# Wageningen UR Livestock Research

*Partner in livestock innovations*



Rapport 276

# Fijnstofemissie uit stallen: (groot)ouderdieren van vleeskuikens

November 2009 (herziene versie januari 2011)

LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

## Colofon

**Uitgever**
Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet http://www.livestockresearch.wur.nl

**Redactie**
Communication Services

**Copyright**
© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2010
Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

**Aansprakelijkheid**
Wageningen UR Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.




De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept 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**
In this study emissions of fine dust (PM10 and PM2.5) from houses for broiler breeders were determined. In addition, emissions of ammonia, greenhouse gases and odour were determined.

**Keywords**
Fine dust, emission, poultry, broiler breeders

**Referaat**
ISSN 1570 - 8616

**Auteurs**
J. Mosquera
R.A. van Emous
A. Winkel
F. Dousma
E. Lovink
N.W.M. Ogink
A.J.A. Aarnink

**Titel**
Fijnstofemissie uit stallen: (groot)ouderdieren van vleeskuikens
Rapport 276 – herziene versie

**Samenvatting**
In dit onderzoek zijn de emissies bepaald van fijnstof (PM10 en PM2,5) uit stallen met (groot)ouderdieren van vleeskuikens. Additioneel zijn de emissies van ammoniak, broeikasgassen en geur bepaald.

**Trefwoorden**
Fijnstof, emissie, pluimvee, (groot)ouderdieren van vleeskuikens

LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Rapport 276

# Fijnstofemissie uit stallen: (groot)ouderdieren van vleeskuikens

# Dust emission from animal houses: broiler breeders

A. Winkel
R.A. van Emous
J. Mosquera
F. Dousma
E. Lovink
N.W.M. Ogink
A.J.A. Aarnink

November 2009 (herziene versie januari 2011)

## Voorwoord

Voor het vergroten van de kennis over de fijnstofproblematiek (PM10 en PM2,5) in Nederland is het van belang dat betrouwbare en actuele informatie over de fijnstofuitstoot uit de verschillende bronnen beschikbaar is. Fijnstofemissie uit stallen is één van deze bronnen. Van deze bron was tot dusver slechts beperkte informatie beschikbaar, gebaseerd op stofmetingen uitgevoerd in de jaren negentig. Naast de omstandigheid dat deze informatie mogelijk is verouderd door aanpassing aan stalsystemen en bedrijfsvoering, zijn de meetcijfers niet gebaseerd op de huidige standaarden voor het meten van PM10 en PM2,5. Gegeven deze achtergrond bestaat er behoefte aan nauwkeurige en actuele cijfers over de fijnstofemissie uit de veehouderij. In deze behoefte kan nu worden voorzien met de resultaten uit het meetprogramma (2007-2009) dat door Wageningen UR Livestock Research is uitgevoerd in het kader van het 'Programma luchtwassers' van de Ministeries van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie en van Infrastructuur en Milieu.

Bij de uitvoering van een systematisch opgezet meetprogramma voor stofemissie uit de veehouderij werd een onderzoeksterrein betreden waarin tot dusver nationaal en internationaal geen of zeer weinig ervaring was opgedaan. Dit stelde de betrokken onderzoekers voor tal van geheel nieuwe meettechnische en logistieke uitdagingen. Dankzij de inzet, ervaring en kennis van alle betrokken medewerkers kon de uitvoering tot een goed einde worden gebracht, waarvoor dank. Door de opdrachtgevers is het onderzoek met grote betrokkenheid en vertrouwen begeleid, waarvoor onze dank. Dank is ook verschuldigd aan de ondernemers van de betrokken veehouderijbedrijven die hun stallen beschikbaar hebben gesteld voor het uitvoeren van de metingen. Dankzij de medewerking van alle betrokken personen levert dit onderzoeksprogramma een belangrijke, internationaal unieke dataset op, waarmee een belangrijke bijdrage wordt geleverd aan het vergroten van de kennis over de fijnstofproblematiek in Nederland.

Dr. ir. A.J.A. Aarnink
Projectleider
Wageningen UR Livestock Research

## Voorwoord bij herziene versie januari 2011

Na het uitbrengen van deze rapportage (november 2009) bleek dat deze een berekeningsfout bevatte bij de emissie van geur. In deze herziene versie is de berekeningsfout hersteld. Daarnaast is de spreiding van de gerapporteerde emissies (standaarddeviatie tussen bedrijven) weergegeven, en is ook voor methaan en lachgas een leegstand van 13% gebruikt om de jaaremissies te bepalen. Bij deze herziening is tevens van de gelegenheid gebruik gemaakt om de tekst op enkele plaatsen nader te verduidelijken.

## Samenvatting

Om een beter beeld te krijgen van de huidige situatie ten aanzien van fijnstofemissies uit de veehouderij is een uitgebreid onderzoeksproject opgestart. In dit project zijn bij verschillende diercategorieën en voor verschillende staltypen de fijnstofemissies gemeten. Emissies van deeltjes kleiner dan 10 µm (PM10) en van deeltjes kleiner dan 2,5 µm (PM2,5) zijn bepaald.

Het doel van het project was om op basis van de meetresultaten emissiefactoren voor fijnstof (PM10 en PM2,5) vast te stellen. Bij eerdere vaststelling van fijnstofemissies uit de veehouderij zijn conversiefactoren gehanteerd voor omrekening van totaalstof naar PM10. Een tweede doel van dit project was om op basis van metingen onderbouwde conversiefactoren voor omrekening van totaalstof naar PM10 en PM2,5 te verkrijgen. Aangezien er ook behoefte was aan emissiecijfers van methaan en lachgas, zijn deze tevens meegenomen in het meetprogramma. Daarnaast zijn de emissies van ammoniak en geur gemeten om een volledige meetset van emissies te krijgen. Dit past in de lijn van integrale oplossingen voor het emissieprobleem in de veehouderij. In dit rapport zijn de metingen gerapporteerd die in het kader van het hiervoor genoemde onderzoeksproject uitgevoerd zijn in stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens (vleeskuikenouderdieren).

Alle metingen zijn uitgevoerd conform een werkwijze die gelijkwaardig is aan eerder vastgestelde meetprotocollen voor de verschillende gasvormige componenten. De metingen zijn gedaan aan twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens (vleeskuikenouderdieren) op verschillende locaties. Per locatie zijn zes (bedrijf 1) of zeven (bedrijf 2) metingen van 24 uur (voor geur twee uur) verricht, verspreid over het jaar en over de legperiode van de dieren.

Op basis van dit onderzoek in twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens (vleeskuikenouderdieren) zijn de volgende jaaremissies bepaald, waarbij is gerekend met 13% leegstand voor de stof-, methaan-, lachgas- en ammoniakemissies (berekende emissiefactor ± de standaarddeviatie tussen bedrijven):

- PM10 emissie: 42,7 $\pm$ 0,9 g/dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie: 3,3 $\pm$ 0,2 g/dierplaats per jaar
- Ammoniakemissie: 456 $\pm$ 8 g/dierplaats per jaar
- Geuremissie: 0,52 $\pm$ 0,12 $OU_E$/dierplaats per s (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Methaanemissie: 71,0 $\pm$ 85,3 g/dierplaats per jaar
- Lachgasemissie: 32,7 $\pm$ 13,8 g/dierplaats per jaar

De volgende conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van de stofemissie:

- de emissie van PM10 is beduidend lager dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 (86 g/dierplaats per jaar);
- de emissie van PM2,5 is beduidend lager dan de eerder gehanteerde waarde voor PM2,5 (15,3 g/dierplaats per jaar).

In de stallen waar de metingen zijn gedaan was het ventilatiedebiet gedurende de winterperiode erg laag, veel lager dan de adviesnormen. Het ventilatiedebiet kan een belangrijk effect hebben op de fijnstofemissie. Daarom was het van belang om te achterhalen of deze manier van ventilatie algemeen wordt toegepast of slechts op een beperkt aantal bedrijven. Hiervoor is een aanvullende studie verricht. Uit bezoeken aan beide bedrijven en gesprekken met klimaatdeskundigen kon geconcludeerd worden dat het in stallen met (groot)ouderdieren van vleeskuikens gebruikelijk is om bij lage buitentemperaturen (<10°C) weinig te ventileren. De gemeten ventilatiedebieten in de winterperiode kunnen daarom als representatief worden verondersteld voor grondhuisvesting voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens.

## Summary

For a better understanding of the present fine dust emissions from livestock production an extensive research project was started. Within this project fine dust emissions were determined for different livestock categories and for different housing types. Emissions of particles smaller than 10 µm (PM10) and of particles smaller than 2.5 µm (PM2.5) have been determined.

The objective of this project was to provide emission figures that can be used to establish emission factors for fine dust (PM10). A second aim of this project was to determine conversion factors for calculating PM10 and PM2.5 from total dust. These conversion factors are required to interpret earlier measurements on livestock farms based on total dust. Because of additional need for emission data for methane and nitrous oxide, these gases have been included in the program as well. Furthermore, the emissions of ammonia and odour have been measured to complete the emission data set. This fits in the line of integral solutions of the emission problem in livestock production. In this report measurements in broiler breeder houses are reported that were carried out in the framework of the overall measurement programme.

All measurements have been performed according to a procedure similar to described protocols. Measurements have been done in two houses for broiler breeders at different locations. Six (farm 1) or seven (farm 2) 24-h measurements (for odour two h) have been performed spread over the year and spread over the laying period of the animals.

Based on this study in two houses for broiler breeders the following yearly emissions have been determined, corrected for an empty period of 13% in case of dust, methane, nitrous oxide and ammonia emissions (calculated emission factors ± standard deviation between farms):

- PM10 emission: 42.7 $\pm$ 0.9 g/year per animal place
- PM2.5 emission: 3.3 $\pm$ 0.2 g/year per animal place
- Ammonia emission: 456 $\pm$ 8 g/year per animal place
- Odour emission: 0.52 $\pm$ 0.12 $OU_E$/s per animal place (not corrected for empty period)
- Methane emission: 71.0 $\pm$ 85.3 g/year per animal place
- Nitrous oxide emission: 32.7 $\pm$ 13.8 g/year per animal place

The following conclusions could be drawn with respect to dust emissions:

- the emission of PM10 is considerably lower than the previously used emission factor for PM10 (86 g/year per animal place);
- the emission of PM2.5 is considerably lower than the previously used emission value for PM2.5 (15.3 g/year per animal place).

