

# Wageningen UR Livestock Research

*Partner in livestock innovations*



Rapport 459

## Gasvormige emissies en fijnstof uit konijnenstallen met mestopslag onder de welzijnshokken

Voedsters en vleeskonijnen

Maart 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](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

### Redactie

Communication Services

### Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2011

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 ammonia and fine dust (PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub>) from rabbit housing systems were determined. In addition, emissions of greenhouse gases and odour were determined.

### Keywords

Ammonia, fine dust, emission, rabbits

### Referaat

ISSN 1570 - 8616

### Auteurs

J.W.H. Huis in 't Veld  
F. Dousma  
G.M. Nijeboer

### Titel

Gasvormige emissies en fijnstof uit konijnenstallen met mestopslag onder de welzijnshokken  
Rapport 459

### Samenvatting

In dit onderzoek zijn de emissies bepaald van ammoniak en fijnstof (PM<sub>2,5</sub> en PM<sub>10</sub>) uit konijnenstallen. Additioneel zijn de emissies van broeikasgassen en geur bepaald.

### Trefwoorden

Ammoniak, fijnstof, emissie, konijnen



Rapport 459

# Gasvormige emissies en fijnstof uit konijnenstallen met mestopslag onder de welzijnshokken

## Gaseous emissions and fine dust from rabbit housing systems

J.W.H. Huis in 't Veld  
F. Dousma  
G.M. Nijeboer

Maart 2011



## Voorwoord

Onderzoek naar gasvormige emissies en fijnstof onder bedrijfsomstandigheden vormt een belangrijke basis voor de ontwikkeling van kennis over de vermindering van de milieubelasting door de veehouderij. In dit kader is onderzoek verricht naar de emissie van: fijnstof, ammoniak, geur, methaan en lachgas in konijnenstallen.

Het onderzoek is mogelijk gemaakt door een klankbordgroep van het Productschap Pluimvee en Eieren en uitgevoerd op een praktijkbedrijf. We zijn zowel de leden van de klankbordgroep als de ondernemer die zijn stallen beschikbaar heeft gesteld voor de metingen, erkentelijk voor de positieve bijdrage aan het onderzoek.

Namens de auteurs,

Jos Huis in 't Veld  
Projectleider



## Samenvatting

Onderzoek is uitgevoerd in een huisvestingssysteem voor konijnen (voedsters en vleeskonijnen) dat volledig voldoet aan de eisen zoals die zijn opgenomen in de welzijnsverordening (Verordening welzijnsnormen konijnen (PPE) 2006). In de nieuwe zogenaamde welzijnshokken zijn diverse aanpassingen gedaan om het welzijn van de aanwezige dieren te vergroten. Onder de hokken was een mestkelder aanwezig voor langdurige mestopslag terwijl de urine kon wegstromen naar een afgesloten ruimte buiten de stal.

Om dit systeem, ten aanzien van de emissie van gassen, te kunnen vergelijken met bestaande en toekomstige huisvestingssystemen zijn de eerste metingen onder Nederlandse omstandigheden op een praktijkbedrijf uitgevoerd. De metingen die zijn uitgevoerd betreffen de emissies van fijnstof, geur, ammoniak. Daarnaast zijn de emissies van de broeikasgassen methaan en lachgas gemeten. Dit zijn de belangrijkste emissies die door het huisvestingssysteem beïnvloed kunnen worden en het vaststellen ervan is nodig bij het zoeken naar integrale oplossingen voor de emissieproblematiek in de veehouderij. Deze studie is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door het Productschap Pluimvee en Eieren (PPE).

Alle metingen zijn uitgevoerd volgens beschreven protocollen. De uitvoering vond plaats op een praktijkbedrijf in 2 identieke afdelingen die afwisselend werden bezet door voedsters met jongen en vleeskonijnen. Verspreid over het jaar zijn 6 metingen van 24 uur (voor geur 2 uur) uitgevoerd.

Bij stof wordt onderscheidt gemaakt tussen stofdeeltjes kleiner dan 10 micrometer (PM10) en van deeltjes kleiner dan 2,5 micrometer (PM2,5). Deeltjes kleiner dan PM10 wordt fijnstof genoemd, terwijl deeltjes kleiner dan PM2,5 als zeer fijnstof wordt aangeduid.

Bij de omrekening van de stof- en ammoniakemissie naar jaaremmissies is bij de voedsters 0% leegstand en bij de vleeskonijnen 15% leegstand gehanteerd (Groenestein en Aarnink, 2008). Bij geur, methaan en lachgas is voor beide diergroepen niet gecorrigeerd voor leegstand. Bij voedsters is de emissie omgerekend per dierplaats en bij de vleeskonijnen per opgelegd dier (Ogink e.a., 2005).

Op basis van dit onderzoek zijn voor de voedsters de volgende emissies bepaald, waarbij niet is gecorrigeerd voor leegstand:

- PM10 emissie: 10,7 g/jaar per dierplaats
- PM2,5 emissie: niet aangetoond
- Ammoniakemissie: 378 g/jaar per dierplaats
- Geuremissie: 1,34 OUE/s per dierplaats
- Methaanemissie: 283 g/jaar per dierplaats
- Lachgasemissie: 96 g/jaar per dierplaats

Voor de vleeskonijnen zijn de volgende jaaremmissies per opgelegd dier bepaald, waarbij voor stof- en ammoniakemissie is gerekend met 15% leegstand:

- PM10 emissie: 3,7 g/jaar per opgelegd dier
- PM2,5 emissie: niet aangetoond
- Ammoniakemissie: 91 g/jaar per opgelegd dier
- Geuremissie: 0,36 OUE/s per opgelegd dier (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Methaanemissie: 94 g/jaar per opgelegd dier (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Lachgasemissie: 23 g/jaar per opgelegd dier (niet gecorrigeerd voor leegstand)

De gemeten ammoniakemissie kan vergeleken worden met de emissiefactoren zoals vermeld in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (InfoMil, 2010). De gemeten ammoniakemissie van de afdeling met voedsters is ten opzichte van de huidige emissiefactor (1,2 kg ammoniak per dierplaats per jaar) afgerond 69% lager.

Bij een voorgeschreven leegstand van 15% komt de gemeten ammoniakemissie op 91 g per opgelegd vleeskonijn per jaar. Dit betekend een reductie van afgerond 55% ten opzichte van de emissiefactor van 200 gram per dier per jaar.

Voor de diergroep konijnen zijn nog geen emissiefactoren vastgelegd voor stof, geur en broeikasgassen.



## Summary

Research has been carried out in housing systems for rabbits (does and fattening rabbits), that fulfilled Dutch animal welfare regulations. The cages have been modified to improve the animal welfare. Underneath the cages was a pit situated for manure storage. The urine could flow away to a closed cellar outside the animal housing units.

The objective of this project was to provide emission figures for fine dust, odour, ammonia and the greenhouse gasses methane and nitrous oxide. The figures can be compared with the emission figures of common (standard) and new housing systems in the future.

All measurements have been performed according to described protocols. Measurements have been done in two similar units, one was occupied with does and the other with fattening rabbits. The does were kept individual with their young in a cage, the fattening rabbits were kept in groups of 7 animals per cage. The six 24-hours measurements (for odour two hours) have been performed spread over the year and spread over the growing period of the animals.

For individually housed does, with their young, the following yearly emissions have been determined. There has been no correction for an unoccupied period:

- PM10 emission: 10,7 g/year per animal place
- PM2,5 emission: nothing detected
- Ammonia emission: 378 g/year per animal place
- Odour emission: 1,34 OUE/s per animal place
- Methane emission: 283 g/year per animal place
- Nitrous oxide emission: 96 g/year per animal place

For fattening rabbits the following yearly emissions have been determined, corrected for an unoccupied period of 15% in case of dust and ammonia emissions:

- PM10 emission: 3,7 g/year per placed animal
- PM2,5 emission: nothing detected
- Ammonia emission: 91 g/year per placed animal
- Odour emission: 0,36 OUE/s per placed animal (not corrected for unoccupied period)
- Methane emission: 94 g/year per placed animal (not corrected for unoccupied period)
- Nitrous oxide emission: 23 g/year per placed animal (not corrected for unoccupied period)

The measured ammonia emissions can be compared with the Dutch governmental emission factor for rabbits (InfoMil, 2010). The average ammonia emission of the does in the new animal welfare friendly housing system is considerably lower (69%) than the emission factor of the traditional housing system (1200 g/year per animal place). The average ammonia emission of the fattening rabbits does in the new animal welfare friendly housing system is also much lower (55%) than the emission factor (200 g/year per animal place).

At this moment there are no emission factors for fine dust, odour and greenhouse gasses for traditional rabbit housing systems.



