

# Animal Sciences Group

Kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 217

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij; Invloed lichtschema op fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen

Januari 2009



ANIMAL SCIENCES GROUP  
WAGENINGEN UR

## Colofon

### Uitgever

Animal Sciences Group van Wageningen UR  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [Info.veehouderij.ASG@wur.nl](mailto:Info.veehouderij.ASG@wur.nl)  
Internet <http://www.asg.wur.nl>

### Redactie

Communication Services

### Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

### Liability

Animal Sciences Group does not accept any liability for damages, if any, arising from the use of the results of this study or the application of the recommendations.

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstrept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

## Abstract

The influence of light schedules and light intensity on fine dust and ammonia emission from broiler houses were studied. No significant effects of light schedule and light intensity were found on fine dust and ammonia emission from broilers.

## Keywords

Broiler, light schedule, light intensity, fine dust emission, ammonia emission.

## Referaat

ISSN 1570 - 8616

## Auteur(s)

Jan van Harn  
Julio Mosquera Losada  
Andre Aarnink

## Titel:

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij; Invloed lichtschema op fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen

## Samenvatting

De effecten van lichtschema's en lichtintensiteit op de fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen zijn onderzocht. Zowel lichtschema's als lichtintensiteit hadden geen aantoonbaar effect op de fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen.

## Trefwoorden:

Vleeskuiken, lichtschema, lichtintensiteit, fijnstofemissie, ammoniakemissie.



Rapport 217

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij; Invloed lichtschema op fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen

Measures to reduce fine dust emissions from poultry housings; Influence light schedules on dust and ammonia emission from broiler houses

Jan van Harn

Julio Mosquera Losada

Andre Aarnink

Januari 2009

## Voorwoord

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijnstofconcentraties in de buitenlucht dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de uitstoot van fijnstof uit belangrijke bronnen terugdringen. In dit kader heeft het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit de Animal Sciences Groep van Wageningen UR verzocht om het uitwerken van een plan van aanpak voor het ontwikkelen van praktijkrijpe bedrijfsoplossingen voor het terugdringen van de fijnstofemissie uit stallen in de pluimveehouderij. Het plan van aanpak is begin 2008 gereed gekomen en beschrijft een onderzoeksprogramma waarmee op zo kort mogelijke termijn oplossingen voor de praktijk beschikbaar komen via de ontwikkeling van verschillende reductietechnieken. Eén van de genoemde richtingen betreft het beïnvloeden van dieractiviteit door het aanpassen van lichtschema's. Het bevorderen van rustig gedrag van de dieren zorgt ervoor dat er minder fijnstof in de lucht wordt opgenomen. Dit kan door de donkerperiode te vergroten of door te variëren met de lichtsterkte.

In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij onderzocht ASG het effect van verschillende lichtschema's en lichtsterkte op de fijnstofemissie uit vleeskuikenstallen. Naast het effect op de fijnstofemissie zijn de effecten op de productieresultaten, slachtrendementen, strooiselkwaliteit en enkele welzijnsparameters bestudeerd. Dit onderzoek is tot stand gekomen met medewerking van de ASG-proefaccommodatie 't Spelderholt te Lelystad. Alle betrokken onderzoekers en technische medewerkers worden bedankt voor hun nauwgezette en deskundige inbreng. Dit onderzoek is uitgevoerd en gefinancierd binnen het beleidsondersteunende onderzoek (BO-05 thema 5 Luchtkwaliteit) van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Dr.ir. N.W.M. Ogink  
ASG coördinator van het onderzoek naar stofreductie in de pluimveehouderij  
Animal Sciences Groep van Wageningen UR

## Samenvatting

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijnstofconcentraties in de buitenlucht moet men in Nederland maatregelen doorvoeren die de uitstoot van fijnstof uit belangrijke bronnen terugdringen. LNV heeft verzocht om het uitwerken van een plan van aanpak voor het ontwikkelen van praktijkrijpe bedrijfsoplossingen voor het terugdringen van de fijnstofemissie uit de pluimveehouderij. Een van deze maatregelen kan het bevorderen van rustig gedrag van de dieren zijn. Dit kan door de donkerperiode te vergroten of door te variëren met de lichtsterkte. In dit onderzoek wordt het effect van verschillende lichtschema's en lichtintensiteit op de productie, het welzijn van de dieren, de ammoniakemissie en de fijnstofemissie uit vleeskuikenstallen bestudeerd.

Het onderzoek werd uitgevoerd met 17.120 vleeskuikens van vier gangbare merken in de mechanisch geventileerde vleeskuikenstal P1 van het Praktijkcentrum 'Het Spelderholt'. Deze stal bestaat uit acht klimaatgescheiden hoofdafdelingen. Elke hoofdafdeling was onderverdeeld in vier subafdelingen. In elke subafdeling werden 535 kuikens opgezet van één bepaald merk, dus in elke hoofdafdeling kwam ieder merk één keer voor. Het onderzoek is uitgevoerd in februari/maart en omvatte het leeftijdstraject van 0 – 42 dagen. Voer en water waren gedurende de gehele proefperiode onbepikt beschikbaar voor de kuikens. In dit onderzoek werden onderstaande vier lichtschema's bestudeerd.

### 1) Lichtschema A (controle)

Leeftijd (dgn)	Lichtschema	Uren licht per etmaal	Lichtsterkte
0 – 3	24L:0D	24	20 lux
4 – 7	23L:1D	23	20 lux
8 – 39	18L:6D	18	20 lux
40 – 42	24L:0D	24	20 lux

### 2) Lichtschema B

Leeftijd (dgn)	Lichtschema	Uren licht per etmaal	Lichtsterkte
0 – 3	24L:0D	24	20 lux
4 – 8	18L:6D	18	20 lux
9 – 25	6L:6D:6L:6D	12	20 lux
26 – 35	8L:4D:8L:4D	16	20 lux
36 – 39	10L:4D:8L:2D	18	20 lux
40 – 42	24L:0D	24	20 lux

### 3) Lichtschema C

Leeftijd (dgn)	Lichtschema	Uren licht per etmaal	Lichtsterkte
0 – 3	24L:0D	24	20 lux
4 – 7	23L:1D	23	20 lux
8 – 39	4L:4D:3L:1D:3L:1D:3L:1D:3L:1D	16	20 lux
40 – 42	24L:0D	24	20 lux

### 4) Lichtschema D

Leeftijd (dgn)	Lichtschema	Uren licht per etmaal	Lichtsterkte
0 – 3	24L:0D	24	Leeftijdsafhankelijk, maar m.u.v. eerste twee dagen < 20 lux.
4 – 7	23L:1D	23	
8 – 39	18L:6D	18	
40 – 42	24L:0D	24	

Uit dit onderzoek kunnen we het volgende concluderen:

1. Het hanteren van een leeftijdsafhankelijke en ook lagere lichtintensiteit dan de in de op handen zijnde EU welzijnrichtlijn voorgeschreven 20 lux (lichtschema D vs. lichtschema A) resulteerde in:
  - Geen aantoonbaar effect op de fijnstofemissie.
  - Geen aantoonbaar effect op de ammoniakemissie.
  - Een mogelijke verbetering van het technisch resultaat.
  - Geen effect op de strooiselkwaliteit.
  - Een mogelijk slechtere kuikenkwaliteit (meer borstbevuilding, borstirritaties en voetzoolaandoeningen).
  - Geen effect op de wijze van lopen van het kuiken (gaitscore)
  
2. Het hanteren van meerdere donkerperioden (intermitterend verlichten; lichtschema's B en C t.o.v. lichtschema A) resulteerde in:
  - Geen aantoonbaar effect op de fijnstofemissie.
  - Geen aantoonbaar effect op de ammoniakemissies.
  - Een mogelijk beter technisch resultaat.
  - Een mogelijk positief effect op de strooiselkwaliteit.
  - Een mogelijk positief effect op de kuikenkwaliteit. De kuikens bij lichtschema C waren schoner en hadden minder voetzoolaandoeningen.
  - Een mogelijk positief effect op de wijze van lopen van het kuiken (gaitscore), met name voor lichtschema C.
  
3. De PM2.5 concentratie was gemiddeld over de productiecycclus 6,6% van de PM10 concentratie. Dit percentage is afhankelijk van de leeftijd: naarmate de kuikens ouder worden neemt dit percentage toe.
  
4. De stofconcentraties waren in de donkerperioden beduidend lager dan in de lichtperioden

Dit onderzoek geeft een goede indicatie van de effecten van lichtschema en lichtintensiteit op de fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen. Maar gezien het beperkt aantal herhalingen is het onderscheidend vermogen tussen de behandelingen eveneens beperkt. Voor meer onderscheidende conclusies is nog aanvullend onderzoek noodzakelijk.

## Summary

The EU has set standards for the maximum concentrations of fine dust in the ambient air. Standards were defined for dust particles smaller than 10 µm (PM10) and for particles smaller than 2.5 µm (PM2.5). A number of poultry farms in the Netherlands exceed the defined threshold values. Therefore it is necessary to develop technical measures to reduce the fine dust emission from poultry houses. Using light schedules that reduce the activity of the broilers over 24 hours could be a management tool to reduce the fine dust emission from broiler houses. Therefore the Animal Science Group of Wageningen UR (ASG) has performed a study to determine the effect of light schedule and light intensity on fine dust emission, ammonia emission from broiler houses and on the performance and welfare of the birds.

The study was performed in broiler house P1 of ASG during February/ March 2008. This mechanically ventilated broiler house comprised eight identical climate rooms 8.3 x 16.0 m. Each room was divided into 4 pens of 28,1 m<sup>2</sup> and in each pen 535 day-old broilers were placed. At 42 days of age the broilers were delivered to the slaughter house. Feed and water were given ad libitum during the whole experiment. The following light schedules were compared:

### 1) Scheme A (control)

Age (days)	Schedule	Hours light per day	Light intensity
0 – 3	24L:0D	24	20 lux
4 – 7	23L:1D	23	20 lux
8 – 39	18L:6D	18	20 lux
40 – 42	24L:0D	24	20 lux

### 2) Scheme B

Age (days)	Schedule	Hours light per day	Light intensity
0 – 3	24L:0D	24	20 lux
4 – 8	18L:6D	18	20 lux
9 – 25	6L:6D:6L:6D	12	20 lux
26 – 35	8L:4D:8L:4D	16	20 lux
36 – 39	10L:4D:8L:2D	18	20 lux
40 – 42	24L:0D	24	20 lux

### 3) Scheme C

Age (days)	Schedule	Hours light per day	Light intensity
0 – 3	24L:0D	24	20 lux
4 – 7	23L:1D	23	20 lux
8 – 39	4L:4D:3L:1D:3L:1D:3L:1D	16	20 lux
40 – 42	24L:0D	24	20 lux

### 4) Scheme D

Age (days)	Schedule	Hours light per day	Light intensity
0 – 3	24L:0D	24	Depended on age, light intensity <
4 – 7	23L:1D	23	20 lux, except first two days.
8 – 39	18L:6D	18	
40 – 42	24L:0D	24	

PM10, PM2.5 and ammonia concentrations were measured at the ventilation shaft of the exhaust air and of the incoming air. Ventilation rate was measured by anemometers with the same diameter as the ventilation shaft. Ammonia and ventilation rate were measured continuously, whereas dust concentrations were measured during 24 h at 14, 28, 35 and 42 days of age. To determine dust concentration pattern during the day PM10 concentrations were continuously measured at 14, 28, 35 and 42 days of age. Beside these measurements the following were determined, as well: performance (e.g. growth rate, mortality, feed consumption, water consumption and feed conversion rate), litter quality (dry matter content and visual litter quality), broiler quality (e.g. breast irritations, thigh scratches, hock burns and footpad lesions) and gait score.

From the results of this study the following was concluded:

1. PM2.5 and PM10 emissions were not significantly affected by the light schedule.
2. PM2.5 concentration was on average 6.6% of PM10 concentration. This percentage depends on the production stage, and is increasing with the age of the animals.
3. The daily pattern of PM10 concentration is depending strongly on the light schedule. During dark periods dust concentrations are very low and they strongly increase when lights are turned on.
4. Ammonia emissions from the broiler rooms were not significantly affected by the light schedule.
5. Using an age depending light intensity resulted in (scheme A versus scheme D): better performance (higher EPF), no effects on litter quality, more and severe hock burns and footpad lesions and similar gait.
6. Using a more intermittent light schedule resulted in (Scheme C versus scheme A): better litter quality (drier and more loose litter), better broiler quality (less hock burns and footpad lesions) and a better gait.

Based on the results the following is advised:

This study gives us a good indication of the effects of light schedules and light intensity on the PM2.5 and PM10 emission from broiler houses. Given the limited number of replicates more research on the effects of light schedules and light intensity on PM2.5 and PM10 emission is necessary to draw sharper conclusions.



# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methoden</b> .....	<b>2</b>
2.1	Materiaal .....	2
2.1.1	Accommodatie .....	2
2.1.2	Diermateriaal .....	2
2.1.3	Proefbehandelingen .....	2
2.1.4	Voer en water .....	2
2.1.5	Verlichting .....	2
2.1.6	Klimaat .....	3
2.1.7	Entingen .....	3
2.1.8	Strooisel .....	4
2.2	Methoden .....	4
2.2.1	Waarnemingen .....	4
2.2.2	Statistische analyse .....	6
<b>3</b>	<b>Resultaten en discussie</b> .....	<b>8</b>
3.1	Algemeen .....	8
3.2	Fijnstof- en ammoniakemissiemetingen .....	8
3.2.1	Stof .....	8
3.2.2	Ammoniak .....	11
3.3	Productieresultaten .....	13
3.4	Welzijnsparementen .....	13
3.4.1	Drogestof strooisel .....	13
3.4.2	Uitwendige kwaliteit kuikens .....	14
3.4.3	Wijze van lopen .....	15
<b>4</b>	<b>Discussie</b> .....	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Literatuur</b> .....	<b>18</b>
<b>Bijlagen</b>	.....	<b>19</b>
Bijlage 1	Temperatuurverloop per afdeling .....	19
Bijlage 2	Verloop relatieve luchtvochtigheid per afdeling .....	20
Bijlage 3	Werkinstructie gaitscore bepaling vleeskuikens .....	21
Bijlage 4	Werkinstructie 'Visuele beoordeling en bemonstering van pluimveemest/strooisel' .....	22
Bijlage 5	Stofconcentraties .....	24
Bijlage 6	Ventilatie-debiet per afdeling .....	25
Bijlage 7	Verloop ammoniakconcentratie .....	26
Bijlage 8	Ammoniakemissie per afdeling .....	27

## 1 Inleiding

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijnstofconcentraties in de buitenlucht dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de uitstoot van fijnstof uit belangrijke bronnen terugdringen. In dit kader is door LNV verzocht om het uitwerken van een plan van aanpak voor het ontwikkelen van praktijkrijpe bedrijfsoplossingen voor het terugdringen van de fijnstofemissie uit de pluimveehouderij. Een belangrijk uitgangspunt daarbij is dat zoveel mogelijk effectieve en praktijkrijpe maatregelen vóór 2010 gereed dienen te zijn.

Het bevorderen van rustig gedrag van de dieren kan ervoor zorgen dat er minder fijnstof in de lucht wordt opgenomen. Dit kan door de donkerperiode te vergroten of door de lichtsterkte te variëren. In de op handen zijnde EU-welzijnsrichtlijn voor vleeskuikens staat vermeld dat vleeskuikens vanaf een leeftijd van 7 dagen per etmaal tenminste 6 uur donker moeten krijgen, waarvan minimaal 4 uur aaneengesloten. Verder staat in deze richtlijn dat de lichtsterkte gemeten op kuikenniveau op 80% van het vloeroppervlak minimaal 20 lux moet bedragen. Vleeskuikens worden in Nederland nog regelmatig gehouden bij min of meer continue verlichting en bij lichtsterktes die veelal lager zijn dan 20 lux. In dit onderzoek wordt het effect van lichtschema en lichtintensiteit op fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen bestudeerd. Naast deze parameters zijn ook productie- en enkele welzijnsparameters meegenomen in dit onderzoek.

### **Doelstelling(en) van het onderzoek**

Doel van het onderzoek is het bepalen van het effect van verschillende lichtschema's en lichtintensiteit op de fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen. Daarnaast is het effect van deze lichtschema's op technische resultaten, slachtrendementen, strooiselkwaliteit en uitwendige kuikenkwaliteit bestudeerd.

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Materiaal

#### 2.1.1 Accommodatie

Het onderzoek werd uitgevoerd in de mechanisch geventileerde donkerstal P1 van het Praktijkcentrum Het Spelderholt te Lelystad. Deze stal bestaat uit 8 klimaatgescheiden hoofdafdelingen. Elke hoofdafdeling was onderverdeeld in een centrale gang (2,6 m breed) met aan weerszijden twee subafdelingen van 28,1 m<sup>2</sup> (4,1 x 6,8 m). Iedere subafdeling was voorzien van één voerlijn met 7 voerpannen (Minimax van Roxell) en 2 drinklijnen met in totaal 45 nippels met opvangschoteltjes (merk: Ziggity).

De afdelingen werden verwarmd door middel van centrale verwarming via plaatradiatoren die aan de zijmuren onder de luchtinlaten zijn gemonteerd. De luchtinlaat werd per hoofdafdeling geregeld via 12 inlaatkantelkleppen (Tulderhof), zes aan weerszijden van de stal. De ventilatie gebeurde op basis van temperatuur/stalklimaat met drie ventilatoren per hoofdafdeling. Voor de verlichting werd gebruik gemaakt van hoogfrequente TL.

#### 2.1.2 Diermateriaal

Het onderzoek werd uitgevoerd met in totaal 17.120 vleeskuikens van vier verschillende merken / herkomsten, te weten: Ross 308, Cobb 500, Ross 708 en Hybro G+. Per hoofdafdeling werden 2140 kuikens opgezet (gemengde opzet). Elk merk kwam in iedere hoofdafdeling één keer voor. De eendagskuikens worden geleverd door Probroed en Sloot te Groenlo.

De gehanteerde bezetting was 19 kuikens/m<sup>2</sup>. Deze bezetting is lager dan in de praktijk, omdat in de praktijk vaak wordt uitgeladen. Het uitladen is om proeftechnische redenen in deze proefstallen niet uitvoerbaar. Om deze reden is gekozen voor eenzelfde eindbezetting (in kg/m<sup>2</sup>) als in de praktijk. De kuikens werden afgeleverd op een leeftijd van ca. 42 dagen.

#### 2.1.3 Proefbehandelingen

In dit onderzoek werden vier verschillende lichtschema's gehanteerd welke qua lengte van de donkerperiode allen voldoen aan de op handen zijnde EU welzijnsrichtlijn voor vleeskuikens. Om het effect van lichtintensiteit/lichtsterkte te bestuderen werd bij één van deze lichtschema's een leeftijdsafhankelijke lichtintensiteit gehanteerd welke deels lager was dan de voorgeschreven 20 lux. In 2.1.5 worden de verschillende lichtschema's nader beschreven.

#### 2.1.4 Voer en water

Het voer en water werden gedurende de gehele proefperiode onbeperkt aangeboden. Er is een standaard 3-fasenvoeding toegepast. Het voer werd geproduceerd en geleverd door ForFarmers te Lochem.

#### 2.1.5 Verlichting

In dit onderzoek werden de volgende vier lichtschema's vergeleken:

##### 1) Lichtschema A (controle)

Leeftijd (dgn)	Lichtschema	Uren licht per etmaal	Lichtsterkte
0 – 3	24L:0D	24	20 lux
4 – 7	23L:1D	23	20 lux
8 – 39	18L:6D	18	20 lux
40 – 42	24L:0D	24	20 lux

**2) Lichtschema B**

Leeftijd (dgn)	Lichtschema	Uren licht per etmaal	Lichtsterkte
0 – 3	24L:0D	24	20 lux
4 – 8	18L:6D	18	20 lux
9 – 25	6L:6D:6L:6D	12	20 lux
26 – 35	8L:4D:8L:4D	16	20 lux
36 – 39	10L:4D:8L:2D	18	20 lux
40 – 42	24L:0D	24	20 lux

**3) Lichtschema C**

Leeftijd (dgn)	Lichtschema	Uren licht per etmaal	Lichtsterkte
0 – 3	24L:0D	24	20 lux
4 – 7	23L:1D	23	20 lux
8 – 39	4L:4D:3L:1D:3L:1D:3L:1D:3L:1D	16	20 lux
40 – 42	24L:0D	24	20 lux

**4) Lichtschema D**

Leeftijd (dgn)	Lichtschema	Uren licht per etmaal	Lichtsterkte
0 – 3	24L:0D	24	Leeftijdsafhankelijk, maar m.u.v. eerste twee dagen < 20 lux.
4 – 7	23L:1D	23	
8 – 39	18L:6D	18	
40 – 42	24L:0D	24	

Lichtsterkte bij lichtschema D

Leeftijd (dgn)	Lichtsterkte (gem. op 80% vloeroppervlak)
0 – 2	20 lux
3 – 10	15 lux
11 – 35	5 lux
36 – 37	7 lux
38 – 42	10 lux

De lichtsterkte werd in elke hoofdafdeling op eenzelfde manier vastgesteld. Hiertoe werd in het midden van elke subafdeling op kuikenniveau de lichtsterkte bepaald. De lichtsterkte werd gemeten m.b.v. een digitale Luxmeter (Testo T545).

*2.1.6 Klimaat*

Alle afdelingen werden twee dagen voor plaatsing van de kuikens opgewarmd tot 33 °C. De temperatuur bij opzet was 33 °C. Deze temperatuur werd geleidelijk afgebouwd naar 20 °C (zie tabel 1).

**Tabel 1** Streefwaarden staltemperatuur

Knikpunt	Leeftijd (dgn.)	Streeftemperatuur (°C)
1	1	33
2	7	28
3	14	25
4	21	22
5	35	20
6	42	19

*2.1.7 Entingen*

De kuikens zijn op de broederij gevaccineerd tegen IB, waarna ze op 14 en 21 dagen werden gevaccineerd tegen respectievelijk Newcastle Disease (NCD) en Gumboro.

### 2.1.8 Strooisel

Als strooisel werden witte houtkrullen gebruikt (1 kg/m<sup>2</sup>). Het strooisel werd één dag voor plaatsing van de kuikens ingestrooid.

## 2.2 Methoden

### 2.2.1 Waarnemingen

#### *Fijnstof en ammoniak*

##### *Stofconcentratie metingen*

Voor de bepaling van de PM10 en PM2.5 emissies werd op 15, 28, 35 en 40 dagen leeftijd van de kuikens gedurende 24 uur de fijnstofconcentraties (PM2.5 en PM10) van de in- en uitgaande stallucht van alle afdelingen bepaald. De stofconcentraties in de uitgaande stallucht werden gemeten bij de ventilator die continue draaide, op ca. 0,5 m afstand vanaf de instroomring van de ventilatorkoker in het horizontale vlak en op ongeveer 0,10 m onder de instroomring in het verticale vlak.

**Figuur 1** Meetopstelling voor PM10 en PM2.5 stof concentratiemeting. Links: Meetopstelling op locatie. Rechtsboven: inlaat, de PM10 en PM2.5 cyclonen en de filterhouder (van links naar rechts). Rechtsonder: constructie van de inlaat



De bepaling van de concentratie fijnstof werd uitgevoerd door een bekende hoeveelheid lucht met een vaste luchtsnelheid door specifieke monsternametekoppen te zuigen. In de monsternametekoppen bevonden zich voorafscheiders om de grotere stofdeeltjes te scheiden van de gevraagde stoffracties (PM10 of PM 2,5). Voor beide stoffracties werden cyclonen (URG corp., VS) gebruikt als voorafseparator. De uitvoering van de inlaat was daarbij gelijk aan die beschreven is in de normen voor de buitenlucht. Het stof dat na voorafscheiding uiteindelijk overbleef werd op een filter verzameld. De filters werden voor en na de metingen gewogen onder standaard

condities: temperatuur  $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  en  $50\% \pm 5\%$  relatieve luchtvochtigheid. Deze voorwaarde staat beschreven in NEN-EN 14907 (2005). Het verschil in gewicht voor en na de metingen werd gebruikt om de verzamelde hoeveelheid stof te bepalen. Voor een uitvoerige beschrijving van het stofmeetprotocol, de achtergronden en de stofmeetapparatuur wordt verwezen naar Hofschreuder et al. (2008).

Voor de metingen werd gebruik gemaakt van pompen van het type Charlie HV (roterend  $6\text{ m}^3/\text{uur}$ ; Ravebo Supply b.v., Brielle). Deze 'constant flow' pompen regelen het debiet automatisch in op basis van de gemeten temperatuur bij de monsternametekop. Het debiet van deze pompen blijft ook constant bij toename van de drukval over het filter. Hierdoor werd een stabiele luchtstroom verkregen binnen 2% van de nominale waarde. De pompen werden geprogrammeerd op een flow van  $1.0\text{ m}^3/\text{uur}$  en op een start- en eindtijd van de monsternamperiode. De werkelijke hoeveelheid lucht die bij de monsternamepunten werd aangezogen werd met een gasmeter gemeten en omgerekend naar standaard condities ( $1\text{ atmosfeer}$ ,  $0^\circ\text{ C}$ ).

Op dezelfde dagen als de PM10 en PM2.5 concentratiemetingen werden continue metingen van PM10 in de uitgaande stallucht gedaan met Dusttraks (TSI, VS; Figuur 2). Hierdoor wordt inzicht verkregen in variaties in stofconcentraties tussen en binnen dagen. Deze metingen werden in vier van de acht hoofdafdelingen gedaan.

**Figuur 2** Online metingen m.b.v. DustTrak 8520



#### *Ammoniakmetingen*

De ammoniakconcentratie werd semicontinue gemeten met behulp van een  $\text{NO}_x$ -monitor (model ML8840, Monitor Labs, Englewood, VS). Deze methode is uitgebreid beschreven in Van Ouwerkerk (1993) en Mosquera *et al.* (2002). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentiereactie tussen ozon ( $\text{O}_3$ ) en stikstofmonoxide ( $\text{NO}$ ). Bij deze reactie komt stikstofdioxide ( $\text{NO}_2$ ), zuurstof ( $\text{O}_2$ ) en licht vrij. De stroom lichtdeeltjes is evenredig met de  $\text{NO}$ -concentratie van de aangezogen lucht:



Om ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) te kunnen meten moet het eerst door een converter worden omgezet tot  $\text{NO}$ . In de converter wordt de lucht verhit tot circa  $775^\circ\text{C}$ . Bij deze temperatuur wordt  $\text{NH}_3$  aan een roestvrijstalen katalysator geoxideerd tot  $\text{NO}$ . Het gevormde stabiele  $\text{NO}$  werd met een pomp door polyethyleen slangen naar de monitor gezogen en gemeten. De luchtmonsters worden continu via verwarmde en geïsoleerde teflon slangen aangezogen.  $\text{NH}_3$  adsorbeert namelijk makkelijk aan allerlei materialen en lost makkelijk op in water, waardoor metingen kunnen worden verstoord. De monitor werd wekelijks gekalibreerd. De lucht werd bemonsterd in de koker met de ventilator die continu draaide. Tevens werd de achtergrondconcentratie gemeten van de inkomende lucht. De gemeten  $\text{NH}_3$ -concentratie in ppm werd met een factor 0,71 (bij  $20\text{ °C}$  en  $1\text{ atm.}$ ) omgerekend naar  $\text{mg NH}_3$  per  $\text{m}^3$  lucht (Weast et al., 1986).