In the two broiler breeder houses, low ventilation levels were measured in winter. These levels were much lower than the standards commonly advised. Emissions are influenced by ventilation. Therefore, an additional study was performed to answer the question whether the measured ventilation rates are common practice or not. From additional visits to the broiler breeder houses and conversations with experts in the field of animal house ventilation, it is concluded that low ventilation rates are commonly applied during low temperatures (<10 °C) in broiler breeder houses. De ventilation rates determined in this research programme are therefore representative for broiler breeder houses in practice.

## Inhoudsopgave

**Voorwoord**

**Samenvatting**

**Summary**

**1 Inleiding ..... 1**

**2 Materiaal en methode ..... 2**

2.1 Hoofdlijn opzet meetprogramma ..... 2

2.2 Beschrijving stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens ..... 3

2.3 Metingen ..... 6

2.3.1 Stofmetingen ..... 6

2.3.2 Ammoniakmetingen ..... 8

2.3.3 Geurmetingen ..... 8

2.3.4 Broeikasgasmetingen ..... 9

2.3.5 Ventilatiedebiet ..... 9

2.3.6 Metingen temperatuur en RV ..... 9

2.4 Verwerking gegevens ..... 9

**3 Resultaten ..... 11**

3.1 Ventilatiedebiet ..... 11

3.2 PM10 emissie ..... 11

3.3 PM2,5 emissie ..... 12

3.4 Totaalstofemissie ..... 12

3.5 Ammoniakemissie ..... 12

3.6 Geuremissie ..... 13

3.7 Methaanemissie ..... 13

3.8 Lachgasemissie ..... 14

**4 Resultaten aanvullend onderzoek ..... 15**

**5 Discussie ..... 19**

**6 Conclusies ..... 21**

**Literatuur ..... 22**

**Bijlagen ..... 23**

Bijlage 1 Foto's stal voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens 1 ..... 23

Bijlage 2 Foto's stal voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens 2 ..... 25

# 1 Inleiding

Per 1 januari 2005 heeft de Europese Unie grenswaarden opgesteld voor alle EU-lidstaten voor maximale concentraties fijnstof: jaargemiddeld maximaal 40 microgram per $m^3$ lucht en daggemiddeld maximaal 50 microgram per $m^3$ lucht, met maximaal 35 overschrijdingen van het toegestane daggemiddelde. Fijnstof is stof dat voor het merendeel bestaat uit deeltjes met een diameter kleiner dan 10 micrometer. Dit stof wordt aangeduid als PM10 (PM; Particulate Matter). In 2008 is een nieuwe richtlijn van kracht geworden waarin de jaargemiddelde maximale norm voor deeltjes kleiner dan 2,5 micrometer (zeer fijnstof, PM2,5) is vastgesteld op 25 microgram per $m^3$ lucht.

Naast verkeer en industrie leveren veehouderijbedrijven een bijdrage aan de uitstoot van fijnstof in Nederland. Voor de terugdringing van de fijnstofuitstoot is het van belang de actuele uitstoot van fijnstof uit stallen vast te stellen. De tot dusver bekende emissies van fijnstof (PM10) uit stallen zijn gebaseerd op metingen die gedaan zijn in de periode van september 1993 tot november 1995 binnen het EU-project Aerial Pollutants (Groot Koerkamp e.a., 1996). Door Chardon en van der Hoek (2002) zijn deze later voor verschillende diercategorieën omgerekend naar emissies van PM10. Sinds de metingen in de jaren negentig zijn er veel ontwikkelingen geweest in de veehouderij, met name naar milieu- en welzijnsvriendelijke huisvestingssystemen die zowel een toename als afname in de uitstoot van fijnstof tot gevolg kunnen hebben gehad. Welzijnsvriendelijke systemen lijken een belangrijke toename te geven van de fijnstofemissie. Bij de omschakeling van het batterijsysteem naar strooiselsystemen in de pluimveehouderij wordt bijvoorbeeld een forse toename van de stofemissie verwacht. Sommige milieuvriendelijke huisvestingssystemen in combinatie met aangepaste ventilatiesystemen, bijvoorbeeld in de varkenshouderij, zullen waarschijnlijk een stofreducerend effect hebben. Door ontwikkelingen in de huisvesting sinds 1993-1995 (o.a. bolle vloeren en metalen roosters in de varkenshouderij) en de voeding van dieren (o.a. meer brijvoersystemen in de varkenshouderij, vervanging tapioca door granen in varkens- en pluimveevoer) kunnen stofemissies van stalsystemen zijn veranderd. Voor een onderbouwing van de impact van deze ontwikkelingen gedurende de laatste jaren op de stofemissie zijn daarom additionele metingen gewenst.

Daarnaast is in additioneel onderzoek een validatie van de tot dusver beschikbare dataset gewenst. De huidige PM10 cijfers zijn omrekeningen van gemeten totaalstof (overeenkomend met PM50) en PM5 waarden, waardoor deze minder nauwkeurig zijn. Bovendien was het onderzoek waarin de meetcijfers zijn verzameld niet gericht op het meten van stofemissies, maar op stofconcentraties. Concentraties zijn op verschillende plekken in de stal gemeten, deze zijn niet per definitie representatief voor de stofconcentraties in de uitgaande stallucht.

Omdat de EU ook grenswaarden voor PM2,5 heeft vastgesteld is het van belang om in additioneel onderzoek PM2,5 op te nemen. Om de huidige dataset waarop de berekende emissiefactoren zijn gebaseerd ook in de toekomst te kunnen gebruiken, is het gewenst naast PM10 en PM2,5 tevens totaalstof te meten volgens de methode die gebruikt is in het onderzoek van Groot Koerkamp e.a. (1996).

Om een beter beeld te verkrijgen van de huidige situatie ten aanzien van fijnstofemissies uit de veehouderij is in 2008 een uitgebreid onderzoeksproject opgestart. In dit project zijn bij verschillende diercategorieën en voor verschillende stalsystemen de fijnstofemissies bepaald. Het doel van dit project was om op basis van deze cijfers emissiefactoren voor fijnstof vast te stellen. Vanwege de nieuwe richtlijn voor PM2,5 is binnen dit project naast PM10 gelijktijdig ook PM2,5 gemeten. Bij eerdere vaststelling van fijnstofemissies uit de veehouderij zijn conversiefactoren gehanteerd voor de omrekening van totaalstof naar PM10. Een tweede doel van dit project was om met metingen onderbouwde conversiefactoren voor omrekening van totaalstof naar PM10 en PM2,5 te verkrijgen.

Aangezien er ook behoefte is aan emissiecijfers van methaan en lachgas, zijn deze tevens meegenomen in het meetprogramma. Daarnaast worden de emissies van ammoniak en geur gemeten ter validatie van de huidige meetgegevens en om een volledige meetset van emissies te krijgen. Dit past in de lijn van integrale oplossingen voor het emissieprobleem in de veehouderij.

In dit rapport worden de metingen gerapporteerd die in het kader van het hiervoor genoemde onderzoeksprogramma uitgevoerd zijn in twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens.

# 2 Materiaal en methode

## 2.1 Hoofdlijn opzet meetprogramma

De metingen aan stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens zijn onderdeel van een over meerdere diercategorieën uitgevoerd meetprogramma. De opzet van dit programma zal in deze paragraaf worden toegelicht. Voor de keuze van de te bemeten stallen en diercategorieën is allereerst een prioritering aangebracht op basis van de volgende criteria:

- diercategorieën die de grootste bijdrage leveren aan de fijnstofemissie in Nederland;
- stalsystemen binnen diercategorieën die de grootste bijdrage leveren aan de fijnstofemissie in Nederland (o.a. strooiselsystemen in de pluimveehouderij);
- systemen die op dit moment al worden toegepast en die waarschijnlijk een significante reductie geven van de stofemissie in Nederland t.o.v. het referentiejaar 1990 (bijvoorbeeld luchtwassystemen, brijvoer bij varkens, optimaal hok bij vleesvarkens/biggen);
- systemen die op dit moment al worden toegepast en die waarschijnlijk een significante toename geven van de stofemissie in Nederland t.o.v. het referentiejaar 1990 (bijvoorbeeld strooisel- en mestdroogsystemen bij pluimvee; welzijnsvriendelijke stro(oisel)systemen in de varkenshouderij);
- nieuwe ammoniakemissiearme systemen die waarschijnlijk binnen enkele jaren breed worden toegepast;
- systemen die reeds bemeten zijn, maar met een ander protocol (stallen opgenomen in eerder onderzoek EU-project Aerial Pollutants).

Om gegeven de beschikbare financiële middelen zoveel mogelijk informatie te verkrijgen is bovendien per stalcategorie een afweging gemaakt voor het bemeten van vier of twee bedrijfslocaties. In afstemming met de opdrachtgevers heeft dit geleid tot de volgende lijst met te bemeten stallen en de aantallen (Tabel 1).

**Tabel 1** Stalsystemen die zijn opgenomen in het meetprogramma met nummer Regeling ammoniak en veehouderij (Rav-nummer), stalomschrijving en aantal stallen per bemeten systeem

| Rav-nummer | Omschrijving stalsysteem | Aantal te bemeten stallen |
|---|---|---|
| A 1.100 | Melkkoeien in ligboxenstal; overige huisvestingssystemen | 4*) |
| D 1.1.4.1 | Biggen, gedeeltelijk roostervloerstal met verkleind mestoppervlak, droogvoer | 2*) |
| D 1.1.13 | Biggen, volledig roostervloerstal (water en mestkanaal), droogvoer | 2 |
| D 1.3.1 | Guste en dragende zeugen in individuele huisvesting met smalle ondiepe kanalen | 2*) |
| D 1.3.101 | Guste en dragende zeugen in groepshuisvesting zonder stro met voerligboxen | 2 |
| D 3.2.7.2.1 | Vleesvarkens, gedeeltelijk roostervloerstal met bolle vloer (water en mestkanaal; optimaal hok), droogvoer | 2 |
| D 3.2.7.2.1 | Vleesvarkens, gedeeltelijk roostervloerstal met bolle vloer (water en mestkanaal; optimaal hok), brijvoer | 2 |
| D 3.2.8.1 | Vleesvarkens, biologisch luchtwassysteem 70% emissiereductie voor ammoniak; kan in combinatie met één van de voorgaande systemen worden onderzocht | 2 |
| D 3.2.9.1 | Vleesvarkens, chemisch luchtwassysteem 70% emissiereductie voor ammoniak; kan in combinatie met één van de voorgaande systemen worden onderzocht | 2 |
| D 3.100 | Vleesvarkens, overige huisvestingssystemen | 4*) |
| E 2.11.3 | Legkippen, volièrestal zonder uitloop (voor stallen met uitloop wordt dezelfde systematiek gehanteerd als voor ammoniak) | 4 |
| E 2.100 | Legkippen, overig huisvestingssysteem niet batterijhuisvesting | 4*) |
| E 4.100 | (Groot)ouderdieren van vleeskuikens, overige huisvestingssystemen | 2 |
| E 5.100 | Vleeskuikens, overig huisvestingssysteem | 4*) |
| E 6.1 | Legkippen, nadroging van de mest in een droogtunnel; kan in combinatie met één van de voorgaande systemen worden onderzocht | 2 |
| F 4.100 | Vleeskalkoenen, overige huisvestingssystemen | 2 |
| H 1.2 | Nertsen; dagontmesting met afvoer naar een gesloten opslag | 4 |

