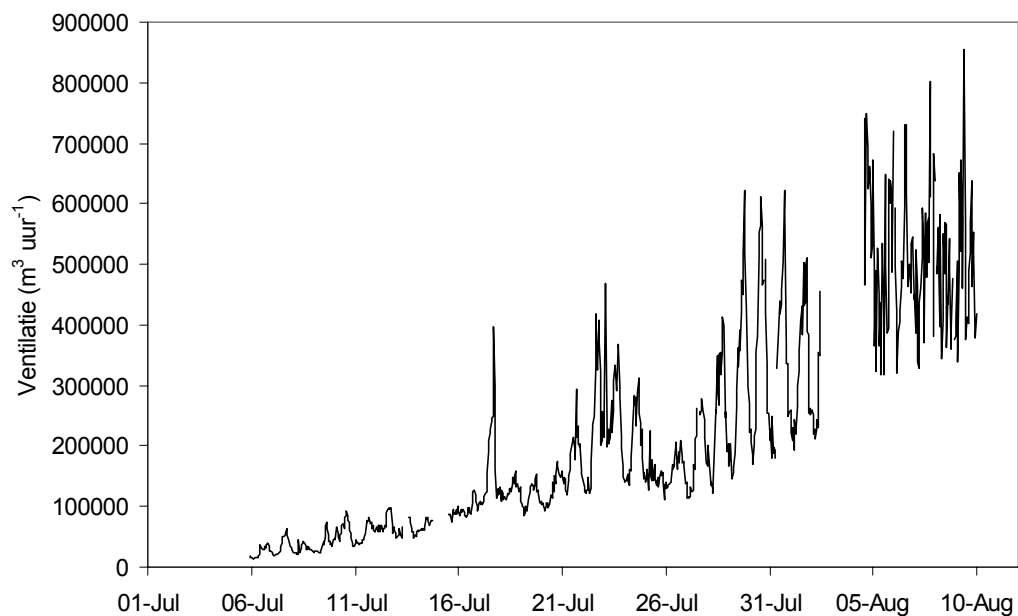


Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van stallucht, buitenlucht en uitgaande lucht voor de herfstperiode.

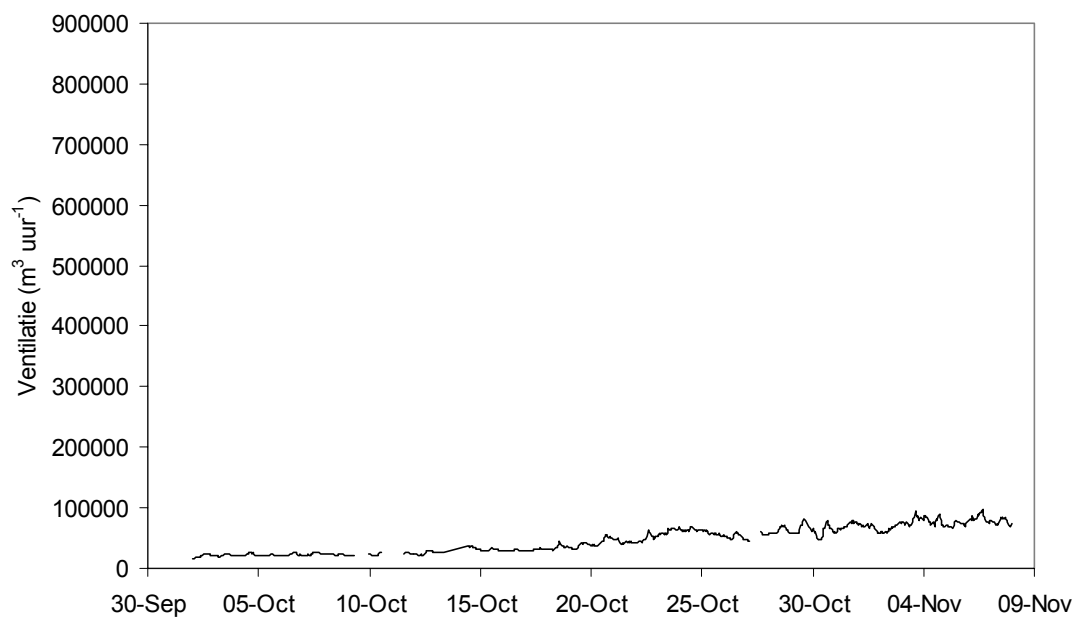


## Bijlage J Ventilatiedebiet

Uurgemiddelden van het totale ventilatiedebiet ( $\text{m}^3/\text{uur}$ ) tijdens de zomerperiode.

