

---

# De ammoniak- en geuremissie van een scharrelstal met twee verdiepingen met mestbanden onder de roosters

Ing. J.M.G. Hol  
Ing. P. de Gijzel  
Dr. Ir. P.W.G. Groot Koerkamp

Januari 2001

Rapport 01-01

---

# De ammoniak- en geuremissie van een scharrelstal met twee verdiepingen met mestbanden onder de roosters

Ing. J.M.G. Hol  
Ing. P. de Gijzel  
Dr. Ir. P.W.G. Groot Koerkamp

Januari 2001

Rapport 01-01

© 2001  
Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG)  
Mansholtlaan 10-12, Postbus 43, 6700 AA Wageningen  
Telefoon 0317 – 476300  
Telefax 0317 – 425670  
[www.imag.wageningen-ur.nl](http://www.imag.wageningen-ur.nl)

Interne mededeling IMAG. Niets uit deze nota mag elders worden vermeld, of vermenigvuldigd op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van IMAG of de opdrachtgever. Bronvermelding zonder de feitelijke inhoud is evenwel toegestaan, op voorwaarde van de volledige vermelding van: auteursnaam, instituut en notanummer en de toevoeging: 'niet gepubliceerd'.

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

## Abstract

J.M.G. Hol, P. de Gijssel and P.W.G Groot Koerkamp. Ammonia and odour emission from livestock production systems; Loose housing system with two floors for laying hens with regular manure removal. Institute of Agricultural and Environmental Engineering, report 01-01, in Dutch, with summary in English, 26 pp.

Ammonia emission from animal husbandry has to be reduced in the Netherlands by 70% in the year 2005, compared with the emission level in 1980. Moreover, recently adapted odour legislation requires measurements of the odour emissions of the main conventional and new housing systems. Research was carried out into the emission of ammonia and odour from a mechanically ventilated loose housing system for laying hens. The house consisted of two similarly equipped floors placed above each other. Hens could not move between two compartments, they were not airtight. One floor consisted of partly litter (34%) and partly wire floors (66%) with manure belt underneath. Manure was not dried, but removed untreated twice a week. The research was carried out during a summer and an autumn period. The emission of ammonia from the house amounted to 48,9 (summer) and 64,2 (autumn) g/year per animal place. The odour emission was 0,55  $OU_E$  per animal place.

## Voorwoord

Onderzoek naar de emissie uit veestallen onder praktische omstandigheden vergroot het inzicht en de kennis van de milieubelasting. Met deze kennis nemen de mogelijkheden om deze belasting te verminderen c.q. te voorkomen toe. In opdracht van Wierko B.V. te Raalte is onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een specifiek type scharrelstal voor leghennen. Hierbij wordt de mest onder de beun tweemaal per week verwijderd met behulp van mestbanden. Het onderzoek is uitgevoerd door IMAG in een stal van Wierko B.V. te Lemelerveld. Wij zijn alle partijen zeer erkentelijk voor de goede en prettige samenwerking. Wij vertrouwen erop dat van de resultaten een nuttig gebruik wordt gemaakt.

Ir. A.A. Jongbreur

directeur

# Inhoud

Abstract	1
Voorwoord	2
Samenvatting	4
1 Inleiding	5
2 Materiaal en methode	6
2.1 Stal- en bedrijfssituatie	6
2.1.1 Bedrijfssituatie	6
2.1.2 Huisvesting	6
2.1.3 Ventilatie	7
2.1.4 Ammoniakemissiereducerend principe	7
2.2 Bedrijfsvoering	7
2.2.1 Zoötechniek	7
2.2.2 Klimaatregeling	8
2.2.3 Voeding	8
2.2.4 Gezondheid	9
2.2.5 Mestmanagement	9
2.3 Metingen	9
2.3.1 Algemeen	9
2.3.2 Productiegegevens	10
2.3.3 Strooisel- en mestmonsters	10
2.3.4 Klimaat	10
2.3.5 Ventilatie-debiet	10
2.3.6 Ammoniakconcentratie	11
2.3.7 Geurconcentratie	11
2.4 Dataverwerking	12
3 Resultaten	13
3.1 Productieresultaten	13
3.2 Klimaat en ventilatie-debiet	14
3.3 Strooisel- en mestmonsters	15
3.4 Ammoniakconcentratie en -emissie	16
3.5 Geurconcentratie en -emissie	18
4 Discussie	19
5 Conclusies	22
Summary	23
Literatuur	24
Bijlagen	26

## Samenvatting

Ammoniak is naast  $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_x$  één van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau van 1980 in het jaar 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn. Ter ondersteuning van de regelgeving voor geurhinder door de veehouderij voert de IMAG aanvullende geuremissiemetingen uit aan stalsystemen waar ook  $\text{NH}_3$  wordt gemeten. In dit kader werd onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een scharrelstal voor leghennen met twee verdiepingen. Het ammoniakemissiereducerend principe van dit ontwerp berustte op het tweemaal per week verwijderen van de mest onder de beun. Hiermee werd een belangrijke emissiebron verwijderd. Bovendien kon ammoniakreductie worden bereikt doordat zowel de vloer als het strooisel van de bovenverdieping een hogere temperatuur zal hebben waardoor de netto waterverdamping (inclusief de afwezigheid van condensatie) uit het strooisel werd bevorderd. De verwachting was dat hierdoor het drogestofgehalte van het strooisel zou toenemen en de emissie zou verminderen.

Het onderzoek werd uitgevoerd in een scharrelstal voor leghennen gedurende één productieronde, tijdens een periode van 2 maanden in de zomer en een periode van twee maanden in de herfst. Tijdens de metingen waren hennen en hanen in de stal gehuisvest. De geproduceerde bevruchte eieren waren bestemd voor de farmaceutische industrie. De stal bestond uit twee verdiepingen, waarvan inrichting identiek was. In de stal waren per verdieping twee rijen met legnesten aanwezig, met aan beide zijden een beun. Aan elke zijde van een beun was een strooiselruimte. Een verdieping bestond uit 34% strooiselruimte en uit 66% roostervloer (beun) en legnesten. Onder iedere beun werd de geproduceerde mest opgevangen op mestbanden, die tweemaal per week werden afgedraaid. Het aantal dierplaatsen in de onderzoeksstal bedroeg 21.546 op basis van 9 dieren per  $\text{m}^2$ .

Van 1 juli 2000 tot 31 augustus 2000 (zomerperiode) en van 1 oktober 2000 tot 30 november 2000 (herfstperiode) werden de ammoniak- en geuremissie en het klimaat gemeten. De ammoniakemissie en het klimaat werd continue gemeten; de geuremissie werd 5 maal per meetperiode tussen 10:00 en 12:00 uur gemeten. Wekelijks werden het strooisel en de mest op de mestbanden bemonsterd.

De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de zomermeting bedroeg  $19,1^\circ\text{C}$  en tijdens de herfstmeting  $10,8^\circ\text{C}$ . De gemiddelde temperatuur van de benedenverdieping was respectievelijk  $23,0^\circ\text{C}$  en  $21,9^\circ\text{C}$ . Het bijbehorende debiet per gemiddeld aanwezig dier was respectievelijk  $3,5 \text{ m}^3/\text{uur}$  en  $1,5 \text{ m}^3/\text{uur}$ . Voor de bovenverdieping was de gemiddelde temperatuur respectievelijk  $24,7^\circ\text{C}$  en  $21,5^\circ\text{C}$ . Het debiet per dierplaats bedroeg  $4,4 \text{ m}^3/\text{uur}$  en  $2,8 \text{ m}^3/\text{uur}$ .

De ammoniakemissie was gedurende de zomerperiode gemiddeld  $48,9 \text{ g}$  per dierplaats per jaar en voor de herfstmeting  $64,2 \text{ g}$  (gecorrigeerd voor 5% leegstand tussen de ronden). Indien het aantal dierplaatsen werd gecorrigeerd voor de grote uitval (20.350) was de ammoniakemissie ca. 6% hoger. De bereikte emissiereductie ten opzichte van de emissiefactor voor een traditionele scharrelstal voor leghennen,  $315 \text{ g/jaar}$  per dierplaats, was gemiddeld ca. 81%. De geometrisch gemiddelde geuremissie bedroeg in de zomerperiode  $0,61 \text{ OU}_e/\text{s}$  per dierplaats en in de herfstperiode  $0,50 \text{ OU}_e/\text{s}$  per dierplaats, zodat geometrisch gemiddelde geuremissie  $0,55 \text{ OU}_e/\text{s}$  per dierplaats bedroeg.

De resultaten van het onderzoek toonden aan dat enerzijds het regelmatig verwijderen van de bandmest de emissie verlaagde, en anderzijds dat de kwaliteit van het strooisel van de bovenverdieping, die werd verbeterd door de warme vloer, aanzienlijk bijdroeg aan de lage ammoniakemissie. Het luchttransport van de benedenverdieping naar de bovenverdieping was waarschijnlijk aanzienlijk, waardoor het debiet van de bovenverdieping hoger was dan het debiet van de benedenverdieping. Dit had tot gevolg dat ook een aanzienlijk deel van de ammoniakemissie van de benedenverdieping de stal verliet via de bovenverdieping.

# 1 Inleiding

De meest belangrijke verzurende componenten van ons milieu zijn  $\text{SO}_2$  (zwaveldioxide),  $\text{NO}_x$  (stikstofoxiden;  $\text{NO}$  en  $\text{NO}_2$  (stikstofmonoxide en stikstofdioxide)) en  $\text{NH}_3$  (ammoniak), samen met hun reactieproducten, in het kort  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_y$  en  $\text{NH}_x$  genoemd. In 1993 was 86% van de verzuring door  $\text{NH}_x$  uit eigen land afkomstig en kwam 92% daarvan uit de landbouw. De bijdrage van  $\text{NH}_x$  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 emissiebeperkende staltechnieken en -systemen noodzakelijk.

De landbouwsector is, evenals de industrie en het wegverkeer, een belangrijke bron van geurhinder in Nederland. Zo ervoer in 1995 16% van de bevolking geurhinder van landbouwactiviteiten, 12% van industrie en 8% van verkeer (VROM, 1998). De belangrijkste overheidsdoelstelling voor beheersing van geurhinder in 2000 is stabilisatie op het niveau van 1985. In het Nationaal Milieubeleidsplan van 1989 is hierover opgenomen dat maximaal 750.000 woningen in 2000 geurbelast mogen zijn. Dit komt overeen met een landelijk gemiddeld percentage van 12% geurgehinderde in 2000. Voor het jaar 2010 geldt als doelstelling geen ernstige hinder (VROM, 1989).

Geurhinder in de landbouw wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door twee bronnen: toedienen van dierlijke mest, en de veehouderijgebouwen. Vanaf de jaren zeventig is regelgeving ontwikkeld om de geurhinder door emissie van veehouderijgebouwen te beperken. Momenteel wordt ten aanzien van de geurnormen voor veehouderijbedrijven de Richtlijn Veehouderij en Stankhinder 1996 toegepast (VROM en LNV, 1996). Deze Richtlijn gaat uit van een aangenomen geuruitstoot per dierplaats (uitgedrukt in mestvarkenseenheid, mve) en de daaruit berekende totale geuruitstoot van een bedrijf. Door middel van een afstandengrafiek wordt deze totale geuruitstoot gerelateerd aan minimaal te hanteren afstanden voor 4 bebouwingscategorieën. Ter onderbouwing en verdere ontwikkeling van de in de Richtlijn wordt sinds 1996 in opdracht van de ministeries van LNV en VROM door IMAG een meetprogramma uitgevoerd waarin de geuremissie van thans gangbare en nieuwe veehouderijssystemen wordt vastgesteld volgens een standaard meetprotocol (Ogink en Klarenbeek, 1997). Aanvullend hierop voert IMAG sedert 1999 geurmetingen uit aan de stalsystemen waar de ammoniakemissie wordt gemeten, met gebruikmaking van hetzelfde standaard meetprotocol voor geuremissiemeting.

In bovenstaand kader werd door IMAG onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een scharrelstal voor leghennen. De stal bestaat uit 2 identieke ingerichte verdiepingen, waarbij voor iedere verdieping een apart klimaat- en diermanagement werd uitgevoerd. Het ammoniakemissiereducerend principe van het stalontwerp berustte vooral op het tweemaal per week afvoeren van de mest onder de beun met behulp van mestbanden.

## 2 Materiaal en methode

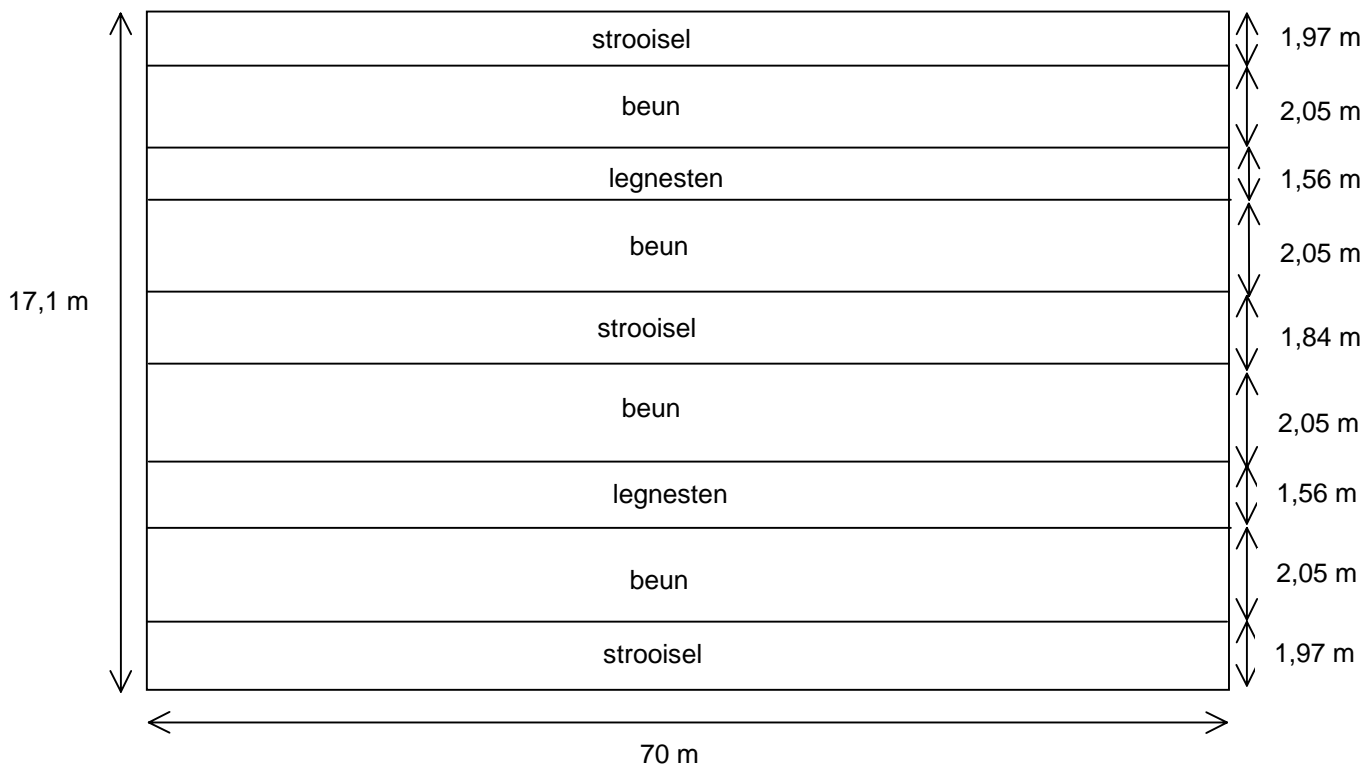
### 2.1 Stal- en bedrijfssituatie

#### 2.1.1 Bedrijfssituatie

Het onderzoek werd uitgevoerd in een scharrelstal voor leghennen gedurende één productieronde tijdens een periode van 2 maanden in de zomer en twee maanden in de herfst. Tijdens de metingen waren hennen en hanen in de stal gehuisvest. De geproduceerde bevruchte eieren waren bestemd voor de farmaceutische industrie. De stal was op 5 juni 2000 in gebruik genomen na renovatie van de oude stal (legbatterij in voormalige batterij-kanalenstal met drijfmest). In Bijlage A is een plattegrond en een doorsnede van de stal weergegeven. Op het bedrijf waren naast deze stal nog 4 stallen met kippen aanwezig.