*) Bij deze categorieën zijn naast PM10 en PM2,5 eveneens totaalstofmetingen uitgevoerd

In het onderzoeksprogramma zijn PM10 en PM2,5 metingen uitgevoerd gelijkwaardig aan het protocol zoals beschreven in het rapport van Hofschreuder e.a. (2008). Dit meetprotocol schrijft per locatie, verspreid over het jaar, zes meetdagen van 24 uur voor. Daarmee houdt het meetprotocol rekening met periodieke variaties in fijnstofemissie, bijvoorbeeld variaties binnen een dag als gevolg van verschillen in dieractiviteit en variaties tussen dagen als gevolg van verschillen tussen seizoenen en variaties als gevolg van groei van dieren. Afhankelijk van het optreden van ronde-effecten dienen bij een aantal diercategorieën metingen verdeeld over de ronde uitgevoerd te worden. Het aantal locaties per stalsysteem dient volgens het voornoemde protocol vier te zijn. Om, gegeven de beschikbare middelen, een zo nauwkeurig mogelijke inschatting te maken van de emissiedeken in Nederland is in dit project hiervan voor een aantal stalsystemen afgeweken. Voor deze systemen is het aantal locaties teruggebracht van vier naar twee (Tabel 1).

Bij een aantal stalsystemen zijn tevens metingen uitgevoerd voor het bepalen van de emissie van totaalstof. Deze stalsystemen zijn eerder eveneens onderzocht in het EU-project Aerial Pollutants. De toen gevolgde meetmethode zoals beschreven in Takai e.a. (1998) en Groot Koerkamp e.a. (1996), wordt ook in dit programma toegepast. In Tabel 1 staat aangegeven voor welke categorieën dit geldt. Op deze wijze wordt het mogelijk de verhouding tussen totaalstof en PM10/PM2,5 op een directe wijze vast te stellen. Daardoor kunnen eerder gemeten emissies van totaalstof op basis van gemeten conversiefactoren worden omgerekend naar PM10 en PM2,5 emissies.

Naast fijnstof en totaalstof zijn ook metingen gedaan aan ammoniak, geur, methaan en lachgas volgens meetprotocollen beschreven door respectievelijk Ogink e.a. (2008), Ogink (2008), Groenestein e.a. (2007) en Mosquera en Groenestein (2008). Deze rapportages bevatten toelichting op en onderbouwing van de wijze waarop de meetprotocollen zijn ontworpen, evenals de beschrijving van het protocol. De protocollen zullen in de nabije toekomst nog als zelfstandige documenten worden gepubliceerd.

### 2.2 Beschrijving stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens

De belangrijkste kenmerken van de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens in dit onderzoek worden weergegeven in Tabel 2. Foto-impressies van de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens worden weergegeven in bijlagen 1 en 2.

**Tabel 2a** Belangrijkste kenmerken stal voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens 1 in dit onderzoek

| **Kenmerk** | **Beschrijving** |
|---|---|
| Omschrijving stal/afdeling | Stal voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens met traditionele grondhuisvesting bestaande uit strooiselvloer, beun en legnesten, en lengteventilatie |
| Rav code en emissiefactoren | E Hoofdcategorie Kippen<br>E4 Diercategorie (groot-)ouderdieren van vleeskuikens<br>E4.100 Overige huisvestingssystemen<br>Emissie $NH_3$: 0,580 kg per dierplaats per jaar<br>Emissie Geur: 0,93 $OU_E$ per seconde per dier<br>Emissie PM10: 86 g per dierplaats per jaar |
| Afmetingen (l x b x $h^{goot}$/$h^{nok}$) | 86,5 x 14,4 x 2,2/6,3 m |
| Staloppervlak en stalinhoud | Staloppervlak: 1202 $m^2$, stalinhoud: 5294 $m^3$ |
| Aantal hennen en hanen bij opzet | Hennen: 9.333, hanen: 920, totaal: 10.253 |
| Bezetting | 8,5 dieren per $m^2$ |
| Percentage hanen bij opzet | 9,9% |
| Dieren | Ross 308 ouderdieren van vleeskuikens |
| Luchtinlaat | 40 Inlaatventielen (merk: TPI) per zijwand; 80 in totaal.<br>Afmetingen: 27 x 60 cm. Daarnaast worden soms twee rolluiken (1,50 x 1,30 m; één per zijgevel) geopend |
| Luchtuitlaat | Lengteventilatie mechanisch, met 6 ventilatoren in de achtergevel |
| Max. ventilatiecapaciteit | 4 ventilatoren (Ø 1,40 m) van max. 40.000 $m^3$/uur en 2 ventilatoren (Ø 0,70 m) van max. 20.000 $m^3$/uur. Totaal geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit: 200.000 $m^3$/uur |
| Ventilatie-instellingen | Afhankelijk van staltemperatuur |
| Temperatuur | Streefwaarden: vanaf opzet 18°C, vanaf 40 weken 19,5°C en vanaf 50 weken 20,5°C |
| Verwarming | Geen |
| Speciale klimaatvoorzieningen | Geen |
| Legnesten, beun en strooiselvloer | De stal bevat een beun in het midden van de stal over de gehele lengte met daarop één rij dubbele legnesten<br>Merk legnesten: Jansen Poultry Equipment<br>Aantal legnesten: 68 vakken per zijde; 136 nestvakken totaal<br>Lengte x breedte van (beun/legnest/transportband/legnest/beun): 86,5 x (3,40 + 0,45 + 0,50 + 0,45 + 3,40) m<br>Breedte transportband in legnest: 0,50 m<br>Totale oppervlakte beun en legnest minus eierband: 666 $m^2$<br>Lengte x breedte strooiselvloer: 86,5 x (3,1 + 3,1) m<br>Totale oppervlakte strooiselvloer: 536 $m^2$<br>Totale leefoppervlak: 1202 $m^2$<br>Oppervlakteverhouding strooiselvloer/beun: 45% / 55%<br>Kunststof roosters op beun<br>Mestband onder beun: geen<br>Mestbeluchting: geen |
| Voersysteem, voersoorten, hoeveelheden en voertijden | Hennen: bridomat systeem van Roxell; 2 circuits aan beide zijden van de beun; 4 in totaal. Hanen worden apart gevoerd d.m.v. 53 halve pannen aan beide zijden van de beun; 106 in totaal.<br>Gevoerd wordt een driefasenvoer. Hoeveelheden: hennen: 120-170 g per hen per dag, hanen: 120-160 g per haan per dag.<br>Voertijd voor hennen en hanen: 05:30-08:00 uur |
| Drinksysteem en drinktijden | Hennen en hanen: 68 ronddrinkers aan beide zijden van de beun op ±60 cm van het nest; 136 in totaal. Watertijden: 05:25-10.30 en 16.45-17.30 uur |
| Strooisel | Houtkrullen |
| Lichtregime | 16L:8D. Lichtduur wordt op gebouwd. Bij aankomst 20-weekse hennen: 8 uur licht. Wekelijks 1 uur licht erbij tot 16 uren licht en 8 uren donker. Licht aan van 03:30 tot 19.30 uur |
| Productie | Leeftijd bij opzet: 20 weken<br>Leeftijd bij ruimen: 60 weken<br>Leegstand: ±3,5 weken |

**Tabel 2b** Belangrijkste kenmerken stal voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens 2 in dit onderzoek

| Kenmerk | Beschrijving |
|---|---|
| Omschrijving stal/afdeling | Stal voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens met traditionele grondhuisvesting bestaande uit strooiselvloer, beun en legnesten, en lengteventilatie |
| Rav code en emissiefactoren | E Hoofdcategorie Kippen<br>E4 Diercategorie (groot-)ouderdieren van vleeskuikens<br>E4.100 Overige huisvestingssystemen<br>Emissie $NH_3$: 0,580 kg per dierplaats per jaar<br>Emissie Geur: 0,93 $OU_E$ per seconde per dier<br>Emissie PM10: 86 g per dierplaats per jaar |
| Afmetingen (l x b x $h^{goot}/h^{nok}$) | 78 x 14 x 2,2/4,8 m |
| Staloppervlak en stalinhoud | Staloppervlak: 1053 $m^2$, stalinhoud: 3822 $m^3$ |
| Aantal hennen en hanen bij opzet | Hennen: 7.450, hanen: 671, totaal: 8.121 |
| Bezetting | 7,7 dieren per $m^2$ |
| Percentage hanen bij opzet | 9,0% |
| Dieren | Hybro ouderdieren van vleeskuikens |
| Luchtinlaat | 31 Inlaatventielen per zijwand; 62 in totaal |
| Luchtuitlaat | Lengteventilatie mechanisch, met 6 ventilatoren in de achtergevel |
| Max. ventilatiecapaciteit | 3 traploze ventilatoren van max. 8.000 $m^3$/uur, 1 ventilator van max. 20.000 $m^3$/uur en 2 ventilatoren van max. 40.000 $m^3$/uur. Totaal geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit: 124.000 $m^3$/uur |
| Ventilatie-instellingen | Afhankelijk van staltemperatuur |
| Temperatuur | Streefwaarde: 18 °C in de zomer en 16,5-17,0 °C in de winter |
| Verwarming | Geen |
| Speciale klimaatvoorzieningen | Geen |
| Legnesten, beun en strooiselvloer | De stal bevat een beun in het midden van de stal over de gehele lengte met daarop één rij dubbele legnesten<br>Merk legnesten: Jansen Poultry Equipment<br>Aantal legnesten: 62 vakken per zijde; 124 nestvakken totaal<br>Lengte x breedte van (beun/legnest/transportband/legnest/beun): 78 x (2,00 + 0,45 + 0,50 + 0,45 + 2,00) m<br>Totale oppervlakte beun en legnest minus eierband: 382 $m^2$<br>Lengte x breedte strooiselvloer: 78,0 x (4,3 + 4,3) m<br>Totale oppervlakte strooiselvloer: 671 $m^2$<br>Totale leefoppervlak: 1053 $m^2$<br>Oppervlakteverhouding strooiselvloer/beun: 64% / 36%<br>Hardhouten roosters op beun<br>Mestband onder beun: geen<br>Mestbeluchting: geen |
| Voersysteem, voersoorten, hoeveelheden en voertijden | Hennen: 2 sleepkettingcircuits boven de beun, 1 circuit boven de strooiselvloer. Gevoerd wordt Agrifirm Foktoomvoer (meel) fase 1 en 2, variërend van 120-178 g/hen per dag. Voertijden: 06:00, 06:45 en 07:20 uur. Hanen: ± 80 voerpannen van Roxell. Voer is identiek aan hennen, variërend van 122-130 g/dier per dag. Voertijd: 06:15, waarbij na 20-25 min de pannen leeggegeten zijn |
| Drinksysteem en drinktijden | Hennen en hanen: 40 ronddrinkers aan beide zijden, op de beun; 80 in totaal. Watertijden: 06:00-10.00 en 14.15-15.15 uur |
| Strooisel | Houtkrullen |
| Lichtregime | 16L:8D, licht aan van 05:00 tot 21:00 uur |
| Productie | Leeftijd bij opzet: 20 weken<br>Legperiode: 40 weken; van 20 t/m 60 weken leeftijd<br>Leeftijd bij ruimen: 60 weken<br>Leegstand: 3 á 4 weken |

## 2.3 Metingen

In Tabel 3 worden de data van de metingen aangegeven en de leeftijd van de dieren op de meetdagen.