# 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	Beknopte omschrijving .....	2
2.2	Beschrijving stallen .....	2
2.3	Metingen .....	4
2.3.1	Stofmetingen .....	4
2.3.2	Ammoniakmetingen .....	5
2.3.3	Geurmetingen .....	6
2.3.4	Broeikasgasmetingen .....	6
2.3.5	Ventilatiedebiet .....	6
2.3.6	Metingen temperatuur en RV.....	6
2.4	Verwerking gegevens.....	7
<b>3</b>	<b>Resultaten</b> .....	<b>8</b>
3.1	Meetomstandigheden.....	8
3.2	Ventilatiedebiet.....	8
3.3	PM10 emissie.....	9
3.4	PM2,5 emissie.....	10
3.5	Ammoniakemissie .....	10
3.6	Geuremissie .....	10
3.7	Methaanemissie .....	11
3.8	Lachgasemissie .....	12
<b>4</b>	<b>Discussie</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>15</b>
	<b>Literatuur</b> .....	<b>16</b>
	<b>Bijlagen</b> .....	<b>18</b>
	Bijlage 1 Plattegrond van de afdelingen .....	18
	Bijlage 2 Schets van een welzijnshok.....	19
	Bijlage 3 Foto's van de hokken.....	20
	Bijlage 4 Foto's van de stalinrichting .....	21
	Bijlage 5 Gemeten concentraties fijnstof (PM2,5 en PM10), NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> en N <sub>2</sub> O in de in- en uitgaande lucht van de afdelingen met voedsters en vleeskonijnen.....	22



## 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<sup>3</sup> lucht en daggemiddeld maximaal 50 microgram per m<sup>3</sup> 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<sup>3</sup> 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 een verandering van de uitstoot van fijnstof tot gevolg kunnen hebben gehad. Door ontwikkelingen in de huisvesting en de voeding van dieren kunnen stofemissies van stalsystemen zijn veranderd. Voor het vaststellen van de impact van deze ontwikkelingen gedurende de laatste jaren op de stofemissie zijn daarom metingen aan nieuwe huisvestingssystemen gewenst. Omdat de EU ook grenswaarden voor PM2,5 heeft vastgesteld is het van belang om naast PM10 ook PM2,5 te meten.

Ter vergelijking met de emissies van traditionele huisvesting zijn ook de emissies van ammoniak en geur bepaald. Om een volledige meetset van emissies te krijgen zijn ook de broeikasgassen: methaan en lachgas gemeten. Zo ontstaat een volledige meetset van emissies dat past in de lijn van integrale oplossingen voor het emissieprobleem in de veehouderij.

In dit rapport worden de emissies gerapporteerd die zijn vastgesteld in een huisvestingssysteem voor konijnen. De huisvesting voldeed aan de Verordening welzijnsnormen konijnen (PPE, 2006). De hokken waren aangepast om het welzijn van de konijnen te verhogen. Onder de hokken werd de mest langdurig opgeslagen in een mestkelder, waarbij de urine kon wegstromen naar een afgesloten kelder. Het huisvestingssysteem is onderzocht bij zowel een bezetting met voedsters als met vleeskonijnen.

In hoofdstuk 2 zijn het huisvestingssysteem en de meetmethoden omschreven. De meetresultaten worden gepresenteerd in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 worden de resultaten bediscussieerd waarna tenslotte in hoofdstuk 5 de conclusies worden vermeld.

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Beknopte omschrijving

De PM10 en PM2,5 metingen zijn uitgevoerd volgens het protocol zoals beschreven in Hofschreuder e.a. (2008). Dit meetprotocol schrijft per locatie, verspreid over het jaar, 6 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. Volgens het voornoemde protocol zouden per onderzocht stalsysteem, 4 meetlocaties nodig zijn. Mochten officiële emissiefactoren voor het onderzochte stalsysteem in de toekomst wenselijk zijn, dan zullen zowel voor de voedsters als vleeskonijnen nog additionele metingen op 3 locaties moeten worden uitgevoerd.

Naast fijnstof 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. De specifieke uitvoering van de toegepaste werkwijze bij stallen met konijnen wordt in de volgende paragrafen verder toegelicht.

### 2.2 Beschrijving stallen

De beide afdelingen zijn ieder 15,5 meter breed en 25 meter lang. Buitenlucht kan via openingen aan de kopse kant van de stal, via tunnels onder de looppaden naar de centrale gang worden geleid. Ook via openingen in de zijgevels kan buitenlucht in de centrale gang komen. Van hier gaat de lucht naar de ruimten boven de twee afdelingen waar het via het gaatjesplafond in de afdelingen wordt gezogen. Per afdeling zijn drie ventilatoren met een doorsnede van 56 cm aanwezig. Er is geventileerd naar een streeftemperatuur van 21 °C bij de voedsters en 20 °C bij de vleeskonijnen. Twee van de drie ventilatoren draaien continu in de afdeling. De regeling is parallel en in één van deze ventilatiekokers wordt continu het toerental van de meetventilator geregistreerd. Tijdens warme perioden kan de veehouder handmatig de derde ventilator inschakelen.

De konijnenhouder past het zogenaamde 'Bande Unique' systeem toe. Bij dit systeem worden de jonge konijnen afgemest in het hok waarin ze zijn geboren. Bij het spenen (na circa 35 dagen) worden de voedsters verplaatst naar de naastgelegen afdeling. Deze afdeling is identiek qua oppervlak, aantal hokken, mestopslag en ventilatie. In de afdelingen zijn 560 hokken aanwezig verdeeld over vijf rijen dubbele hokken. Onder de hokken zijn mestopslagen aanwezig terwijl de urine via een kanaal kan wegstromen naar een afgesloten opslag buiten de afdeling. De mest wordt gemiddeld eens per 3 jaar uit de opslagen verwijderd. Na het leeghalen van de kelders wordt de keldervloer voorzien van een dun laagje stro. Bij aanvang van de metingen waren de kelders reeds gedeeltelijk gevuld. Tijdens de metingen zijn de opslagen niet leeg gehaald.

De hokken waarin de dieren zijn gehuisvest voldoen aan de Verordening welzijnsnormen konijnen (PPE, 2006). Een schets van het zogenaamde welzijnshok is weergegeven in Bijlage 2. De hokken hebben een maximale hoogte van 63 cm, zijn 38 cm breed en 100 cm diep (3800 cm<sup>2</sup>) plus een plateau van 38 x 20 (760 cm<sup>2</sup>). De voedsters hebben hierdoor een oppervlak van 4560 cm<sup>2</sup> ter beschikking. Voorin het hok is een nestkast aanwezig die kan worden afgescheiden van de rest van het hok. Tijdens de zoogperiode kan de voedster rust zoeken op het hoger aangebrachte plateau. Bij het spenen wordt de nestkastafdeling verwijderd en blijven 7 jongen in een hok achter waar ze per dier ruim 650 cm<sup>2</sup> ruimte hebben.

De diameter van het gaasrooster is 3,02 mm. In iedere hok is een deel alternatieve bodem aanwezig van 25 breed en 45 cm diep. Deze bodem heeft afwisselend een spleet van 1,5 cm en 1,5 cm kunststof rooster met bol profiel (zie foto in Bijlage 3). Als knaagmateriaal zijn blokjes hout aanwezig. Ieder hok is voorzien van een drinkwaternippel en een voerbak.

De belangrijkste kenmerken van de 2 konijnenafdelingen in dit onderzoek worden weergegeven in Tabel 1.

**Tabel 1** Belangrijkste kenmerken konijnenafdeling met mestopslag onder de hokken

Kenmerk	Beschrijving
Omschrijving stal/afdeling	Konijnenstal met welzijnshokken en mestopslag onder de hokken
RAV code en emissiefactoren	I 1.2 Voedsters, overige systemen 1200 g NH <sub>3</sub> per dierplaats per jaar I 2.2 Vleeskonijnen, overige systemen 200 g NH <sub>3</sub> per dier per jaar Nog geen emissiefactoren voor geur en stof
Afmetingen (l x b x h)	15,5 x 25 x 3 m
Staloppervlakte	388 m <sup>2</sup>
Stalinhoud	1163 m <sup>3</sup>
Aantal dieppit mestopslagen	5
Afmeting dieppit rij (l x b x h)	21 x 2 x 1,55 m
Totaal kelderoppervlak	210 m <sup>2</sup>
Totaal kelderinhoud	326 m <sup>3</sup>
Aantal hok-rijen	5 dubbele rijen
Aantal hokken	560
Gemiddeld aantal dieren bij opzet	Voedsters: 500 Vleeskonijnen: 3191
Konijnenras	Nieuw Zeelander
Luchtinlaat	Plafond ventilatie
Luchtuutlaat	Mechanisch geventileerd, 3 regelbare ventilatoren (Ø 0,56 m), max. 3 x 8.200 m <sup>3</sup> /uur is 24.600 m <sup>3</sup> /uur
Max. ventilatiecapaciteit	43,9 m <sup>3</sup> /uur/voedster 6,3 m <sup>3</sup> /uur/vleeskonijn (bij bezetting van 7 dieren/hok
Voersysteem, voersoorten	Vijzelssysteem, per 4 hokken is één voerpan aanwezig Voedsters: OE 10,21 MJ/kg Re 17,0 % Vleeskonijnen OE 9,52 MJ/kg Re 14,6 %
Drinksysteem	Voer is onbeperkt beschikbaar Ieder hok een eigen drinknippel Water is onbeperkt beschikbaar

In Tabel 2 zijn de productiegegevens van de meetlocatie tijdens de metingen weergegeven als ook het landelijk gemiddelde zoals vermeld in de Kwantitatieve Informatie Veehouderij (KWIN, 2010).

**Tabel 2** Productiegegevens per gemiddeld aanwezige voedster en vleeskonijn en het landelijk gemiddelde

	Meetlocatie	Landelijk gemiddelde
<b>Voedsters:</b>		
Aantal worpen per jaar	7,0	7,0
Worpgrootte	10,0	8,7
Uitval % voor spenen	10,0	12,0
Aantal levend geboren per jaar	70,0	60,9
Aantal grootgebracht per jaar	60,0	48,2
<b>Vleeskonijnen:</b>		
Uitval % na spenen	8,0	10,0
Aantal afgeleverd per voedster per jaar	50,0	46,7
Aflevergewicht kg	2,6	2,58

Op het onderzochte bedrijf is tet uitvalpercentage van de jongen zowel voor als na het spenen lager dan het landelijk gemiddelde. Verder zijn het aantal geboren en grootgebracht jongen per voedster beduidend hoger dan gemiddeld. Het aantal afgeleverde vleeskonijnen per voedster is ook hoger.