#### 2.1.2 Huisvesting

De onderzochte stal was 17,1 breed en 76,0 m lang (binnenmaten) en bestond uit twee verdiepingen. In totaal kon 6 m van de lengte niet door dieren worden gebruikt omdat dit als werkruimte werd benut. De verdiepingen waren niet geheel luchtdicht van elkaar gescheiden. De inrichting van beide verdiepingen was gelijk. In figuur 1 is schematisch de indeling van een verdieping weergegeven.



**Figuur 1** Schematische weergave van de indeling van één verdieping met 34% strooiselruimte en 66% roostervloer. Onder de beun waren mestbanden geïnstalleerd.

*Figure 1* Schematic plan of one floor of the laying hen house with 34% litter area and 66% wire floor area. Manure belts underneath the wire floors regularly removed the manure from the house.



Een verdieping bestond voor 34% uit strooiselruimte en 66% uit roostervloeren (beun) en legnesten. De strooiselruimtes waren ingestrooid met een mengsel van zaagsel (een laag van ca. 3 cm) en zand. Indien nodig werd het strooisel aangevuld. Onder de beun werd de mest opgevangen op mestbanden. Tweemaal per week werd de mest door het afdraaien van de banden afgevoerd. Over de lengte van de stal, boven de beun, waren voergoten en drinklijnen geïnstalleerd. Per beun waren 2 voergoten en 1 drinklijn aanwezig. Daarnaast waren op verschillende hoogten over de gehele lengte van de stal 6 zitstokken boven iedere beun geplaatst.

De dieren konden zich in principe per verdieping door de gehele ruimte bewegen. Echter, door de verhoogde legnesten bleven de dieren in praktijk in het gedeelte waar ze waren losgelaten. Vanaf 14 september werd per verdieping een deel van een beun van de stal afgeschermd met gaas (4 x 20 m<sup>2</sup>). Hier werden nieuw aangevoerde hanen gehuisvest om te wennen. Gedurende de resterende deel van de metingen was deze afscheiding aanwezig.

### 2.1.3 Ventilatie

Per verdieping waren 8 ventilatoren aanwezig, waarvan 4 met een diameter van 50 cm en 4 met een diameter van 109 cm. De stal werd geventileerd door middel van lengteventilatie. Dit betekende dat de ventilatoren aan één van de kopgevels waren geïnstalleerd. De ventilatoren zorgde voor onderdruk in de stal, waardoor alle ventilatielucht die de stal verliet door de ventilatiekokers ging. De ventilatoren met een diameter van 50 cm hadden een maximale ventilatie van 8.400 m<sup>3</sup>/uur, voor de ventilatoren met 109 cm doorsnede was dit 14.000 m<sup>3</sup>/uur. De ventilatiecapaciteit van beide typen ventilatoren werd vastgesteld op basis van de gekalibreerde ijklijnen (Bijlage C). Per verdieping was het maximale debiet derhalve 89.600 m<sup>3</sup>/uur. Dit is ca. 8 m<sup>3</sup>/uur per opgezette hen. De buitenlucht kwam de stal binnen via regelbare inlaatventielen. Deze zaten per verdieping over de gehele lengte en aan beide zijden van de stal; 19 stuks per verdieping per zijde. Een inlaatventiel zat bij de benedenverdieping op 1,50 m hoogte vanaf de strooiselvloer en bij de bovenverdieping op 1,25 m vanaf de strooiselvloer.

### 2.1.4 Ammoniakemissiereducerend principe

Het emissiereducerend principe berustte op het regelmatig verwijderen van één van de twee emissiebronnen, namelijk de mest onder de beun op de mestbanden. Het grootste deel van de geproduceerde mest komt in scharrelstallen doorgaans onder de beun terecht, aangezien veel van de activiteiten (eten, drinken, rusten) zich boven de beun afspelen. De mest werd tweemaal per week uit de stal afgevoerd. Daarnaast bestond de verwachting dat de emissie waarschijnlijk verminderd zou worden doordat het strooisel van de bovenverdieping niet op een betonnen vloer lag die in contact stond met een koude ondergrond, maar op een houten vloer met een cementplaat er bovenop. Hierdoor had zowel de vloer als het strooisel een hogere temperatuur waardoor de netto waterverdamping (inclusief de afwezigheid van condensatie) uit het strooisel werd bevorderd (Groot Koerkamp, 1998). Dit had tot gevolg dat het drogestofgehalte van het strooisel toenam waardoor de emissie werd gereduceerd.

## 2.2 Bedrijfsvoering

### 2.2.1 Zoötechniek

Aangezien de eieren niet voor consumptie bestemd waren, behoefde niet voldaan te worden aan de Nederlandse bezettingsnorm voor consumptiescharreleieren (7 dieren per m<sup>2</sup>). Daarentegen werd voldaan aan de Europese richtlijnen voor scharrelkippen, hetgeen een bezetting betekende van maximaal 9 dieren per m<sup>2</sup>. Op basis hiervan bood de stal ruimte aan 21.546 dierenplaatsen. In Tabel 1 is het verloop in het

aantal dieren gegeven. Omdat bij de start van de productieperiode onvoldoende hanen beschikbaar werden deze later bijgeplaatst.

**Tabel 1** Aantal aanwezige dieren na plaatsing en selectie van de dieren.

*Tabel 1* Number of animals after placing in the house and after selection.

	5 juni	5 juli	6 augustus	14 september	25 november
Geplaatste hennen	20 210	0	0	0	0
Uitval/selectie hennen	-	27	2435	854	471
Totaal verandering hennen	+ 20210	- 27	- 2435	-854	-471
Geplaatste hanen	454	905	0	1200	0
Uitval/selectie hanen	-	1	160	52	739
Totaal verandering hanen	+ 454	+ 904	- 160	+1148	-739
Totaal aanwezige dieren	20 664	21 541	18 946	19 240	18 501

In week 31 (6 augustus is het einde van deze week) werden dieren, met name in de benedenverdieping, uitgeselecteerd en verwijderd (benedenverdieping 16% van de dieren). Op 14 september werden hanen bijgeplaatst; deze werden in een afgezet gedeelte op beide verdiepingen geplaatst. Indien de productieresultaten hiertoe aanleiding gaven, konden deze hanen in kleine groepen worden bijgeplaatst. Op 25 november 2000 werden een deel van deze hanen weer afgevoerd. De gezondheidssituatie en daarmee de productieresultaten bleken te zijn gestabiliseerd, zodat bijplaatsing niet meer nodig was.

## 2.2.2 Klimaatregeling

Per verdieping werd het klimaat geregeld met behulp van een klimaatcomputer. De hoogte van het ventilatiedebiet en dus de hoeveelheid buitenlucht die via de inlaatventielen binnen werd gelaten werd geregeld afhankelijk van de gemiddelde staltemperatuur. De temperatuur werd per verdieping gemeten met 5 sensoren die verdeeld waren over de leefruimte op een hoogte van ca. 1,2 m. Gedurende de zomerperiode werden de 4 ventilatoren van 50 cm diameter tegelijk traploos geregeld naar het maximum debiet waarna er telkens 1 of meer grote ventilatoren (109 cm diameter) bij werd geschakeld (aan/uit regeling). De kleine ventilatoren werden niet teruggeregeld. In de herfstperiode werd de regeling enigszins aangepast: de 4 kleinere ventilatoren werden bij aanschakelen van een grote ventilator wel teruggeregeld naar een minimum en daarna weer traploos bijgeregeld totdat het maximum weer was bereikt en een tweede grote ventilator werd aangeschakeld waarna de kleinere ventilatoren weer teruggeregeld werden, enz. De streef temperatuur in de benedenverdieping was 20 °C; voor de bovenverdieping was dit 21 °C. De stal werd niet bijverwarmd.

## 2.2.3 Voeding

De dieren werden gevoerd met behulp van voergoten met sleepketting. Om 5:15 uur, 10:15 uur, 14:15 uur, 16:15 uur en 18:15 uur werden de voergoten gevuld, waarbij eerst de bovenverdieping werd gevoerd en daarna de benedenverdieping. Een voerbeurt nam 7 minuten per verdieping in beslag. Het voer bestond gedurende de zomerperiode uit foktoommeel voor groeiende leggende kippen van 22 tot 30 weken oud. Hieraan werd gedurende de periode met gezondheidproblemen enkele malen mineralen- en vitaminemengsels in kleine hoeveelheden toegevoegd. In de herfstperiode werd een ander foktoommeel gevoerd aangezien de dieren geen extra voedingsstoffen voor de groei nodig hadden. In Tabel 2 is de samenstellingen in energie en ruweiwit van het voeders weergegeven. Via de drinknippels (met lekbakjes) aan de drinklijnen konden de dieren alleen gedurende periode dat het licht aan was onbeperkt water opnemen.

**Tabel 2** De omzetbare energie (OE) en het ruw eiwit (re) van het voer.

*Table 2 The energy and crude protein content of the feed.*

Voersoort	OE (MJ/kg)	Re (g/kg)
Foktoommeel leg en groei	11,9	175
Foktoommeel leg	11,9	175

## 2.2.4 Gezondheid

De dieren werden dagelijks visueel gecontroleerd en indien nodig geselecteerd voor verwijdering. Gedurende de zomerperiode traden in de gehele koppel gezondheidsproblemen op. Hiervoor werden de dieren verschillende malen via kuren behandeld. De medicijnen werden toegevoegd aan het drinkwater. Bijlage F geeft een overzicht van de behandelingen. In de herfstperiode ontstond overlast van bloedluizen, hiervoor werd niet behandeld. De overlast werd door aanpassing van de legnesten bestreden.

De stal werd verlicht met behulp van TL-verlichting die vanaf de plaatsing van de dieren werd opgebouwd van 14 uur licht naar 15,5 uur licht per dag. Vanaf 5:00 uur ging het licht aan. Toetreding van daglicht in de stal was niet mogelijk.

## 2.2.5 Mestmanagement

De mest werd tweemaal per week (dinsdag en vrijdag) van de mestbanden onder de beun uit de stal verwijderd. De mest van beide verdiepingen werd verzameld op een dwarsafvoerband, waarmee de mest uiteindelijk naar buiten naar een gereedstaande container werd getransporteerd. Het verwijderen van alle mest van de mestbanden nam ongeveer een half uur in beslag. De mest werd gelijk afgevoerd naar een composteeringsbedrijf. In de herfstperiode, op 2 november werd stro aan het strooisel toegevoegd, 9 balen lang stro per verdieping. Op 21 november werd dit herhaald (15 balen per verdieping). Deze toevoeging van stro had tot doel de stofoverlast van het strooisel te verminderen.

## 2.3 Metingen

### 2.3.1 Algemeen

De meetperioden vielen in de door de beoordelingsrichtlijn voor GroenLabel-stallen voorgeschreven perioden (Beoordelingsrichtlijn, 1996). Aan de eis van een zogenaamde bevuilingsperiode van 2 maanden werd niet geheel voldaan: de metingen startten een maand na opleg van de dieren. In Tabel 3 zijn de data en de lengten van de meetperioden vermeld.

**Tabel 3** Start- en einddata van een meetperiode en het aantal meetdagen.

*Table 3 Begin and end date of the two measuring periods and the number of measuring days.*

Meetperiode	Start	Einde	Aantal dagen
Zomer	1 juli 2000	31 augustus 2000	62
Herfst	1 oktober 2000	30 november 2000	61

Tijdens de meetperioden werden de productiegegevens geregistreerd door de verzorger van de dieren (§2.3.2). Wekelijks werd per verdieping een strooiselmonster en een mestmonster van de mest op de band genomen (§2.3.3). De geurconcentratie werd per meetperiode vijf keer bepaald (§2.3.7).

Gedurende de meetperioden werden de volgende variabelen continu gemeten:

- klimaat per verdieping en buiten (§ 2.3.4);
- ventilatiedebiet per verdieping (§ 2.3.5);
- ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht per verdieping en van de ingaande lucht (§ 2.3.6).

De meetapparatuur voor de continu metingen werd bestuurd door een programmeerbare datalogger. Eenmaal per 15 minuten werden alle variabelen gemeten. Elk uur werden de waarden gemiddeld en weggeschreven naar de datalogger. Iedere week werd de apparatuur gecontroleerd en de algemene situatie in de stal opgenomen. Hiervan werden notities gemaakt in een logboek.

### 2.3.2 Productiegegevens

Gedurende de twee productieperioden werden de volgende gegevens geregistreerd:

- aantal opgelegde dieren,
- eiproductie (kg),
- voerverbruik per dier (g);
- waterverbruik per dier (l)
- uitval (%).

Het voer- en waterverbruik werd door een voercomputer bijgehouden en op invullijsten genoteerd. Dagelijks werden de hoeveelheid verzamelde eieren en het gemiddelde gewicht van de eieren genoteerd. Uit deze gegevens werd de voederconversie (kg voer per kg ei) berekend.

### 2.3.3 Strooisel- en mestmonsters

Het strooisel werd wekelijks bemonsterd door per verdieping op vier verschillende punten een hoeveelheid strooisel te verzamelen en hiervan een mengmonster per verdieping te maken. Per verdieping werd het strooisel geanalyseerd op het gehalte aan droge stof, as, totaal stikstof, ammoniumstikstof, zuurgraad, totaal fosfor en totaal kalium. In de zomerperiode werd het strooisel 8 maal bemonsterd; in de herfstperiode was dit 9 maal. Ook de afgevoerde bandmest werd wekelijks bemonsterd door tijdens het draaien van de mestbanden elke paar minuten een hoeveelheid mest van verschillende mestbanden op te vangen. Ook deze monsters werden geanalyseerd op het gehalte aan droge stof, as, totaal stikstof, ammoniumstikstof, zuurgraad, totaal fosfor en totaal kalium. In elke meetperiode werd de mest 7 maal bemonsterd.