**Tabel 3** Data waarop metingen zijn uitgevoerd met dagnummer na opzet en de gemiddelde 24-uurs klimaatgegevens: gemiddelde buitentemperatuur (T-buiten; [$^{o}$C]) en gemiddelde relatieve luchtvochtigheid buiten (RV-buiten; [%]) volgens het dichtstbijzijnde weerstation, gemiddelde staltemperatuur (T-stal; [$^{o}$C]), gemiddelde relatieve luchtvochtigheid in de stal (RV-stal; [%])

| Bedrijf | | Meting | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Datum | 21-05-08 | 11-08-08 | 29-09-08 | 05-11-08 | 08-12-08 | 19-01-09 | |
| | Dagnr. | 29 | 111 | 160 | 197 | 230 | 273 | |
| | T-buiten | 12,5 | 16,5 | 10,9 | 8,9 | 1,4 | 4,7 | |
| | RV-buiten | 63 | 77 | 91 | 94 | 96 | 87 | |
| | T-stal | 20,7 | 21,9 | 22,1 | 21,9 | 22,1 | 22,3 | |
| | RV-stal | 48,8 | 69,1 | 90,4 | 70,5 | 73,4 | 65,5 | |
| 2 | Datum | 25-06-08 | 07-07-08 | 13-08-08 | 18-09-08 | 03-11-08 | 01-12-08 | 28-01-09 |
| | Dagnr. | 22 | 34 | 71 | 107 | 153 | 181 | 239 |
| | T-buiten | 17,6 | 15,4 | 16,2 | 10,2 | 8,0 | 2,8 | -0,8 |
| | RV-buiten | 67 | 83 | 78 | 77 | 98 | 98 | 95 |
| | T-stal | 20,7 | 21,1 | 22,3 | *) | 20,8 | 21,7 | 20,2 |
| | RV-stal | 48,8 | 73,5 | 68,5 | *) | 69,9 | 65,1 | 76,3 |

*) Ontbrekende of onbruikbare data (technische storingen, etc.)

### *2.3.1 Stofmetingen*

De volgende stofmonsters zijn genomen tijdens meetdagen van 24 uur:

- Duplo 24-uurs monsters van deeltjes kleiner dan 10 µm (PM10) van de uitgaande stallucht en enkelvoudige 24-uurs monsters van PM10 van de ingaande stallucht;
- Duplo 24-uurs monsters van deeltjes kleiner dan 2,5 µm (PM2,5) van de uitgaande stallucht en enkelvoudige 24-uurs monsters van PM2,5 van de ingaande stallucht;
- Minuutmonsters van deeltjes kleiner dan 10 µm (PM10) van de uitgaande stallucht;




**Figuur 1** Monsterapparatuur voor PM10 en PM2,5. Linksboven: de 'constant flow' monsternamepomp. Rechtsboven: de DustTrak model 8520 voor optische en continue metingen van het verloop in PM10 concentratie. Linksonder (van links naar rechts): inlaat, PM10 cycloon, PM2,5 cycloon en filterhouder. Rechtsonder (van links naar rechts): de constructie van de inlaat

Figuur 1 laat de monstername-apparatuur zien voor PM10 en PM2,5. De apparatuur voor gravimetrische meting is gebaseerd op de standaard referentie monsternamekoppen voor bepaling van PM10 en PM2,5 concentraties in de buitenlucht (NEN-EN 12341, 1998; NEN-EN 14907, 2005). Het verschil tussen de gebruikte apparatuur en deze standaard apparatuur voor de buitenlucht is dat de impactor voorafscheider is vervangen door een cycloon voorafscheider. Dit vanwege het gevaar van overbelading van de impactieplaat, vooral bij bemonstering van PM2,5 (Zhao e.a., 2009).

PM10 en PM2,5 werd verzameld op een filter, nadat de grotere stofdeeltjes waren afgescheiden met behulp van een PM10 of PM2,5 cycloon (URG corp., Chapel Hill, VS). Het stof werd verzameld op glasvezelfilters met een diameter van 47 mm (type MN GF-3, Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren, Duitsland). De filters werden voor en na de stofmonstername gewogen onder standaard condities: temperatuur 20 °C ± 1 °C en 50% ± 5% relatieve luchtvochtigheid. Deze voorwaarden staan beschreven in NEN-EN 14907 (2005). Het verschil in gewicht voor en na de metingen werd gebruikt om de hoeveelheid verzameld stof te bepalen. Lucht werd door inlaat, cycloon en filter gezogen met monsternamepompen van het type Charlie HV (roterend, 6 $m^3$/uur, Ravebo Supply BV, Brielle). Deze 'constant flow' pompen regelen het debiet automatisch op basis van de gemeten temperatuur bij de monsternamekop (inlaat). 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 $m^3$/uur en op een start- en eindtijd van de monsternameperiode. De werkelijke hoeveelheid lucht die bij de monsternamepunten werd

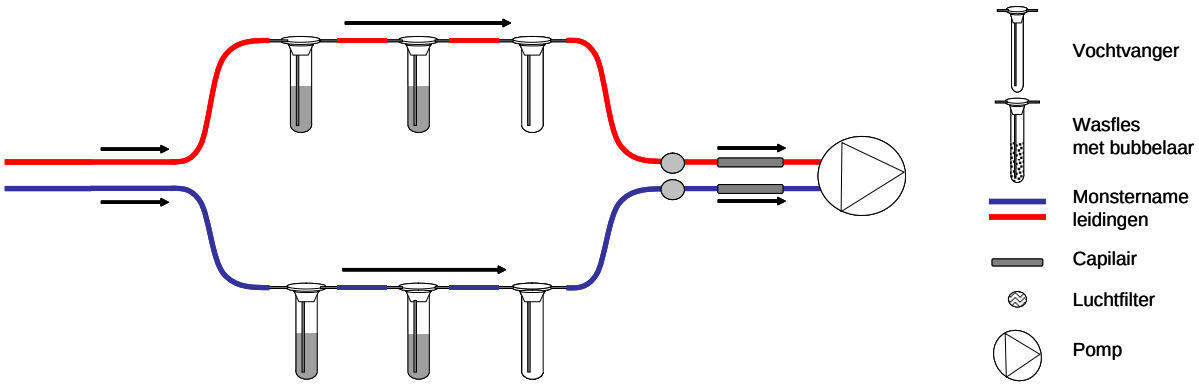
aangezogen werd met een gasmeter gemeten (gecorrigeerd naar de temperatuur bij de monsternamepunten).

Voor een uitvoerige beschrijving van het stofmeetprotocol, de achtergronden en de stofmeetapparatuur wordt verwezen naar Hofschreuder e.a. (2008). In voornoemd rapport staan tevens correctielijnen vermeld voor omrekening van de concentraties gevonden met cycloon monsternamekoppen naar impactor monsternamekoppen. De volgende correcties zijn uitgevoerd:
PM10: < 222,6 µg/$m^3$: Y = 1,0877 X
> 222,6 µg/$m^3$: Y = 0,8304 X + 57,492
PM2,5: geen correctie

Op de meetdagen werd tevens elke seconde de PM10 concentratie (mg/$m^3$) gemeten in de uitgaande stallucht met behulp van de DustTrak (Figuur 1, DustTrak TM Aerosol Monitor, model 8520, TSI Incorporated, Shoreview, USA). Minuutgemiddelde PM10 concentraties werden gelogd. Deze metingen werden verricht om het verloop van de stofconcentratie gedurende de dag te bepalen.

### *2.3.2 Ammoniakmetingen*

De ammoniakconcentratie werd volgens de natchemische meetmethode voor $NH_3$ (Wintjes, 1993) gemeten. Bij deze meetmethode wordt de lucht via een monsternameleiding met een constante luchtstroom (~1,0 l/min) aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota ,VS) en een kritische capillair die een luchtstroom geeft van ~1,0 l/min. Alle lucht wordt door een impinger (geplaatst in een wasfles met 100 ml salpeterzuur) geleid, waarbij de $NH_3$ wordt opgevangen. Om rekening te houden met eventuele doorslag wordt een tweede fles in serie geplaatst. Om doorslag naar de pomp te voorkomen wordt de lucht na de impingers met zuur door een vochtvanger (impinger zonder vloeistof) geleid. De metingen werden per meetplek in duplo uitgevoerd (Figuur 2). De molariteit van de zure oplossing in de wasflessen is afhankelijk van het aanbod van $NH_3$ dat moet worden gebonden; voor deze stallen was deze 0,05 M. Na de bemonsteringtijd (24 uur) wordt de concentratie gebonden $NH_3$ spectrofotometrisch bepaald. Voor en na de meting werd de exacte luchtstroom bepaald met behulp van een flowmeter (Defender 510-m, Bios Int. Corp, USA). Door de bemonsteringsduur, de bemonsteringsflow, het $NH_4^+$ gehalte en de hoeveelheid opvangvloeistof te verrekenen kan de $NH_3$-concentratie in de bemonsterde lucht worden bepaald. Zowel de ingaande als uitgaande stallucht werd in duplo bemonsterd.




