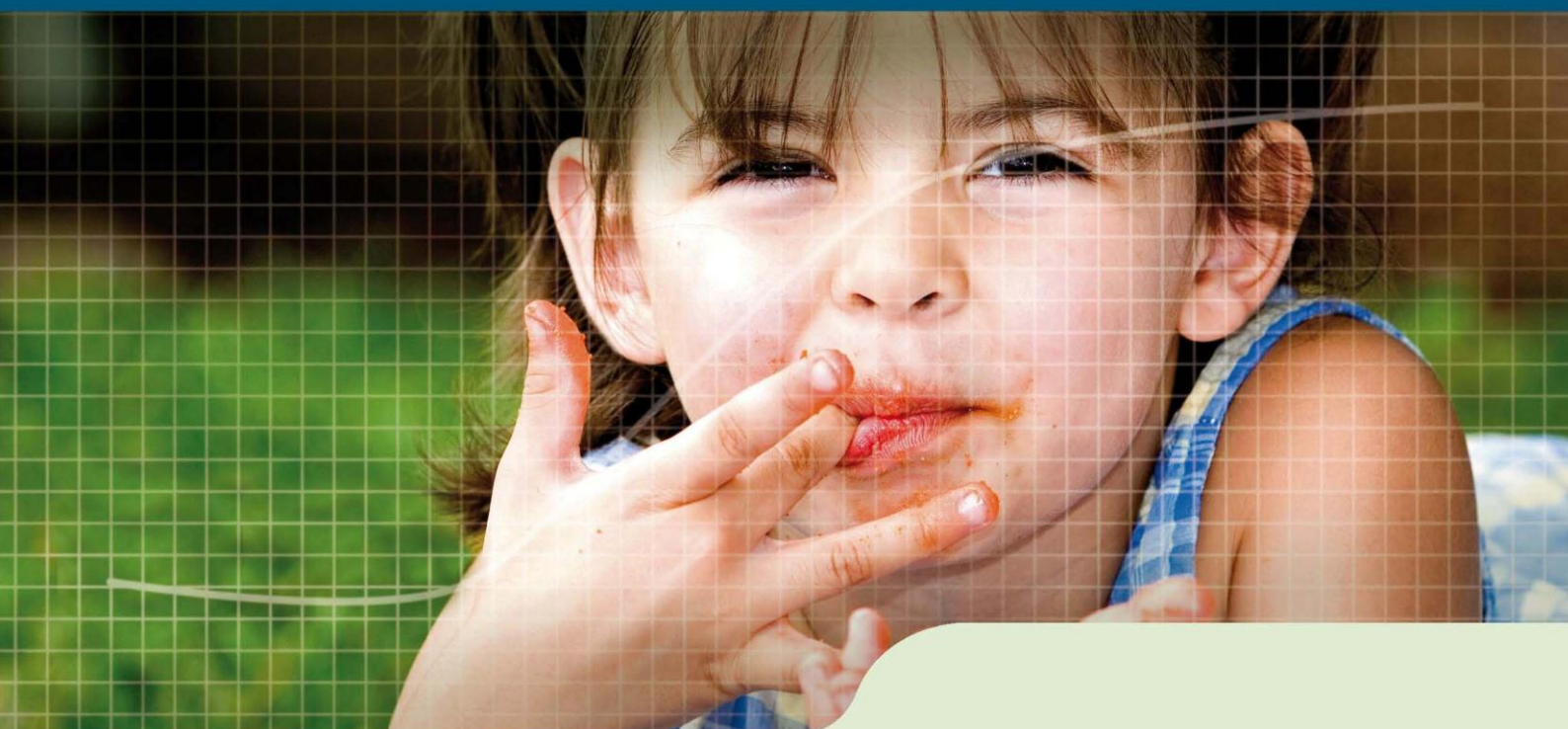


Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 712

Emissies van stof en ziektekiemen uit melkgeitenstallen; aanvullende metingen

Emissions of dust and pathogens from goat houses: additional measurements

Maart 2014



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, 2014

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen hiervan te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

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).