### 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 is  $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$  en  $\pm 2\%$ . Het klimaat per verdieping werd gemeten op 3 meetpunten in de stal. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht werden aan de noordoost zijde van de stal gemeten. De sensoren werden vóór en na de metingen gecontroleerd.

### 2.3.5 Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet ( $\text{m}^3/\text{uur}$ ) per ventilator werd met een meetventilator gemeten. Deze hing in een meetkoker die horizontaal voor de ventilator was geplaatst. Bij de kleine ventilatoren (diameter 50 cm) hadden de meetventilator en de meetkoker dezelfde diameter als de ventilator. Bij de grote ventilatoren (diameter 109 cm) werd een meetventilator met een diameter van 71 cm in een meetkoker van 71 cm geplaatst. Deze werd met een verbreding tot 109 cm horizontaal voor de ventilator geplaatst (zie Bijlage B). De meetkokers werden luchtdicht aan de ventilatoren bevestigd zodat alle uitgaande lucht werd gemeten. Per omwenteling van de meetventilator werden vier pulsen afgegeven en het aantal pulsen per 10

seconden werd geregistreerd. De relatie tussen het aantal pulsen en het debiet werd bepaald met behulp van een windtunnel (Berckmans *et al.*, 1991; Scholtens en Van 't Klooster, 1993). Van beide verdiepingen werd een kleine en een grote meetventilator na de tweede meetperiode gekalibreerd. De resultaten zijn vermeld in Bijlage C.

### 2.3.6 Ammoniakconcentratie

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO-monitor (Advanced Pollution instimulation Inc., model 200A). Deze methode staat beschreven in Scholtens (1993) een korte omschrijving staat in Bijlage D. Om NH<sub>3</sub> met de NO-monitor te kunnen meten moet het eerst door een convertor omgezet worden tot NO. Het gevormde stabiele NO werd met een pomp door teflonslangen naar de monitor gezogen (circa 250ml/min) en gemeten. De gemeten NH<sub>3</sub>-concentratie in ppm werd met een factor 0,71 (bij 20°C en 1 atm.) omgerekend naar mg NH<sub>3</sub> per m<sup>3</sup> lucht (Weast *et al.*, 1986).

Monsternamepunten van de uitgaande lucht bevonden zich per verdieping in 3 verschillende ventilatiekokers (bij twee kleine ventilatoren en 1 grote ventilator), waarbij het monsternamepunt tussen de ventilator en de meetventilator was geplaatst. De ingaande lucht werd aan beide zijde van de stal op 1/3 en 2/3 van de lengte van de stal bij de benedenverdieping in de buurt van de inlaatopening gemeten. In de herfstperiode waren vanaf 15 november twee van de vier monsternamepunten naar de ingaande lucht van de bovenverdieping verplaatst.

Ieder week werd de monitor gekalibreerd met NO-gas van circa 40 ppm. De resultaten van de kalibraties van de monitor zijn vermeld in Bijlage D. Bij het gebruikte meetprincipe is het signaal van de monitor lineair met de ammoniakconcentratie. De ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht werd met een gas-detectiebuisje bepaald om de omzetting van de convertors te controleren. De stoffilters in de luchtleiding voor de convertors werden regelmatig vervangen. De convertors werden voor en na beide meetperiodes gekalibreerd. De gemiddelde omzettingpercentages zijn vermeld in Bijlage E.

### 2.3.7 Geurconcentratie

De geurmetingen werden uitgevoerd volgens het meetprotocol voor geuremissies uit de veehouderij (Werkgroep Emissiefactoren, 1996). Het monsternamepunt voor de geur bevond zich in een ventilatiekoker (een met een diameter van 50 cm) tussen ventilator en meetventilator. In totaal werden 10 geurmetingen verricht per verdieping. De metingen werden gelijkmatig verspreid over de meetperiodes, waarbij rekening is gehouden met verschillend aantal dagen dat de bandmest in de stal aanwezig was. De te analyseren lucht werd tussen 10:00 en 12:00 uur aangezogen door een pomp bij de meetapparatuur. De bemonstering werd uitgevoerd met behulp van de zogenaamde longmethode. Hierbij werd een lege monsterzak, die zich in een gesloten vat bevond, via een teflonslang gevuld met stallucht. Door de lucht uit het vat te zuigen (0,5 L/min) ontstond in het vat onderdruk en werd stallucht aangezogen. Om condensvorming te voorkomen werd verwarmingslint langs de monsternameleiding aangebracht. De stallucht werd vóór het monstervat gefilterd met een stoffilter (1-2 µm).

De geuranalyses werden uitgevoerd door het geurlaboratorium van het IMAG volgens de voornorm NVN 2820 met wijzigingsblad A1 (1995). Het gebruik van het wijzigingsblad wil zeggen dat gebruik werd gemaakt van het zogenaamde zekerheids criterium bij het vaststellen van de geurdrempel van het geurpaneel, hetgeen een verbetering is ten opzichte van de eerste versie van NVN 2820. Het geurlaboratorium van IMAG is onder nummer K072 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 werden vermeld in resp. OU<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> en OU<sub>E</sub>/s. De uitdrukking 'OU<sub>E</sub>' staat hierbij voor 'European Odour Units'. Deze terminologie werd ontleend aan de Pre

European Norm (PrEN) 'Odours' die binnen afzienbare tijd van kracht wordt. Verder gaf deze terminologie betere aansluiting bij de internationale literatuur op het betreffende vakgebied. Tot aan de invoering van de PrEN geldt voor binnenlands gebruik:  $1 \text{ OU}_E/\text{m}^3 = 2 \text{ g.e.}/\text{m}^3$  (g.e. = geureenheid). De eenheid g.e. wordt gebruikt voor metingen volgens de eerste versie van de NVN 2820 waarin geen gebruik werd gemaakt van het zekerheids criterium.

## 2.4 Dataverwerking

De ammoniakemissie (g/uur) werd berekend als het product van de ammoniakconcentratie ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) en het ventilatiedebiet ( $\text{m}^3/\text{uur}$ ). Wanneer geen ammoniakconcentratie bij een ventilatiekoker werd gemeten werd het meetpunt dat het dichtste bij lag gebruikt voor de berekening van de emissie. Bij de berekening van de emissie werd de ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht verminderd met de gemiddelde ammoniakconcentratie van de ingaande lucht (gemiddelde van 4 meetpunten). De geuremissie ( $\text{OU}_E/\text{s}$ ) werd berekend als het product van geurconcentratie ( $\text{OU}_E/\text{m}^3$ ) gemeten in 1 van de ventilatoren en het totale ventilatiedebiet ( $\text{m}^3/\text{s}$ ). Omdat de beide verdiepingen niet luchtdicht van elkaar waren gescheiden konden de resultaten per verdieping niet zelfstandig worden behandeld. Dit betekende dat alleen de resultaten die de gehele stal betroffen de juiste waarde aangeven. De berekende ammoniakemissies werden vergeleken met de emissiefactor voor scharrelstallen voor leghennen, code E 2.7 (Wijziging Uitvoeringsregeling, 2000).

De ammoniakconcentraties werden gecorrigeerd voor de rendementen van de convertors en de kalibraties van de monitor. Missende uurwaarnemingen (als gevolg van kalibraties en technische storingen) van het ventilatiedebiet, de ammoniakconcentratie, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid werden niet geïnterpoleerd. Uit de uurwaarnemingen van de hiervoor genoemde parameters werden daggemiddelden berekend. De daggemiddelde ammoniakemissie (g/uur) van dagen met minder dan 20 uren gegevens werden niet meegenomen in de verdere berekening. Voor beide meetperioden werd, op basis van 21.546 plaatsen, de ammoniakemissie per dierplaats per jaar berekend, uitgaande van een leegstand van 21 dagen op een productieperiode van 421 dagen (op basis van een scharrelstal voor leghennen, Kwantitatieve informatie veehouderij 1999-2000). Dit kwam overeen met 5%.

Voor iedere geurmeting werd het gemiddelde debiet tussen 10 en 12 uur bepaald aan de hand van de gemeten en opgeslagen uurgemiddelden. Indien de uurgemiddelden niet op het hele uur vielen, werd het debiet geïnterpoleerd. Per meting werd een geuremissie uit de stal berekend door beide verdiepingen bij elkaar op te tellen. Voor de zomer en herfst werd een geometrisch gemiddelde berekend. Dit werd bereikt door de natuurlijke logaritme van de geuremissies te nemen, deze te middelen en vervolgens weer via de exponentiële functie op normale schaal uit te drukken. Voor beide meetperioden werd, op basis van 21.546 plaatsen, de geuremissie per dierplaats berekend.

## 3 Resultaten

### 3.1 Productieresultaten

In Tabel 4 worden de productieresultaten van de twee meetperiodes weergegeven. Aangezien de productieronde bij het schrijven van deze rapportage nog niet was afgerond was een volledige vergelijking van de productiecijfers met het landelijk gemiddelde niet mogelijk. Echter, om toch een indruk van de technische resultaten te krijgen is in de tabel het landelijk gemiddelde voor de verschillende kengetallen van vleeskuikenouderdieren en scharrelgehennen gegeven (Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1999-2000, 1999).

**Tabel 4** Productieresultaten per meetronde en het landelijk gemiddelde voor de kengetallen van vleeskuikenouderdieren (VKO) en scharrelgehennen (KWIN, 1999-2000)

*Table 4 Production results of the hens in the two compartments in the two measuring periods, and the standards for parent breeders (VKO) and laying hens in loose housing systems (scharrel).*

	Zomer		Herfst		Landelijk gemiddelde	
	beneden	boven	beneden	boven	VKO	Scharrel
Leeftijd dieren (weken)	21-29	21-29	34-42	34-42	22-61	20-77
Gemiddeld aanwezige dieren						
Hennen	8.809	9.763	7.365	9.122	-	-
Hanen	625	646	975	1.012	-	-
Totaal	9.434	10.398	8.340	10.134	-	-
Aantal dieren per m <sup>2</sup>	7,7	8,4	6,8	8,2	7,1	-
Gemiddeld aantal hennen per haan	14	15	8	9	10	-
Aantal eieren per opgehokte hen	42,3	50,2	42,3	48,9	147	
Eierproductie per opgehokte hen (kg)	2,27	2,61	3,65	3,38	-	20
Voerverbruik (g/dag per aanw dier)	112	109	112	113	152	119
Voederconversie (kg voer per kg ei)	2,88	2,66	2,12	2,26	-	2,29
Water-voerverhouding	1,68	1,70	1,67	1,63	1,9-2,0*	1,8-1,9*
Uitval per opgehokte hen						
Hennen	24	6	2	2	10	8
per meetperiode (%)						
Hanen	17	9	2	3	35	-
Uitval cumulatief (%)	24	7	27	11	-	-

\* gegevens afkomstig uit Handboek voor de pluimveehouderij (IKC-V, 1994)

Uit de tabel blijkt dat de technische resultaten in de zomerperiode, met name eiproductie en voederconversie, voor de bovenverdieping aanzienlijk beter waren. De uitval bij de benedenverdieping was extreem hoog; dit werd met name veroorzaakt door de selectie in week 31 waarbij alle dieren met een slechte gezondheid werden verwijderd. Uit de tabel blijkt dat de vergelijking met het landelijk gemiddelde niet altijd mogelijk was door verschillen in de duur van de beschouwde perioden. In de onderzoeksstal was het voerverbruik en waarschijnlijk daardoor de water-voerverhouding afwijkend ten opzichte van het landelijk gemiddelde. Ook de uitval van de hennen bleek hoger te liggen dan het landelijk gemiddelde. Het hoge uitvalspercentage van het landelijk gemiddelde bij de hanen wordt met name veroorzaakt door selectie van de hanen. De uitvalspercentages van de hanen gedurende de meetperiodes was lager dan het landelijk gemiddelde.

### 3.2 Klimaat en ventilatiedebiet

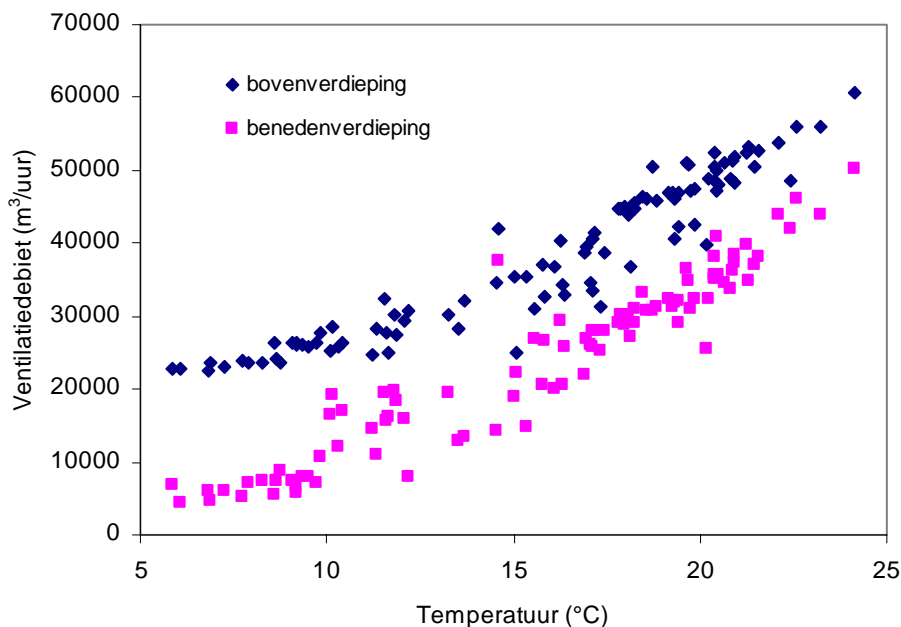
In Tabel 5 zijn de gemiddelde temperatuur, de relatieve luchtvochtigheid en het ventilatiedebiet per gemiddeld aanwezig dier tijdens beide meetperioden weergegeven.

**Tabel 5** Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de lucht in de stal per verdieping, de buitenlucht en ventilatiedebiet per dierplaats tijdens beide meetperioden.