**Figuur 2** Meetopstelling natchemisch methode voor ammoniakemissiemetingen

### *2.3.3 Geurmetingen*

Geurmonsters werden genomen tussen 10:00 en 12:00 uur. De bemonstering werd uitgevoerd volgens de zogenaamde longmethode (Ogink en Mol, 2002). Een 40 liter Nalophan geurmonsterzak werd driemaal gespoeld met geurloze lucht en in een gesloten vat geplaatst. Door lucht uit het vat met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) via een teflon slang te zuigen (0,4 l/min), ontstaat in het vat onderdruk en wordt door een stoffilter (type #1130, diameter: 50 mm, 1-2 µm, Savillex® Corp., Minnetonka, VS) stallucht aangezogen in de zak. Om condensvorming te voorkomen werd verwarmingslint langs de monsternameleiding aangebracht.

Het monster werd direct na bemonstering naar het geurlaboratorium van de Animal Sciences Group vervoerd om binnen 30 uur te worden geanalyseerd. De geuranalyses werden uitgevoerd door het geurlaboratorium van de Animal Sciences Group volgens de Europese norm EN 13725 (CEN, 2003). Het geurlaboratorium van Animal Sciences Group is onder nummer L313 geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie te Utrecht voor het uitvoeren van geuranalyses. Aan de geuranalyses wordt deelgenomen door een groep van vier tot zes panelleden in wisselende samenstelling. De gevoeligheid van de panelleden wordt voor de metingen getest met butanol. De geurconcentraties en –emissies worden vermeld in respectievelijk $OU_E/m^3$ en $OU_E/s$. De eenheid '$OU_E$' staat hierbij voor 'European Odour Units'. Deze aan de EN 13725 ontleende terminologie sluit aan bij de internationale literatuur op dit vakgebied. Gedurende twee van de zes meetdagen is tevens van de ingaande stallucht de geurconcentratie bepaald op dezelfde manier als de uitgaande stallucht.

### *2.3.4 Broeikasgasmetingen*

De bepaling van de $CH_4$-, $N_2O$- en $CO_2$-concentraties in de uitgaande stallucht werd op dezelfde wijze gedaan als voor een geurmonster (zie de longmethode hierboven beschreven). De monsterzak werd in 24 uur gevuld via discontinue bemonstering. Met behulp van een tijdklok werd elk uur gedurende vijf minuten een vaste luchtstroom aangezogen van 0,4 l/min, gedurende 55 minuten werd er niet bemonsterd. Op deze wijze werd een tijdsgemiddeld monster verkregen. Het gehalte aan broeikasgassen in het monster werd bepaald met een gaschromatograaf (Interscience/Carbo Erba Instruments, GC 8000 Top; kolom: Molsieve 5A ($CH_4$, $CO_2$), Haysep Q ($N_2O$); detector: $CH_4$: FID, $N_2O$: ECD, $CO_2$: HWD).

### *2.3.5 Ventilatiedebiet*

Het ventilatiedebiet is bepaald met behulp van de $CO_2$-massabalansmethode. Bij deze methode wordt de gemiddelde $CO_2$-concentratie van de in- en uitgaande stallucht (respectievelijk $[CO_2]_{stal}$ en $[CO_2]_{buiten}$; ppm) gedurende 24 uur gemeten en de $CO_2$-productie van de dieren ($m^3$/uur per dier) in de stal berekend aan de hand van CIGR rekenregels (CIGR, 2002; Pedersen e.a., 2008). Door de $CO_2$-productie per dier te vermenigvuldigen met het aantal aanwezige dieren (n) in de stal kan de totale $CO_2$-productie worden berekend. Het ventilatiedebiet V ($m^3$/uur) wordt dan bepaald op basis van:

$$V = \frac{CO_2 - productie}{[CO_2]_{stal} - [CO_2]_{buiten}}$$

### *2.3.6 Metingen temperatuur en RV*

Temperatuur (°C) en relatieve luchtvochtigheid (%) van de ingaande en uitgaande stallucht werden continu gemeten met behulp van temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic; ROTRONIC Instrument Corp., Huntington, VS), met een nauwkeurigheid van respectievelijk ± 1,0 °C en ± 2%, en de data werden opgeslagen in een datalogsysteem (typen: CR10, CR10X, CR23 en CR23X, Campbell Scientific Inc., Logan, VS).

## 2.4 Verwerking gegevens

Voor alle bedrijven (j=1, 2) werden per meetdag (i=1, 2, …, 6) de emissies van fijnstof, ammoniak, methaan en lachgas ($E_{ij}$) bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet ($V_{ij}$) en de gemiddelde concentraties van de uitgaande lucht ($C_uit_{ij}$) en de ingaande lucht ($C_in_{ij}$):

$$E_{ij} = V_{ij} \times (C_uit_{ij} - C_in_{ij})$$

Voor alle bedrijven (j=1, 2) werden per meetdag (i=1, 2, …, 6) de emissies van geur ($E_{ij}$ bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet over de meetperiode ($V_{ij}$) en de gemiddelde concentraties van de uitgaande lucht ($C_uit_{ij}$):

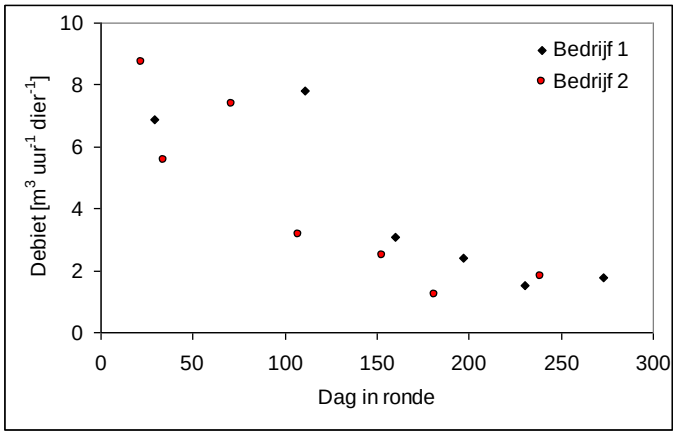
$$E_{ij} = V_{ij} \times C_uit_{ij}$$

Deze gemiddelde dagemissies werden, behalve voor geur, vervolgens vermenigvuldigd met 365 dagen om de jaaremissies (niet gecorrigeerd voor leegstand) te berekenen. Voor geur werd de emissie uitgedrukt in $OU_E/s$. Hiervan werd vervolgens de natuurlijke logaritme genomen, waar verder mee werd gerekend. De emissie (E) op jaarbasis per dierplaats werd vervolgens bepaald als de gemiddelde van de waarden van alle meetdagen. Voor geur werd de mediane emissie bepaald door het gemiddelde op log-schaal terug te transformeren naar normale schaal.

# 3 Resultaten

## 3.1 Ventilatiedebiet

In Figuur 3 wordt het ventilatiedebiet op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens weergegeven.

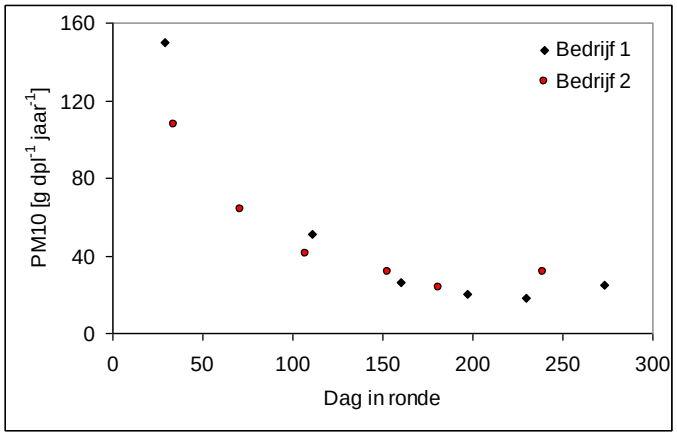



**Figuur 3** Gemiddeld ventilatiedebiet op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens

Uit deze figuur blijkt dat het ventilatiedebiet belangrijk afnam tijdens de ronde. Dit heeft echter waarschijnlijk meer te maken met het feit dat de eerste metingen in de zomerperiode zijn gedaan en de latere metingen in de herfst en winterperiode. De beide bedrijven volgen een vergelijkbaar patroon, waarschijnlijk veroorzaakt door het feit dat de dieren ongeveer gelijktijdig zijn opgezet (bedrijf 1 eind april; bedrijf 2 begin juni).

## 3.2 PM10 emissie

In Figuur 4 wordt de PM10 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens weergegeven.

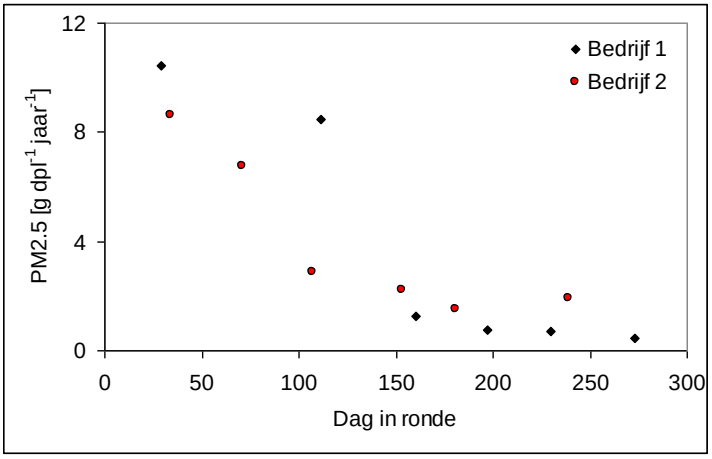



**Figuur 4** Gemiddelde PM10 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens

Uit deze figuur blijkt dat, net als bij het ventilatiedebiet, de PM10 emissie belangrijk afnam gedurende de ronde. Beide bedrijven vertonen een opmerkelijk vergelijkbaar verloop van de PM10 emissie gedurende de ronde. De vrijwel gelijktijdige opzet van de dieren is hiervoor waarschijnlijk de verklaring. Op basis van deze gegevens werd een jaaremissie berekend voor PM10 per dierplaats van 49,1 $\pm$ 1,0 g/jaar (niet gecorrigeerd voor leegstand).

### 3.3 PM2,5 emissie

In Figuur 5 wordt de PM2,5 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens weergegeven.