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 gedeponereerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

Emissions of dust, pathogens and gases have been measured in two goat houses during the summer and autumn. *Coxiella burnetii*, the bacteria responsible for Q-fever, could be detected in a number of dust samples.

Keywords

Dust, bacteria, Q-fever, *Coxiella burnetii*, ammonia, odour, methane, nitrous oxide

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

A.J.A. Aarnink
H.I.J. Roest
J.W.H. Huis in 't Veld
M.C. van der Hulst
J.M.G. Hol
J. Mosquera
N.W.M. Ogink

Titel

Emissies van stof en ziektekiemen uit melkgeitenstallen; aanvullende metingen; aanvullende metingen

Rapport 712

Samenvatting

De emissies van stof, (ziekte)kiemen en gassen zijn gemeten in twee geitenstallen gedurende de zomer en herfst. *Coxiella burnetii*, de veroorzaker van Q-koorts kon in een aantal stofmonsters worden aangetoond.

Trefwoorden

Stof, bacteriën, Q-koorts, *Coxiella burnetii*, ammoniak, geur, methaan, lachgas



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Rapport 712

Emissies van stof en ziektekiemen uit melkgeitenstallen; aanvullende metingen

A.J.A. Aarnink

H.I.J. Roest

J.W.H. Huis in 't Veld

M.C. van der Hulst

J.M.G. Hol

J. Mosquera

N.W.M. Ogink

Maart 2014

Voorwoord

Over de uitstoot uit stallen van ziektekiemen gebonden aan stofdeeltjes via de ventilatielucht is nog weinig bekend. Het vergaren van kennis middels het verrichten van emissieonderzoek aan stallen in de praktijk is hierbij essentieel. Hiermee wordt bijgedragen aan een op feiten gebaseerde beoordeling van de risico's van kiemenuitstoot op mens en dier in de omgeving. Op basis van deze informatie en kennis van de bedrijfssystemen kan, waar nodig, gewerkt worden aan technische maatregelen ter vermindering van omgevingsrisico's. De behoefte aan kennis op dit gebied wordt met name gevoeld in relatie tot de huidige Q-koortsproblematiek en de rol die de melkgeitenhouderij hierin speelt.

Dit rapport beschrijft aanvullende metingen op onderzoek dat reeds eerder is gerapporteerd in Aarnink et al. (2012) met metingen in het najaar en het voorjaar. De aanvullende metingen zijn in de zomer en de herfst gedaan. Met deze aanvullende metingen wordt gedurende deze seizoenen inzicht verkregen in de uitstoot van stof en ziektekiemen uit representatieve geitenstallen. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken. Onze dank gaat uit naar de betrokken melkgeitenhouders voor het beschikbaar stellen van hun stallen en hun verdere medewerking, en naar alle betrokken onderzoekmedewerkers voor hun inzet.

Nico Ogink

Programmaleider
Wageningen UR Livestock Research

Samenvatting

De directe aanleiding voor het onderzoek aan melkgeitenstallen vormde de Q-koortsproblematiek. Vanuit verschillende zijden is gesuggereerd dat de Q-koortsproblematiek in de geitenhouderij mogelijk samenhangt met verwaaiing van stofgebonden ziektekiemen uit de huidige grote en open stallen. Er van uitgaande dat deze hypothese juist is, zou de verspreiding van de Q-koorts bacterie kunnen worden tegengegaan door de stofuitstoot uit deze stallen te beperken.

Dit rapport beschrijft de resultaten van onderzoek aan twee melkgeitenstallen. In een eerdere rapportage (Aarnink et al., 2012) zijn metingen uit de periode november 2010 tot maart 2011 op dezelfde geitenbedrijven gerapporteerd. In deze rapportage worden aanvullende metingen in de tussenperiode (juni – oktober) gerapporteerd. Hierbij wordt een volledig overzicht verkregen van gasvormige en stof-concentraties en -emissies van geitenstallen gedurende de verschillende seizoenen van het jaar.