*Table 5 Mean temperature and relative humidity of the air in the house per floor, outdoor air and ventilation rate per animal place per measuring period.*

Meetperiode	Zomer			Herfst		
	beneden	boven	buiten	beneden	boven	buiten
Temperatuur (°C)	23,0	24,7	19,2	21,9	21,5	10,8
Relatieve luchtvochtigheid (%)	64	60	75	59	61	89
Debiet per gem. aanwezig dier (m <sup>3</sup> /uur)	3,5	4,4	-	1,5	2,8	-

In Bijlage G en H staan de daggemiddelden van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de uitgaande lucht en van de buitenlucht grafisch weergegeven. In de zomerperiode werd de streeftemperatuur op beide verdiepingen niet gehaald. In de herfstperiode lag de gemeten staltemperatuur dicht bij de gewenste streeftemperaturen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de klimaatsensoren niet op dezelfde plaats en hoogte hingen dan die klimaatsensoren van de klimaatregeling. In Bijlage I staan de uurgemiddelden van het ventilatiedebiet voor beide meetperioden gegeven. In figuur 2 is voor beide verdiepingen het daggemiddelde ventilatiedebiet uitgezet tegen de daggemiddelde buitentemperatuur. Hieruit blijkt dat de bovenverdieping bij elke buitentemperatuur in het meetbereik een hoger ventilatiedebiet had. De verschillen in debiet waren het grootst bij een lage buitentemperatuur.



**Figuur 2** Daggemiddelde ventilatiedebiet versus de daggemiddelde buitentemperatuur, per verdieping.

*Figure 2 Daily mean ventilation rate versus the daily mean outdoor temperature, per compartment (floor).*



### 3.3 Strooisel- en mestmonsters

In Tabel 6 zijn de gemiddelde resultaten van de strooisel- en mestmonsters per verdieping per meetperiode gegeven.

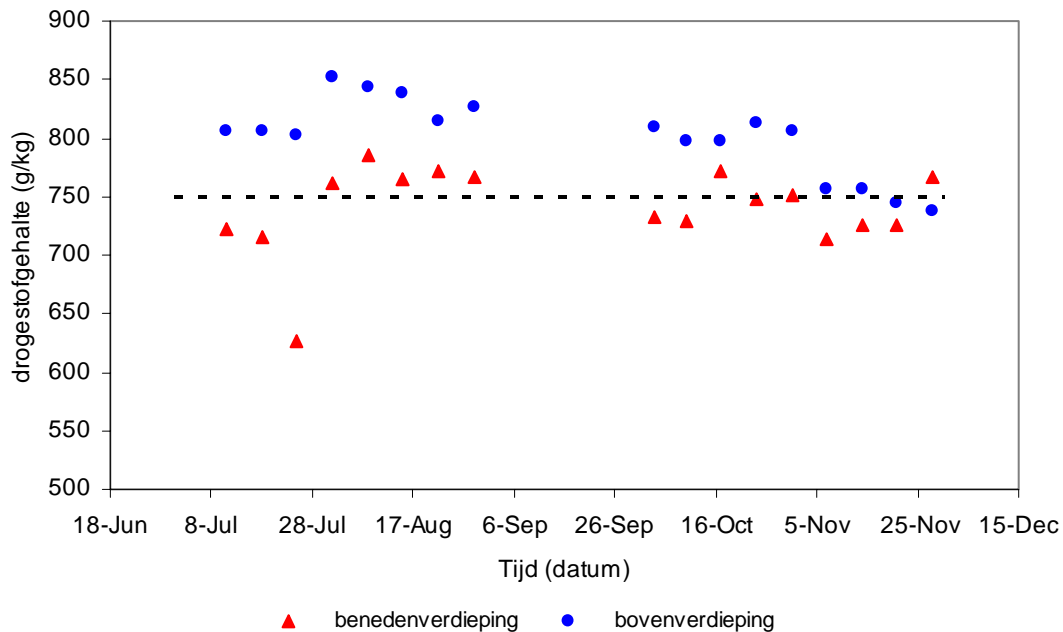
**Tabel 6** Aantal monsters en de samenstelling in droge stof, ammoniumstikstof, totaal stikstof, totaal fosfor, totaal kalium, anorganische stof en de pH van het strooisel en de bandmest.

*Table 6* Number of samples and the composition of the litter and belt manure in terms of dry matter, total ammoniacal nitrogen, total nitrogen, total phosphors, potassium, ash and pH.

	Zomer				Herfst			
	strooisel beneden	strooisel boven	mestband beneden	mestband boven	strooisel beneden	strooisel boven	mestband beneden	mestband boven
Aantal monsters	8	8	7	7	9	9	7	7
Drogestofgehalte (g/kg)	739	824	309	320	742	779	375	369
Ammoniumstikstof (g/kg)	2,4	1,4	3,1	3,7	3,1	3,0	2,9	3,0
Totaal stikstof (g/kg)	25,1	29,4	18,8	20,1	26,1	30,9	23,7	24,4
Totaal fosfor (g/kg)	7,7	8,8	5,4	6,2	10,7	10,2	6,4	6,4
Totaal kalium (g/kg)	15,6	15,8	8,5	8,8	21,1	19,3	10,6	10,0
Anorganische stof (g/kg)	215	279	79	86	219	237	96	98
pH (-)	8,1	7,1	6,7	6,9	8,7	8,0	7,2	7,0

Van de bandmest waren de verschillen in drogestofgehalten tussen boven- en benedenverdieping niet eenduidig en klein. Omdat de mest tweemaal per week werd afgevoerd was het tijdsbestek voor het bereiken van verschillen in mestsamenstelling door de verschillen in omstandigheden per verdieping te klein. Het drogestofgehalte van het strooisel van de bovenverdieping was altijd hoger dan die van de benedenverdieping. In figuur 3 zijn de drogestofgehalten van het strooisel per verdieping in de tijd weergegeven. De stippellijn correspondeert bij een drogestofgehalte van 750 g/kg, waarbij de vorming van ammoniak doorgaans optimaal is (Groot Koerkamp *et al.*, 2000). Onder en boven de 750 g/kg droge stof is de ammoniakvorming doorgaans lager.

Uit de figuur blijkt dat bij de laatste 4 monsters van de bovenverdieping het drogestofgehalte van het strooisel zichtbaar afnam tot 750 g/kg (op de stippellijn), terwijl het drogestofgehalte doorgaans 800 g/kg bedroeg of hoger. Het drogestofgehalte van de benedenverdieping bedroeg doorgaans 750 g/kg. Het lage drogestofgehalte bij de derde monsternamen in de zomer (650 g/kg) moet als uitzondering worden beschouwd.



**Figuur 3** Verloop van het drogestofgehalte (g/kg) van het strooisel per verdieping; de stippellijn staat bij het drogestofgehalte voor een optimale ammoniakemissie (750 g/kg).

*Figure 3* Course of the dry matter content of the litter in the two compartments (floors).

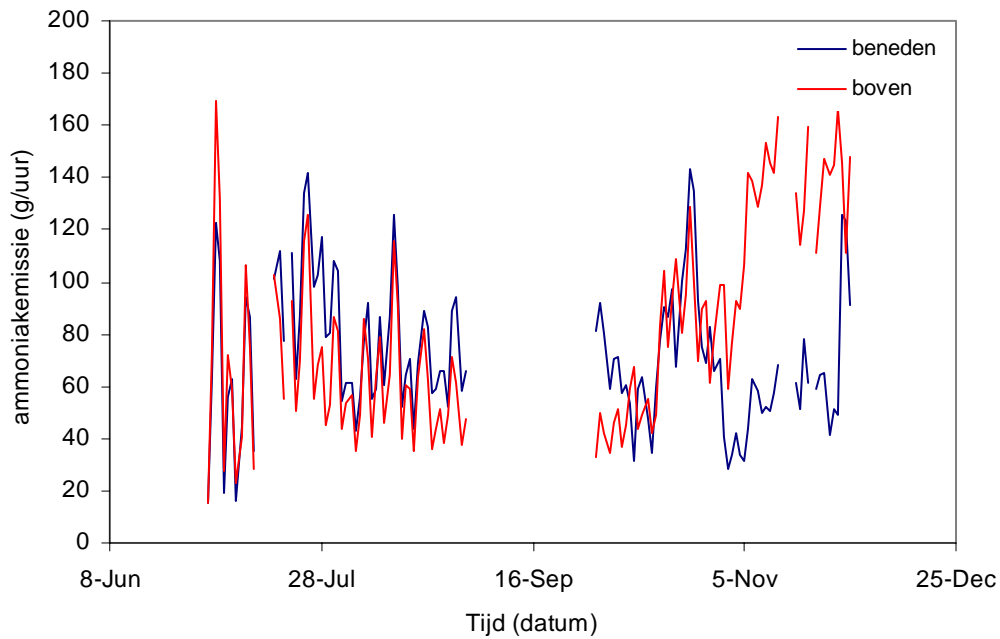
### 3.4 Ammoniakconcentratie en -emissie

In Bijlage J zijn de gemeten  $\text{NH}_3$ -concentraties per verdieping voor beide meetperioden gegeven. In Tabel 7 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde ammoniakconcentraties en -emissie tijdens beide meetperioden. Gedurende de metingen bleek dat bij de 4 meetpunten voor van de ingaande lucht (achtergrond) de ammoniakconcentratie sterk verschilde. Bij de meetpunten dicht bij de ventilatoren werden hogere ammoniakconcentraties gemeten. Voor de berekening van de emissie is gebruik gemaakt van het gemiddelde concentratie van de 4 meetpunten. Gedurende de meetperiode in zomer was de gemiddelde  $\text{NH}_3$ -emissie 48,9 g en voor de meetperiode in de herfst 64,2 g per dierplaats per jaar (met 5% leegstand). In Figuur 4 is het verloop van de daggemiddelde ammoniakemissie per verdieping van de beide meetperioden weergegeven.

**Tabel 7** Gemiddelde  $\text{NH}_3$ -concentratie van de ingaande en uitgaande lucht en  $\text{NH}_3$ -emissie uit de stal per dag en per dierplaats per jaar voor beide meetperioden.

*Table 7* Mean  $\text{NH}_3$ -concentration of the inlet and outlet air and  $\text{NH}_3$ -emission from the house per day and per animal place per year for both measuring periods.

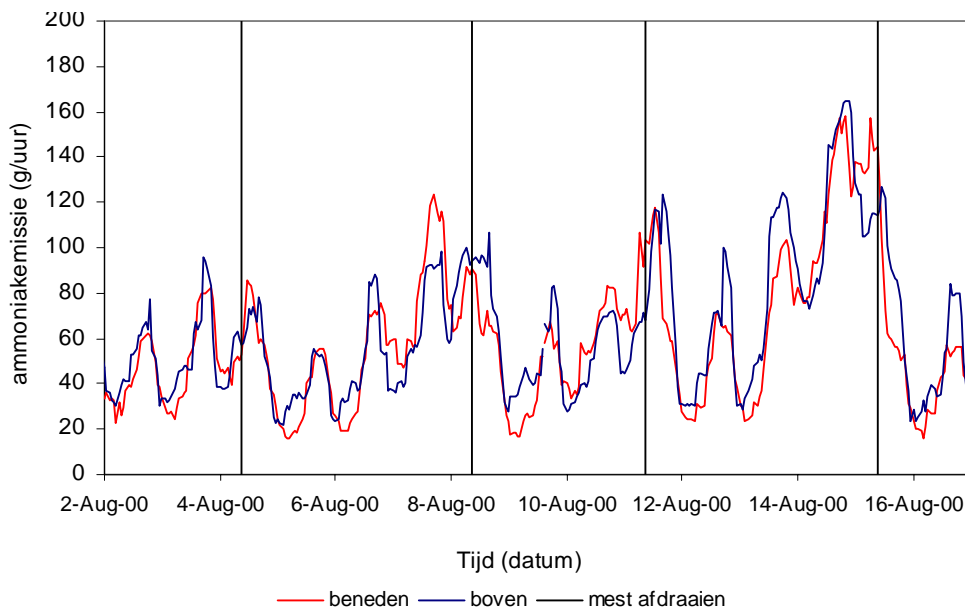
Meetperiode	Zomer			Herfst		
	beneden	boven	stal	beneden	boven	stal
Lengte meetperiode (dagen)	62	62	62	61	61	61
$\text{NH}_3$ -concentratie ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	2,0	1,5	-	5,8	3,8	-
$\text{NH}_3$ -concentratie ingaande lucht ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	-	-	0,1	-	-	0,1
$\text{NH}_3$ -emissie (g/uur)	66,2	60,4	126,5	67,3	98,3	165,7
Aantal dierplaatsen	-	-	21.546	-	-	21.546
$\text{NH}_3$ -emissie per dierplaats (g/jaar), met 5% leegstand	-	-	48,9	-	-	64,2



**Figuur 4** De daggemiddelde  $\text{NH}_3$ -emissie (g/uur) uit de twee afdelingen gedurende de meetperioden.

**Figure 4** The daily mean  $\text{NH}_3$ -emission (g/h) from the two compartments (floors) during the measuring periods.

Uit de figuur blijkt dat de emissie gedurende de zomerperiode uit beide verdiepingen nagenoeg gelijk was. In de herfstperiode was het verloop van de emissie uit beide verdiepingen anders. De emissie uit de twee afdelingen was tot ca. 1 november nagenoeg gelijk (afgezien van het verschil bij aanvang van de tweede periode), waarna de emissies van beide verdiepingen uit elkaar liepen. De emissie uit de benedenverdieping daalde, terwijl de emissie uit de bovenverdieping sterk steeg. Op de laatste meetdagen nam ook de emissie uit de benedenverdieping sterk toe en kwam op een nagenoeg hetzelfde niveau als de bovenverdieping.



**Figuur 5** Verloop van de ammoniakemissie per verdieping gedurende een aantal dagen; de verticale lijnen geven het moment van verwijderen van de bandmest aan.

**Figure 5** Ammonia emission from the two compartments (floors), vertical lines indicate manure removal.

In Figuur 5 is dit verloop voor een aantal willekeurige dagen gedurende de zomerperiode weergegeven. De verticale geven het moment van mest afdraaien aan. Het is goed zichtbaar dat de emissie toenam tot en met de dag dat de mest uit de stal werd verwijderd.

### 3.5 Geurconcentratie en -emissie

In Tabel 8 wordt de geurconcentratie en –emissie per verdieping en voor de gehele stal per dierplaats voor beide meetperioden gegeven. De geuremissie in de zomer was 0,61 OU<sub>e</sub>/s en in de herfst was dit 0,51 OU<sub>e</sub>/s. De gemiddelde geuremissie over 10 metingen was 0,55 OU<sub>e</sub>/s (dit komt overeen met 40,73 MVE). Uit de tabel blijkt dat, ondanks dat in de zomerperiode ca. 50% meer werd geventileerd, de geuremissie slechts met 17% hoger was.

**Tabel 8** Gemiddelde geurconcentratie van de uitgaande lucht, ventilatiedebiet en geuremissie per verdieping en de geuremissie uit de stal per dierplaats voor beide meetperioden.