**Figuur 5** Gemiddelde PM2,5 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens

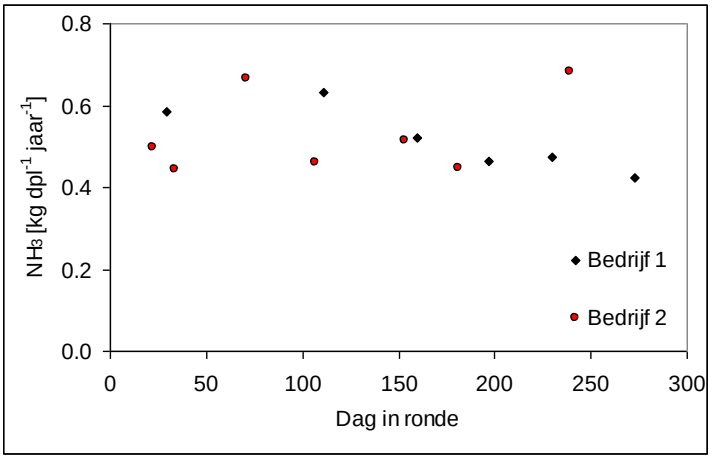
Uit deze figuur blijkt dat de PM2,5 emissie een vergelijkbaar verloop had als de PM10 emissie. Evenals voor PM10 is ook voor PM2,5 het emissieverloop bij beide bedrijven zeer vergelijkbaar. Op basis van deze gegevens werd een jaaremissie berekend voor PM2,5 per dierplaats van 3,8 ± 0,2 g/jaar (niet gecorrigeerd voor leegstand).

### 3.4 Totaalstofemissie

Voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens is geen totaalstof gemeten.

### 3.5 Ammoniakemissie

In Figuur 6 wordt de ammoniakemissie op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens weergegeven.

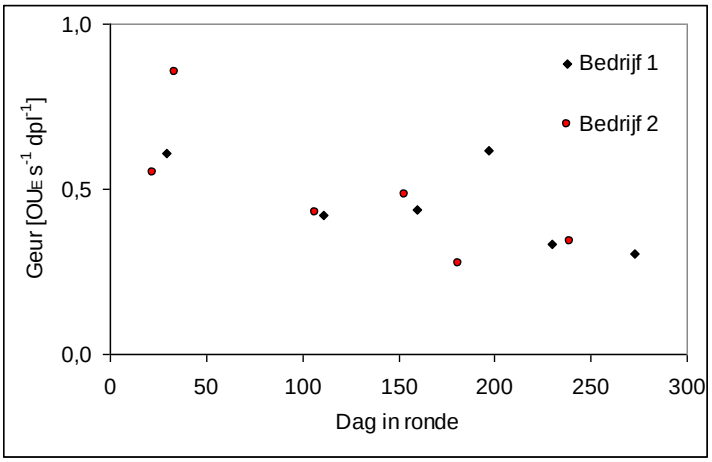



**Figuur 6** Gemiddelde ammoniakemissie op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens

Uit deze figuur blijkt dat de ammoniakemissie vrij constant was gedurende de ronde voor beide bedrijven. Op basis van deze gegevens werd een jaaremissie berekend voor ammoniak per dierplaats van 524 ± 9 g/jaar (niet gecorrigeerd voor leegstand).

### 3.6 Geuremissie

In Figuur 7 wordt de geuremissie op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens weergegeven.

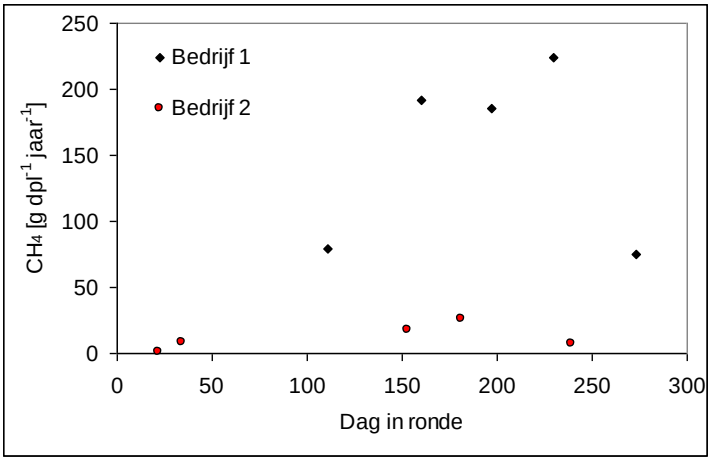



**Figuur 7** Gemiddelde geuremissie op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens

Uit deze figuur blijkt dat de geuremissie iets daalde in de loop van de ronde. Beide bedrijven lieten vergelijkbare geuremissies zien. Op basis van deze gegevens werd een (mediane) geuremissie op jaarbasis berekend per dierplaats van 0,52 ± 0,12 $OU_E$/s.

### 3.7 Methaanemissie

In Figuur 8 wordt de methaanemissie op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens weergegeven.

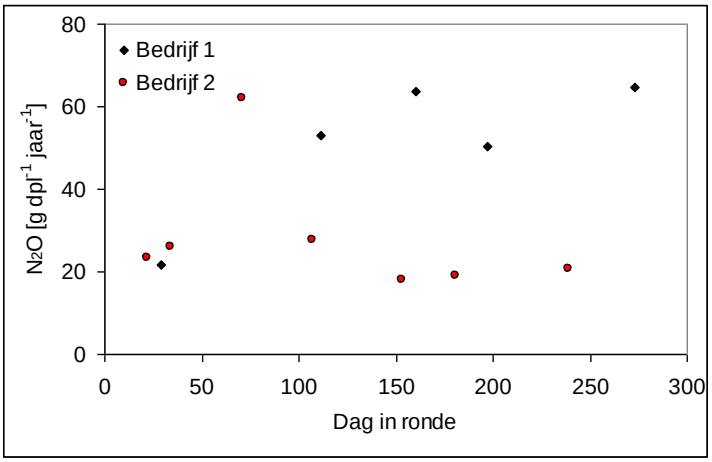



**Figuur 8** Gemiddelde methaanemissie op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens

Uit deze figuur blijkt dat er een groot verschil was in de $CH_4$-emissie tussen beide bedrijven. De methaanemissie was bij bedrijf 1 meer dan tienmaal zo hoog als bij bedrijf 2. Op basis van deze gegevens werd een gemiddelde emissie berekend voor methaan per dierplaats van 81,6 ± 98,1 g/jaar (niet gecorrigeerd voor leegstand).

### 3.8 Lachgasemissie

In Figuur 9 wordt de lachgasemissie op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens weergegeven.




**Figuur 9** Gemiddelde lachgasemissie op de verschillende meetdagen voor de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens

Uit deze figuur blijkt dat de $N_2O$ emissie sterk varieerde tussen en binnen bedrijven. De $N_2O$ emissie was op bedrijf 1 bijna een factor 2 hoger dan op bedrijf 2. Op basis van deze gegevens werd een gemiddelde emissie berekend voor lachgas per dierplaats van 37,5 $\pm$ 15,9 g/jaar (niet gecorrigeerd voor leegstand).

# 4 Resultaten aanvullend onderzoek

Uit de resultaten van de metingen (hoofdstuk 3) blijkt dat in de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens lage ventilatiedebieten werden gevonden. Aangezien het ventilatiedebiet van invloed is op de emissie was het van belang om te achterhalen of deze manier van ventilatie algemeen wordt toegepast of slechts op een beperkt aantal bedrijven. Om deze vraag te beantwoorden zijn de bedrijven nogmaals bezocht en zijn gesprekken gevoerd met klimaatdeskundigen. In dit hoofdstuk worden de resultaten van dit aanvullende onderzoek weergegeven.

Gangbare normen

Ventilatiedeskundigen gebruiken in de praktijk al decennia lang enkele normen voor de ventilatiebehoefte van pluimvee. Voor de minimumventilatie wordt bij 20°C gemiddeld 1 $m^3$ lucht per kilogram diergewicht per uur aangehouden. Bij een temperatuur rond het vriespunt wordt meestal een correctie naar beneden uitgevoerd (0,7 $m^3$/kg per uur). Voor de maximale ventilatiecapaciteit werd voorheen 3,6 $m^3$ lucht per kilogram diergewicht per uur aangehouden. De laatste jaren wordt meestal een norm van 4 $m^3$ lucht per kilogram diergewicht per uur aangehouden. De normen voor de minimumventilatie zijn gebaseerd op de minimaal te verwijderen hoeveelheden warmte, vocht, ammoniak en koolstofdioxide die door de dieren geproduceerd worden.

Praktijkbedrijven

Tijdens de fijnstofmetingen aan de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens bleek de minimumventilatie tijdens koude dagen rond de 1,5 $m^3$ lucht per uur per dier te liggen (Tabel 4). Op dat moment hadden de dieren een lichaamsgewicht van ongeveer 3,7 kilogram. Volgens de gangbare praktijknormen hadden de pluimveehouders op dat moment minimaal 0,7 $m^3$ x 3,7 = 2,59 $m^3$ per dier moeten ventileren. Dit verschil in theorie en praktijk is opvallend te noemen en vroeg om nader onderzoek. De betreffende bedrijven met (groot)ouderdieren van vleeskuikens werden bezocht om na te gaan wat de maximale ventilatiecapaciteit was en hoe de ventilatie precies werd ingeregeld.

**Tabel 4** Resultaten van de verschillende metingen aan de praktijkbedrijven

| Stal en meting | Datum | Gem. T stal (°C) | Gem. RV stal (%) | Gem. T buiten (°C) | Gem. RV buiten (%) | Gem. debiet ($m^3$/dier) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Bedrijf 1* | | | | | | |
| Meting 1 | 21-05-08 | 20,7 | 48,8 | 15,5 | 51,6 | *) |
| Meting 2 | 11-08-08 | 21,9 | 69,1 | 17,8 | 79,0 | 8,7 |
| Meting 3 | 29-09-08 | 22,1 | 90,4 | 12,2 | 96,4 | 3,4 |
| Meting 4 | 5-11-08 | 21,9 | 70,5 | 10,1 | 98,1 | 2,7 |
| Meting 5 | 8-12-08 | 22,1 | 73,4 | *) | *) | 1,5 |
| Meting 6 | 19-01-09 | 22,3 | 65,5 | 6,6 | 95,4 | 2,1 |
| *Bedrijf 2* | | | | | | |
| Meting 1 | 25-06-08 | 20,7 | 48,8 | 15,5 | 51,6 | 7,6 |
| Meting 2 | 7-07-08 | 21,1 | 73,5 | 14,8 | *) | 10,9 |
| Meting 3 | 13-08-08 | 22,3 | 68,5 | 15,8 | 89,6 | 7,9 |
| Meting 4 | 18-09-08 | *) | *) | 11,2 | 76,7 | 3,2 |
| Meting 5 | 3-11-08 | 20,8 | 69,9 | 9,1 | 100,3 | 2,7 |
| Meting 6 | 1-12-08 | 21,7 | 65,1 | 2,4 | 98,9 | 1,6 |
| Meting 7 | 28-01-09 | 20,2 | 76,3 | -0,4 | 94,4 | 1,5 |

*) Geen data

Naar aanleiding van de bedrijfsbezoeken is onderstaande tabel opgesteld (Tabel 5). Uit de gegevens blijkt dat de minimumventilatie bij (groot)ouderdieren van vleeskuikens behoorlijk laag is ingesteld in vergelijking met de gangbare normen voor minimumventilatie. Tijdens de metingen van de fijnstofemissie zijn ook de concentraties van $CO_2$ en $NH_3$ bepaald. Ventilatiedeskundigen hanteren maximumwaarden voor pluimveestallen van respectievelijk 2.500 en 25 ppm (Klimaatplatform, 2007). Tijdens de metingen werd de $CO_2$-norm driemaal (van de 12 metingen) overschreden en was de maximumwaarde 2.865 ppm. De $NH_3$-norm werd zevenmaal (van de 13 metingen) overschreden en de maximumwaarde was 73 ppm. Dus bijna driemaal zo hoog als de voorgeschreven

maximumwaarde. We kunnen stellen dat de kwaliteit van de lucht te lijden had onder de lage minimumventilatie en dat de maximumwaarde van vooral $NH_3$ te vaak werd overschreven. Uit de gegevens van de bedrijfsbezoeken kunnen we concluderen dat vermeerderaars bij lage buitentemperaturen daadwerkelijk een lage minimumventilatie hanteren.