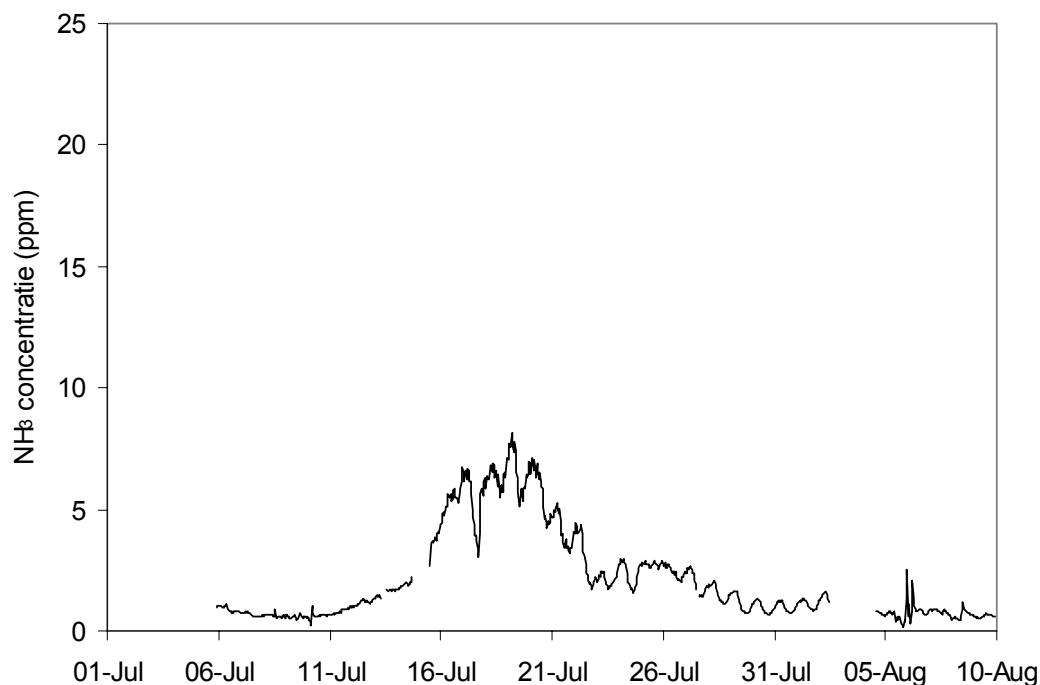


Uurgemiddelden van het ventilatiedebiet ( $\text{m}^3/\text{uur}$ ) tijdens de herfstperiode.