*Table 8 Mean odour concentration of outlet air, ventilation rate and odour emission per storage from the chicken house per animal place for both measuring periods.*

Meetperiode	Zomer			Herfst		
	beneden	boven	stal	beneden	boven	stal
Aantal metingen	5	5	-	5	5	-
Geurconcentratie (OU <sub>e</sub> )	616	743	-	971	1041	-
Gemiddeld debiet (m <sup>3</sup> /uur)	27.949	41.253	-	13.831	24.098	-
Geuremissie (OU <sub>e</sub> /s)	-	-	13.042	-	-	10.755
Aantal dierplaatsen	-	-	21.546	-	-	21.546
Geuremissie totaal per dierplaats (OU <sub>e</sub> /s)	-	-	0,61	-	-	0,50

## 4 Discussie

De hoge uitval van dieren was opvallend (zie tabel 4). Dit werd veroorzaakt door het optreden van verschillende ziektes gedurende het eerste deel van de zomerperiode. Doordat verschillende malen hanen moesten worden aangevoerd, die weer van verschillende bedrijven kwamen, was de kans op insleep van ziekte groot. Daarnaast bleek dat de gebruikte medicijnen niet direct aansloegen. In de week van 6 augustus was tegelijk met het verbeteren van de gezondheid van de dieren een forse selectie op de gehele koppel uitgevoerd, zodat werd voorkomen dat eventuele ziekteveroorzakers op verzwakte dieren de ziektedruk zouden verhogen. Ondanks deze selectie bleef de uitval gedurende de zomerperiode hoog. In de herfstperiode was de gezondheidssituatie stabiel, waren medicijnen niet meer nodig en was de uitval normaal. Door de wijzigingen in het aantal aanwezige dieren tijdens de twee meetperioden waren minder dieren in de stal aanwezig dan op grond van het aantal dierplaatsen (21.546) verwacht kon worden.

Het KNMI geeft in haar maandoverzichten een typering van het weer, over de maanden juli, augustus, oktober en november wordt het volgend gemeld: juli was een zeer sombere koele en gemiddeld over het land genomen ook een natte maand. De gemiddelde temperatuur bedroeg 15,5 °C ten opzichte van het langjarig gemiddelde van 16,8 °C. Augustus was warm, zonnig en gemiddeld over het land droog. De temperatuur was gemiddeld 17,4 °C tegen een langjarig gemiddelde van 16,8 °C. Er werden echter minder zomerse dagen (max. temperatuur tenminste 25 °C ) en geen tropische dagen (max. temperatuur tenminste 30 °C ) geregistreerd. Oktober was zacht, nat en aan de sombere kant. De gemiddelde temperatuur was 11,3 °C tegen 10,5 °C normaal. En ook november was zeer zacht, nat maar met een normale hoeveelheid zon. De temperatuur was gemiddeld 7,8 °C tegen een langjarig gemiddelde van 5,9 °C (KNMI, 2000). Uit deze gegevens blijkt dat de klimaatomstandigheden gedurende de meetperioden niet extreem waren, zoals een hittegolf of een strenge vorstperiode.

Het ventilatiedebiet van de twee afdelingen daalde, zoals gebruikelijk, bij daling van de buitentemperatuur. Opmerkelijk was het grote verschil in ventilatiedebiet tussen de twee afdelingen, waarbij het verschil zowel absoluut als relatief kleiner werd bij een hoger ventilatiedebiet. In beide afdelingen waren namelijk nagenoeg evenveel kippen gehuisvest. Daarentegen zal het warmtetransport (verlies) door de omhullende constructie niet helemaal gelijk zijn geweest, omdat de temperatuur van de omgeving (van respectievelijk bodem en buitenlucht) en de isolatiewaarde van de constructieonderdelen verschillend waren voor de twee verdiepingen. De belangrijkste verklaring voor de waargenomen verschillen in het ventilatiedebiet tussen de twee afdelingen was waarschijnlijk het luchttransport van de benedenverdieping via openingen bij de mestbanden naar de bovenverdieping. Warme lucht in de benedenverdieping zal opstijgen tot onder het plafond c.q. de vloer van de bovenverdieping om zich vervolgens naar de bovenverdieping te kunnen verplaatsen. Omdat een (aanzienlijke) hoeveelheid warme stallucht op deze wijze de bovenverdieping binnentrad, aangevuld met de doorgaans koudere buitenlucht die via de inlaatopeningen in de zijwanden binnentrad, was een hoger ventilatiedebiet in de bovenverdieping nodig om de geproduceerde warmte van de dieren af te voeren. Bij hogere buitentemperaturen werd het temperatuurverschil tussen de buitenlucht en de stallucht uit de benedenverdieping kleiner, hetgeen verklaarde dat het debietverschil ook kleiner werd. Voor de bovenverdieping werd het steeds minder belangrijk of en in welke mate warme lucht uit de benedenverdieping of warme buitenlucht binnentrad. Uit bovenstaande blijkt dat, hoewel de afdelingen een eigen klimaatregeling hadden, de stal uit ventilatieoogpunt als één geheel moet worden beschouwd.

Het drogestofgehalte van de bandmest bedroeg 309 en 320 (zomer) en 375 en 369 (herfst) g/kg. Hieruit blijkt dat, ondanks de afwezigheid van een mestdrooginstallatie, toch droging van de mest is opgetreden, omdat het drogestofgehalte van verse faeces doorgaans 220-250 g/kg bedraagt. Verder was de samenstelling van de bandmest normaal.

De samenstelling van het strooisel in de twee afdelingen in de twee meetperioden was interessant ten aanzien van het drogestofgehalte en de gehalten van de ammoniakale stikstof, de totaalstikstof en de pH. Het drogestofgehalte en het gehalte van de totaalstikstof van het strooisel in de bovenverdieping was hoger, en het gehalte van de ammoniumstikstof en de pH waren lager dan van het strooisel in de benedenverdieping. Tijdens de eerste meetperiode waren deze verschillen groter dan tijdens de tweede meetperiode. Op basis van de kennis van emissies uit (strooisel in) voliëresystemen (Groot Koerkamp, 1998) kan verondersteld worden dat de ammoniakemissie uit het strooisel in de bovenverdieping aanzienlijk lager was dan de emissie uit het strooisel in de benedenverdieping. De emissie uit het strooisel in de benedenverdieping was waarschijnlijk maximaal, omdat het drogestofgehalte ca. 750 g/kg bedroeg. Boven en onder deze waarde daalt de ammoniakvorming en daarmee ook de emissie (Groot Koerkamp *et al.*, 2000). De veranderingen in het drogestofgehalte tijdens het laatste deel van de tweede meetperiode hebben waarschijnlijk een grote invloed gehad op de ammoniakemissie, omdat het drogestofgehalte van de bovenverdieping daalde tot het niveau voor optimale ammoniakemissie (750 g/kg), terwijl het drogestofgehalte van het strooisel van de benedenverdieping daalde een suboptimaal niveau (700 g/kg). De daling van het drogestofgehalte van het strooisel in beide verdieping tijdens het laatste deel van de tweede meetperiode werd waarschijnlijk veroorzaakt door veranderingen in het ventilatiepatroon, waarbij de temperatuur van de buitenlucht lager was dan tijdens de overige delen van de meetperioden. De lagere buitentemperatuur leidde ertoe dat de binnentredende buitenlucht niet of nauwelijks mengde met de warme lucht in de twee afdelingen, maar langs de zijmuren naar beneden viel en als een koude deken over het strooisel stroomde. Hierdoor daalde de temperatuur van het strooisel, waardoor de verdamping van water uit het strooisel verminderde en mogelijk zelfs enige condensatie optrad. Hierdoor daalde het drogestofgehalte van het strooisel. Het verschijnsel van koude luchtval is vaker waargenomen in stallen en tred op boven een kritische waarde van het temperatuurverschil tussen stallucht en buitenlucht (bijvoorbeeld bij rundveestallen, Monteny, 2000). Deze kritische grens zal per situatie anders zijn.

De ammoniakemissie tijdens de twee meetperioden bedroeg 48,9 en 64,2 g/jaar per dierplaats. Hierbij is uitgegaan van 21.546 dierplaatsen en 5% leegstand tussen twee legronden. Normaal gesproken bedraagt de cumulatieve uitval (einde van de ronde) ca. 6% van het aantal opgezette dieren, hetgeen verrekend wordt door de emissie per dierplaats uit te drukken. In het onderhavige onderzoek waren bijzondere omstandigheden aan de orde die invloed hadden op de emissieberekening, te weten:

1. luchtuitwisseling tussen de twee afdelingen;
2. verschillen tussen de ammoniakconcentraties van de 4 achtergrondmeetpunten;
3. hoge uitval waardoor het aantal dierplaatsen veel hoger was dan het gemiddelde aantal aanwezige dieren.

ad 1) Het zeer waarschijnlijk opgetreden luchttransport van de benedenverdieping naar de bovenverdieping betekende dat de berekende emissie van de twee afdelingen op zichzelf geen waarde hebben. Daarbij dient opgemerkt te worden dat de emissie van de totale stal juist en nauwkeurig is gemeten. Dit betekende dat alleen de som van beide emissies relevant zijn voor het vaststellen van een emissieniveau voor dit stalsysteem, te weten 48,9 en 64,2 g/jaar per dierplaats.

Ad 2) De relatief hoge gemeten ammoniakconcentraties bij de inlaatopeningen van het achterste deel van de stal werd waarschijnlijk veroorzaakt door de uitgaande lucht van de stal, en zich met de buitenlucht vermengde. Uit nader onderzoek (verhangen meetpunten en controle luchtstroming) bleek dat deze buitenlucht met een relatief hoge ammoniakconcentratie ook daadwerkelijk door de inlaatopeningen de stal inging. De berekende gemiddelde emissie per periode was echter nauwelijks gevoelig voor een wijziging van de aanname dat de ammoniakconcentratie van ingaande lucht een gemiddelde was van de 4 meetpunten verspreid over de omtrek van de stal. Indien werd aangenomen dat de ingaande lucht de hoogste respectievelijk de laagste concentratie had van de vier meetpunten, dan zou de emissie over de eerste meetperiode 46,7 en 51,0 g NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats bedragen (tegen 48,9 g NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats). Indien werd aangenomen dat de ingaande lucht de hoogste respectievelijk de laagste

concentratie had van de vier meetpunten, dan zou de emissie over de tweede meetperiode 63,2 respectievelijk 65,2 g NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats bedragen (tegen 64,2 g NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats). De gehanteerde emissieberekening kan derhalve als een goede benadering van de werkelijke emissie worden beschouwd.

Ad 3) Bij 21.546 dierplaatsen, zoals gebruikt bij de emissieberekening, zou bij een cumulatieve uitval van 6% over de gehele legronde gemiddeld 20.899 dieren aanwezig zijn (3% lager). Het gemiddelde aantal dieren vanaf opzet (5 juni 2000) tot het einde van de tweede meetperiode (1 december 2000) was 19.740, ofwel ruim 1.000 dieren minder dan bij een normaal verloop van de uitval. Bij 19.740 gemiddeld aanwezige dieren bedroeg het aantal dierplaatsen 20.350 (3% hoger). Als met dit aantal dierplaatsen werd gerekend, bedroeg de emissie in de eerste periode 51,7 en in de tweede periode 68,0 g/jaar per dierplaats; beiden ca. 6% hoger dan bij 21.546 dierplaatsen.

Uitgaande van 51,7 en 68,0 g NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats voor de twee meetperioden (gemiddeld 59,8), bedroeg de emissiereductie ten opzichte van een traditionele scharrelstal met een emissiefactor van 315 g NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats, gemiddeld 81%. De gemiddelde emissie was ook lager dan de emissiefactor voor voliëresystemen (90 g NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats) en traditionele scharrelstallen met droging van de mest in de beun (120 en 125 g NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats). De ammoniakemissie uit de onderhavige scharrelstal was echter nog wel hoger dan de emissie uit batterijsystemen zonder strooisel (10-35 g NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats).

De ammoniakemissie uit de onderzochte scharrelstal was de som van de emissie van mest onder de beun en de emissie uit het strooisel. Uit figuur 5 blijkt duidelijk dat het verwijderen van de bandmest een directe en aanzienlijke daling van de ammoniakemissie tot gevolg heeft, waarbij het karakteristieke zaagtandpatroon optrad. Op basis van figuur 5 kan tevens verwacht worden dat vaker dan twee maal per week verwijderen nog tot een verlaging van de emissie zal leiden. Uit figuur 5 blijkt tevens dat de emissie na verwijdering van de bandmest tot een laag niveau daalde. De ammoniakemissie van de mestbanden was dan geminimaliseerd en deze emissie was afkomstig uit het strooisel. De emissie uit het strooisel was dus laag, zowel absoluut gezien (lage stalemissie) als relatief ten opzichte van de emissie van de bandmest. De verklaring voor de lage ammoniakemissie uit het strooisel kon gevonden worden in de samenstelling van het strooisel van de bovenverdieping (hoge drogestofgehalte, lage pH en ammoniumgehalte). Het strooisel in de benedenverdieping emitteerde waarschijnlijk meer ammoniak, afgaande op de samenstelling van dit strooisel (zie hiervoor). Enerzijds bevestigde dit de verwachting dat het strooisel van de bovenverdieping zou profiteren van de warme vloer, anderzijds bleek dat de totale emissie gevoelig was voor verslechtering van de strooiselkwaliteit van de bovenverdieping.

Op dit moment worden voor de gangbare kippenstallen (o.a. traditionele scharrelstal en legbatterij) geuremissiemetingen uitgevoerd en gerapporteerd. De rapportage is echter nog niet afgerond zodat vergelijking met deze resultaten niet mogelijk was.

## 5 Conclusies

De ammoniakemissie uit een scharrelstal met twee verdiepingen met regelmatige verwijdering van de bandmest onder de beun bedroeg voor de zomer en winterperiode 48,9 en 64,2 g NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats, uitgaande van 21.546 dierplaatsen. Uitgaande van 20.350 dierplaatsen bedroeg de emissie 51,7 en 68,0 g NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats voor de twee meetperiodes. De gemiddelde geuremissie over 10 metingen, op basis van 21.546 dierplaatsen, was 0,55 OU<sub>e</sub>/s.

Uit een stal bestaande uit twee verdiepingen die een open verbinding met elkaar hebben kan slechts de emissie van de hele stal beschouwd worden in het vaststellen van de emissiecijfers.



## Summary

Deposition of ammonia, besides  $\text{NO}_x$  and  $\text{SO}_x$  deposition, causes acidification and eutrophication of the environment. The policy of the Dutch government aims at a reduction of 50% in the 2000 and 70% in 2005, compared with the emission level in 1980. Also, new legislation on odours from animal husbandry is being prepared. Within this framework research was carried out into the emission of ammonia and odour from a mechanically ventilated loose housing system with two stacked compartments (floors) for laying hens with regular manure removal. The emission reducing principal of the system was the removal (twice a week) of an important emission source namely the manure that was gathered on the manure belts. The expectation was that the high temperature of litter in the top compartment (ceiling of bottom compartment) would increase the net water evaporation of the litter. Because of this the dry matter content of the litter would be higher and the ammonia emission would be less.