#### *Debietmetingen*

Het ventilatiedebiet (in  $\text{m}^3/\text{uur}$ ) van de uitgaande stallucht werd bepaald via de uitgelezen pulsen van de meetventilatoren in de drie ventilatorkokers (Fancam).

### *Staltemperatuur*

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  $\pm 2$  %. De gegevens werden met behulp van een datalogger geregistreerd. In bijlagen 1 en 2 worden respectievelijk de gerealiseerde temperaturen en luchtvochtigheden per afdeling weergegeven.

### *Productie- en welzijnsparameters*

#### *Diergewichten*

De kuikens werden bij aankomst en bij aflevering gewogen ter vaststelling van respectievelijk het begin- en eindgewicht. De wegingen bij aankomst en aflevering waren groepswegingen waarbij alle kuikens worden gewogen.

#### *Voer- en waterverbruik*

Het voer- en waterverbruik werd dagelijks geregistreerd. Na aflevering van de kuikens werd per afdeling het nog resterende voer in het voersysteem en de voerhopper gewogen, zodat het voerverbruik exact kon worden vastgesteld. Bij het uitrekenen van de voederconversie is gecorrigeerd voor de voeropname van de uitgevallen dieren.

#### *Uitval*

De uitval werd dagelijks genoteerd.

#### *Beoordeling uitwendige kuikenkwaliteit*

Op 40 dagen (twee dagen voor het afleveren van de kuikens) leeftijd werd de uitwendige kuikenkwaliteit vastgesteld. Hierbij werd een steekproef van 40 dieren (20 hanen en 20 hennen) per subafdeling visueel beoordeeld op het voorkomen en de ernst van borstbevuiling, borstirritatie, dijkcrassen, hakirritatie en voetzoolaandoeningen. In totaal werden dus 160 dieren per hoofdafdeling beoordeeld, hetgeen neerkomt op 320 dieren per lichtschema.

#### *Gaitscore*

Op 40 dagen leeftijd werd in alle afdelingen de gaitscore bepaald. De gaitscore is een visuele beoordeling van de wijze van lopen van de kuikens. De gaitscore beoordeling werd uitgevoerd conform werkinstructie "Gaitscore bepalen vleeskuikens". Deze werkinstructie wordt in bijlage 3 weergegeven.

#### *Drogestofgehalte strooisel*

Op 14, 28 en 42 dagen leeftijd werd, conform werkinstructie "Visuele beoordeling en bemonstering van pluimveemest / strooisel" (bijlage 4), per subafdeling een strooiselmonster genomen ter vaststelling van het drogestofgehalte van het strooisel. De strooiselmonsters ( $\pm 500$  gram) werden gedurende 24 uur gedroogd in een droogstoof bij 105°C.

#### *Visuele strooiselkwaliteit*

Op 14, 28 en 42 dagen leeftijd werd door een panel van 3 personen visueel, conform werkinstructie "Visuele beoordeling en bemonstering van pluimveemest/strooisel" (bijlage 4), de strooiselkwaliteit van iedere subafdeling beoordeeld.

## *2.2.2 Statistische analyse*

### *Fijnstof en ammoniak*

De verkregen emissieresultaten van stof en ammoniak zijn statistisch geanalyseerd met een longitudinaal model, vanwege de herhaalde waarnemingen (in de tijd) aan iedere afdeling. De gebruikte modellen voor de stof- en ammoniakemissies worden hieronder weergegeven. De behandelingseffecten van de lichtschema's zijn getoetst met behulp van benaderde F-toetsen gebruikmakend van de REML-procedure binnen Genstat. Verschillen tussen behandelingen (lichtschema's) werden significant beschouwd bij  $P < 0,05$ .

**Model stofemissie**

$$\text{LOG}(Y_{ijkl}) = \alpha_i + \theta_j + (\alpha\theta)_{ij} + \underline{\varepsilon}_l + \underline{\varepsilon}_{ijkl}$$

Met:

$\text{LOG}(Y_{ijklm})$  = Stofemissie (pm10 of pm2.5) van meting  $k$  van lichtschema  $i$  op tijdstip  $j$  in afdeling  $l$

$\alpha_i$  Effect van behandeling  $i$ ;  $1 =$  lichtschema A;  $2=B$ ,  $3=C$ ,  $4=D$

$\theta_j$  Effect van tijdstip  $j$ ; (resp. dag 15, 28, 35 en 42)

$(\alpha\theta)_{ij}$  interactie-effect

$\underline{\varepsilon}_l \sim N(0, \sigma_l^2)$  Random afdelingseffecten

$\underline{\varepsilon}_{ijkl} \sim N(0; \sum \tau_j, \phi_k^t)$  Random dageffecten gecorreleerd binnen afdeling (autoregressie, waarbij de correlatie afhankelijk is van het tijdsinterval  $t$  tussen 2 metingen), grootte variatie verschillend per meetweek.

**Model NH3-emissie**

$$\text{LOG}(Y_{ijkl}) = \beta_{0i} + \beta_{1i} * \text{Dagnr}_j + \underline{\varepsilon}_{lj} + \underline{\varepsilon}_{ijkl}$$

Met:

$\text{LOG}(Y_{ijklm})$  = NH3-emissie van meting  $k$  van lichtschema  $i$  op tijdstip  $j$  in afdeling  $l$

$\beta_{0i}$  Effect van behandeling  $i$  op het intercept (startniveau);  $1 =$  lichtschema A;  $2=B$ ,  $3=C$ ,  $4=D$

$\beta_{1i}$  effect van behandeling  $i$  op de stijging per dag.

*Dagnr*: Dagnummer in de ronde

$\underline{\varepsilon}_{lj} \sim \text{SPLINE}(0, \sigma_{lj}^2)$  Random afdelingseffecten in de tijd

$\underline{\varepsilon}_{ijkl} \sim N(0; \sigma_{ijkl}^2, \phi_k)$  Random dageffecten gecorreleerd binnen afdeling (autoregressie)

**Productie-, slachterij- en welzijnsparameters**

De verkregen productie-, slachterij- en welzijnresultaten zijn niet statistisch geanalyseerd. Reden hiervan is dat dit onderzoek maakte deel uit van een ander onderzoek waarbij gedurende 3 ronden de effecten van lichtschema en lichtintensiteit op deze parameters werden bestudeerd. In ASG rapport 172 "Invulling lichteisen EU welzijnsrichtlijn vleeskuikens – vier lichtschema's vergeleken" worden de resultaten van dit overkoepelende onderzoek beschreven.



### 3 Resultaten en discussie

#### 3.1 Algemeen

Het gemiddelde aflevergewicht, de voerconversie en de uitval van de kuikens op 42 dagen bedroegen respectievelijk: 2643 gram, 1,73 en 4,0%. Vergeleken met de gemiddelde integratie resultaten (tabel 2) zijn deze resultaten goed te noemen.

**Tabel 2** Gemiddeld behaald technische resultaat t.o.v. integratiegemiddelde

	Dit onderzoek	Integratiegemiddelde	Top 25 integratie
Slachtleeftijd (dgn.)	42	40,0	40,4
Aflevergewicht (g)	2643	2173	2307
Groei per dag (g)	61,9	54,7	57,3
Uitval (%)	4,0	3,6	3,6
Voerconversie	1,731	1,750	1,694
VC 1500g <sup>1</sup>	1,274	1,475	1,370
Productiegetal	344	302	326

<sup>1</sup> De VC 1500g is een in de praktijk veel gebruikt kengetal. Dit is de voerconversie teruggerekend naar een gewicht van 1500 gram. De toegepaste correctie is 0,01 per 25 gram gewichtsverschil. In formule: VC 1500g = Voerconversie - ((gemiddeld gewicht in grammen - 1500 gram) / (25 x 100))

Als gevolg van een storing in de meetapparatuur is in alle afdelingen tussen 15 en 21 dagen de ammoniakconcentratie niet gemeten. Tussen dag 36 en 41 is door een storing in de apparatuur de ammoniakconcentratie in afdeling 1 niet beschikbaar. Om toch een inschatting te kunnen maken van de ammoniakemissie zijn de missende uurwaarnemingen tussen dag 15 en 21 voor alle afdelingen geïnterpoleerd, en tussen dag 36 en 41 voor afdeling 1 geëxtrapoleerd (op basis van de emissiepatronen van de andere afdelingen). Dit om een onderschatting van de ammoniakemissie te voorkomen.

#### 3.2 Fijnstof- en ammoniakemissiemetingen

##### 3.2.1 Stof

In tabel 3 worden per lichtschema de gemiddelde PM2.5 en PM10 concentraties en emissies over de ronde vermeld. Gemiddeld bedroeg de PM2.5 en PM10 concentratie 0,19 en 2,41 mg/m<sup>3</sup>.

Statistische analyse van de data wees uit dat er geen significante verschillen waren in fijnstofemissies tussen de vier lichtschema's. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de in tabel 3 gepresenteerde resultaten betrekking hebben op één ronde met één herhaling per lichtschema. De standaard error of differences (s.e.d.) bij PM10 bedroeg 0,0693, hetgeen ruwweg betekent dat in deze proefopzet voor de PM10 emissie een verschil van 20 procent kon worden aangetoond. De verschillen in PM10 emissie tussen de verschillende lichtschema's waren kleiner dan de genoemde 20% en konden derhalve niet statistisch worden aangetoond. Voor PM2.5 emissie konden verschillen van meer dan 35 procent worden aangetoond (s.e.d. = 0,136). De verschillen in PM2.5 emissie tussen de verschillende lichtschema's lagen binnen deze grens en konden bij deze proefopzet dus niet worden aangetoond.

Verondersteld werd dat de lagere lichtintensiteit van lichtschema D t.o.v. lichtschema A zou resulteren in een lagere fijnstofconcentratie en -emissie. Immers een lagere lichtsterkte resulteert in rustiger gedrag van de kuikens, waardoor er mogelijk minder fijnstof wordt geëmitteerd. Deze veronderstelling wordt echter niet door de metingen bevestigd.

In figuren 3 en 4 zijn de emissies van PM10 en PM2.5 op 15, 28, 35 en 40 dagen weergegeven voor de verschillende lichtschema's. In bijlage 5 worden de concentraties PM10 en PM2.5 gepresenteerd. Uit de grafieken blijkt dat de PM10 en PM2.5 emissies (en concentraties) sterk stijgen in het loop van de ronde. De verschillen in PM2.5 en PM10 emissies op 15, 28, 35 en 40 dagen tussen de verschillende lichtschema's waren niet significant. Gegeven het onderscheidend vermogen van de statistische toets kan voorzichtig geconcludeerd worden dat er geen effect is van lichtschema op de emissie van fijnstof.

**Tabel 3** Fijnstofconcentraties en –emissies (PM2.5 en PM10) per lichtschema

	Lichtschema A	Lichtschema B	Lichtschema C	Lichtschema D	
<i>Type lichtschema</i>	<i>Dag/nacht</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Dag/nacht</i>	
<i>Aantal donkerperioden</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>5</i>	<i>1</i>	
<i>Lichtsterkte</i>	<i>20 lux</i>	<i>20 lux</i>	<i>20 lux</i>	<i>&lt; 20 lux</i>	
Gemiddelde waarden					Buiten
<i>Concentratie</i>					
PM2.5 [mg m-3]	0,16	0,18	0,20	0,20	0,01
PM10 [mg m-3]	2,33	2,45	2,53	2,35	0,04
<i>Emissie<sup>1</sup></i>					
PM2.5 [g jaar <sup>-1</sup> dpl <sup>-1</sup> ]	2,30 (100)	2,56 (111)	3,08 (134)	2,90 (126)	
PM10 [g jaar <sup>-1</sup> dpl <sup>-1</sup> ]	33,20 (100)	33,40 (101)	37,36 (113)	31,35 (94)	
Modellschatting op Ln-schaal en teruggetransformeerd op oorspronkelijke schaal					S.E.D.
<i>Emissie (logschaal)</i>					
Ln(PM2.5 [g jaar <sup>-1</sup> dpl <sup>-1</sup> ])	0,347	0,417	0,534	0,433	0,136
Ln(PM10 [g jaar <sup>-1</sup> dpl <sup>-1</sup> ])	3,201	3,231	3,310	3,171	0,069
<i>Emissie (oorspr. schaal)<sup>2</sup></i>					
PM2.5 [g jaar <sup>-1</sup> dpl <sup>-1</sup> ]	1,42 (100)	1,52 (107)	1,71 (120)	1,54 (109)	
PM10 [g jaar <sup>-1</sup> dpl <sup>-1</sup> ]	24,56 (100)	25,30 (103)	27,39 (112)	23,83 (97)	

Tussen () wordt PM2.5 en PM10 emissie uitgedrukt in percentage t.o.v. lichtschema A

<sup>1</sup> rekenkundig gemiddelde

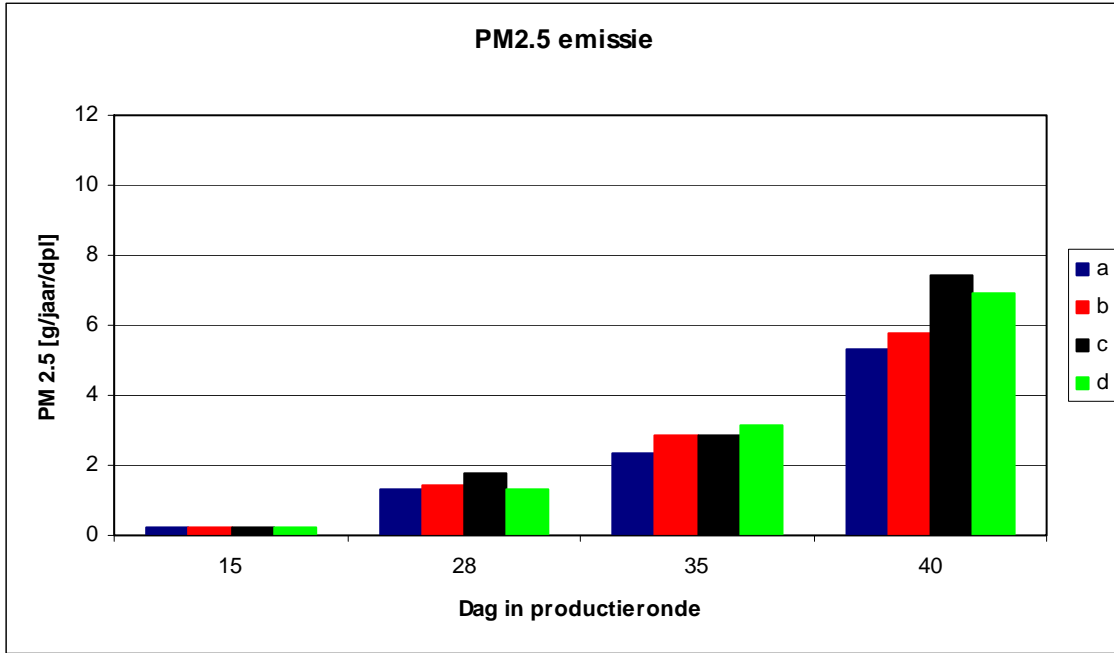
<sup>2</sup> terug getransformeerd gemiddelde naar oorspronkelijke schaal (mediaan)

De PM2.5 concentraties zijn laag vergeleken met de PM10 concentraties. Gemiddeld bedroeg de PM2.5 concentratie 6,6% van de PM10 concentratie. Opmerkelijk is dat de verhouding tussen de PM2.5 en PM10 verschuift naarmate de kuikens ouder worden. Op 15 dagen bedraagt de PM2.5 concentratie 3,8% van de PM10 concentratie, op 28, 35 en 40 dagen is dit respectievelijk 5,3%, 7,4% en 10,1% (Tabel 4).