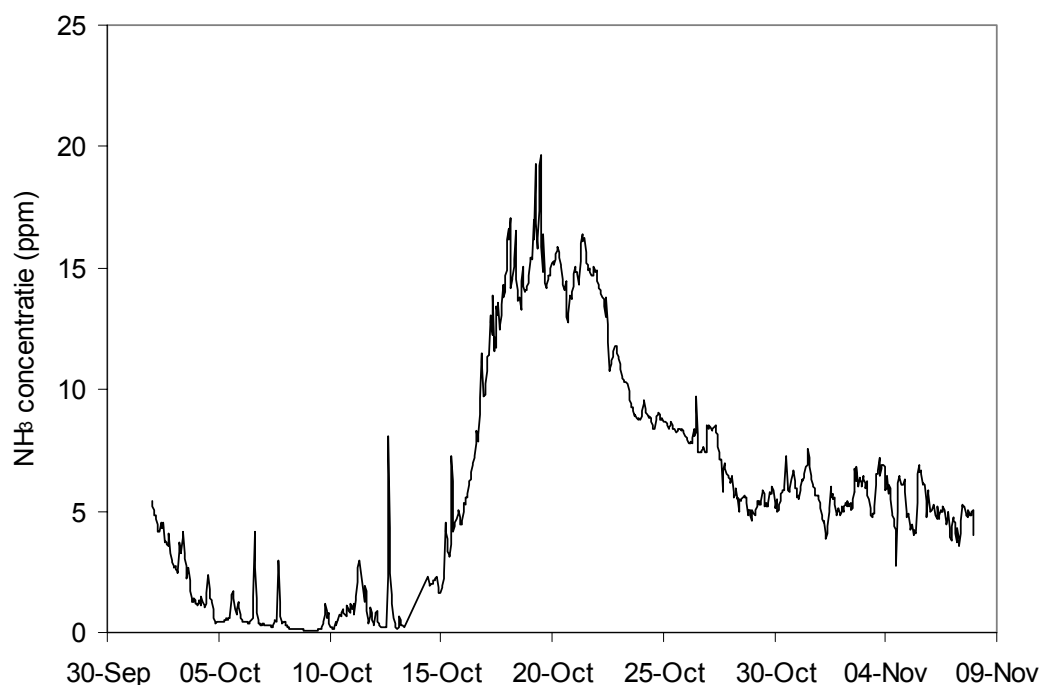


## Bijlage K Ammoniakconcentratie

Uurgemiddelden van de  $\text{NH}_3$ -concentratie (ppm) van de uitgaande lucht tijdens de zomerperiode.



Uurgemiddelden van de  $\text{NH}_3$ -concentratie (ppm) van de uitgaande lucht tijdens de herfstperiode.



## Publicatieoverzicht

- Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1991 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen I: slachtkuikenstal met vloerventilatie. Wageningen, DLO, rapport 91-1001, 14 pp. excl. bijlage.
- Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1991 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen II: grupstal voor melkvee. Wageningen, DLO, rapport 91-1002, 14 pp. excl. bijlage.
- Montsma, H. en C.M. Groenestein, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen III: biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering. Wageningen, DLO, rapport 92-1001, 12 pp. excl. bijlage.
- Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IIIa: aanvullend onderzoek aan een biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering. Wageningen, DLO rapport 93-1001, 9 pp excl. bijlage.
- Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IV: kraamopfokstal met gladde hellende vloer, giergoot en mestschuiven. Wageningen, DLO, Rapport 92-1002, 14 pp. excl. bijlage.
- Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IVa: aanvullend onderzoek aan een kraamopfokstal met gladde hellende vloer, giergoot en mestschuiven. Wageningen, DLO, Rapport 94-1003, 13 pp. excl. bijlage.
- Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen V: vleesvarkensstal met dikstrooiselsysteem. Wageningen, DLO, Rapport 92-1003, 18 pp. excl. bijlage.
- Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de 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 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.
- 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.
- Scholtens, R. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1998 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXXII: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met sleufvloer voor melkkoeien. Wageningen, DLO, Rapport 98-1006, 16 pp. excl. bijlage.
- Wever, A.C. en J.M.G. Hol, 1999 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLIII: Twee traditionele huisvestingssystemen voor vleeseenden. Wageningen, IMAG, Rapport 99-07, 25 pp. excl. bijlage.
- Hol, J.M.G. en P.W.G. Groot Koerkamp, 1999 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLIV: Rondloopstal voor dragende zeugen met voerstation en strobed. Wageningen, IMAG, Rapport 99-08, 22 pp. excl. bijlage.
- Wever, A.C. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1999 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLV: Vleeskuikenstal met isolatie en ventilatie volgens het VEA-concept. Wageningen, IMAG, Rapport 99-09, 21 pp. excl. bijlage.
- Huis in 't Veld, J.W.H., P.W.G. Groot Koerkamp en R. Scholtens, 1999 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLVI: Voletage volièresysteem voor legouderdieren en een droogtunnel. Wageningen, IMAG, Rapport 99-10, 23 pp. excl. bijlage.