## 2.3 Metingen

Het monsternamepunt van ammoniak, geur en broeikasgassen is in één van de aanwezige ventilatiekokers. De monsterleidingen zijn, om condensatie te voorkomen, verwarmd en geïsoleerd en lopen naar de centrale gang waar de meetapparatuur is opgesteld. De monsternamepunten van stof zijn vlak naast één van de ventilatiekokers in de afdelingen. De concentraties van de ingaande lucht zijn gemeten op een plaats waar de lucht het gebouw inkomt.

### 2.3.1 Stofmetingen

De volgende stofmonsters zijn genomen tijdens meetdagen van 24 uur:

- Enkelvoudige 24-uurs monsters van deeltjes kleiner dan 10  $\mu\text{m}$  (PM10) van de uitgaande stallucht en enkelvoudige 24-uurs monsters van PM10 van de ingaande stallucht;
- Enkelvoudige 24-uurs monsters van deeltjes kleiner dan 2,5  $\mu\text{m}$  (PM2,5) van de uitgaande stallucht en enkelvoudige 24-uurs monsters van PM2,5 van de ingaande stallucht



**Figuur 1** Monsterapparatuur voor PM10 en PM2,5. Boven: de 'constant flow' monsternamepomp. Linksonder (van links naar rechts): inlaat, PM10 cycloon, PM2,5 cycloon en filterhouder. Rechtsonder (van links naar rechts): de componenten 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



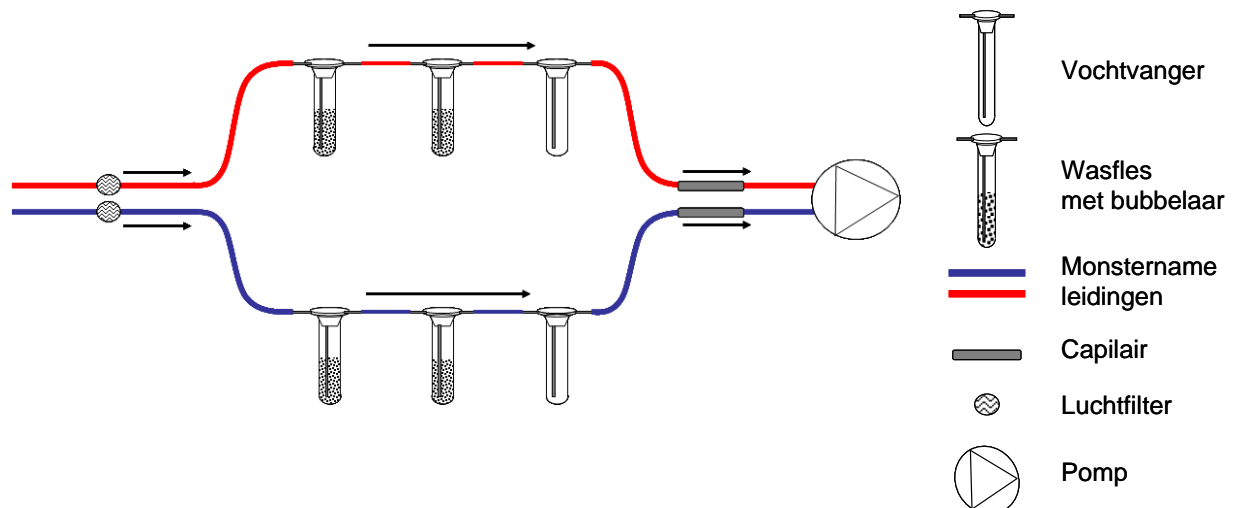
de impactor-voorafscheider is vervangen door een cycloon-voorafscheider. Dit vanwege het gevaar van overbelading van de impactieplaat, vooral bij bemonstering van PM<sub>2,5</sub> in stallucht (Zhao et al., 2009).

PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> stof is verzameld op een glasvezelfilter, nadat de grotere deeltjes zijn afgescheiden met behulp van een PM<sub>10</sub> of PM<sub>2,5</sub> cycloon (URG corp., Chapel Hill, VS). De filters hebben een diameter van 47 mm (type MN GF-3, Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren, Duitsland). De filters worden voor en na de stofmonsternamen 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 wordt gebruikt om de hoeveelheid verzameld stof te bepalen. Lucht wordt door inlaat, cycloon en filter gezogen met monsternamen-pompen van het type Charlie HV (roterend, capaciteit maximaal 6 m<sup>3</sup>/uur, Ravebo Supply BV, Brielle). Deze 'constant flow' pompen regelen het debiet automatisch op basis van de gemeten temperatuur bij de monsternamenkop (inlaat). Het debiet van deze pompen blijft ook constant bij toename van de drukval over het filter. Hierdoor wordt een stabiele luchtstroom verkregen binnen 2% van de nominale waarde. De pompen zijn geprogrammeerd op een flow van 1,0 m<sup>3</sup>/uur en op een start- en eindtijd van de monsternamenperiode. De werkelijke hoeveelheid lucht die bij de monsternamenpunten wordt aangezogen is met een gasmeter gemeten en omgerekend naar standaard condities (1 atmosfeer, 0 °C).

Voor een uitvoerige beschrijving van het stofmeetprotocol, de achtergronden en de stofmeetapparatuur wordt verwezen naar Hofschreuder e.a. (2008).

### 2.3.2 Ammoniakmetingen

De ammoniakconcentratie is volgens de natchemische meetmethode voor NH<sub>3</sub> gemeten (Wintjes, 1993). Bij deze meetmethode wordt de lucht via een monsternamenleiding met een constante luchtstroom (~1,0 l/min) aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) met een kritische capillair en vochtvanger. Alle lucht wordt door een bubbelaar (geplaatst in een wasfles met zuur) geleid, waarbij de NH<sub>3</sub> wordt opgevangen. Om eventuele doorslag op te vangen wordt een tweede fles met zuur in serie geplaatst. De metingen worden per meetplek in duplo uitgevoerd (Figuur 2). De molariteit van de zure oplossing in de wasflessen is afhankelijk van het aanbod van NH<sub>3</sub> dat moet worden gebonden. Na de bemonsteringstijd (24 uur) wordt de hoeveelheid gebonden NH<sub>3</sub> spectrofotometrisch bepaald. Door de bemonsteringsduur, de bemonsteringsflow, het NH<sub>4</sub><sup>+</sup> gehalte en de hoeveelheid opvangvloeistof te verrekennen kan de NH<sub>3</sub>-concentratie in de bemonsterde lucht worden bepaald.



**Figuur 2** Meetopstelling natchemisch methode voor ammoniakemissiemetingen

### 2.3.3 Geurmetingen

Het geurmonster is tussen 10:00 en 12:00 uur aangezogen door een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) bij de meetapparatuur. De bemonstering is uitgevoerd volgens de zogenaamde longmethode (Ogink en Mol, 2002). Een nieuwe, 40 liter Nalophan, geurmonsterzak is driemaal gespoeld met geurloze lucht en in een gesloten vat geplaatst. Door lucht uit het vat 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  $\mu\text{m}$ , Savillex<sup>®</sup> Corp., Minnetonka, VS) stallucht aangezogen in de zak. Het monster is direct na bemonstering naar het geurlaboratorium vervoerd om binnen 30 uur te worden geanalyseerd. De geuranalyses zijn uitgevoerd door het geurlaboratorium van de Animal Sciences Group volgens de Europese norm EN 13725 (CEN, 2003). Dit geurlaboratorium 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 4 tot 6 panelleden in wisselende samenstelling. De gevoeligheid van de panelleden is voor de metingen getest met butanol. De geurconcentraties en -emissies zijn vermeld in respectievelijk  $\text{OU}_E/\text{m}^3$  en  $\text{OU}_E/\text{s}$ . De eenheid ' $\text{OU}_E$ ' staat hierbij voor 'European Odour Units'. Deze aan de EN 13725 ontleende terminologie sluit aan bij de internationale literatuur op dit vakgebied. Gedurende 1 van de 6 meetdagen is tevens van de ingaande stallucht de geurconcentratie bepaald op dezelfde manier als de uitgaande stallucht.

### 2.3.4 Broeikasgasmetingen

De monstername van de uitgaande stallucht voor de  $\text{CH}_4$ - en  $\text{N}_2\text{O}$ -bepaling is op dezelfde manier uitgevoerd als de geurmonstername (zie de longmethode hierboven beschreven). De monsterzak wordt in 24 uur gevuld via discontinue bemonstering. Met behulp van een tijd klok wordt elk uur gedurende 5 minuten een vaste luchtstroom aangezogen van 0,4 l/min, gedurende 55 minuten wordt er niet bemonsterd. Vanaf mei 2009 (vanaf de 3<sup>e</sup> t/m de laatste meetsessie) is de procedure aangepast. De monsterzak wordt sindsdien continu in 24 uur gevuld met een vaste luchtstroom van 0,02 l/min. Op deze wijze is een tijdsgemiddeld monster verkregen. Het gehalte aan broeikasgassen in het monster is bepaald met een gaschromatograaf (Interscience/Carbo Erba Instruments, GC 8000 Top; kolom: Molsieve 5A ( $\text{CH}_4$ ), Haysep Q ( $\text{N}_2\text{O}$ ); detector:  $\text{CH}_4$ : FID,  $\text{N}_2\text{O}$ : ECD).