**Tabel 5** Karakteristieken van de twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens

| Kenmerk | Bedrijf 1 | Bedrijf 2 |
|---|---|---|
| Lengte stal (m) | 86 | 78 |
| Breedte stal (m) | 14 | 13,5 |
| Oppervlakte stal ($m^2$) | 1.204 | 1.053 |
| Hennen (#) | 9.333 | 7.450 |
| Hanen (#) | 920 | 671 |
| Dieren (#) | 10.253 | 8.121 |
| Geïnstalleerde ventilatie ($m^3$/uur) | 200.000 | 124.000 |
| Maximum ventilatie ($m^3$/uur per dier) | 19,5 | 15,3 |
| Minimum totaal | 8% van totaal = ca. 16.000 $m^3$/uur | 30% van 3 ventilatoren van 8.000 $m^3$/ uur elk = ca. 9.000 $m^3$/uur |
| Minimum per dier ($m^3$/uur per dier) | 1,5 | 1,1 |

**Ventilatie bij (groot)ouderdieren van vleeskuikens volgens ventilatiedeskundigen**

Ventilatiedeskundige 1

Het is volgens ventilatiedeskundige Rodenboog (De Heus, pers. mededeling) gebruikelijk in de praktijk om een lage minimumventilatie aan te houden bij (groot)ouderdieren van vleeskuikens, zolang men maar niet boven bepaalde maximale waarden voor koolstofdioxide (<2.500 ppm) en ammoniak (<25 ppm) uitkomt. Dus de basis voor de ventilatie in stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens is niet zozeer de hoeveelheid lucht per dier per uur maar meer de luchtkwaliteit. Verder gaf hij aan dat het ventileren op lichaamsgewicht in principe geen goed uitgangspunt is. Men zou in de eerste plaats moeten ventileren op basis van het metabolisch gewicht van de dieren. Dit is het lichaamsgewicht tot de factor 0,75 ($LG^{0,75}$). Dit is beter omdat men bij het metabolisch gewicht rekening houdt met de verhouding lichaamsoppervlakte en lichaamsgewicht. Naarmate het lichaamsgewicht toeneemt, neemt het relatieve lichaamsoppervlak af. Anders gesteld: een muis heeft verhoudingsgewijs een groter lichaamsoppervlak per kilo lichaamsgewicht dan een olifant. Verder is de ventilatiebehoefte natuurlijk sterk afhankelijk van de voeropname. Deze bepaalt namelijk sterk de hoeveelheid $CO_2$, vocht en warmte in de stallucht. Een vleeskuikenouderdier van bijvoorbeeld 3,5 kilogram neemt ongeveer net zoveel voer op als een slachtkuiken van iets minder dan 2 kilogram. Wordt er geventileerd naar het gewicht dan zou men bij een stal met (groot)ouderdieren van vleeskuikens 1,75 maal meer moeten ventileren dan bij een stal met vleeskuikens. Hieruit blijkt wel dat ventileren naar lichaamsgewicht geen goede graadmeter is.

Het is dus beter om bij (groot)ouderdieren van vleeskuikens te ventileren op basis van metabolisch gewicht of voeropname. Dat voorheen altijd voor een hoeveelheid lucht per kilogram lichaamsgewicht werd gekozen heeft alles te maken met de meer praktische benadering van de berekening. Een omrekening vanuit de voeropname of het metabolisch gewicht is wat ingewikkelder. Aan de andere kant is een norm die niet aansluit bij de praktijk ook weinig zinvol.

In Tabel 6 is een aantal manieren van berekenen van de minimum ventilatiebehoefte bij (groot)ouderdieren van vleeskuikens bij lage temperaturen samengevat. Uit de tabel blijkt duidelijk dat er een groot verschil bestaat tussen de gangbare theoretische ($m^3$/uur per kg lichaamsgewicht) en de aangepaste methode van berekening van de minimumventilatie (op basis voeropname of metabolisch gewicht). De laatste twee methoden benaderen veel meer de werkelijk benodigde afvoer van afvalstoffen als kooldioxide, ammoniak en vocht.

**Tabel 6** Ventilatiebehoefte ($m^3$/dier per uur) van (groot)ouderdieren van vleeskuikens op grond van verschillende berekeningsmethoden: respectievelijk 1,0 $m^3$/kg per uur, 0,7 $m^3$/kg per uur, op basis van voeropname en op basis van het metabolisch gewicht

| Leeftijd (wk) | Lichaams-gewicht (gram) | Voeropname (g/dier per dag) | Berekende ventilatiebehoefte | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Minimum-ventilatie (1,0 $m^3$/kg per uur) | Minimum-ventilatie (0,7 $m^3$/kg per uur) | Minimum-ventilatie op basis van voeropname[1)] | Minimum-ventilatie op basis van metabolisch gewicht |
| 20 | 2.160 | 101 | 2,2 | 1,5 | 1,1 | 1,2 |
| 25 | 2.960 | 149 | 3,0 | 2,1 | 1,6 | 1,6 |
| 30 | 3.340 | 179 | 3,3 | 2,3 | 1,9 | 1,7 |
| 35 | 3.550 | 176 | 3,5 | 2,5 | 1,9 | 1,8 |
| 40 | 3.700 | 173 | 3,7 | 2,6 | 1,9 | 1,9 |
| 45 | 3.800 | 170 | 3,8 | 2,7 | 1,8 | 1,9 |
| 50 | 3.875 | 170 | 3,9 | 2,7 | 1,8 | 1,9 |
| 55 | 3.920 | 171 | 3,9 | 2,7 | 1,8 | 1,9 |
| 60 | 3.985 | 175 | 4,0 | 2,8 | 1,9 | 2,0 |

1) Volgens de MSTD methode (British United Turkeys Ltd., 2005. Minimum ventilation for rearing turkeys. TAS Issue 15/05/2005. 12 pp.), met omrekening naar Nederlandse weergave ($m^3$/dier per uur):

Formule: $V = (MSTD \times 3600) \times \left( \frac{F}{10^6} \right)$

met:

*V* = minimumventilatie ($m^3$/dier per uur)
*MSTD* = 'Meters cubed per second per tonne of feed eaten per day' (standaardwaarde: 3)
3600 = omrekenfactor van seconden naar uren
*F* = voeropname (g/dier per dag)
$10^6$ = omrekenfactor van grammen naar tonnen

Ventilatiedeskundige 2

De ventilatiedeskundige van de voerfabrikant CHV-LBB adviseert om bij (groot)ouderdieren van vleeskuikens de minimumventilatie af te laten hangen van de buitentemperatuur (Tabel 7). Ook deze cijfers liggen in de lijn van de waarnemingen die we bij de praktijkbedrijven hebben aangetroffen. Bij een temperatuur van rond het vriespunt adviseren zij dus voor een vleeskuikenouderdier van 3,7 kilogram om 1,5 $m^3$ per uur per dier te ventileren. Bij een temperatuur onder de 10 °C komt men uit op ongeveer 3,7 $m^3$ per uur per dier. De waarden zoals gemeten bij de praktijkbedrijven liggen hier iets onder. Mogelijk dat de dieren op dat moment een wat lager lichaamsgewicht hadden waardoor de minimumventilatie ook iets lager mocht zijn.

**Tabel 7** Instellingen minimumventilatie (groot)ouderdieren van vleeskuikens (Bron: Cehave Landbouwbelang)

| Buitentemperatuur (ºC) | Minimumventilatie ($m^3$/uur per kg kip) | Minimumventilatie (%) |
|---|---|---|
| < 0 | 0,40 | 8% |
| 0 – 5 | 0,50 | 10% |
| 6 – 10 | 1,00 | 20% |
| 11 – 15 | 1,20 | 24% |
| 16 – 20 | 1,50 | 30% |
| >21 | 2,00 | 40% |

Conclusie

Uit de bedrijfsbezoeken en de gesprekken met klimaatdeskundigen concluderen we dat het in stallen met (groot)ouderdieren van vleeskuikens gebruikelijk is om bij lage temperaturen (0 tot 10°C) weinig te ventileren. De gemeten ventilatiedebieten bij de twee vermeerderingsbedrijven zijn representatief voor de vermeerderingssector. De meetwaarden voor ventilatie lijken daarom voldoende representatief te zijn voor het vaststellen van een fijnstofemissiefactor voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens. Dit brengt wel met zich mee dat de kwaliteit van de stallucht bij lage temperaturen niet optimaal is.

Aanbevelingen

Uit deze studie blijkt dat het gemeten ventilatiedebiet in het fijnstofemissieonderzoek representatief is voor de sector. Het lage gemeten ventilatiedebiet in voornoemd onderzoek bij lage temperaturen hoeft dus geen reden te zijn voor aanvullende metingen op andere bedrijven. Wel willen we opmerken dat de metingen bij de betreffende twee bedrijven gestart zijn bij ongeveer dezelfde leeftijd van de dieren. Beter was het geweest om twee bedrijven te zoeken waarbij de dieren van verschillende leeftijden waren.