The research was carried during one production round and ran during two months in the summer and two months in the autumn. During the measuring periods hens and cocks were kept in the house for the production of eggs for the pharmaceutical industry. The house consisted of two similarly equipped compartments placed above each other. Hens could not move between both compartments, they were not airtight. The floor of each compartment consisted of partly litter (34%) and partly wire floors (66%) with manure belt underneath. Laying nests were situated between two wire floors. Most of the manure was collected under the wire floors on belts and removed untreated twice a week. The number of animal places in the research house was 21,546, based on a livestock density of 9 animals per  $\text{m}^2$ .

The measurements (ammonia and odour emissions, climate) were conducted from 1 July 2000 until 31 August 2000 (summer) and 1 October until 30 November (autumn). The measurements of ammonia and climate were collected continuously. Odour was measured 5 times during a fattening period between 10:00 and 12:00 hours.

Average outside temperature was 19.1 °C during the summer and 10.8 °C during the autumn. The average room temperatures of the ground floor were 23.0 °C (summer) and 21.9 °C (autumn), respectively. Per animal, 3.5  $\text{m}^3$  per hour and 1.5  $\text{m}^3$  per hour was ventilated during the summer and the winter period, respectively. For the second floor the results room temperature were 24.7 °C and 21.5 °C respectively. Per animal the respective ventilation rate amounted 4.4  $\text{m}^3$  per hour and 2.8  $\text{m}^3$  per hour.

The ammonia emission was 48.9 g per animal place per year for the summer period and 64.2 g per animal place per year for the winter period. Calculated with only 20,350 animal places, corrected for the high falling-out of animals, the emission would be 6% higher for each period. The achieved ammonia emission reduction was 81% compared to the traditional system (315 g ammonia per animal place per year). The geometrical mean odour emission was 0,61  $\text{OU}_E/\text{s}$  per animal place in the summer and 0,50  $\text{OU}_E/\text{s}$  per animal place in the autumn. Combines geometrical mean was 0.55  $\text{OU}_E/\text{s}$  per animal.

## Literatuur

Beoordelingsrichtlijn emissiearme stalsystemen, 1996. Uitgave maart 1996 door Stichting Groen Label, Deventer.

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

IKC-V, 1994. Handboek voor de pluimveehouderij. Publikatie nr. 42. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij Afdeling Pluimveehouderij. Beekbergen, 267 pp.

Groot Koerkamp, P.W.G., 1998. Ammoniak emissions from aviary housing systems for laying hens – inventory, characteristics and solutions. PH.D. thesis, Agricultural University Wageningen, 161 pp.

Groot Koerkamp, P.W.G., J.H. van Middelkoop en E. Evers, 2000. Ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen toegenomen. *Pluimveehouderij* 30 (21) p. 10-11.

Heij, G.J. en T. Schneider, 1995. Dutch priority programme on acidification. Final report third phase Additional programme on acidification no. 300-05, 160 pp.

Intergrale Notitie Mest- en Ammoniakbeldie, 1995. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, SDU-Uitgeverij, 's Gravenhage, 36 pp.

KNMI, 2000. Maandoverzichten via het internet: [www.knmi.nl/voorl/maand/archief/maand](http://www.knmi.nl/voorl/maand/archief/maand).

Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1999-2000. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, KWIV september 1999, Lelystad, Drukkerij Cabri b.v., 443 pp.

Monteny, G.J., 2000. Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. PH.D. thesis, Agricultural University Wageningen, 156 pp.

NNI, 1995. NVN 2820/A1 Luchtkwaliteit, sensorische geurmetingen met een olfactometer. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, Maart 1995. (met wijzigingsblad A1, in brief aan geaccrediteerde instellingen 1996)

Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase, 1993. Tweede kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19882, nr. 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravenhage, 55 pp.

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. P231-238.

Scholtens, R., 1993. NH<sub>3</sub>-convertor + NO<sub>x</sub>-analyzer. In: E.N.J. Ouwerkerk (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. Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 59-62.

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.

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

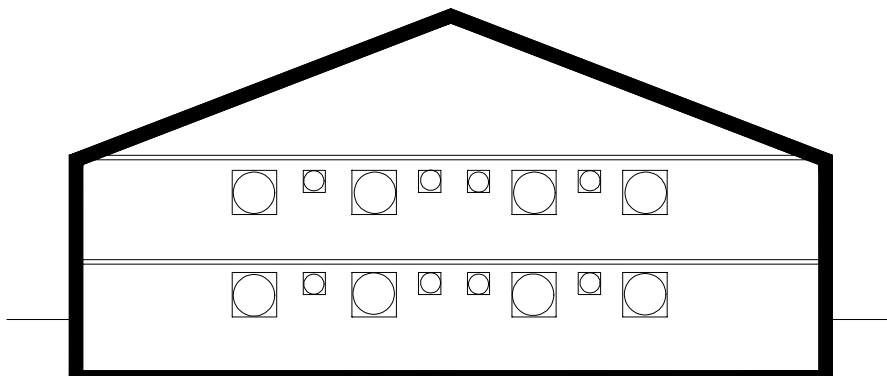
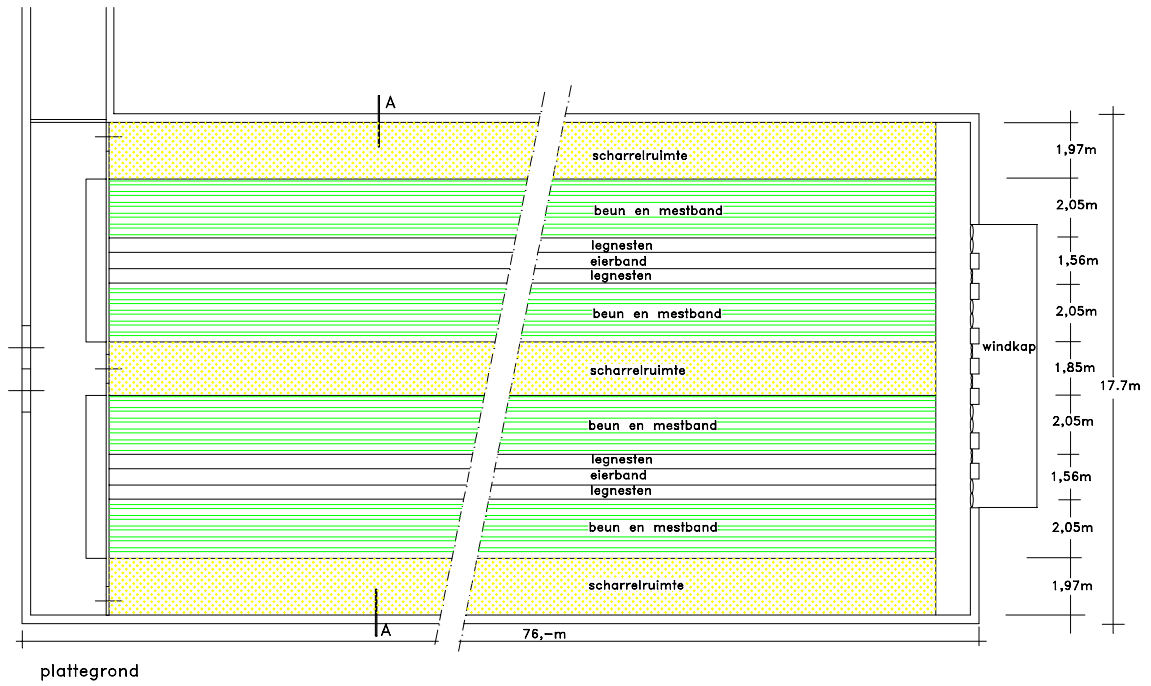
Werkgroep Emissiefactoren, 1996. Meetprotocol voor geuremissies uit stallen. Verkrijgbaar via het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.

Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij, 2000. Interimwet Ammoniak en Veehouderij, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Staatscourant 139, Den Haag, Bijlage 4 van 7<sup>de</sup> wijziging

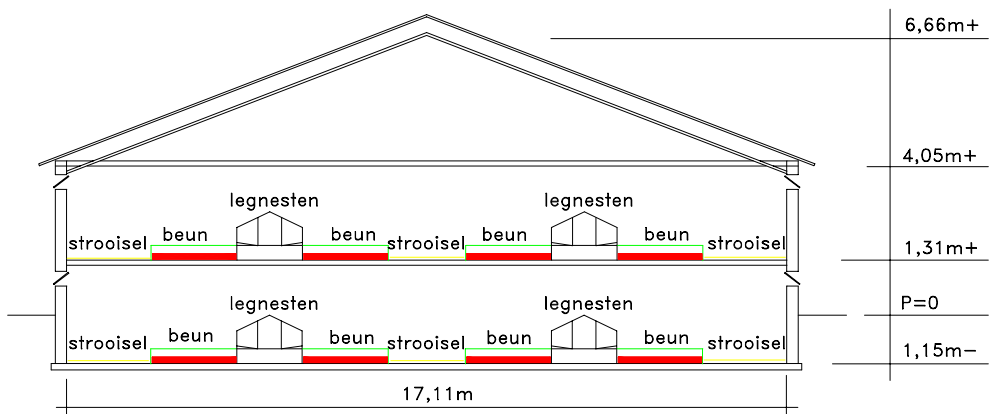
## Bijlagen

BIJLAGE A	Schematische stalplattegrond en -doorsnede
BIJLAGE B	Plaatsing van de meetventilatoren voor de ventilatoren
BIJLAGE C	Kalibratieresultaten meetventilator
BIJLAGE D	Principe en kalibratieresultaten NO-monitor
BIJLAGE E	Omzettingspercentage convertors
BIJLAGE F	Lijst van gebruikte medicijnen
BIJLAGE G	Temperatuur
BIJLAGE H	Relatieve luchtvochtigheid
BIJLAGE I	Ventilatiedebiet
BIJLAGE J	Ammoniakconcentratie
BIJLAGE K	Resultaten Geurmetingen

# BIJLAGE A schematische stalplattegrond en -doorsnede

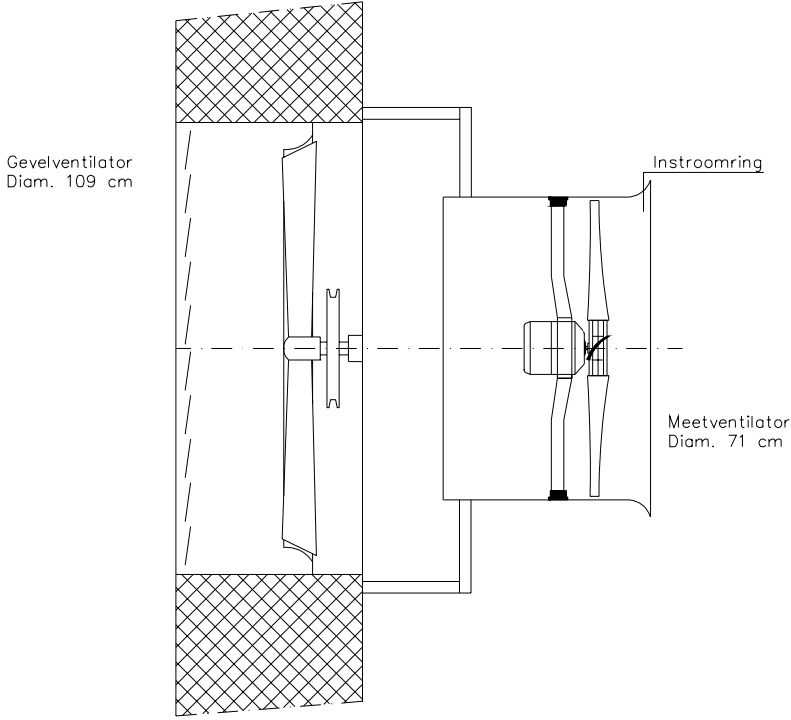
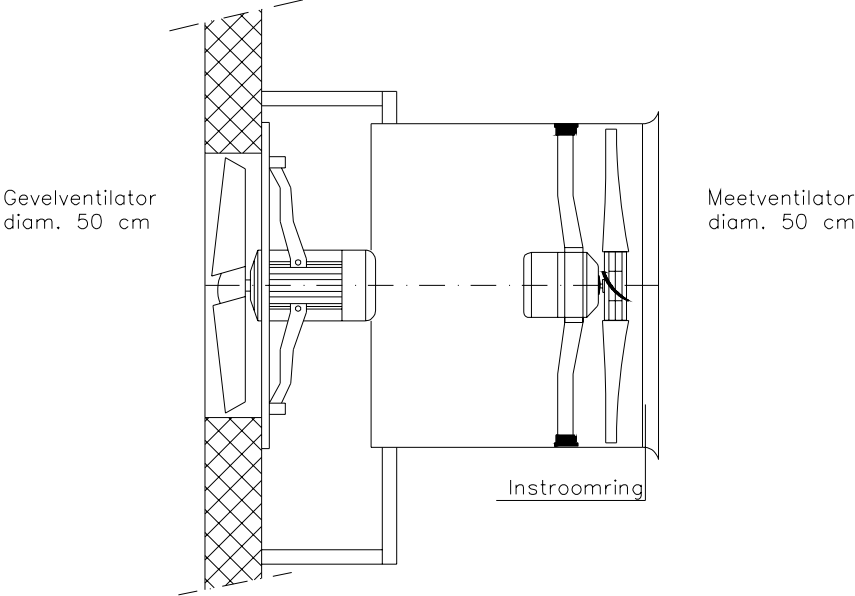


achtergevel met ventilatoren



doorsnede A-A

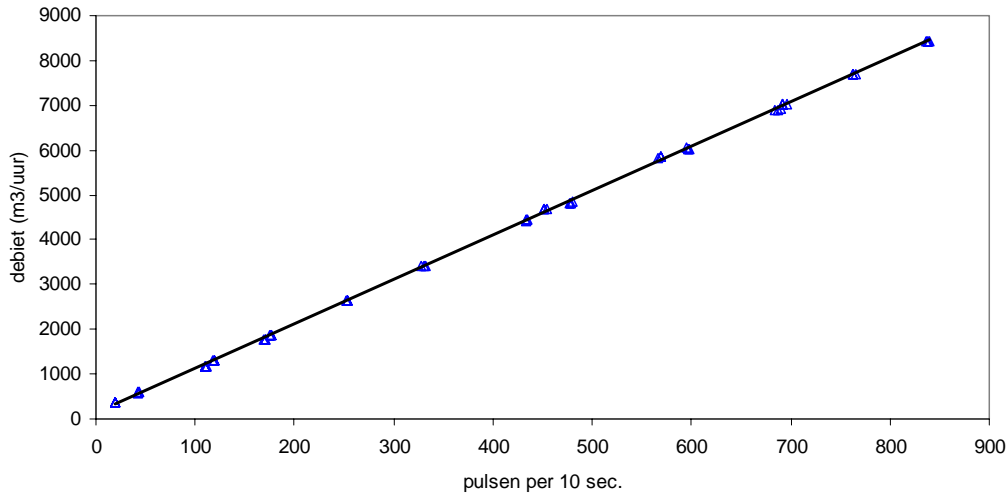
**BIJLAGE B      Plaatsing meetventilator voor de ventilatoren**