### 2.3.5 Ventilatie-debiet

Tijdens de metingen is het ventilatie-debiet ( $\text{m}^3/\text{uur}$ ), met behulp van meetventilatoren (Scholtens en van 't Klooster, 1993; Mosquera e.a., 2002), continu geregistreerd en vastgelegd in een datalogger (Koenders boxen, type: CR-10, Campbell Scientific Inc., Logan, VS). Meetventilatoren zijn groot formaat anemometers met een diameter gelijk aan de diameter van de ventilatiekoker. De meetventilator wordt aangedreven door de luchtstroom in de ventilatiekoker en is daardoor niet gekoppeld aan de motor van de ventilator. Voor de berekening van het debiet is gebruik gemaakt van een ijklijn waarin de relatie tussen het toerental van de meetventilator en het ventilatie-debiet is vastgesteld.

### 2.3.6 Metingen temperatuur en RV

Temperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ) en relatieve luchtvochtigheid (%) van de ingaande en uitgaande stallucht zijn continu gemeten met behulp van temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic; ROTRONIC Instrument Corp., Huntington, VS), met een nauwkeurigheid van respectievelijk  $\pm 1,0$   $^{\circ}\text{C}$  en  $\pm 2$  %. De data is opgeslagen in een datalogstelsel (type: CR10, Campbell Scientific Inc., Logan, VS). In de afdelingen zijn de sensoren op circa 2 meter hoogte nabij de ventilatiekoker geplaatst. De sensor voor de meting van het buitenklimaat is geplaatst in de luchtstroom waar buitenlucht de stal inkomt.

## 2.4 Verwerking gegevens

Voor zowel de voedsters ( $j=1$ ) als de vleeskonijnen ( $j=2$ ) zijn per meetdag ( $i=1, 2, \dots, 6$ ) de emissies ( $E_{ij}$ ) van stof, ammoniak, geur, methaan en lachgas bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet ( $V_{ij}$ ) en de gemiddelde concentraties van de uitgaande lucht ( $C_{uit_{ij}}$ ) en de ingaande lucht ( $C_{in_{ij}}$ ) van stof, ammoniak, geur, methaan en lachgas:

$$E_{ij} = V_{ij} \times (C_{uit_{ij}} - C_{in_{ij}})$$

Deze gemiddelde dagemissies zijn, behalve voor geur, vervolgens vermenigvuldigd met 365 dagen om de jaaremmissies (niet gecorrigeerd voor leegstand) te berekenen. Voor geur wordt de emissie uitgedrukt in  $OU_E/s$ , en uitgedrukt als natuurlijke logaritme. Groenestein en Aarnink (2008) geven in hun notitie over leegstand ten behoeve van het berekenen van een emissiefactor van een stal, onderbezettingsfactoren aan van 0% voor voedsters en 15% voor vleeskonijnen. Bij de emissiebepaling van ammoniak en fijnstof is hiermee gerekend.

Zoals vermeld in het meetprotocol voor ammoniakemissiemetingen (Ogink e.a. 2008) wordt de emissie voor voedsters bepaald per dierplaats en voor vleeskonijnen voor het aantal geplaatste dieren. Voor geur is de emissie bepaald door het gemiddelde op log-schaal terug te transformeren naar normale schaal.

### 3 Resultaten

#### 3.1 Meetomstandigheden

De gebruikte meetprotocollen schrijven voor dat bij ieder huisvestingssysteem zesmaal gemeten moet worden, waarbij de metingen verspreid zijn over een jaar. Daarnaast dienen de zes metingen bij vleeskonijnen, waar sprake is van productieronden, gebalanceerd over de productieronde te worden uitgevoerd, waarbij de helft van de metingen in het eerste deel en de andere helft in het tweede deel van de productieronde dient te vallen.

In Tabel 3 worden de data van de metingen aangegeven evenals de bezetting en de leeftijd van de jongen en vleeskonijnen, het ventilatiedebiet en het binnen en buitenklimaat tijdens de meetdagen. De metingen zijn uitgevoerd in 2 identieke afdelingen.

**Tabel 3** Data waarop metingen zijn uitgevoerd met de vermelding van de bezetting en leeftijd van de aanwezige jongen (dagen) en vleeskonijnen (weken), de ventilatie (m<sup>3</sup>/uur) de gemiddelde binnen- en buitentemperatuur (T; [°C]) en relatieve luchtvochtigheid (RV; [%]) tijdens de metingen

Afdeling		Meting					
		1	2	3	4	5	6
Datum		24/11/08	16/02/09	11/5/09	13/07/09	05/10/09	16/11/09
Voedsters	Bezetting	634	563	412	390	494	505
	Leeftijd jongen	8	10 <sup>1)</sup>	10	31	31	28
	Ventilatie	1516	1545	3592	9192	5383	3004
	T	19,3	20,2	19,8	23,0	22,0	23,3
	RV	59,6	74,5	52,5	60,0	67,0	67,4
Vleeskonijnen	Bezetting	3507	3435	2995	2790	2620	3800
	Leeftijd konijnen	6	7	7	10	10	10
	Ventilatie	2578	4609	4051	14044	5654	6840
	T	18,8	19,7	19,2	23,8	20,5	21,6
	RV	67,7	65,7	56,3	63,2	73,3	61,3
Buiten	T	6,7	7,2	11,9 <sup>2)</sup>	18,9 <sup>2)</sup>	12,8	11,8
	RV	63,2	93,7	65,7 <sup>2)</sup>	72,9 <sup>2)</sup>	99,6	95,0

<sup>1)</sup> 445 voedsters met jongen van 10 dagen oud plus 118 vleeskonijnen van 10 weken oud

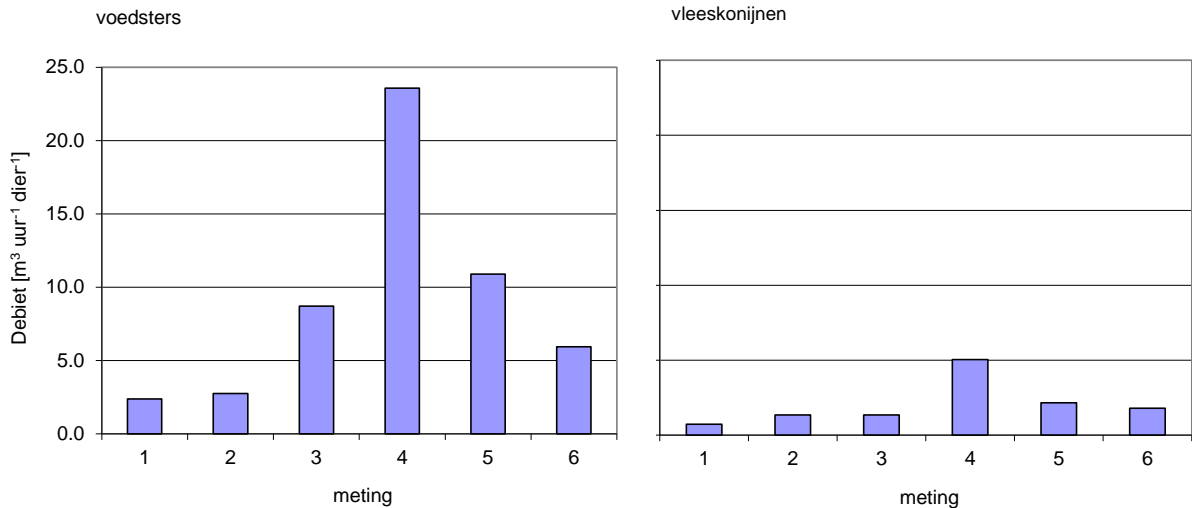
<sup>2)</sup> Door een storing van de meetapparatuur zijn de vermelde data afkomstig van het meteostation Gilze-Rijen

De metingen zijn redelijk verspreid over het jaar genomen met een gemiddeld dagnummer in het jaar van 217 (gemiddeld dagnummer van een jaar is 183). De nadruk van de metingen lag iets meer in het najaar dan in het voorjaar. Bij de vleeskonijnen zijn driemaal metingen verricht bij een leeftijd van ca 7 weken en driemaal bij een leeftijd van 10 weken. De vleeskonijnen zijn circa 35 dagen na de geboorte gespeend. De leeftijd van de jongen bij de voedsters varieerde rond 10 dagen (3x) en rond 30 dagen (3x). De gemiddelde buitentemperatuur op de dagen waarop is gemeten (11,6 °C) is iets hoger dan het langjarige gemiddelde in Nederland (10,1 °C).

In de komende paragrafen wordt naast de gemeten ventilatie, de berekende emissies gepresenteerd. De gemeten concentraties van de in- en uitgaande lucht van beide afdelingen staan vermeld in Bijlage 5.

#### 3.2 Ventilatiedebiet

In Figuur 3 zijn de gemeten ventilatiedebieten in de afdelingen bij de voedsters en vleeskonijnen tijdens de 6 meetdagen weergegeven.