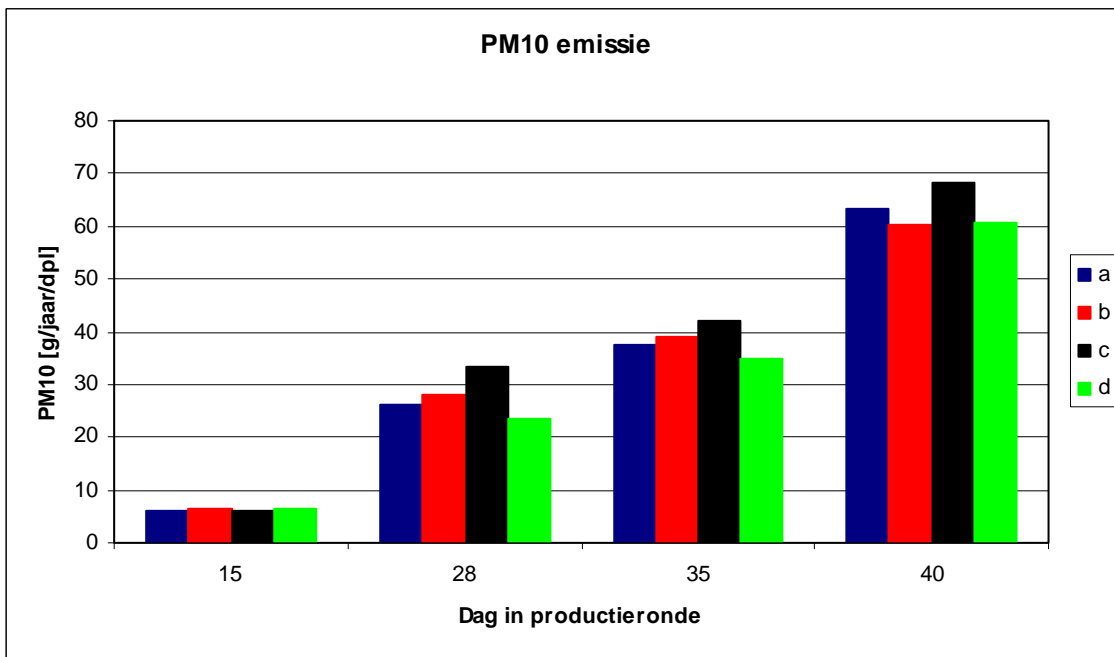
**Tabel 4** PM2.5 concentratie uitgedrukt in percentage van de PM10 concentratie op de verschillende meetdagen bij de verschillende lichtschema's

Lichtschema	Dag 15	Dag 28	Dag 35	Dag 40	Gem
A	4,7	5,0	6,4	8,4	6,1
B	3,7	5,1	7,3	9,6	6,4
C	3,8	5,4	6,8	10,9	6,7
D	3,2	5,7	9,0	11,4	7,3
Gem	3,8	5,3	7,4	10,1	<b>6,6</b>

**Figuur 3** PM2.5 emissie per lichtschema op 15, 28, 35 en 40 dagen

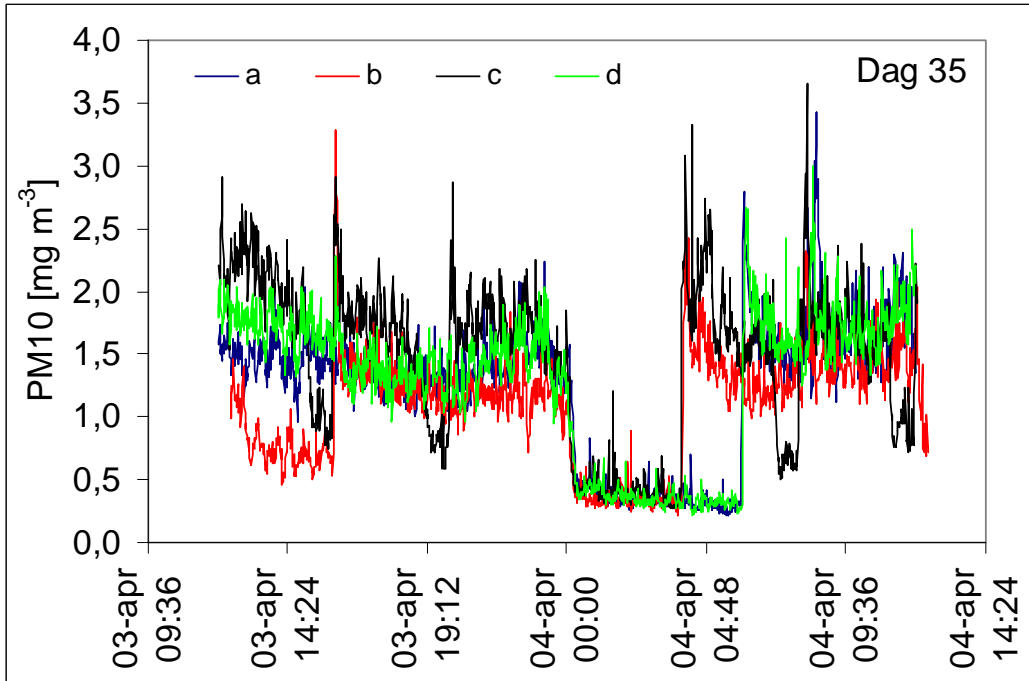


**Figuur 4** PM10 emissie per lichtschema op 15, 28, 35 en 40 dagen

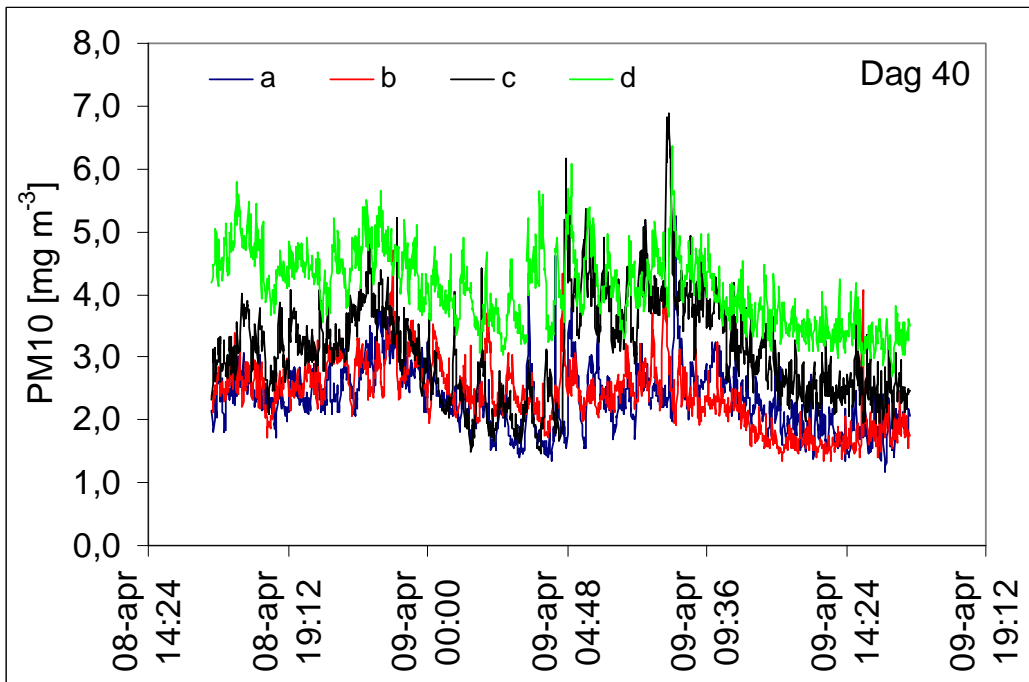


In figuur 5 wordt het verloop van de PM10 concentratie op dag 35 gedurende de dag bij de verschillende lichtschema's gegeven. Deze figuur laat heel duidelijk de verschillen in stofconcentraties in de licht- en donkerperiodes zien: lagere stofconcentraties in de donkerperiodes, hogere stofconcentraties tijdens de lichtperiodes. Op deze wijze is heel eenvoudig te zien wanneer er bij een bepaald lichtschema het licht was en wanneer donker. Opmerkelijk is het dat bij een kortere donkerperiode van 1 uur, zoals bij schema C, de stofconcentratie minder daalt dan bij een langere donkerperiode. De continu metingen van de PM10 concentraties op dag 15, 28 vertoonden eenzelfde beeld als die op dag 35. Vanaf dag 40 ontvingen alle kuikens continu licht. In figuur 6 is duidelijk te zien dat de stofconcentratie over de dag (24-uur) zich beweegt in een bepaalde band. Er zijn geen echte periodes, zoals in een donkerperiode, waarbij de stofconcentratie lager is.

**Figuur 5** Resultaten van de online meting op dag 35 van de PM10-concentratie



**Figuur 6** Resultaten van de online meting op dag 40 van de PM10-concentratie



### 3.2.2 Ammoniak

In tabel 5 staan het gemiddelde ventilatie-debiet, de gemiddelde ammoniakconcentraties en –emissies bij de verschillende lichtschema's. In bijlagen 6, 7 en 8 zijn respectievelijk de gemeten ventilatie-debieten, ammoniakconcentraties en ammoniakemissies per afdeling grafisch weergegeven.

**Tabel 5** Ventilatie-debiet, ammoniakconcentratie en ammoniakemissie per lichtschema

	Lichtschema A	Lichtschema B	Lichtschema C	Lichtschema D	
<i>Type lichtschema</i>	<i>Dag/nacht</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Dag/nacht</i>	
<i>Aantal donkerperiodes</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>5</i>	<i>1</i>	
<i>Lichtsterkte</i>	<i>20 lux</i>	<i>20 lux</i>	<i>20 lux</i>	<i>&lt; 20 lux</i>	
Gemiddelde waarden					
Ventilatie-debiet [m <sup>3</sup> uur <sup>-1</sup> dier <sup>-1</sup> ]	1,21	1,19	1,28	1,17	
NH <sub>3</sub> concentratie [mg m <sup>-3</sup> ]	4,95	4,46	6,02	4,31	
NH <sub>3</sub> emissie [g uur <sup>-1</sup> ]	14,57	11,31	16,75	10,93	
NH <sub>3</sub> emissie [g dpl <sup>-1</sup> jaar <sup>-1</sup> ] <sup>1</sup>	48,37 (100)	37,56 (78)	55,60 (115)	36,29 (75)	
Modelschatting op Ln-schaal en teruggetransformeerd op oorspronkelijke schaal				S.E.D.	
<i>.missie (logschaal)</i>					
Ln(NH <sub>3</sub> emissie [kg dpl <sup>-1</sup> jaar <sup>-1</sup> ])	-3,213	-3,448	-2,721	-3,438	0,825
<i>Emissie (oorspr. schaal)<sup>2</sup></i>					
NH <sub>3</sub> emissie [g dpl <sup>-1</sup> jaar <sup>-1</sup> ] <sup>2</sup>	40,24 (100)	31,81 (79)	65,81 (164)	32,13 (80)	