## BIJLAGE C      Kalibratieresultaten meetventilator

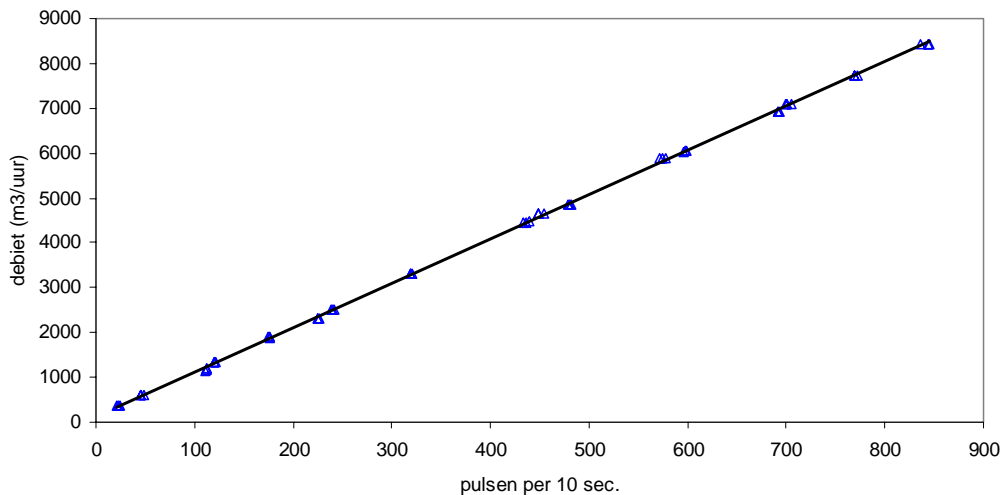
Een meetventilator met een diameter van 50 cm en 3 bladen, welke voor één van de kleine ventilatoren van de benedenverdieping heeft gehangen, werd op 3 januari 2001 gekalibreerd. De relatie tussen het ventilatiedebiet ( $V$  in  $\text{m}^3/\text{uur}$ ) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was:

$$V = 9,9 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 135$$



Een meetventilator met een diameter van 50 cm en 3 bladen, welke voor één van de kleine ventilatoren van de bovenverdieping heeft gehangen, werd op 4 januari 2001 gekalibreerd. De relatie tussen het ventilatiedebiet ( $V$  in  $\text{m}^3/\text{uur}$ ) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was:

$$V = 9,9 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 132$$

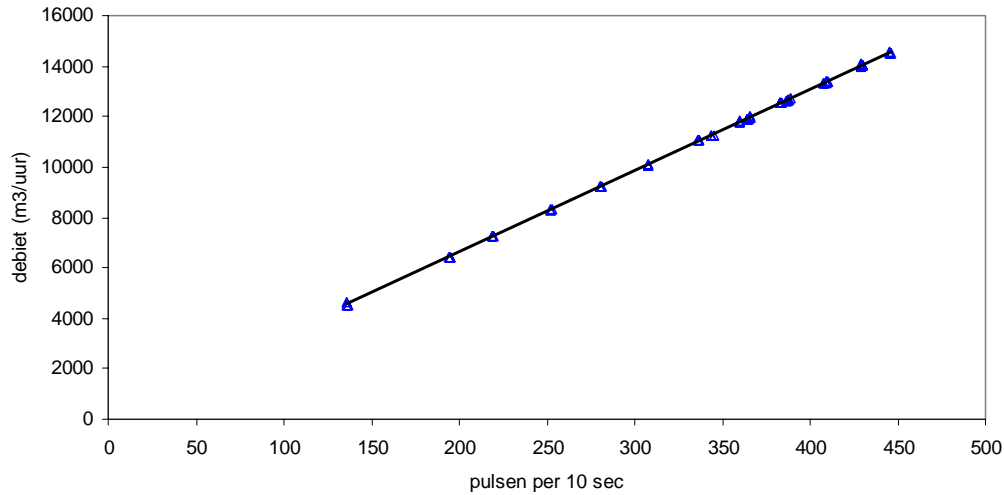


Voor de beide gekalibreerde ventilatoren werd de gevonden ijklijn gebruikt, voor de overige 6 kleine ventilatoren werd een gemiddelde van beide ijklijnen gebruikt.

$$V = 9,9 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 138$$

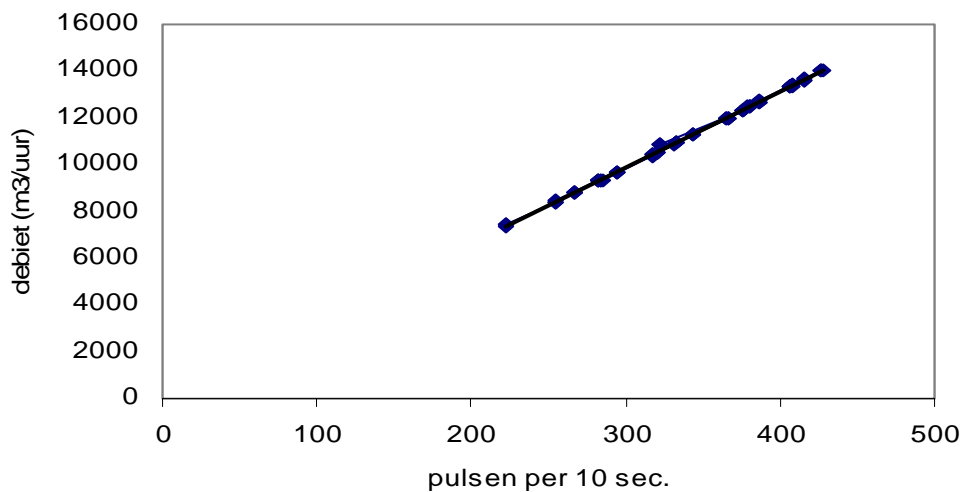
Een meetventilator met een diameter van 71 cm en 5 bladen, welke voor één van de grote ventilatoren (109 cm) van de benedenverdieping heeft gehangen, werd op 8 januari 2001 gekalibreerd. De relatie tussen het ventilatiedebiet (V in m<sup>3</sup>/uur) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was:

$$V = 32,3 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 158$$



Een meetventilator met een diameter van 109 cm en 5 bladen, welke voor één van de grote ventilatoren (109 cm) van de bovenverdieping heeft gehangen, werd op 10 januari 2001 gekalibreerd. De relatie tussen het ventilatiedebiet (V in m<sup>3</sup>/uur) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was:

$$V = 32,3 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 174$$



Voor de beide gekalibreerde ventilatoren werd de gevonden ijklijn gebruikt, voor de overige 6 kleine ventilatoren werd een gemiddelde van beide ijklijnen gebruikt.

$$V = 32,3 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 173$$



## BIJLAGE D      Principe en kalibratieresultaten NO<sub>x</sub>-monitor

### *Meetprincipe*

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO-monitor (Advanced Pollution instimulation Inc., model 200A). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentiereactie tussen ozon (O<sub>3</sub>) en NO. Bij deze reactie komt 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. Hierna volgt een korte beschrijving van het systeem en de meetopstelling.

Om NH<sub>3</sub> te kunnen meten moet het eerst door een convertor omgezet worden tot NO. In de convertor passeert de luchtstroom een stoffilter (5-6µm) waarna het verhit wordt tot circa 775 °C. Bij deze temperatuur wordt NH<sub>3</sub> aan een roestvrijstalen katalysator geoxideerd tot NO. De convertor is zo dicht mogelijk bij het monsternamepunt gemonteerd om het transport van NH<sub>3</sub> tot een minimum te beperken. NH<sub>3</sub> 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 NO<sub>2</sub>-concentraties kan een molybdeenconvertor worden toegepast. In deze convertor wordt NO<sub>2</sub> vrijwel voor 100% omgezet naar NO door oxidatie van NO<sub>2</sub> op molybdeen bij ca. 325 °C. Een molybdeenconvertor kan noodzakelijk zijn als, door transport van NO in zeer lange leidingen, NO wordt omgezet in NO<sub>2</sub>. Tijdens testmetingen met een slang van 350 m is geen verschil gemeten in NO-concentraties voor en na transport door deze slang (Bleijenberg, R en Ploegaert, J.P.M., 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 NH<sub>3</sub>-convertor naar de NO-monitor geen aantoonbare omzetting plaats van NO in NO<sub>2</sub>.

### *Kalibratieresultaten*

De wekelijkse kalibratie van de monitor werd gedurende de beide meetperioden uitgevoerd met 39,0 ppm NO-gas. Tijdens de zomerperiode bedroeg de absolute afwijking tijdens de kalibratie gemiddeld 1,7% en tijdens de herfstperiode gemiddeld 0,9%.

## BIJLAGE E      Omzettingspercentage convertors

In onderstaande tabel staat per meetpunt het gemiddelde omzettingspercentage van de convertors weergegeven bij aanbieding van 10 ppm NH<sub>3</sub>. Deze waarden werden gebruikt voor de correctie van de ammoniakconcentraties.

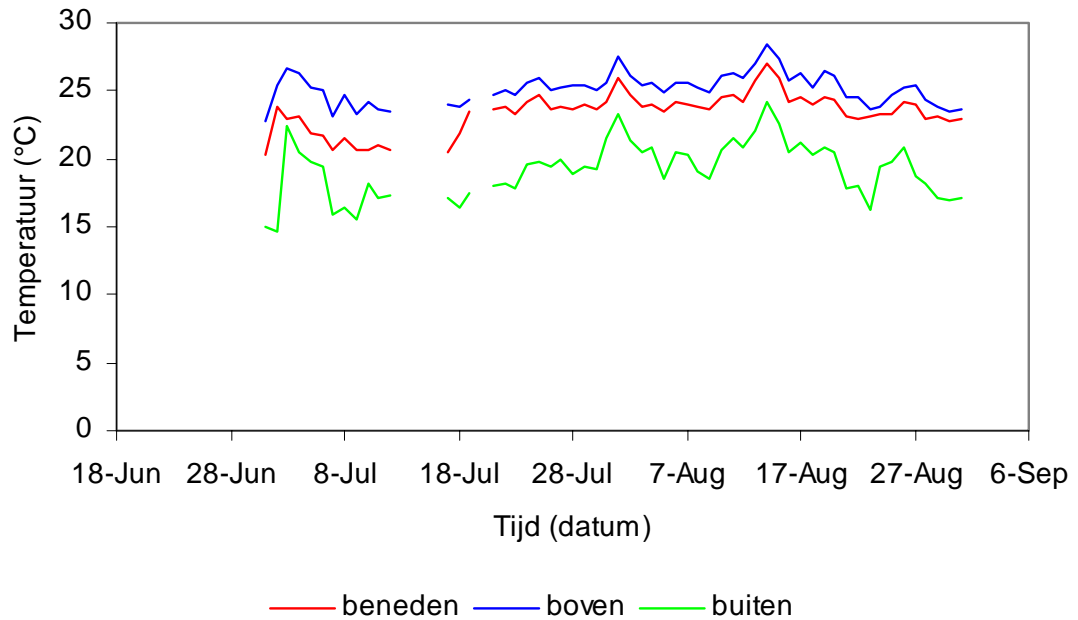
Meetperiode	zomer	herfst
Achtergrond bij ventilatoren noordoost	94%	94%
Achtergrond bij ventilatoren zuidwest	93%	94%
Achtergrond vooraan noordoost	93%	92%
Achtergrond vooraan zuidwest	92%	94%
Benedenverdieping bij kleine ventilator I	90%	90%
Benedenverdieping bij kleine ventilator II	93%	94%
Benedenverdieping bij grote ventilator III	90%	90%
Bovenverdieping bij kleine ventilator IV	92%	92%
Bovenverdieping bij kleine ventilator V	92%	96%
Bovenverdieping bij grote ventilator VI	94%	94%

## BIJLAGE F Lijst van gebruikte medicijnen

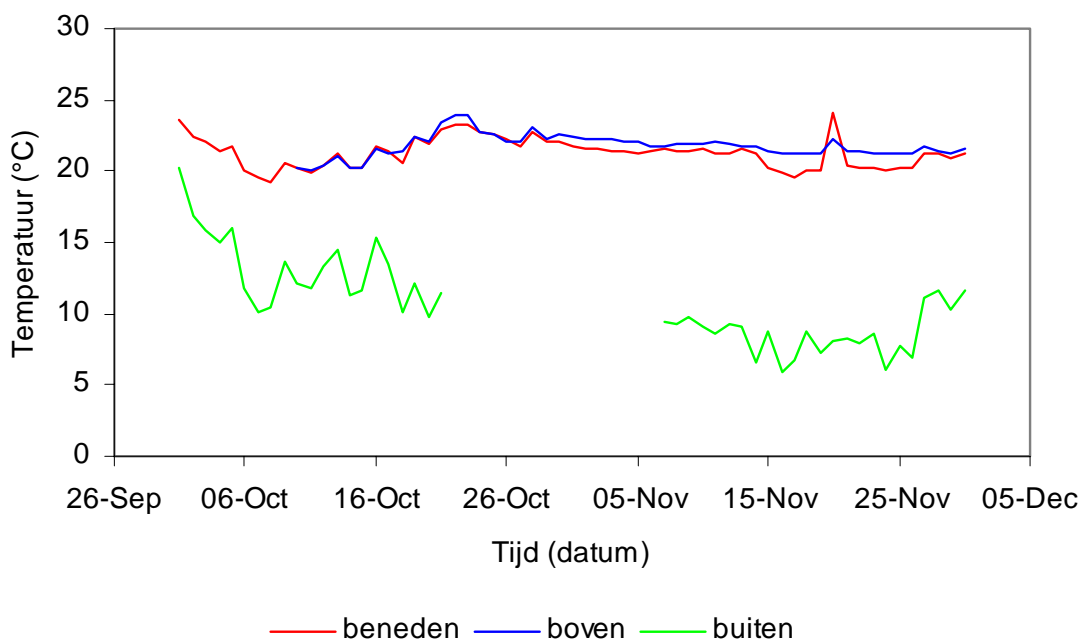
Merknaam medicijn	ziekteverschijnsel	Toedieningstermijn van de kuur
ESB3	coccidiose	14 juli –16 juli
Libau ESB3 30%		22 juli - 24 juli
Mycofarim-paraciline en D-00013	kwartelziekte	22 juli - 25 juli
WCM93 D0041 8110033		22 juli – 4 augustus
Oxytetramix	darmstoornis	30 juli - 1 augustus
PenV kalium		1 augustus - 5 augustus

## BIJLAGE G    Temperatuur

Daggemiddelden van de temperatuur in de beneden- en bovenverdieping en de buitentemperatuur gedurende de zomerperiode.