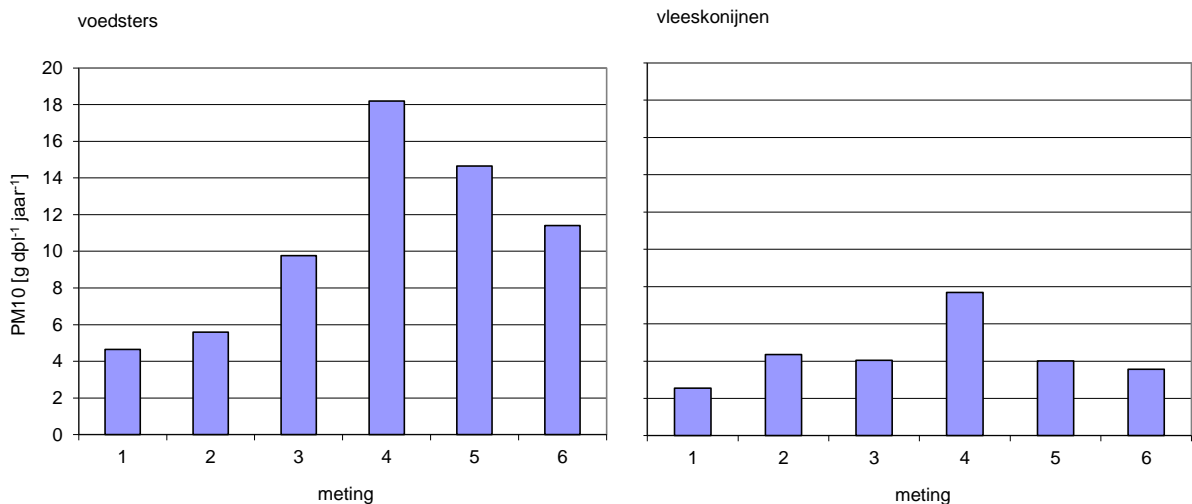


**Figuur 3** Gemiddelde ventilatiedebieten tijdens de verschillende meetdagen voor de voedsters en de vleeskonijnen.

Uit de figuren blijkt dat het ventilatiedebiet een seizoenspatroon vertoont dat gekoppeld is aan de buitentemperatuur. Dit geeft hogere ventilatiedebieten tijdens de warme maanden, en lagere debieten tijdens de koude maanden. Het gemiddelde debiet is 9,0 m<sup>3</sup>/uur per voedster en 2,1 m<sup>3</sup>/uur per vleeskonijn.

### 3.3 PM10 emissie

In Figuur 4 wordt de PM10 emissie op de verschillende meetdagen voor de afdelingen met voedsters en vleeskonijnen weergegeven.



**Figuur 4** Gemiddelde PM10 emissie op de verschillende meetdagen voor de voedsters en de vleeskonijnen

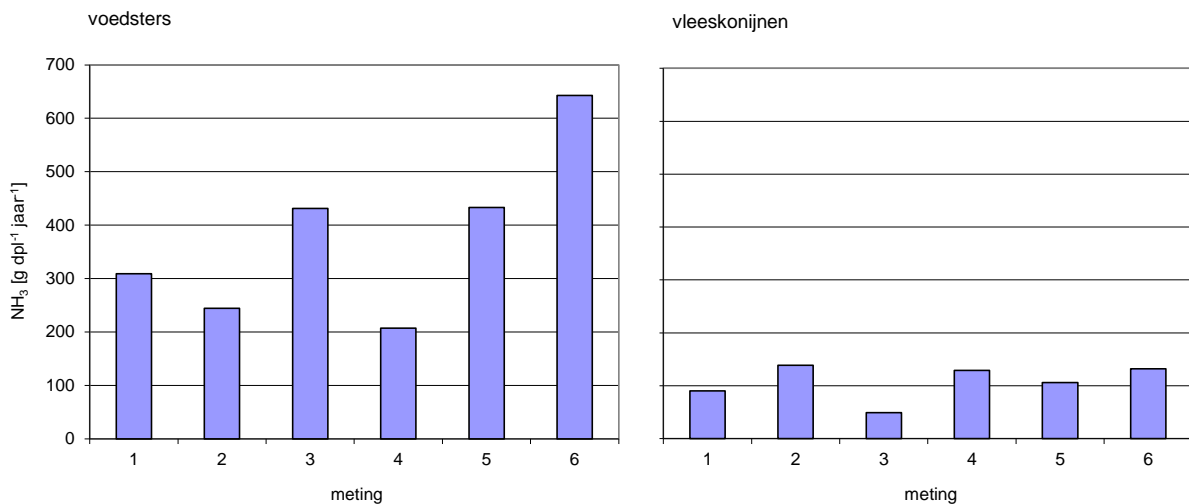
Uit deze figuur blijkt dat de PM10 emissie met name bij de voedsters behoorlijk varieert. Dit emissiepatroon is gekoppeld aan het ventilatiedebiet, dat op zijn beurt beïnvloed wordt door de buitentemperatuur. Op basis van deze gegevens is een jaaremissie berekend voor PM10 per dierplaats van 10,7 ±5,21 g/jaar voor de voedsters en 4,36 ±1,74 g/jaar voor de vleeskonijnen (niet gecorrigeerd voor leegstand). Bij een leegstand van 15% bij de vleeskonijnen komt de PM10-emissie op 3,7 g/jaar per opgelegd konijn.

### 3.4 PM2,5 emissie

De gemeten stal- en buitenluchtconcentratie van PM2,5 zijn uitzonderlijk laag. Zowel binnen als buiten de stal varieert de concentratie bij zowel de voedsters als vleeskonijnen tussen 0,005 en 0,009 mg/m<sup>3</sup>. Door het minimale concentratieverschil binnen en buiten de stal is geen nauwkeurige emissie te berekenen. Ter vergelijking: de gemiddeld gemeten PM10 concentraties is 0,2 (voedsters) en 0,3 mg/m<sup>3</sup> (vleeskonijnen), bij een gemiddelde buitenluchtconcentratie van 0,017 mg/m<sup>3</sup>.

### 3.5 Ammoniakemissie

In Figuur 5 wordt de ammoniakemissie op de verschillende meetdagen uit de afdelingen met voedsters en vleeskonijnen weergegeven.



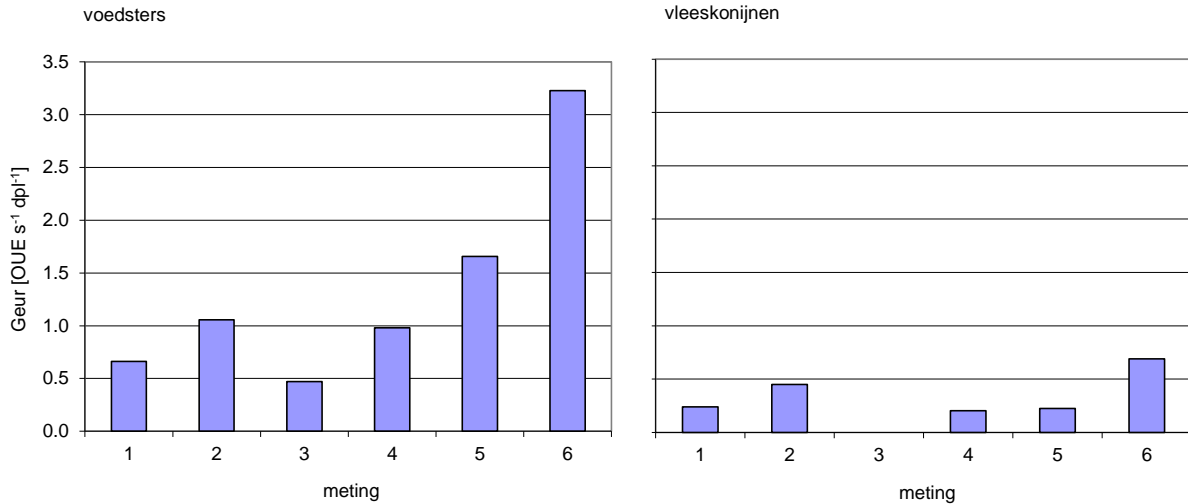
**Figuur 5** Gemiddelde ammoniakemissies op de verschillende meetdagen voor de voedsters en de vleeskonijnen

Uit deze figuur blijkt dat de ammoniakemissie niet een seizoenspatroon volgt. Bij de voedsters wordt de laagste emissie gemeten tijdens de vierde meting terwijl de buitenluchttemperatuur tijdens die periode met 18,9 °C het hoogst is.

Op basis van deze gegevens is een jaaremissie berekend voor ammoniak per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van 378 ±160 g/jaar voor de voedsters, en van 107 ±30 g/jaar voor de vleeskonijnen. Bij een leegstand van 15% bij de vleeskonijnen komt de ammoniakemissie op 91 g/jaar per opgelegd konijn.

### 3.6 Geuremissie

In Figuur 6 wordt de geuremissie op de verschillende meetdagen voor de voedsters en vleeskonijnen weergegeven.



**Figuur 6** Gemiddelde geuremissies op de verschillende meetdagen voor de voedsters en de vleeskonijnen

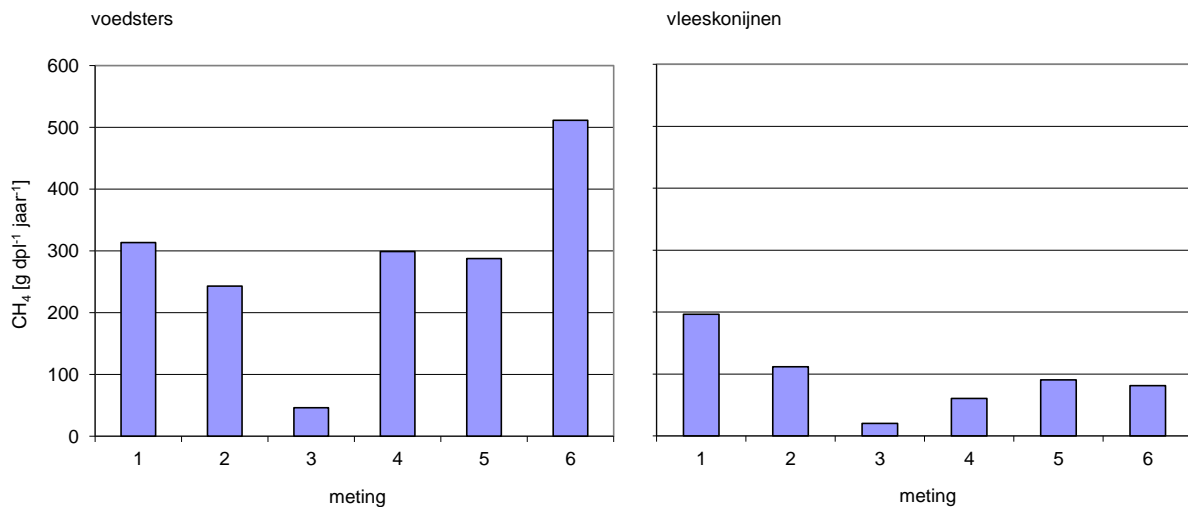
Tijdens de analyse van het monster van de derde meting van de vleeskonijnen is een technische storing opgetreden waarbij het monster verloren is gegaan.