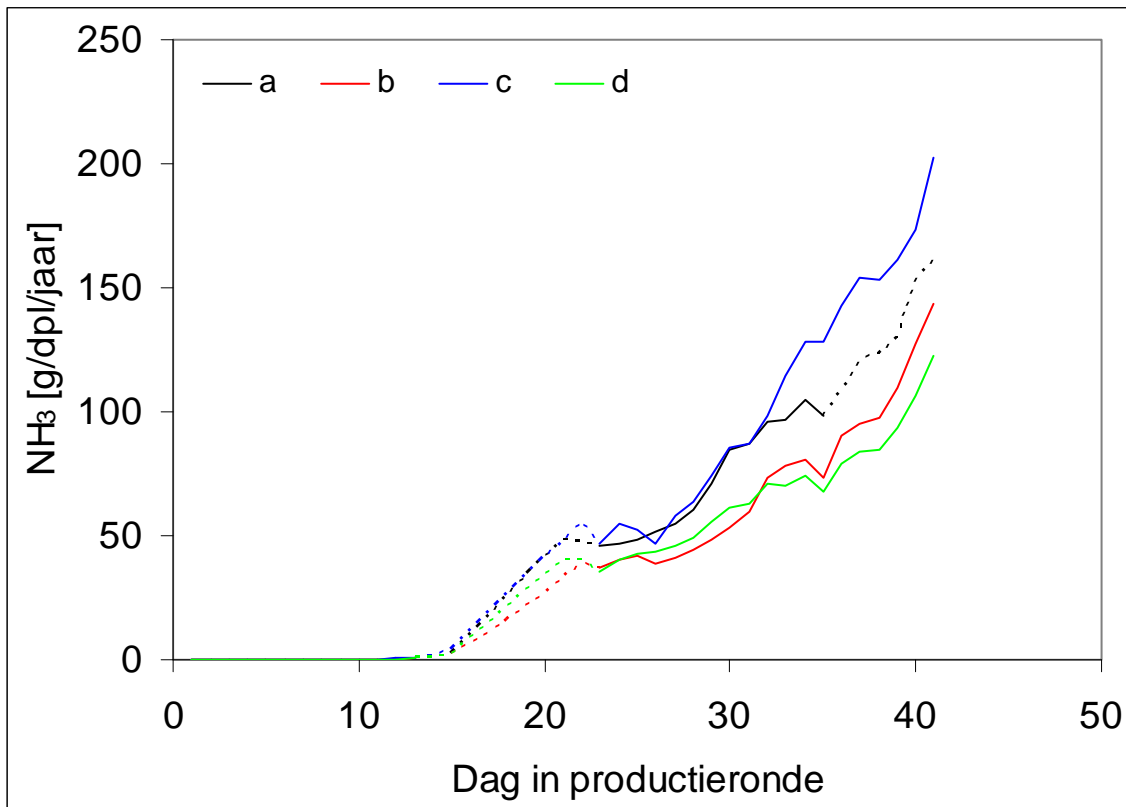
Tussen () wordt NH<sub>3</sub>-emissie uitgedrukt in percentage t.o.v. lichtschema A

<sup>1</sup> rekenkundig gemiddelde

<sup>2</sup> terug getransformeerd gemiddelde naar oorspronkelijke schaal (mediaan)

Het blijkt dat, gegeven het onderscheidend vermogen van de statistische toets, er geen significante verschillen in ammoniakemissie waren tussen de verschillende lichtschema's (P=0,80).

**Figuur 7** Verloop van de ammoniakemissie voor de verschillende lichtschema's over de gehele meetperiode. De gestippelde lijn geeft aan wanneer data werd geïnterpoleerd of geëxtrapoleerd



De ammoniakemissie kwam voor alle lichtschema's al na bijna twee weken op gang (figuur 7). Wanneer we de berekende ammoniakemissie vergelijken met de emissiefactor voor vleeskuikens zoals die is opgenomen in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (Infomil, 2004) dan valt op dat de ammoniakemissie veel lager is dan de in de regeling vermelde emissiefactor van 80 gram. Een verklaring hiervoor is mogelijk de aanwezigheid van de centrale gang, waar zich geen strooisel en kuikens bevinden. Deze centrale gang beslaat ongeveer 15 procent van het totale vloeroppervlak.

### 3.3 Productieresultaten

In tabel 6 worden de behaalde technische resultaten per lichtschema vermeld. Uit deze tabel blijkt, gelet op het lagere productiegetal, dat de technische resultaten bij lichtschema A iets achterblijven bij de andere lichtschema's. Dit wordt vooral veroorzaakt door het achterblijvende gewicht en de hoge uitval dit lichtschema. De behaalde technische resultaten bij lichtschema's B, C en D verschilden niet veel.

**Tabel 6** Technische resultaten 0 – 42 dagen per lichtschema

	Lichtschema A	Lichtschema B	Lichtschema C	Lichtschema D
<i>Type lichtschema</i>	<i>Dag/nacht</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Dag/nacht</i>
<i>Aantal donkerperioden</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>5</i>	<i>1</i>
<i>Lichtsterkte</i>	<i>20 lux</i>	<i>20 lux</i>	<i>20 lux</i>	<i>&lt; 20 lux</i>
<b>Kenmerk</b>				
Gewicht (g)	2621	2648	2649	2653
Groei (g/d/d)	61,4	62,1	62,1	62,2
Uitval (%)	4,7	3,1	4,6	3,6
Voerconversie <sup>1</sup>	1,740	1,733	1,725	1,726
Voer (g)	4490	4517	4500	4508
Water/voer	1,69	1,68	1,68	1,69
VC praktijk <sup>2</sup>	1,70	1,68	1,68	1,68
Productiegetal <sup>3</sup>	337	347	343	348

<sup>1</sup> Voerconversie gecorrigeerd voor voeropname uitval

<sup>2</sup> Voerconversie praktijk = kg voer / kg kuiken

<sup>3</sup> Productiegetal = maat voor het behaalde technische resultaat

### 3.4 Welzijnsparementers

#### 3.4.1 Drogestof strooisel

In tabel 7 worden de drogestofgehalten van het strooisel per lichtschema vermeld. Uit deze tabel blijkt dat bij lichtschema B en C het droogste strooisel werd gevonden. Er was geen verschil in drogestofgehalte van het strooisel tussen schema A en D.

Het strooisel bij beide intermitterende lichtschema's was niet alleen droger, het strooisel was ook ruller (tabel 8).

**Tabel 7** Drogestofgehalte strooisel per lichtschema

	Lichtschema A	Lichtschema B	Lichtschema C	Lichtschema D
<i>Type lichtschema</i>	<i>Dag/nacht</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Dag/nacht</i>
<i>Aantal donkerperioden</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>5</i>	<i>1</i>
<i>Lichtsterkte</i>	<i>20 lux</i>	<i>20 lux</i>	<i>20 lux</i>	<i>&lt; 20 lux</i>
<b>Leeftijd (in dagen)</b>				
14	71,3	73,6	73,4	72,2
28	59,5	61,6	62,3	59,0
42	57,3	61,6	62,3	57,6
<b>Gem</b>	<b>62,7</b>	<b>65,6</b>	<b>66,0</b>	<b>62,9</b>

**Tabel 8** Resultaten visuele strooiselbeoordeling op 14, 28 en 42 dagen leeftijd

	LichtschemA A	LichtschemA B	LichtschemA C	LichtschemA D
<i>Type lichtschema</i>	<i>Dag/nacht</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Dag/nacht</i>
<i>Aantal donkerperioden</i>	1	2	5	1
<i>Lichtsterkte</i>	20 lux	20 lux	20 lux	< 20 lux
<b>14 dagen</b>				
Rulheid	7,7	8,1	7,7	7,5
Vocht	7,5	8,0	7,7	7,5
<b>28 dagen</b>				
Rulheid	3,5	4,0	3,8	3,5
Vocht	4,7	4,8	4,8	4,6
<b>42 dagen</b>				
Rulheid	4,3	4,5	5,0	4,2
Vocht	4,5	4,6	4,8	4,2

### 3.4.2 Uitwendige kwaliteit kuikens

In tabel 9 worden de resultaten van de exterieurbeoordeling op 40 dagen leeftijd weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat er bij lichtschema C duidelijk minder borstbevuiling, borstirritaties en voetzoolaandoeningen optraden in vergelijking met de andere lichtschema's. Deels kan dit worden toegeschreven aan de betere strooiselkwaliteit. Bij lichtschema D lijken er meer en ernstiger voetzoolaandoeningen voor te komen dan bij lichtschema A.

**Tabel 9** Resultaten exterieurbeoordeling op 40 dagen leeftijd

	LichtschemA A	LichtschemA B	LichtschemA C	LichtschemA D
<i>Type lichtschema</i>	<i>Dag/nacht</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Dag/nacht</i>
<i>Aantal donkerperioden</i>	1	2	5	1
<i>Lichtsterkte</i>	20 lux	20 lux	20 lux	< 20 lux
<b>Kenmerk</b>				
<b>Borstbevuiling</b>				
<i>Geen</i>	0,3%	0,0%	1,3%	0,3%
<i>Gering</i>	54,4%	50,0%	57,8%	45,6%
<i>Matig</i>	37,8%	46,6%	38,1%	47,2%
<i>Ernstig</i>	7,5%	3,4%	2,8%	6,9%
<b>Borstirritaties</b>				
<i>Geen</i>	33,8%	35,0%	41,6%	34,7%
<i>Gering</i>	52,2%	53,8%	46,9%	55,9%
<i>Matig</i>	13,4%	10,9%	11,6%	8,8%
<i>Ernstig</i>	0,6%	0,3%	0,0%	0,6%
<b>Dijkkrassen</b>				
<i>Geen</i>	59,4%	50,3%	65,6%	58,1%
<i>Gering</i>	38,4%	47,5%	30,9%	38,4%
<i>Matig</i>	1,3%	1,9%	2,8%	3,1%
<i>Ernstig</i>	0,9%	0,3%	0,6%	0,3%
<b>Brandhakken</b>				
<i>Geen</i>	28,8%	22,8%	25,6%	17,2%
<i>Gering</i>	42,2%	56,6%	50,0%	54,1%
<i>Matig</i>	24,1%	18,8%	20,6%	23,4%
<i>Ernstig</i>	5,0%	1,9%	3,8%	5,3%
<b>Voetzoolaandoeningen</b>				
<i>Geen/Gering</i>	45,0%	46,3%	55,0%	31,9%
<i>Matig</i>	38,1%	43,8%	37,2%	45,0%
<i>Ernstig</i>	16,9%	10,0%	7,8%	23,1%

### 3.4.3 Wijze van lopen

In tabel 10 worden de resultaten van de gaitscorebeoordeling, een maat voor de mobiliteit of wijze van lopen van het kuiken, vermeld. Bij lichtschema C, een meer intermitterend lichtschema, waren de kuikens het best te been. Tussen de overige lichtschema's waren er geen verschillen in de wijze van lopen van de kuikens.

**Tabel 10** Resultaten visuele beoordeling van de wijze van lopen

		Lichtschema A	Lichtschema B	Lichtschema C	Lichtschema D
<i>Type lichtschema</i>		<i>Dag/nacht</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Dag/nacht</i>
<i>Aantal donkerperioden</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>5</i>	<i>1</i>
<i>Lichtsterkte</i>		<i>20 lux</i>	<i>20 lux</i>	<i>20 lux</i>	<i>&lt; 20 lux</i>
Omschrijving	Score				
Normale tred	0	12,5	10,3	15,6	11,6
Iets trillend tred	1	44,1	53,4	60,0	49,7
Trillend en iets schommelend tred	2	37,2	34,7	23,4	36,6
Schommelend tred+snel zitten	3	6,3	1,6	0,9	2,2



## 4 Discussie

Dit onderzoek geeft een goede indicatie van de effecten van lichtschema en lichtintensiteit op de fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen. Maar gezien het beperkt aantal herhalingen is het onderscheidend vermogen tussen de behandelingen eveneens beperkt. Voor zowel de fijnstof- als de ammoniakemissie wordt hieronder nog eens nader ingegaan op deze beperking.

### *Fijnstofemissie*

Hoewel de gevonden verschillen in de PM2.5 en PM10 emissie tussen de verschillende lichtschema's niet significant waren lijken er wel aanwijzingen te zijn dat het drogestofgehalte en rulheid van het strooisel en de activiteit/mobiliteit van het kuiken invloed hebben op de fijnstofemissie. Immers de hoogste fijnstofemissie werd gevonden bij lichtschema C, het lichtschema waar het strooisel het droogst en het meest rul was en waar de kuikens het meest actief waren. De proefopzet was er echter niet naar om deze verschillen statistisch te kunnen aantonen. In dit onderzoek konden bij deze proefopzet verschillen van circa 35 en 20 procent voor respectievelijk PM2.5 en PM10 emissie worden aangetoond.

Het is bekend dat lichtschema's invloed hebben op de strooiselkwaliteit en activiteit van kuikens (Gordon, S.H. Baere de, K en Zoons, J.; Harn, van J. en Middelkoop). Verder mag verondersteld worden dat de fijnstofemissie hoger is naarmate het strooisel droger en ruller is en de kuikens actiever zijn. Dit alles en het geringe aantal herhalingen in dit onderzoek maken de getrokken conclusie dat lichtschema's geen invloed hebben op de fijnstofemissie met de nodige voorzichtigheid moet worden betracht.

### *Ammoniakemissie*

De gevonden verschillen in ammoniakemissie tussen de verschillende lichtschema's waren niet aantoonbaar, ondanks het feit dat het behoorlijke verschillen betrof. Dit alles heeft te maken met het geringe onderscheidend vermogen van de statistische toets. Dit werd vooral veroorzaakt door de grote spreiding tussen de herhalingen bij lichtschema A (tabel 11). Aangezien dit onderzoek slechts één ronde met twee herhalingen omvatte, is het mogelijk dat bij meer herhalingen of bij een geringere spreiding tussen de herhalingen er wel significante effecten van lichtschema op de ammoniakemissie waren gevonden.