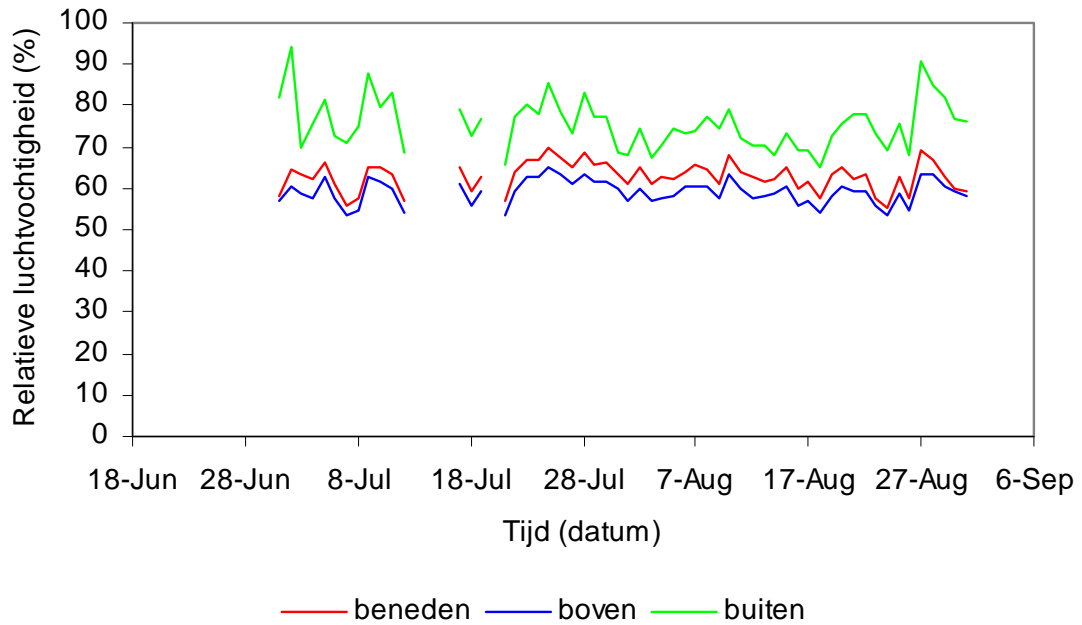


Daggemiddelden van de temperatuur in de beneden- en bovenverdieping en de buitentemperatuur gedurende de winterperiode.

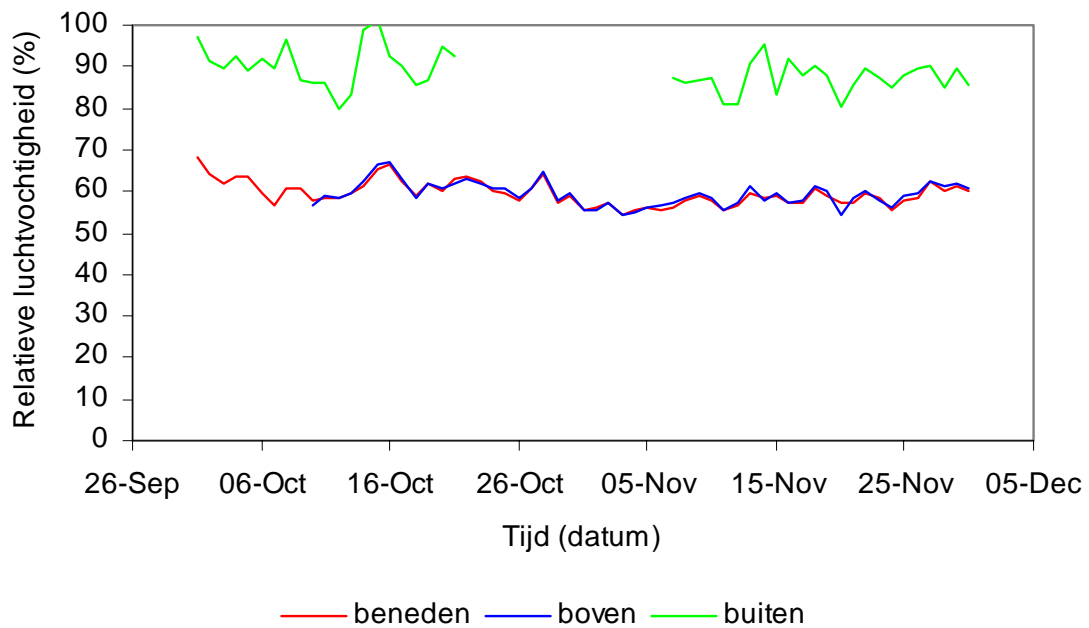


## BIJLAGE H Relatieve luchtvochtigheid

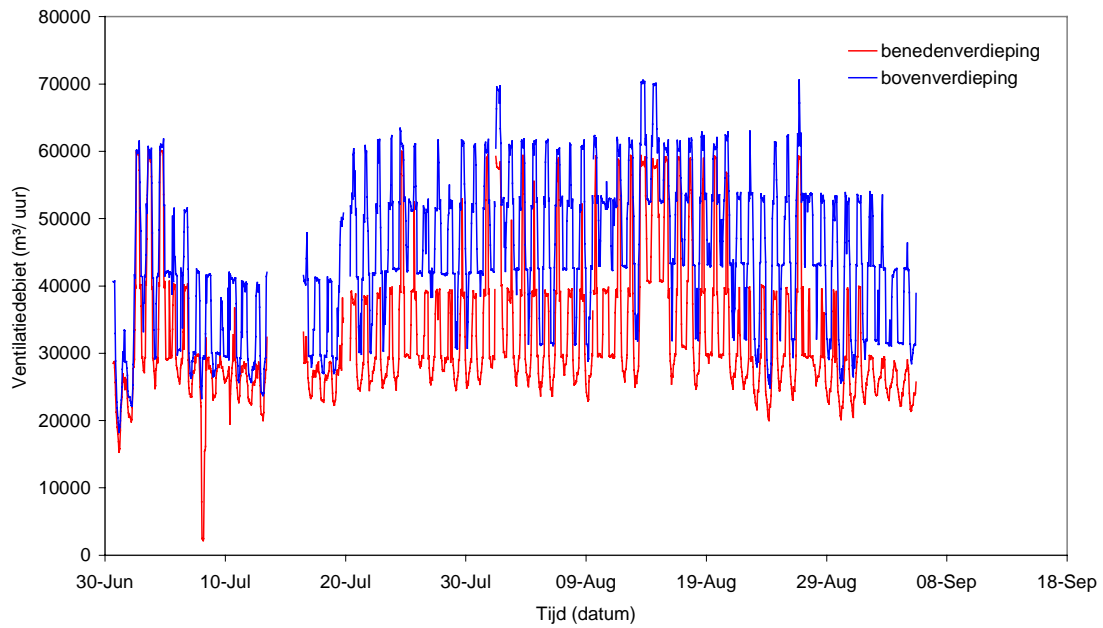
Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van de lucht in de beneden- en bovenverdieping en in de buitenlucht gedurende zomerperiode.



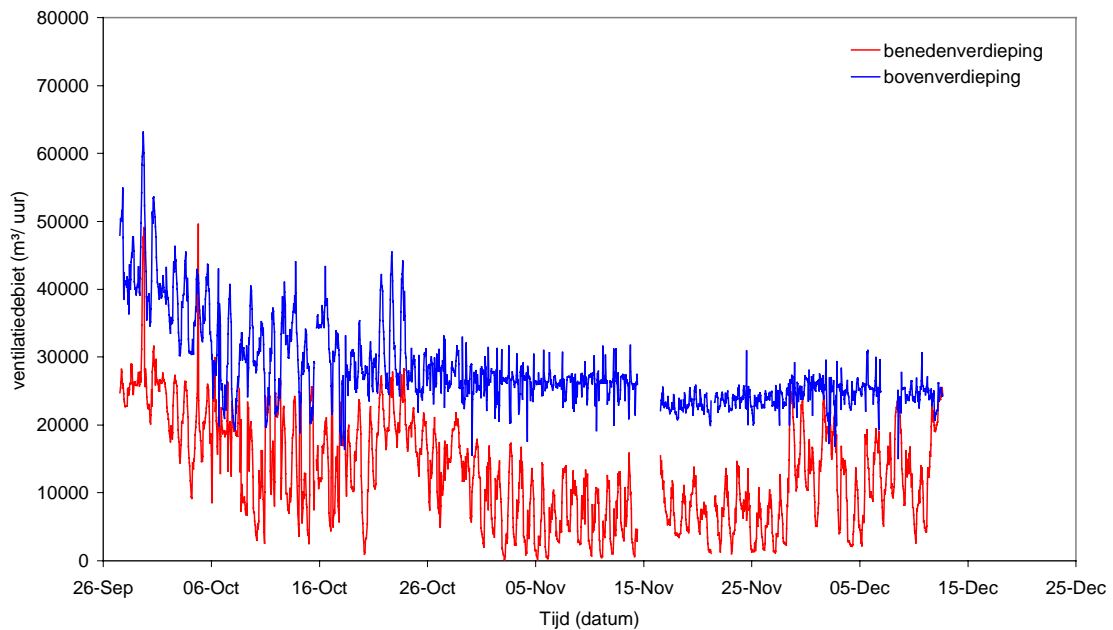
Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van de lucht in de beneden- en bovenverdieping en in de buitenlucht gedurende herfstperiode.



## BIJLAGE I Ventilatiedebiet

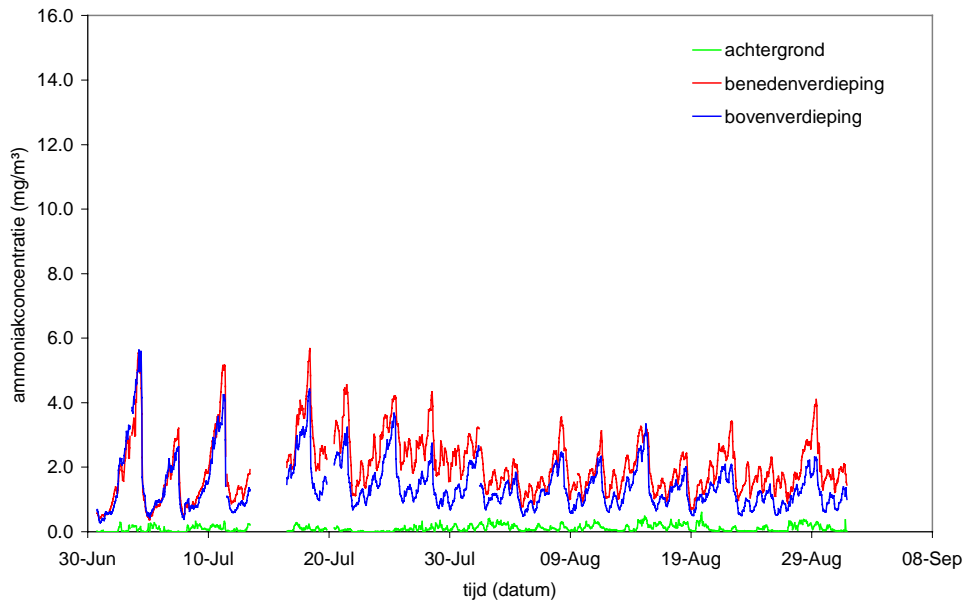


Uurgemiddelden van het ventilatiedebiet (m<sup>3</sup>/uur) per verdieping tijdens de zomerperiode.

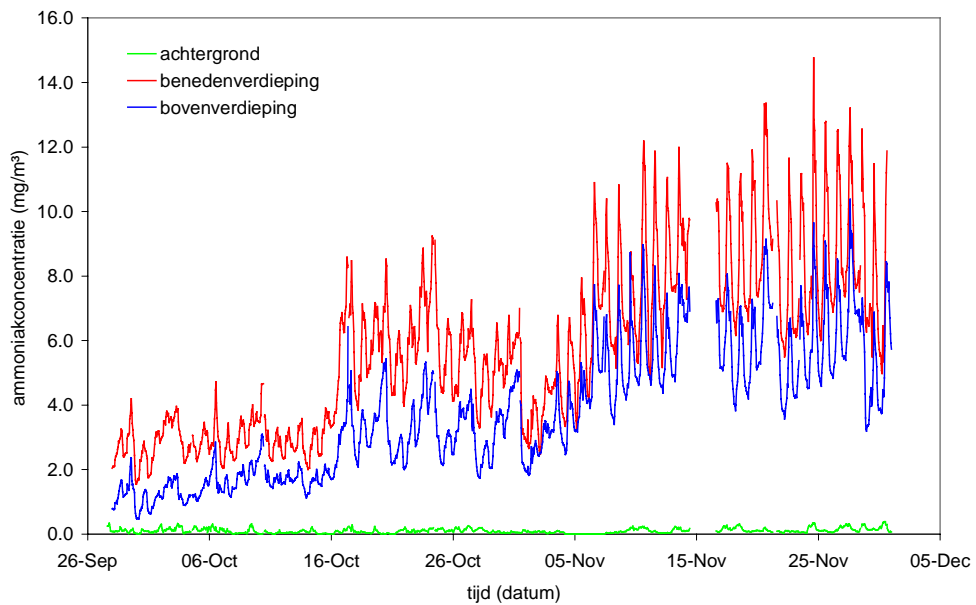


Uurgemiddelden van het ventilatiedebiet (m<sup>3</sup>/uur) per verdieping tijdens herfstperiode.

## BIJLAGE J Ammoniakconcentratie



Uurgemiddelden van de ammoniakconcentratie (mg/m<sup>3</sup>) van de uitgaande en ingaande lucht tijdens de zomerperiode.



Uurgemiddelden van de ammoniakconcentratie (mg/m<sup>3</sup>) van de uitgaande en ingaande lucht tijdens de herfstperiode.

## BIJLAGE K      resultaten geurmetingen

Datum	Dagen mest op de mestband	Geurconcentratie (OU <sub>e</sub> )		Gem. debiet (m <sup>3</sup> /uur)		Geuremissie (OU <sub>e</sub> /s)		
		beneden	boven	beneden	boven	beneden	boven	stal
19 juli	1,5	923	970	22.576	27.323	5.788	7.359	13.147
27 juli	2	878	1.002	32.628	48.491	7.957	13.496	21.465
7 augustus	3	320	479	31.242	51.100	2.777	6.799	9.583
22 augustus	Afdraaien	508	520	28.599	48.509	4.035	7.006	11.050
31 augustus	2	675	937	24.699	30.763	4.631	8.006	12.643
19 oktober	2	1.459	1.743	18.681	26.085	7.571	12.630	20.201
30 oktober	3	989	682	16.632	27.195	4.569	5.157	9.726
14 november	Afdraaien	555	1.237	10.845	21.201	1.672	7.280	8.953
23 november	2	1.095	991	5.931	23.236	1.804	6.396	8.200
28 november	Afdraaien	986	839	17.067	22.749	4.674	5.303	9.978