Bij de voedsters neemt de geuremissie bij de laatste 4 metingen toe. Mogelijk is de leeftijd van de jongen bij de voedsters hier van belang. Tijdens de laatste 3 metingen is deze leeftijd circa 3 weken hoger dan tijdens de eerste 3 metingen. De vleeskonijnen zijn de laatste 3 metingen ook enkele weken ouder maar hier heeft het blijkbaar geen effect op de geuremissie.

Op basis van deze gegevens is een geuremissie op jaarbasis berekend per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van  $1,34 \pm 1,0$  OU<sub>E</sub>/s voor de voedsters, en van  $0,36 \pm 0,21$  OU<sub>E</sub>/s voor de vleeskonijnen.

### 3.7 Methaanemissie

In Figuur 7 wordt de methaanemissie op de verschillende meetdagen voor de voedsters en vleeskonijnen weergegeven.



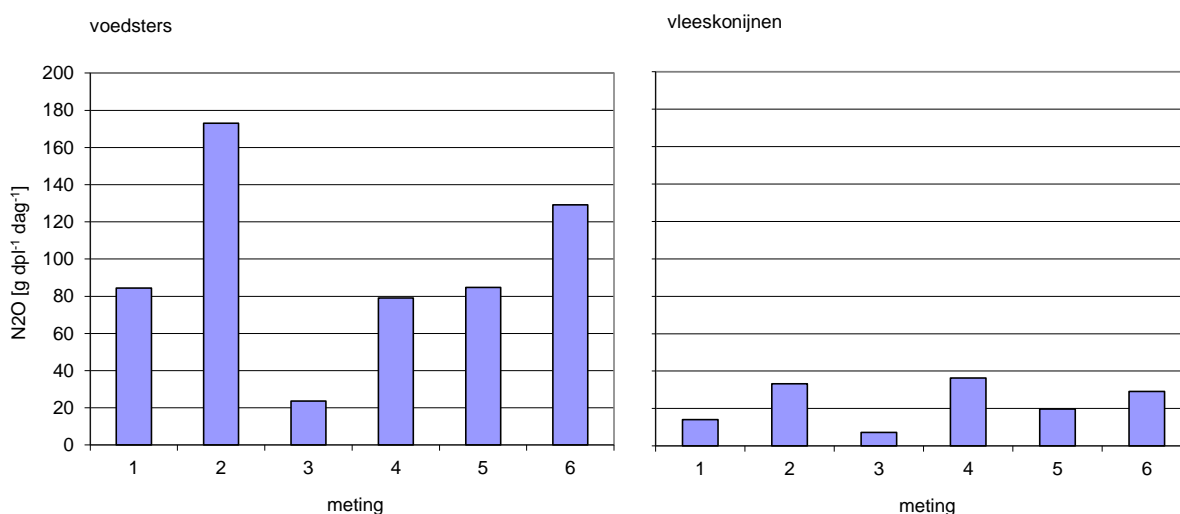
**Figuur 7** Gemiddelde methaanemissies op de verschillende meetdagen voor de voedsters en de vleeskonijnen

Uit deze figuur blijkt dat de methaanemissie over het jaar zowel bij de voedsters als vleeskonijnen een zeer grote spreiding te zien geeft. Opmerkelijk is de derde meting bij beide diergroepen die een zeer lage waarde heeft. Methaan komt vooral vrij bij de omzetting van organisch materiaal uit de mestopslag. Tijdens de metingen zijn de mestopslagen niet leeg gemaakt.

Op basis van deze gegevens is een gemiddelde emissie berekend voor methaan per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van  $283 \pm 149$  g/jaar voor de voedsters, en van  $94 \pm 59$  g/jaar per vleeskonijn.

### 3.8 Lachgasemissie

In Figuur 8 wordt de lachgasemissie op de verschillende meetdagen voor de voedsters en vleeskonijnen weergegeven.



**Figuur 8** Gemiddelde lachgasemissies op de verschillende meetdagen voor de voedsters en vleeskonijnen

Uit deze figuren blijkt dat ook de lachgasemissie een zeer grote spreiding in meetresultaten laat zien, zowel bij de voedsters als vleeskonijnen.

Op basis van deze gegevens komt voor de voedsters de jaaremmissie op  $96 \pm 50,6$  g/jaar en voor de vleeskonijnen op  $23 \pm 11,5$  g/jaar.



## 4 Discussie

In het hoofdstuk resultaten zijn de verschillende emissies op jaarbasis berekend zonder correctie voor leegstand. De KWIN (2010) geeft voor konijnen geen waarde voor de leegstand. Op het bedrijf waar het onderzoek werd uitgevoerd waren de afdelingen iedere 12 weken, 4 dagen leeg. Dit betekent een leegstand van 5%. Groenestein en Aarnink (2008) geven in hun notitie over leegstand ten behoeve van het berekenen van een emissiefactor van een stal, onderbezettingsfactoren aan van 0% voor voedsters en 15% voor vleeskonijnen. Dezelfde notitie legt uit dat de productie van methaan en lachgas uit mest gewoon doorgaat wanneer mest in de stal blijft, ongeacht de aanwezigheid van dieren. Dit rechtvaardigt voor deze gassen een leegstand van 0%.

De ammoniakemissie bij de voedsters en vleeskonijnen kan worden vergeleken met de corresponderende waarden in de Regeling ammoniak en veehouderij (InfoMil, 2010, Rav). In de Regeling geur en veehouderij (InfoMil, 2009, Rgv) zijn voor konijnenstallen nog geen emissiefactoren opgenomen. Ook van fijnstof en de broeikasgassen methaan en lachgas zijn nog geen emissiefactoren bekend.

In Tabel 5a zijn de resultaten vermeld bij leegstandpercentages bij voedsters van 0% (volgens protocol) en 5% (volgens realiteit). De ammoniakemissiefactor voor voedsters is in de rechtse kolom vermeld.

**Tabel 5a** Emissies van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas voor de afdeling met voedsters, uitgedrukt per dierplaats; onderscheiden naar meetwaarden met en zonder leegstandcorrectie voor zover vereist volgens meetprotocol; en de NH<sub>3</sub> emissiefactor (Rav)

Emissie	Huidige metingen (0% leegstand)	Huidige metingen (5% leegstand)	Gehanteerde emissiefactor
PM10 (g/jaar)	10,71 ±5,2	10,18 ±5,0	-
PM2,5 (g/jaar)	-	-	-
Ammoniak (g/jaar)	378 ±160	359 ±152	1200
Geur (OU <sub>E</sub> /s)	1,34 ±1,0	1,28 ±0,96	-
Methaan (g/jaar)	283 ±149	269 ±142	-
Lachgas (g/jaar)	96 ±51	91 ±48	-

Bij 0% leegstand is ammoniakemissie bij voedsters 68,5% lager dan de emissiefactor. Indien een leegstand van 5% wordt gehanteerd dan is de gemiddelde ammoniakemissie 70% lager.

In Tabel 5b zijn de gemeten emissies bij de vleeskonijnen berekend bij leegstandpercentages van respectievelijk 0%, 5% (realiteit) en 15% (protocol). In de rechter kolom is de ammoniakemissiefactor voor vleeskonijnen vermeld.

**Tabel 5b** Emissies van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas voor de afdeling met vleeskonijnen, uitgedrukt per opgelegd konijn; onderscheiden naar meetwaarden met en zonder leegstandcorrectie voor zover vereist volgens meetprotocol; en de NH<sub>3</sub> emissiefactor (Rav)

Emissie	Huidige metingen (0% leegstand)	Huidige metingen (5% leegstand)	Huidige metingen (15% leegstand)	Gehanteerde emissiefactoren
PM10 (g/jaar)	4,4 ±1,74	4,2 ±1,66	3,7 ±1,48	-
PM2,5 (g/jaar)	-	-	-	-
Ammoniak (g/jaar)	107 ±34	102 ±32	91 ±29	200
Geur (OU <sub>E</sub> /s)	0,36 ±0,21	0,34 ±0,20	0,31 ±0,18	-
Methaan (g/jaar)	94 ±59,2	89 ± 56,2	80 ± 50,3	-
Lachgas (g/jaar)	23 ±11,5	22 ±10,9	20 ±9,8	-

Bij een leegstandpercentage van 15% is de gemeten ammoniakemissie bij de vleeskonijnen 54,5% lager dan de emissiefactor voor deze dieren. Bij 0% en 5% leegstand is de emissie respectievelijk 46,5 en 49% lager.

In het verleden zijn enkele onderzoeken uitgevoerd naar de gasvormige emissies uit konijnenstallen. Ten opzichte van de welzijnshokken waren de hokken vaak gedateerd met minder ruimte. Ondanks

deze verschillen is het interessant om de resultaten met elkaar te vergelijken. In Tabel 6 is een overzicht gegeven van eerdere emissiemetingen bij konijnen.