**Tabel 11** Ammoniakemissie (in gram/dier/jaar)

	Lichtschema A	Lichtschema B	Lichtschema C	Lichtschema D
<i>Type lichtschema</i>	<i>Dag/nacht</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Intermitterend</i>	<i>Dag/nacht</i>
<i>Aantal donkerperioden</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>5</i>	<i>1</i>
<i>Lichtsterkte</i>	<i>20 lux</i>	<i>20 lux</i>	<i>20 lux</i>	<i>&lt; 20 lux</i>
Herhaling 1	40,5	37,5	57,7	35,9
Herhaling 2	56,2	37,6	53,5	36,7
<b>Gemiddeld</b>	<b>48,4</b>	<b>37,6</b>	<b>55,6</b>	<b>36,3</b>

## 5 Conclusies

Uit dit onderzoek kunnen we het volgende concluderen:

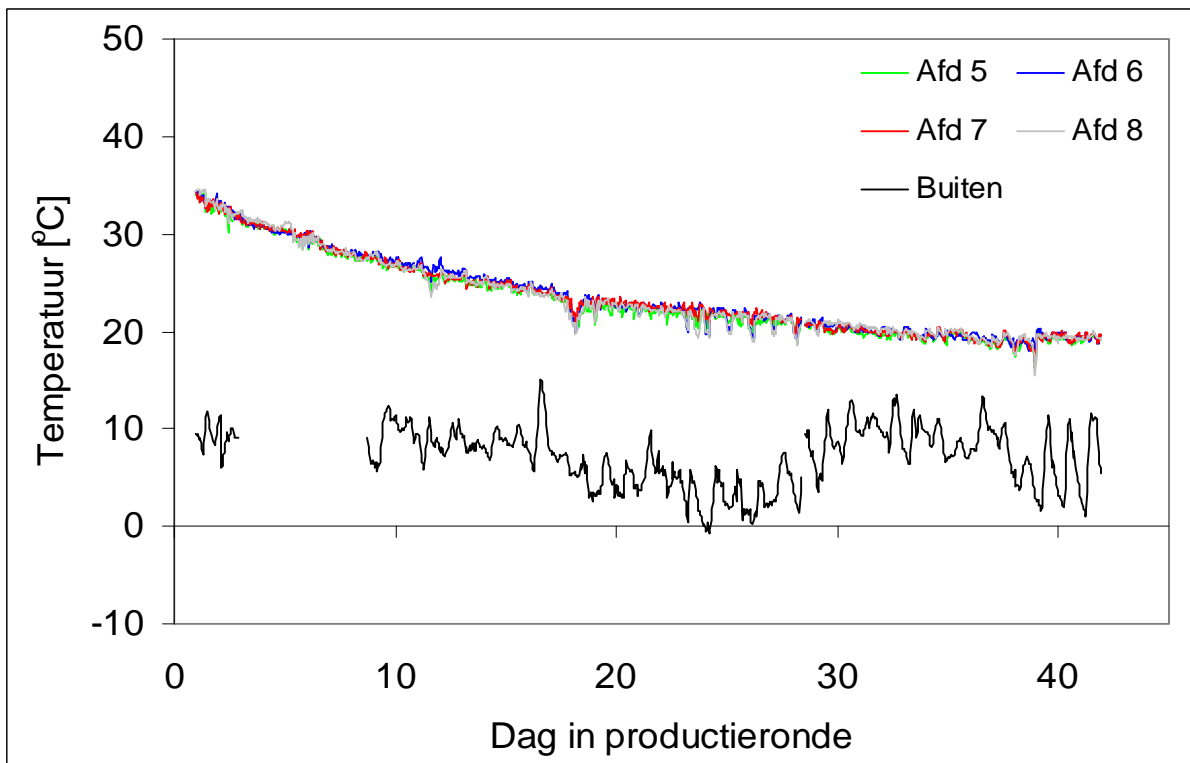
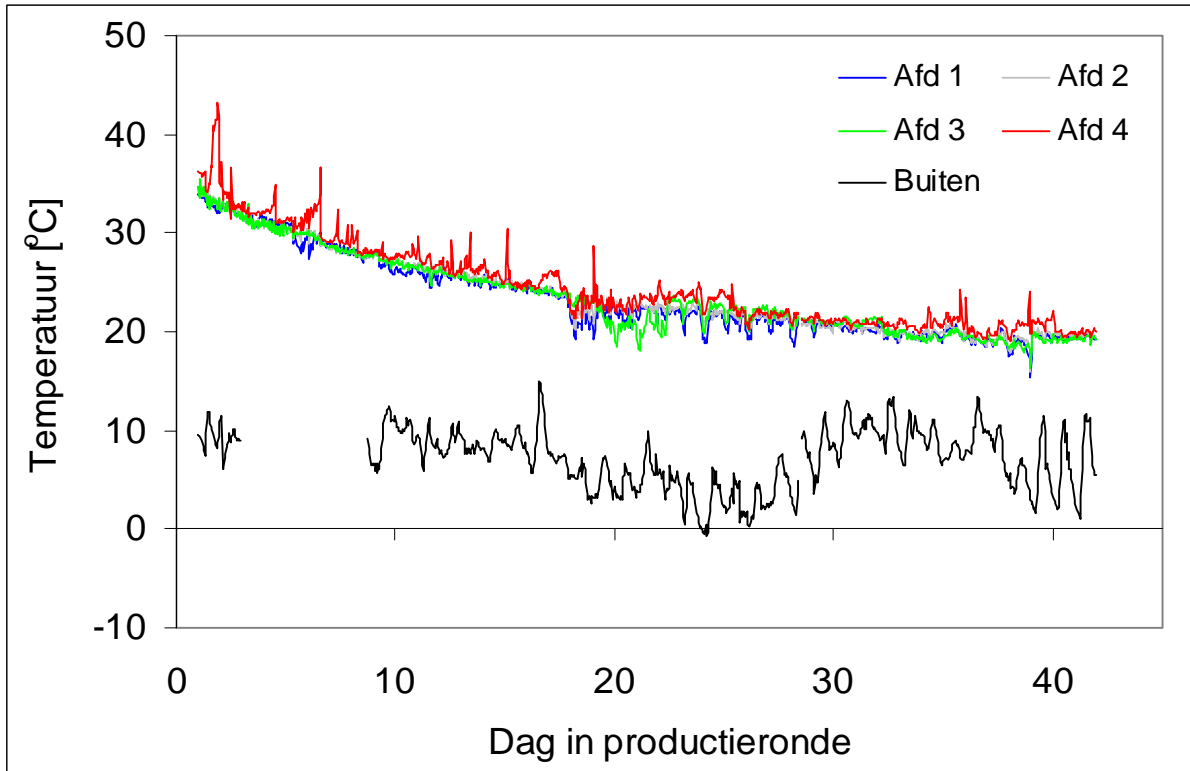
1. Het hanteren van een leeftijdsafhankelijke en ook lagere lichtintensiteit dan de in de op handen zijnde EU welzijnrichtlijn voorgeschreven 20 lux (lichtschema D vs. lichtschema A) resulteerde in:
  - Geen aantoonbaar effect op de fijnstofemissie.
  - Geen aantoonbaar effect op de ammoniakemissie.
  - Een mogelijke verbetering van het technisch resultaat.
  - Geen effect op de strooiselkwaliteit.
  - Een mogelijk slechtere kuikenkwaliteit (meer borstbevuilding, borstirritaties en voetzoolaandoeningen).
  - Geen effect op de wijze van lopen van het kuiken (gaitscore).
  
2. Het hanteren van meerdere donkerperioden (intermitterend verlichten; lichtschema's B en C t.o.v. lichtschema A) resulteerde in:
  - Geen aantoonbaar effect op de fijnstofemissie.
  - Geen aantoonbaar effect op de ammoniakemissies.
  - Een mogelijk beter technisch resultaat.
  - Een mogelijk positief effect op de strooiselkwaliteit.
  - Een mogelijk positief effect op de kuikenkwaliteit. De kuikens bij lichtschema C waren schoner en hadden minder voetzoolaandoeningen.
  - Een mogelijk positief effect op de wijze van lopen van het kuiken (gaitscore), met name voor lichtschema C.
  
3. De PM2.5 concentratie was gemiddeld over de productiecycclus 6,6% van de PM10 concentratie. Dit percentage is afhankelijk van de leeftijd: naarmate de kuikens ouder worden neemt dit percentage toe.
  
4. De stofconcentraties waren in de donkerperioden beduidend lager dan in de lichtperioden.

## 6 Literatuur

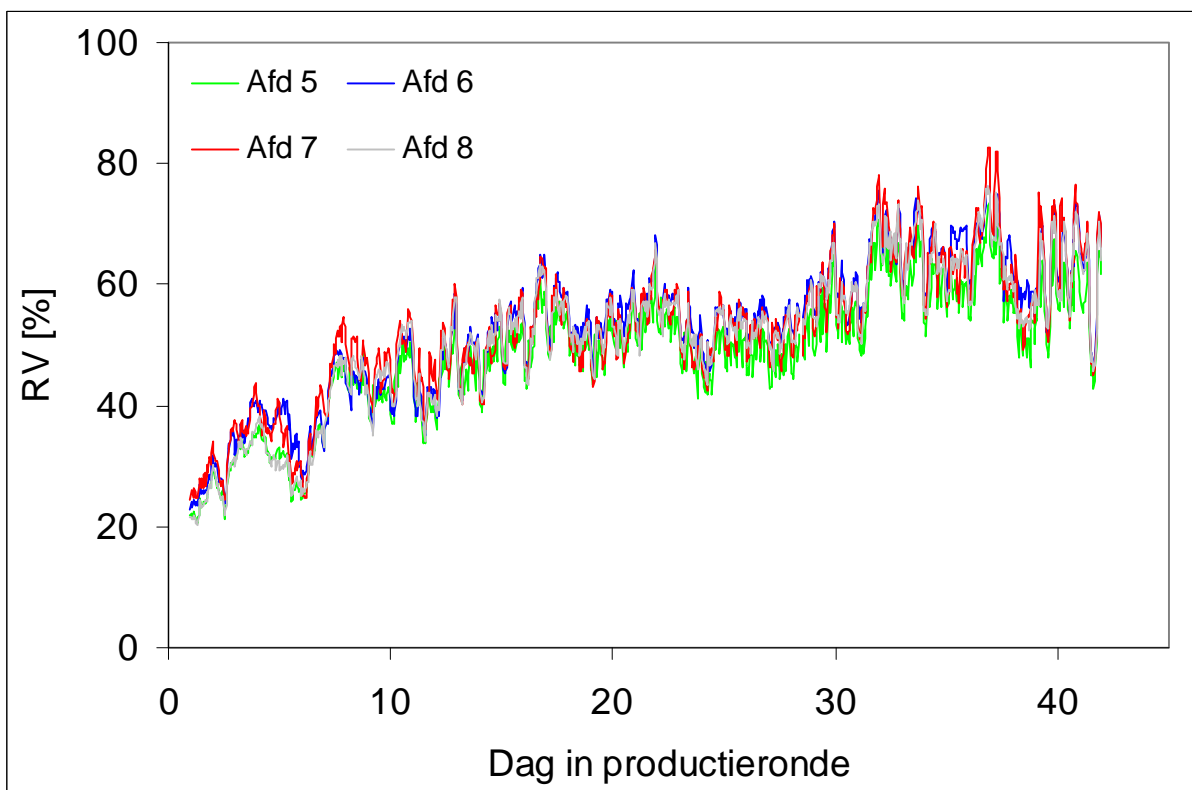
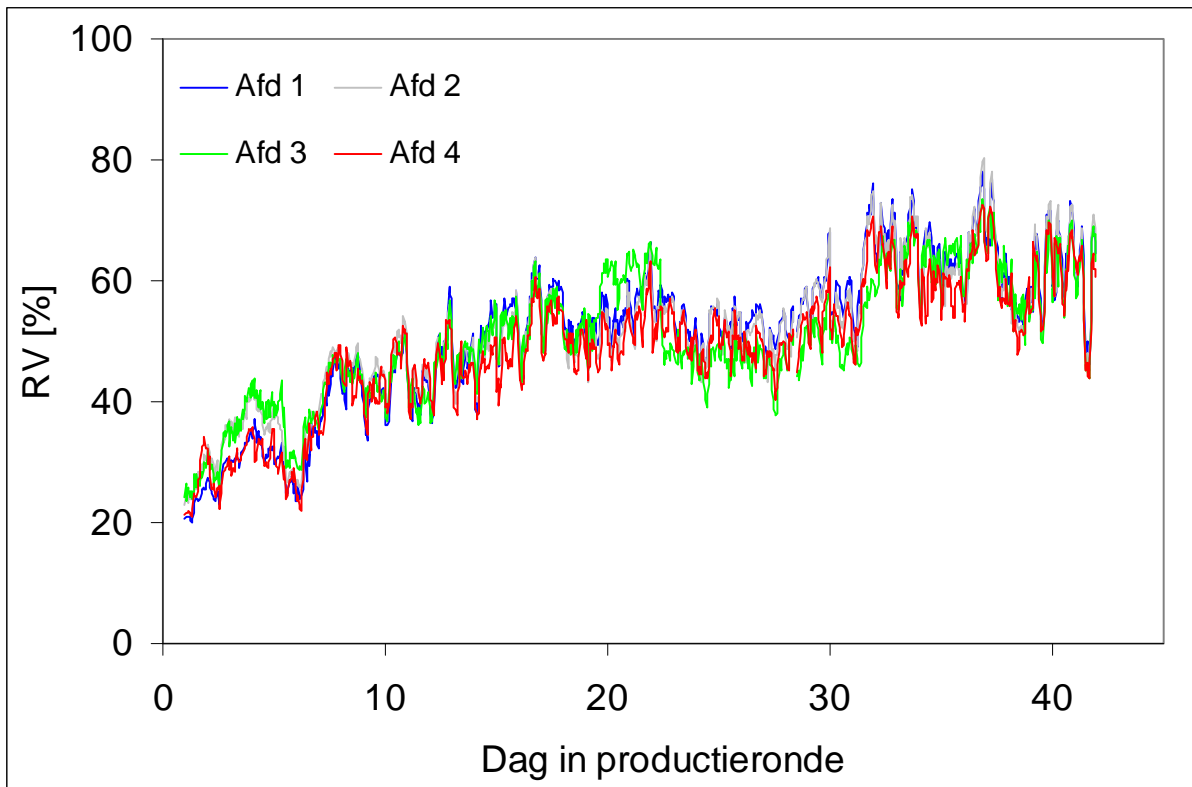
- Weast, R.C., M.J. Astle en W.H. Beyer (1986). Handbook of chemistry and physics, 67th Edition. Florida, CRC Press Inc.
- Hofschreuder, P., Y. Zhao, A. J. A. Aarnink, and N. W. M. Ogink. 2008. Measurement protocol for emissions of fine dust from animal housings. Considerations, draft protocol and validation. Report 134, Animal Sciences Group, Lelystad.
- NEN-EN 12341. 1998. Luchtkwaliteit - bepaling van de pm 10 fractie van zwevend stof - referentiemethode en veldonderzoek om de referentiegelijkwaardigheid aan te tonen van meetmethoden., Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- NEN-EN 14907. 2005. Ambient air quality - standard gravimetric measurement method for the determination of the pm<sub>2,5</sub> mass fraction of suspended particulate matter. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- Van Ouwerkerk, E.N.J. 1993. Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. *Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij* 16. DLO, Wageningen, pp. 178.
- Mosquera, J., Hofschreuder, P., Erisman, J.W., Mulder, E., van 't Klooster, C.E., Ogink, N., Swierstra, D. en Verdoes, N. 2002b. Meetmethode gasvormige emissies uit de veehouderij. *IMAG rapport 2002-12*.
- Gordon, S.H. (1994). Effects of daylength and increasing daylength programmes on broiler welfare and performance. *World Poultry Science Journal* Vol. 50, p 269 -282
- Harn, van J. en Middelkoop, van J.H. (1998). Net iets betere resultaten bij intermitterend licht. *Pluimveehouderij* 42/98, p.22-23.
- Baere, de K. en Zoons, J. (1999). Lichtschema's bij vleeskuikens. *Pluimvee* nr. 31.