# 5 Discussie

In het hoofdstuk resultaten zijn de verschillende emissies op jaarbasis berekend zonder correctie voor leegstand. Volgens de meetprotocollen dienen bij de berekening van de emissiefactoren voor (grootouderdieren van vleeskuikens in het geval van stof, methaan, lachgas en ammoniak een gemiddelde correctie voor leegstand van 0,87 (13% leegstand) te worden toegepast. In Tabel 8 worden de in dit onderzoek gemeten, voor leegstand gecorrigeerde, emissiecijfers weergegeven. Ter vergelijking zijn voor stof de emissiefactoren opgenomen die zijn gebaseerd op de eerdere totaalstofmetingen van Groot Koerkamp e.a., (1996) en die zijn omgewerkt naar PM10 en PM2,5 door Chardon en van der Hoek (2002). In Tabel 8 staan deze opgenomen in de kolom gehanteerde emissiefactoren. Deze waarden worden sinds 2008 gehanteerd in de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 (Rbl 2007). Voor ammoniak en geur kunnen de metingen vergeleken worden met de corresponderende waarden in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) en de Regeling geur en veehouderij (Rgv).

**Tabel 8** Emissies van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas, uitgedrukt per dierplaats; onderscheiden naar meetwaarden met en zonder leegstandcorrectie voor zover vereist volgens meetprotocol; eerdere Rbl 2007-, Rav- en Rgv-waarden (zie tekst)

| Emissie | Waarde huidige metingen (niet gecorr. voor leegstand) | Waarde huidige metingen (gecorrigeerd voor leegstand) | Gehanteerde emissiefactoren |
|---|---|---|---|
| PM10 (g/dierplaats per jaar) | 49,1 ± 1,0 | 42,7 ± 0,9[1)] | 86[2)] |
| PM2,5 (g/dierplaats per jaar) | 3,8 ± 0,2 | 3,3 ± 0,2[1)] | 15,3[3)] |
| Ammoniak (g/dierplaats per jaar) | 524 ± 9 | 456 ± 8[1)] | 580 |
| Geur ($OU_E$/dierplaats per s) | 0,52 ± 0,12 | 0,52 ± 0,12 | 0,93 |
| Methaan (g/dierplaats per jaar) | 81,6 ± 98,1 | 71,0 ± 85,3[1)] | - |
| Lachgas (g/dierplaats per jaar) | 37,5 ± 15,9 | 32,7 ± 13,8[1)] | - |

1) Gecorrigeerd voor leegstand van 13%
2) Berekend als (0,45 * emissie totaalstof) door Chardon en Van der Hoek (2002)
3) Berekend als (0,08 * emissie totaalstof) door Chardon en Van der Hoek (2002)

Uit Tabel 8 kan opgemaakt worden dat de huidige metingen duidelijk lagere PM10 en PM2,5 emissies laten zien dan de tot nu toe gehanteerde waarden. Voor PM10 ligt de huidige waarde een factor twee lager en voor PM2,5 is dit bijna een factor vijf lager. De lagere waarde voor PM10 zou verklaard kunnen worden uit het feit dat de emissie van (groot)ouderdieren van vleeskuikens is geëxtrapoleerd uit die van leghennen in scharrelhuisvesting. (groot)ouderdieren van vleeskuikens zijn in het algemeen minder actief bezig met het strooisel dan leghennen. Dit zou het verschil in PM10-emissie kunnen verklaren.

De berekende ammoniakemissie op basis van de huidige metingen (456 g/dierplaats per jaar) is lager dan de huidige emissiefactor voor ammoniak (580 g/dierplaats per jaar). De geuremissie was ca. een factor twee lager dan de huidige emissiefactor (0,93 $OU_E$/dierplaats per s).

De metingen op de twee bedrijven lieten een opmerkelijke overeenkomst zien in het verloop van de emissies tijdens de legperiode. Dit gold vooral voor het ventilatiedebiet, de PM10 en PM2,5 emissies en de ammoniak- en geuremissies. Dit gold echter niet voor de methaan en lachgas emissies. Het vergelijkbare verloop in emissies is te verklaren door het feit dat de dieren ongeveer op hetzelfde moment zijn opgezet en door het feit dat de metingen gedurende dezelfde periode hebben plaats gevonden. De verschillen in emissies van de broeikasgassen methaan en lachgas zijn moeilijk op basis van de resultaten van deze twee bedrijven te verklaren. Aangezien de metingen maar op twee bedrijven zijn gedaan is het niet aan te geven of de waargenomen variatie tussen de bedrijven een normale variatie is of dat één van de twee bedrijven uitzonderlijk hoge of lage emissies hadden. Voor de andere gassen en het fijne stof is de variatie in de emissies waarschijnlijk belangrijk gereduceerd door de vrijwel gelijke opzet van de dieren.

Een legronde voor ouderdieren van vleeskuikens duurt normaal gesproken ca. 40 weken. Op bedrijf 1 is de laatste meting uitgevoerd op dag 273 van de ronde en op bedrijf 2 is de laatste meting uitgevoerd op dag 239 van de ronde. Het gemiddelde dagnummer van de metingen was respectievelijk 167 voor bedrijf 1 en 115 voor bedrijf 2; gemiddeld is dit 141. Dit betekent dat de

metingen vrij goed verspreid over de legperiode zijn uitgevoerd. De gemiddelde temperatuur op de dagen waarop is gemeten (9,5 $^{o}$C) komt goed overeen met het langjarige gemiddelde in Nederland (9,8 $^{o}$C). De set van metingen is dus bij representatieve temperatuursomstandigheden verricht.

Op beide bedrijven was het ventilatiedebiet in de stallen gedurende de winterperiode erg laag, veel lager dan de adviesnormen. Aangezien het ventilatiedebiet een belangrijke invloed kan hebben op de fijnstofemissie, was het van belang om te achterhalen of deze manier van ventilatie algemeen wordt toegepast of slechts op een beperkt aantal bedrijven. Daarom is een aanvullende studie uitgevoerd. Deze studie is uitgebreid beschreven in hoofdstuk 4. Uit bedrijfsbezoeken aan beide bedrijven en gesprekken met klimaatdeskundigen kon geconcludeerd worden dat het in stallen met (groot)ouderdieren van vleeskuikens gebruikelijk is om bij lage buitentemperaturen (<10°C) weinig te ventileren. De gemeten ventilatiedebieten in de winterperiode kunnen daarom als representatief verondersteld worden voor grondhuisvesting voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens.

# 6 Conclusies

Op basis van dit onderzoek in twee stallen voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens zijn de volgende jaaremissies bepaald, waarbij is gerekend met 13% leegstand voor de stof-, methaan-, lachgas- en ammoniakemissies (berekende emissiefactor ± de standaarddeviatie tussen bedrijven):

- PM10 emissie: 42,7 $\pm$ 0,9 g/dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie: 3,3 $\pm$ 0,2 g/dierplaats per jaar
- Ammoniakemissie: 456 $\pm$ 8 g/dierplaats per jaar
- Geuremissie: 0,52 $\pm$ 0,12 $OU_E$/dierplaats per s (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Methaanemissie: 71,0 $\pm$ 85,3 g/dierplaats per jaar
- Lachgasemissie: 32,7 $\pm$ 13,8 g/dierplaats per jaar

De volgende conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van de stofemissie:

- de emissie van PM10 is beduidend lager dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 (86 g/dierplaats per jaar);
- de emissie van PM2,5 is beduidend lager dan de eerder gehanteerde waarde voor PM2,5 (15,3 g/dierplaats per jaar).

## Literatuur

CEN standard 13725. 2003. Air quality - determination of odour concentration by dynamic olfactometry. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

Chardon, W. J. en K. W. Van der Hoek. 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw. p 35. Alterra / RIVM, Wageningen.

CIGR, 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S. and K. Sällvik).

Groot Koerkamp, P. W. G., G. H. Uenk en H. Drost. 1996. De uitstoot van respirabelstof door de Nederlandse veehouderij. Rapport 96-10, Instituut voor Milieu- en Agritechniek.

Groenestein, C.M., J. Mosquera, N.W.M. Ogink en J.M.G. Hol. 2007 Meetprotocol voor het bepalen van een emissiefactor voor methaan uit stalsystemen. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.

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.

Mosquera, J. en C.M. Groenestein. 2008. Bouwstenen voor een meetprotocol voor het bepalen van een emissiefactor voor lachgas uit stalsystemen. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.

NEN-EN 12341. 1998. Luchtkwaliteit - bepaling van de pm10 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 pm2,5 mass fraction of suspended particulate matter. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.

Ogink, N.W.M. 2008. Protocol voor het meten van de geuremissie uit stalsystemen in de veehouderij. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.

Ogink, N.W.M., J.M.G. Hol, J. Mosquera en H.M. Vermeer. 2008. Bouwstenen voor een nieuw meetprotocol ammoniak emissiemetingen voor huisvestingssystemen in de veehouderij. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.

Ogink, N.W.M., G. Mol. 2002. Uitwerking van een protocol voor het meten van de geuremissie uit stallocaties en stalsystemen in de veehouderij. IMAG nota P 2002-57, 31 pp.

Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, H. Joergensen, A. Chwalibog, A. Haeussermann, M.J.W. Heetkamp and A.J.A. Aarnink. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December, 2008.

Takai, H., S. Pedersen, J.O. Johnsen, J.H.M. Metz, P.W.G. Groot Koerkamp, G.H. Uenk, V.R. Phillips, M.R. Holden, R.W. Sneath, J.L. Short, R.P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schroeder, K.H. Linkert, C.M. Wathes. 1998. Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in northern europe. J. agric. Engng Res. 70: 59-77.

Wintjens, Y. 1993. Gaswasfles. In Meetmethoden $NH_3$-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniak- problematiek in de veehouderij 16 (eds. E.N.J. van Ouwerkerk), pp. 38-40. DLO, Wageningen.

Zhao, Y., A.J.A. Aarnink, P. Hofschreuder, and P.W.G. Groot Koerkamp. 2009. Validation of cyclone as a pre-separator for airborne dust sampling in animal houses. Journal of Aerosol Science, Vol. 40, Issue 10, October 2009, pp. 868-878.

# Bijlagen

## Bijlage 1 Foto’s stal voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens 1



Meting van de ingaande lucht



Meting van de uitgaande stallucht



Overzichtsfoto binnenzijde stal; zichtbaar is het Bridomat voersysteem, de ronddrinkers boven de beun, legnesten en inlaatventielen in de zijgevels



Ouderdieren van vleeskuikens, kunststofroosters op de beun en voersysteem

## Bijlage 2 Foto’s stal voor (groot)ouderdieren van vleeskuikens 2



Buitenzijde stal (links)





Meting van de ingaande lucht, bij een inlaatventiel in de zijgevel



Meting uitgaande stallucht



Overzichtsfoto stal. Zichtbaar zijn de voerlijnen (uiterst links en rechts), ronddrinkers en legnesten.



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl I www.livestockresearch.wur.nl