**Tabel 6**

Publicatie	Huisvesting	Diergroep	Ventilatie m <sup>3</sup> /uur/dier	NH <sub>3</sub> g/jr/dier	Geur OU <sub>E</sub> /s/dier
Montsma en Groenestein, 1993	hokken en mestband, onderafzuiging	voedsters	-	3700	-
		vleeskonijnen	-	-	-
		voedsters	-	2650	-
		vleeskonijnen	-	185	-
Hol e.a., 2004	hokken en mestband regelmatige afvoer	voedsters	8,9	775	0,98
		vleeskonijnen	3,6	123	0,25
		voedsters	33,0	490	
Calvet e.a., 2010	hokken en dieppit	vleeskonijnen	5,7	90	

Montsma en Groenestein (1993) hebben metingen uitgevoerd in een stal met mestbanden en onderafzuiging en in een conventionele stal met hokken en mestopslag onder de hokken. In beide stallen was de ammoniakemissie bij de voedster behoorlijk hoog. Ook bij de vleeskonijnen in de conventionele stal was de ammoniakemissie hoger dan de emissiefactor.

Hol e.a. (2004) hebben onder andere geuronderzoek gedaan in een konijnenstal met een mestband onder de hokken. De urine kon wegstromen naar een gierput en de mest werd bij de voedsters 4x per jaar afgevoerd en bij de vleeskonijnen na iedere mestronde. Bij beide diergroepen werd 8 maal de geuremissie gemeten. De gemiddeld gemeten waarde was bij de voedsters 0,98 en bij de vleeskonijnen 0,25 OU<sub>E</sub>/s. Gezien de grote spreidingen tussen de metingen komen deze resultaten redelijk overeen met de gemeten geuremissies bij konijnen in welzijnshokken. In dezelfde stal was de ammoniakemissie 775 g/dierplaats per jaar bij de voedsters en 123 g/dierplaats per jaar bij de vleeskonijnen, hoger dan in de konijnenstal met welzijnshokken.

Een onderzoek in Spanje van Calvet et al. (2010) werd uitgevoerd op drie konijnenbedrijven waar continu werd gemeten gedurende 187 dagen bij zowel voedsters als vleeskonijnen. De konijnen werden gehuisvest in hokken met daaronder een mestopslag voor 2 á 4 maanden. Informatie over de hokken is niet bekend. De ammoniakemissie komt redelijk overeen met de metingen bij de welzijnshokken. De gemeten ventilatie was wel veel hoger maar dat zal veroorzaakt zijn door de hogere buitentemperaturen in Zuid-Europa. Bij dit onderzoek zijn ook metingen uitgevoerd naar de emissie van methaan en lachgas. De concentraties van methaan lagen bij de detectielimiet van het meetinstrument waardoor geen emissies konden worden berekend. Bij de voedsters werd een lachgasemissie gemeten van 90 gram/dierplaats/jaar dat overeenkomt met de 95 gram/dierplaats/jaar uit de afdeling met welzijnshokken. Men vond geen emissie van lachgas bij de vleeskonijnen. Waarschijnlijk was de stalconcentratie gelijk aan de buitenluchtconcentratie.

Het is niet mogelijk om op basis van vijf of zes metingen aan één systeem op één locatie, het huisvestings-systeem voldoende nauwkeurig te karakteriseren ten aanzien van emissies. Het aantal metingen is hiervoor niet toereikend. Het meetprotocol, dat 6 metingen op 4 locaties voorschrijft, is dusdanig opgezet dat alle metingen van de vier locaties (circa 24) nodig zijn om een voldoende nauwkeurige emissiefactor vast te stellen voor een stalsysteem.

## 5 Conclusies

Op basis van dit onderzoek zijn in de afdeling met voedsters de volgende emissies bepaald, waarbij is gecorrigeerd voor 0% leegstand:

- PM10 emissie: 10,7 g/jaar per dierplaats
- PM2,5 emissie: niet waargenomen
- Ammoniakemissie: 378 g/jaar per dierplaats
- Geuremissie: 1,34 OUE/s per dierplaats
- Methaanemissie: 283 g/dag per dierplaats
- Lachgasemissie: 96 g/dag per dierplaats

Bij de vleeskonijnen werden de volgende emissie bepaald waarbij is gecorrigeerd voor 15% leegstand:

- PM10 emissie: 3,7 g/jaar per dier
- PM2,5 emissie: niet waargenomen
- Ammoniakemissie: 91 g/jaar per dier
- Geuremissie: 0,36 OUE/s per dier (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Methaanemissie: 94 g/dag per dier (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Lachgasemissie: 23 g/dag per dier (niet gecorrigeerd voor leegstand)

De gemeten ammoniakemissies kan vergeleken worden met de emissiefactoren zoals ze vermeld staan in de Regeling ammoniak en veehouderij. Bij de hoofdcategorie konijnen staat vermeld:

1.2 Diercategorie Voedsters, overige systemen, emissie NH<sub>3</sub>: 1200 g NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar

2.2 Diercategorie Vleeskonijnen, overige systemen, emissie NH<sub>3</sub>: 200 g NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar.

Indien de voorgeschreven leegstand percentages (voedsters 0% en vleeskonijnen 15%) worden aangehouden, dan is de gemeten ammoniakemissie bij de voedsters 68,5% lager dan de emissiefactor. Bij de vleeskonijnen komt de gemiddeld gemeten ammoniakemissie met 15% leegstand op 91 g per jaar per opgelegd dier. Ten opzichte van de emissiefactor (200 g per jaar per dier) is dit 54,5% lager.

Voor fijnstof, geur en de broeikasgassen methaan en lachgas zijn voor de diercategorie konijnen nog geen emissiefactoren beschikbaar; niet voor traditionele huisvesting en ook niet voor het huisvestingssysteem welzijnshokken met mestopslag

Volgens voorschrift zijn over een jaar zes 24-uursmetingen uitgevoerd. Met uitzondering van zeer fijnstof (PM2,5) dan niet kon worden waargenomen, gaven de resultaten van de overige metingen hoge spreidingen te zien. Het meetprotocol geeft aan dat voor het vaststellen van een emissiefactor voor nieuwe systemen, metingen op 4 locaties nodig zijn. Dit vooral om variaties tussen bedrijven en toeval variaties te middelen. Voor het systeem welzijnshokken met mestopslag zouden aldus nog metingen op drie andere bedrijven moeten worden uitgevoerd.