## Bijlagen

### Bijlage 1 Temperatuurverloop per afdeling



Bijlage 2 Verloop relatieve luchtvochtigheid per afdeling



### Bijlage 3 Werkinstructie gaitscore bepaling vleeskuikens

#### 1. Doel en toepassingsgebied

De gaitscore (methode Spelderholt) is een beoordeling van het voortbewegen van vleeskuikens om een uitspraak te kunnen doen over de locomotie. De score kan per individueel dier of per groep dieren worden uitgevoerd.

#### 2. Definities en afkortingen

Definitie/afk.	Omschrijving

#### 3. Beschrijving

De individuele beoordeling kan uitgevoerd worden door één waarnemer.

Voer de groepsbeoordeling uit met (minimaal) twee waarnemers, die tegengesteld van elkaar van voor naar achter door de experimentele eenheid gaan om te zien hoe de vleeskuikens zich voort bewegen.

Beoordeel voorafgaand aan de eigenlijke beoordeling een willekeurige eenheid samen, om overeenstemming te bereiken over het niveau van de scores.

Bij de feitelijke beoordeling noteert elke waarnemer voor zich per experimentele eenheid hoeveel procent (op vijf procent nauwkeurig) van de dieren zich volgens onderstaande gaitscores beweegt.

0. geen afwijkingen, de vleeskuikens bewegen zich normaal, zijn goed in balans
1. de vleeskuikens bewegen zich iets trillend, lichte asymmetrie, iets houterig
2. de vleeskuikens bewegen zich trillend en iets schommelend, houterig
3. de vleeskuikens bewegen zich schommelend en gaan na geringe inspanning direct weer zitten, moeite met bewaren van evenwicht, de loopsnelheid en het vermogen tot versnellen is verminderd
4. de vleeskuikens hebben ernstige pootafwijkingen, blijven zitten, snel evenwichtverlies waarbij vleugels soms gebruikt worden
5. de vleeskuikens hebben vaak ontstoken poten, blijven zitten/liggen, kunnen alleen lopen met ondersteuning van de vleugels

Verwijder dieren met score 4 of 5 uit de proef.

Na het beoordelen van een blok van experimentele eenheden overleggen de waarnemers onderling over de gegeven scores. Indien er grote afwijkingen zijn tussen de waarnemers wordt de betreffende experimentele eenheid opnieuw gescoord. Hierbij is de tweede score doorslaggevend.

Bepaal de eindscore per experimentele eenheid door de scores van de individuele waarnemers te middelen.

#### 5. Referenties en bijlagen

Code	Titel
	Video "Gaitscore" van de University of Bristol
2.6F301	Gaitscore vleeskuikens
	Kestin SC, Knowles TG, Tinch AE, Gregory NE (1992) The prevalence of leg weakness in broiler chickens assessed by gait scoring and its relationship to genotype. Vet Rec 131: 190-194

#### 6. Prestatie-indicatoren

n.v.t.

**Bijlage 4 Werkinstructie 'Visuele beoordeling en bemonstering van pluimveemest/strooisel'**

**Visuele beoordeling**

Een panel van 3-4 personen beoordeelt visueel de mate van rulheid en de vochtigheid van het strooisel.

Waarderingschaal: 1 – 10 (1= zeer slecht en 10 = uitmuntend).

In de onderstaande tabellen staat voor rulheid en vochtigheid de waardering met de bijhorende beeld van het strooisel.

Noteer de beoordelingen op het invulformulier

**Visuele strooiselbeoordeling**

<b>Rulheid</b>	
<b>Waardering</b>	<b>Omschrijving</b>
<b>1</b>	Volledig dichtgeslagen strooisel, één grote plaat/koek
<b>2</b>	80-90 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>3</b>	70-80 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>4</b>	60-70 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>5</b>	50-60 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>6</b>	40 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>7</b>	30 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>8</b>	10 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>9</b>	Volledig rul strooisel, beginnende plaatjes vorming
<b>10</b>	Volledig rul strooisel, nog geen 'plaatjes' vorming

<b>Vocht</b>	
<b>Waardering</b>	<b>Omschrijving</b>
<b>1</b>	Nat strooisel, laars zakt vrijwel overal weg in strooisel en water treedt naar buiten. (Wordt zelden waargenomen).
<b>2</b>	Nat strooisel, onder drinklijn zakt laars weg in strooisel en water treedt naar buiten
<b>3</b>	Nat strooisel, onder drinklijn zakt laars weg in strooisel, maar er treedt geen water naar buiten
<b>4</b>	Nat strooisel, donker van kleur. Van het strooisel kan een bal gemaakt worden. Flinke rug onder drinklijn.
<b>5</b>	Nat strooisel, donker van kleur, rug onder drinklijn, rest van het strooisel begint dicht te 'slaan'
<b>6</b>	Rel. droog strooisel, strooisel vrij donker van kleur, kleine 'rugvorming' onder drinklijn. Strooisel tussen drinklijn en voer lijn nog rul.
<b>7</b>	Rel. droog strooisel, onder drinklijn vrij donker van kleur, de rest licht/donker van kleur, beginnende 'rugvorming' onder drinklijn
<b>8</b>	Rel. droog strooisel, licht donker van kleur, nog geen 'rugvorming' onder drinklijn
<b>9</b>	Droog strooisel, licht van kleur
<b>10</b>	Zeer droog strooisel (wordt alleen gesignaleerd bij opzet)

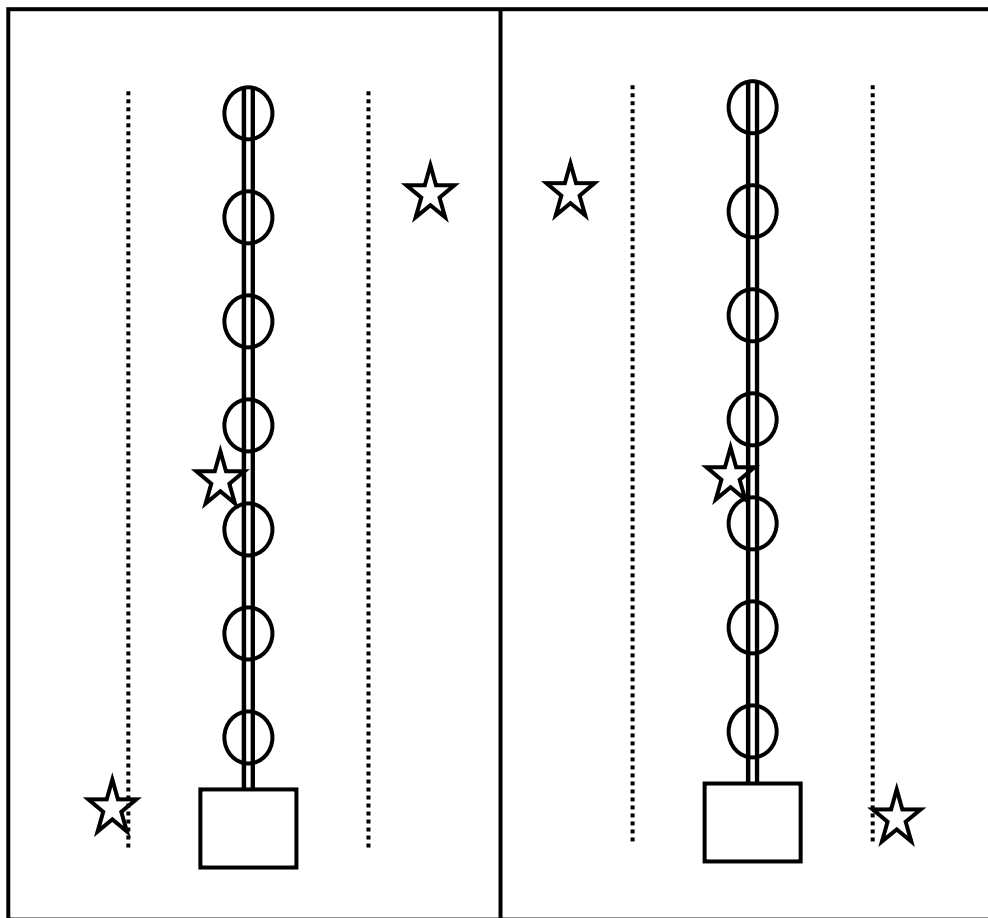
**Bemonstering**

Neem per subafdeling op drie plaatsen een mest-/strooiselmonster, te weten: bij de voerlijn; bij de drinker; bij afscheiding met andere subafdeling (conform figuur 1).

Neem de monsters met een zgn. mestboor tot op de (betonnen) ondervloer. Verzamel de monsters per (sub)afdeling in een emmer, plastic zak of RVS bakje (mengmonster).

De mengmonsters per (sub)afdeling worden vervolgens gedurende 24-uur gedroogd in een droogstoof bij 105°C. Mocht directe verwerking van de (meng)monsters niet mogelijk zijn, dan worden de monsters in plastic zakjes opgeslagen in de vriezer (-40°C), waarna ze later worden verwerkt/gedroogd.

**Figuur 1** Schematisch weergave van de monstername punten.



= Monsterpunt



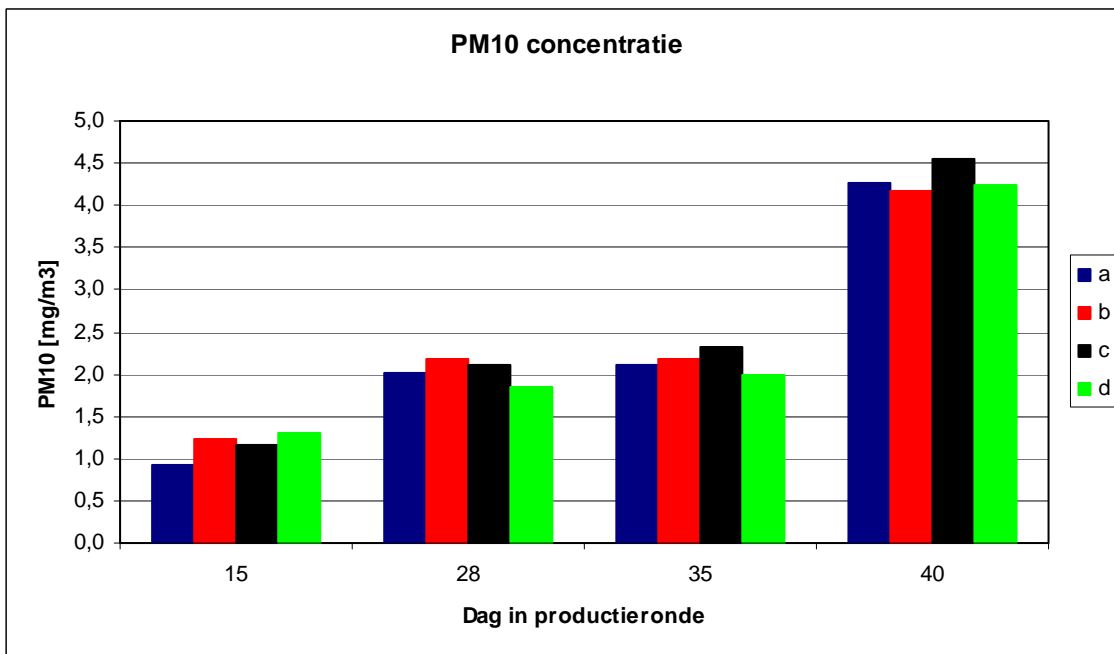
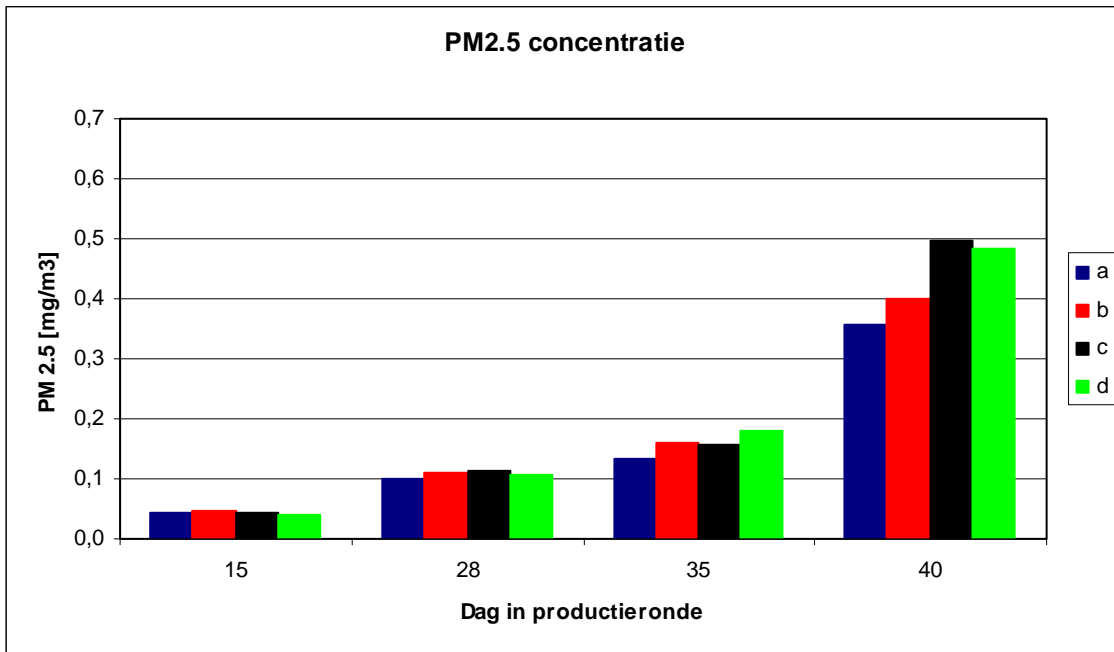
= Waterlijn