- Hol, J.M.G., J.V. Klarenbeek en P.W.G. Groot Koerkamp, 1999 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLVII: Biothermische droogunit voor voorgedroogde leghennenmest met luchtbehandeling door een chemische wasser. Wageningen, IMAG, rapport 99-11, 23 pp. excl. bijlage.
- Huis in 't Veld, J.W.H., G.J. Monteny en R. Scholtens, 2001 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLVIII: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met sleufvloer voor melkvee; zomerperiode. Wageningen, IMAG, Rapport 2001-03, 20 pp. excl. bijlage.
- Hol, J.M.G., A.C. Wever en A.J.A. Aarnink, 2001 – Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLIX: Beddenstal voor vleesvarkens. Wageningen, IMAG, Rapport 2001-04, 24 pp. excl. bijlagen.
- Huis in 't Veld, J.W.H. en P.W.G. Groot Koerkamp, 2001 – Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen L: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met een geprofileerde vloer voor melkvee; winterperiode. Wageningen, IMAG, Rapport 2001-08, 16pp. excl. bijlagen.
- Hol, J.M.G., C.M. Groenestein en E. Evers, 2001 – Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen LI: Beddenstal voor gespeende biggen. Wageningen, IMAG, Rapport 2001-09, 21 pp. excl. bijlagen.
- Scheer, A., J.M.G. Hol en P.W.G. Grootkoerkamp, 2001 - Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LII: Volière stal voor opfokhennen. Wageningen, IMAG Rapport 2001-12, 24 pp. excl. bijlage.
- Beurskens, A.G.C., J.M.G. Hol en G. Mol, 2002 - Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LIII: Stal voor vleeskalkoenen met frequente strooiselverwijdering. Wageningen, IMAG Rapport 2002-14, 29 pp. excl. bijlage.
- Scheer, A., J.M.G. Hol en G. Mol, 2002 - Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LIV: Stal voor vleeskuikenouderdieren met continue drogen van mest. Wageningen, IMAG Rapport 2002-15, 23 pp. excl. bijlage.
- Beurskens, A.G.C., J.M.G. Hol en G. Mol, 2002 - Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LV: Volière stal voor leghennen. Wageningen, IMAG, Rapport 2002-16, 25 pp. excl. bijlage.
- Scheer, A., J.M.G. Hol en G. Mol, 2002 - Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LVI: Scharrelstal voor leghennen met frequente mest- en strooiselverwijdering. Wageningen, IMAG Rapport 2002-17, 21 pp. excl. bijlage.
- Huis in 't Veld, J.W.H., E. Evers en G. Mol, 2002 - Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LVII: Natuurlijk geventileerde potstal voor melkgeiten. Wageningen, IMAG Rapport 2002-18, 19 pp. excl. bijlage.
- Scheer, A., J.M.G. Hol en G. Mol, 2003 - Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LVIII: Stal voor vleeskuikens met vloerverwarming en mixluchtventilatoren voor het drogen van de strooisellaag. Wageningen, IMAG Rapport 2003-15, 34 pp. excl. bijlage.

- Wagemans, M.J.M., J.M.G. Hol en C.M. Groenestein, 2003 - Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LIX: Welzijnsvriendelijk huisvestingsstelsel voor dragende zeugen in kleine groepen. Wageningen, Agrotechnology and Food innovations, Rapport B740, 33 pp. excl. bijlage.
- Hol, J.M.G., A. Scheer en N.W.M. Ogink, 2004 – Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LX: Stal voor voedsters en vleeskonijnen. Wageningen, Agrotechnology and Food innovations, Rapport 219, 39 pp. excl. bijlage.
- Beurskens, A.G.C. en J.M.G. Hol, 2004 – Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LXI: Stal voor vleeskalveren. Wageningen, Agrotechnology and Food innovations, Rapport 220, 35 pp. excl. bijlage.
- Beurskens, A.G.C., M.J.M. Wagemans en J.M.G. Hol, 2004 – Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LXII: Stal voor vleeskalveren (rosé vlees productie). Wageningen, Agrotechnology and Food innovations, Rapport 331, 32 pp. excl. bijlage.