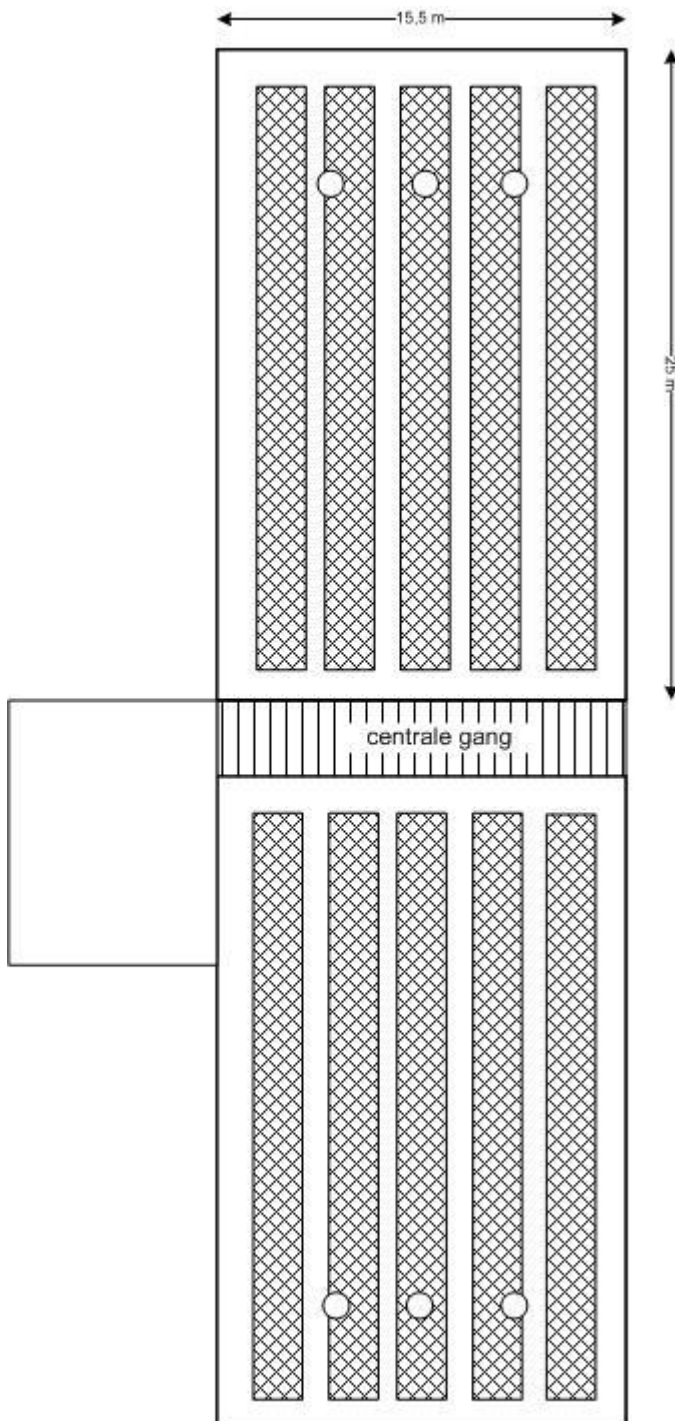
## Literatuur

- Calvet, S., M. Cambra-López, F. Estellés and A.G. Torres. 2010. Characterization of the indoor environment and gas emissions in three rabbit farms. This work is currently being reviewed for publication in the journal "Animal". Institute of Animal Science and Technology, Universidad Politécnica de Valencia, Spain
- CEN standard 13725. 2003. Air quality - determination of odour concentration by dynamic olfactometry, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Chardon, W. J., and 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.; K. Sällvik).
- Groenestein, C.M., en A.J.A. Aarnink. 2008. Notitie over leegstand ten behoeve van het berekenen van een emissiefactor van een stal. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- 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.
- Groot Koerkamp, P. W. G., G. H. Uenk, and H. Drost. 1996. De uitstoot van respirabelstof door de Nederlandse veehouderij. Rapport 96-10, Instituut voor Milieu- en Agritechniek.
- 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.
- Hol, J.M.G., A. Scheer and N.W.M. Ogink. 2004. Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LX: Stal voor voedsters en vleeskonijnen. Rapport 219, Wageningen.
- InfoMil. 2010. Regeling ammoniak en veehouderij. <http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak-en/regeling-ammoniak/>
- InfoMil. 2009. Regeling geur en veehouderij. Rgv. <http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/geur-en/menu/nieuws/wijziging-regeling/>
- Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2009-2010. Praktijkboek ISSN 1570-8594. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- Montsma, H. en C.M. Groenestein. 1993. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen VII: konijnenstal met mestscheiding, frekwente mestverwijdering en luchtafzuiging boven de giergoot. DLO rapport 93-1002, Wageningen.
- Mosquera, J., Hofschreuder, P., Erisman, J.W., Mulder, E., van 't Klooster, C.E., Ogink, N., Swierstra, D. en Verdoes, N. (2002). Meetmethode gasvormige emissies uit de veehouderij. IMAG rapport 2002-12.
- 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.
- Mosquera, J., A. Winkel, R.K. F. Dousma, E. Lovink, N.W.M Ogink en A.J.A. Aarnink. 2009. Fijnstof uit stallen: leghennen in scharrelhuisvesting. Rapport 279. Livestock Research, Wageningen.
- Mosquera, J., A. Winkel, R.K. Kwikkel, F.A. Gerrits, N.W.M Ogink en A.J.A. Aarnink. 2009. Fijnstof uit stallen: vleeskalkoenen. Rapport 277. Livestock Research, 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, and 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.
- Productschap Pluimvee en Eieren (PPE). 2006. Verordening welzijnswaarden konijnen (PPE) 2006. Pdf te downloaden via; <http://www.pve.nl/pve?waxtrapp=rxFsHsuOpbPREcBVLgB&context=ofMsHsuOpbPREaB/>

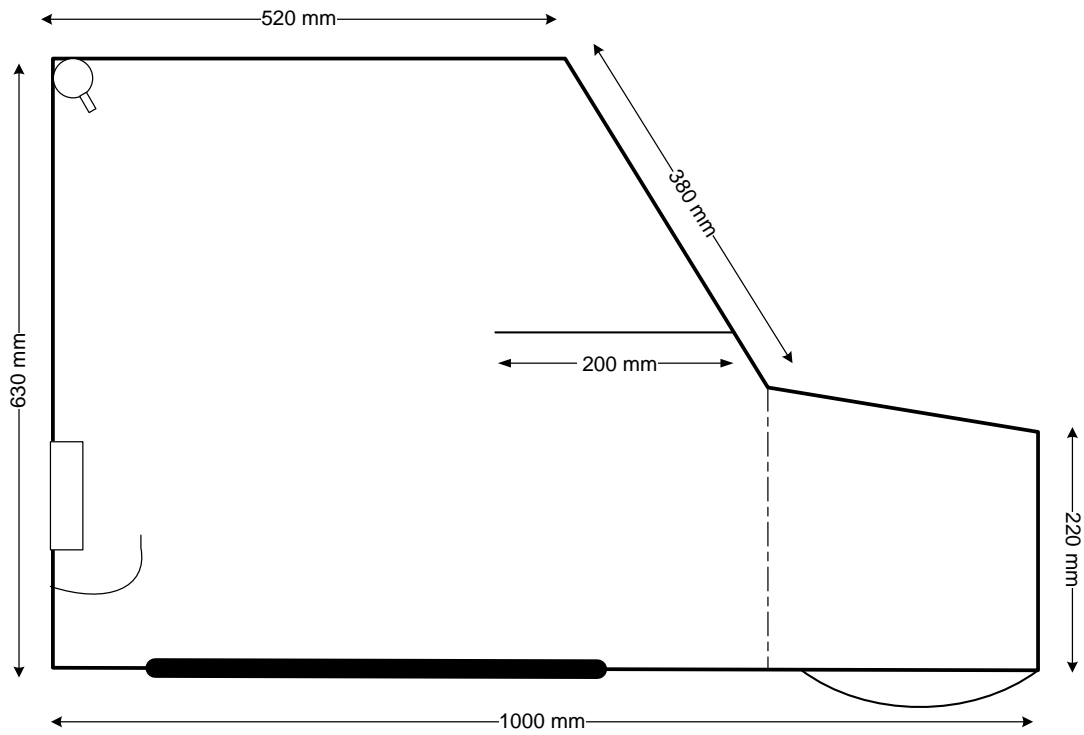
- Scholtens, R. en C.E. van 't Klooster. Meetventilator. In: Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniak- problematiek in de veehouderij 16 (eds E.N.J. van Ouwerkerk), pp. 59-62. DLO, Wageningen.
- Winkel, A., J. Mosquera, R.K. Kwikkel, F.A. Gerrits, N.W.M Ogink en A.J.A. Aarnink. 2009. Fijnstof uit stallen: vleeskuikens. Rapport 275. Livestock Research, Wageningen.
- Winkel, A., J. Mosquera, J.M.G. Hol, G.M. Nijeboer, N.W.M Ogink en A.J.A. Aarnink. 2009. Fijnstof uit stallen: leghennen in volièrehuisvesting. Rapport 278. Livestock Research, Wageningen.
- Winkel, A., J. Mosquera, R.K. Kwikkel, F.A. Gerrits, N.W.M Ogink en A.J.A. Aarnink. 2009. Fijnstof uit stallen: vleeskuikens. Rapport 275. Livestock Research, Wageningen.
- Wintjens, Y. 1993. Gaswasfles. In: Meetmethoden NH<sub>3</sub>-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, submitted.

## Bijlagen

### Bijlage 1 Plattegrond van de afdelingen



**Bijlage 2 Schets van een welzijnshok**



**Bijlage 3 Foto's van de hokken**



Hok met vooraan een afsluitbare nestkast en bovenaan een plateau voor de voedsters



Hok met in het midden een deel alternatieve vloer, rechtsachter de voerbak en linksboven de drinknippel



**Bijlage 4 Foto's van de stalinrichting**



Hokken boven de mestopslagen met rechts enkele voedsters op het plateau



Mestopslagen onder de hokken, boven is het gaatjes-plafond zichtbaar met achterin één van de drie ventilatiekokers

**Bijlage 5 Gemeten concentraties fijnstof (PM2,5 en PM10), NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O in de in- en uitgaande lucht van de afdelingen met voedsters en vleeskonijnen**

	Meting	1	2	3	4	5	6
PM10 uitgaand voedsters	(mg/m <sup>3</sup> )	0,211	0,243	0,195	0,140	0,193	0,262
PM10 uitgaand vleeskonijnen	(mg/m <sup>3</sup> )	0,410	0,382	0,362	0,188	0,231	0,245
PM10 ingaand	(mg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,012	0,022	0,014	0,019	0,019
PM2,5 uitgaand voedsters	(mg/m <sup>3</sup> )	0,007	0,006	0,008	0,001	0,007	0,006
PM2,5 uitgaand vleeskonijnen	(mg/m <sup>3</sup> )	0,006	0,006	0,004	0,004	0,006	0,007
PM2,5 ingaand	(mg/m <sup>3</sup> )	0,011	0,009	0,006	0,008	0,011	0,009
NH <sub>3</sub> uitgaand voedsters	(mg/m <sup>3</sup> )	13,26	10,30	7,75	1,50	5,24	13,80
NH <sub>3</sub> uitgaand vleeskonijnen	(mg/m <sup>3</sup> )	14,29	12,00	4,20	2,99	5,71	8,46
NH <sub>3</sub> ingaand	(mg/m <sup>3</sup> )	0,23	0,19	0,07	0,06	0,09	0,11
CH <sub>4</sub> uitgaand voedsters	(mg/m <sup>3</sup> )	14,74	11,70	2,17	3,61	5,08	13,20
CH <sub>4</sub> uitgaand vleeskonijnen	(mg/m <sup>3</sup> )	32,03	11,15	3,06	2,91	6,45	7,47
CH <sub>4</sub> ingaand	(mg/m <sup>3</sup> )	1,51	1,65	1,35	1,53	1,67	2,31
N <sub>2</sub> O uitgaand voedsters	(mg/m <sup>3</sup> )	4,14	7,73	1,06	1,08	1,57	3,26
N <sub>2</sub> O uitgaand vleeskonijnen	(mg/m <sup>3</sup> )	2,78	3,39	1,25	1,36	1,61	2,37
N <sub>2</sub> O ingaand	(mg/m <sup>3</sup> )	0,58	0,56	0,64	0,53	0,57	0,51



Wageningen UR Livestock Research

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

E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl) | [www.livestockresearch.wur.nl](http://www.livestockresearch.wur.nl)