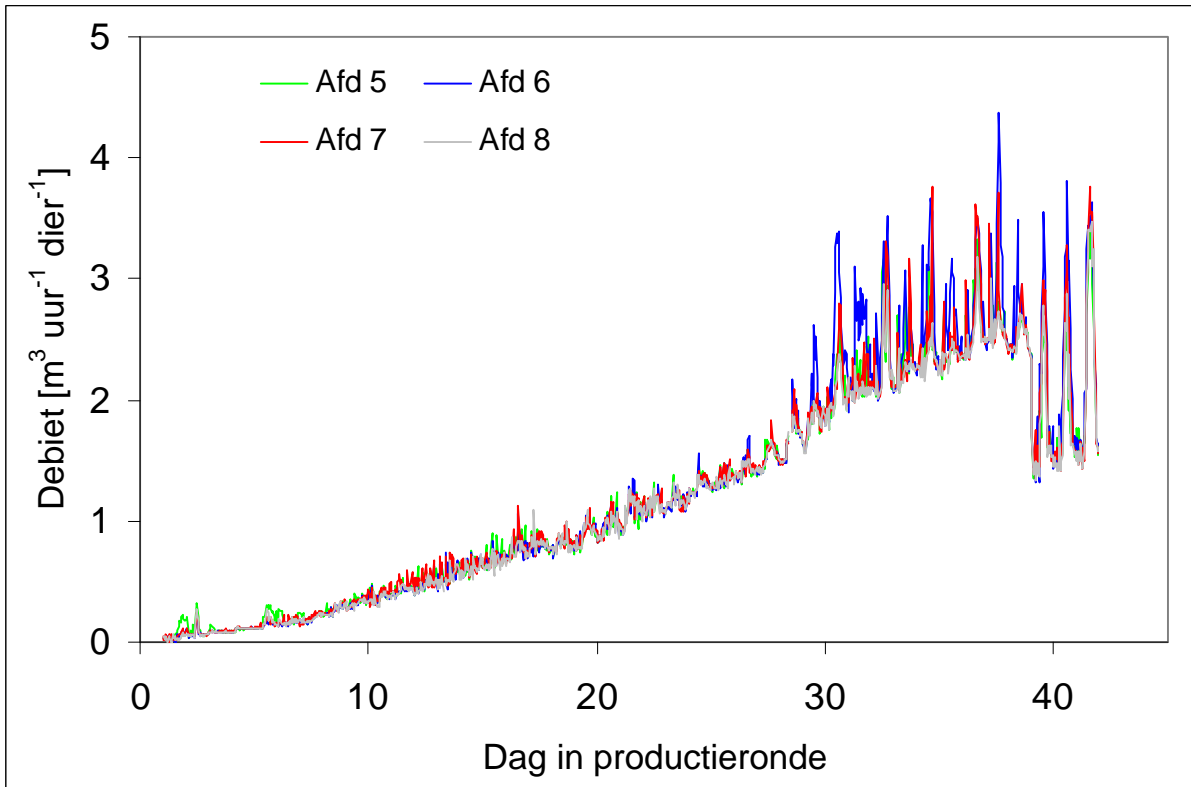
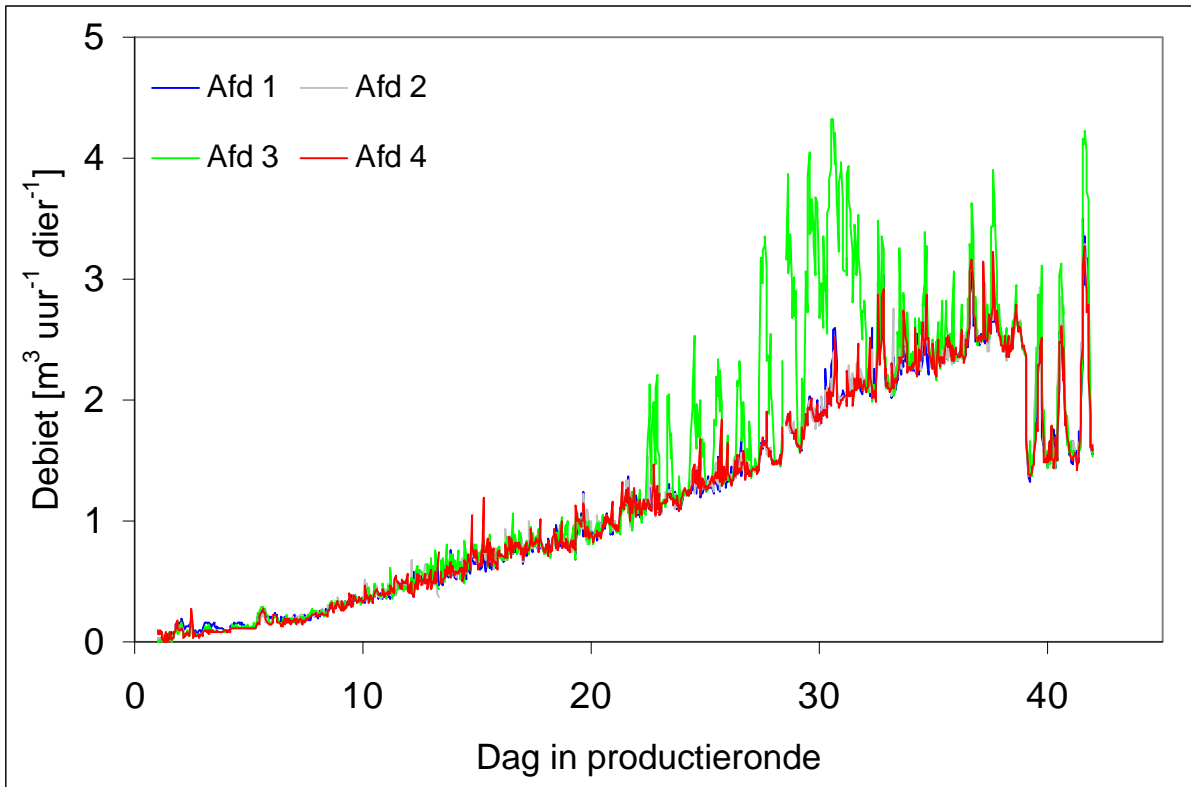
= Voerlijn



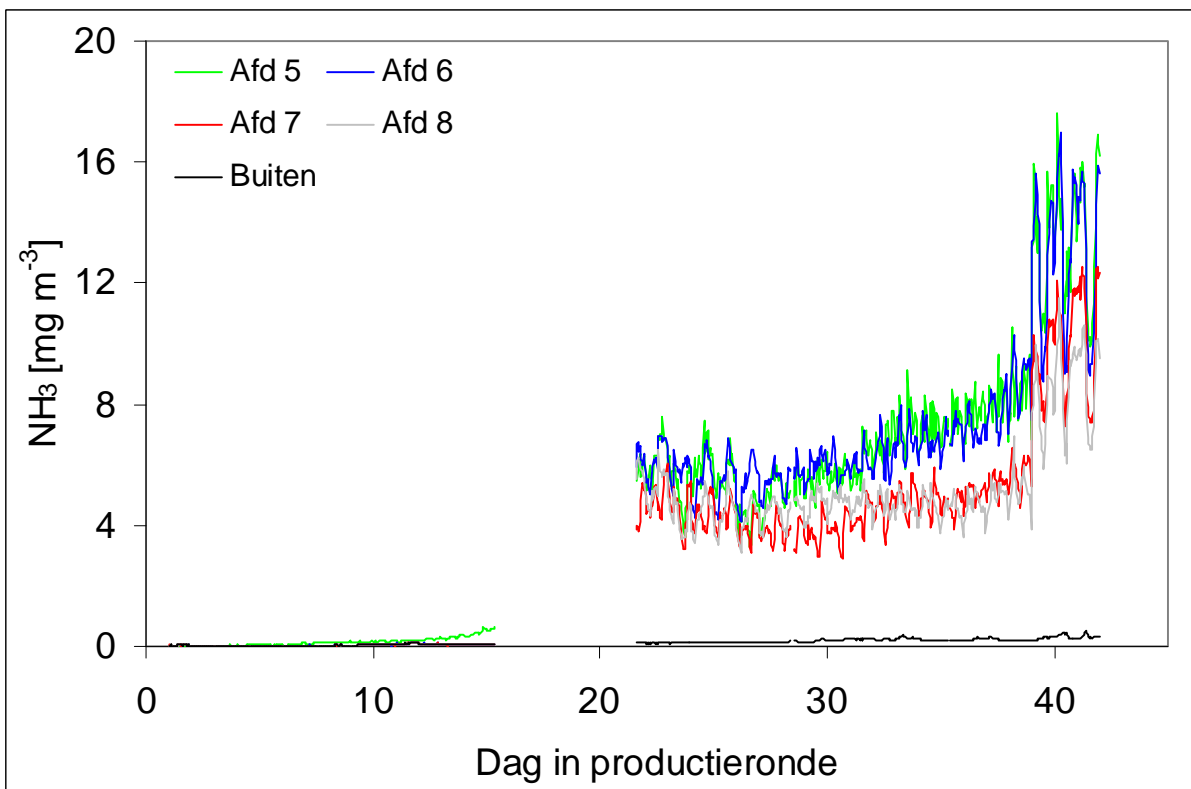
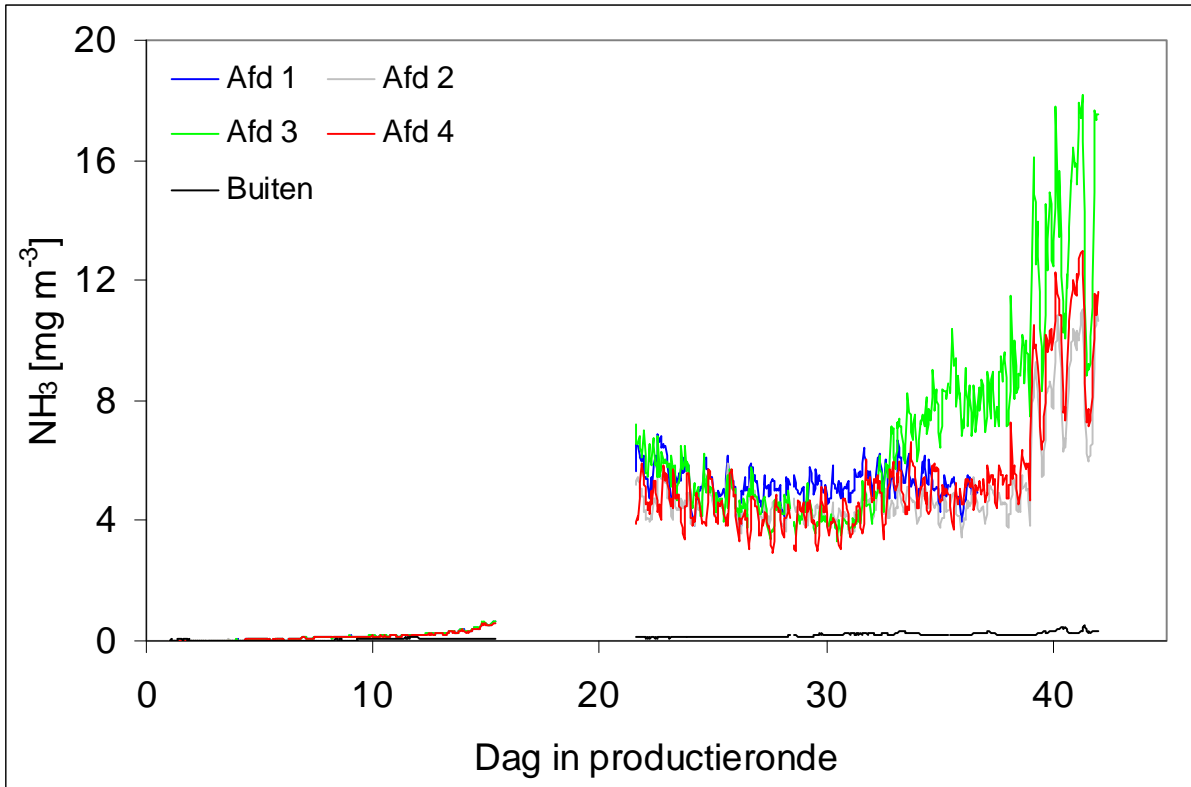
Bijlage 5 Stofconcentraties



Bijlage 6 Ventilatie-debiet per afdeling



Bijlage 7 Verloop ammoniakconcentratie



Bijlage 8 Ammoniakemissie per afdeling