Op de twee geitenbedrijven zijn metingen gedaan om het volgende in beeld te brengen:

- De emissie van verschillende stoffracties (PM10, PM2,5 en PMtotaal).
- Gasvormige emissies van ammoniak, geur en broeikasgassen (methaan en lachgas).
- De aanwezigheid van (ziekte)kiemen in de lucht.

Naar aanleiding van de resultaten van de voorgaande metingen en op basis van aanbevelingen op basis van het hiervoor genoemde rapport, zijn tevens de volgende extra metingen uitgevoerd:

- Endotoxineconcentraties in de verschillende stoffracties (totaalstof, PM10 en PM2,5).
- Onderzoek naar de herkomst van *Coxiellaburnetii* (*C. burnetii*); hiertoe zijn monsters van verschillende potentiële bronnen geanalyseerd op *C. burnetii*.

In onderstaande tabel zijn de emissiewaarden van de huidige meetperiode, van de vorige meetperiode en het gemiddelde van alle waarnemingen weergegeven.

Tabel Gemiddelde emissies van totaalstof, PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas van de twee bemeten bedrijven met melkgeiten, uitgedrukt per dierplaats, in de huidige en de vorige meetperiode en de gemiddelden van alle waarnemingen.

Emissie ¹⁾	Waarde huidige metingen, periode juni - okt	Waarde vorige metingen, periode nov - maart	Waarde alle metingen
Totaalstof (g/dp per jaar)	272 ± 202	69 ± 56	137 ± 105
PM10 (g/dp per jaar)	95,1 ± 61,1	22,4 ± 14,7	46,7 ± 30,2
PM2,5 (g/dp per jaar)	3,1 ± 1,4	1,0 ± 0,02	1,7 ± 0,5
Ammoniak (kg/dp per jaar)	2,2 ± 0,4	2,3 ± 0,5	2,3 ± 0,4
Geur (OU _E /dp per s)	5,4 ± 0,8	4,8 ± 3,6	5,0 ± 2,7
Methaan (kg/dp per jaar)	9,8 ± 3,6	9,4 ± 0,9	9,6 ± 1,8
Lachgas (g/dp per jaar)	43,3 ± 26,4	167,9 ± 60,0	126 ± 49

¹⁾ dp = dierplaats

De volgende conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van de emissies gemeten in de huidige meetperiode (juni – oktober):

- Stofemissies voor alle stoffracties waren 3 tot 4 maal hoger gedurende de warme periode ten opzichte van de koude periode van het jaar (november – maart).
- Er werd een conversiefactor tussen totaalstof- en PM10-concentraties berekend van 0,32. Dit is gelijk aan de conversiefactor gevonden in de meetperiode november – maart. Het is echter lager dan de conversiefactor (0,45) die door Chardon en Van der Hoek (2002) is beschreven.
- Per gram stof zit er meer endotoxine in PM10 dan in totaal stof en PM2,5.
- De ammoniak-, geur- en methaanemissies zijn in de periode juni – oktober vergelijkbaar met die in de periode november – maart.
- De lachgasemissie was in de periode juni – oktober beduidend (een factor 4) lager dan in de periode november – maart.

De volgende conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van de emissies gemeten over het gehele jaar:

- De gemeten jaaremissie voor PM10 is ruim een factor 2 hoger dan het emissiecijfer gepubliceerd op www.infomil.nl (47 versus 19 g/dierplaats per jaar).
- De gemeten jaaremissie voor NH₃ is iets hoger dan het emissiecijfer gepubliceerd op www.infomil.nl (2,3 versus 1,9 kg/dierplaats per jaar).
- De gemeten jaaremissie voor geur is beduidend lager dan het emissiecijfer gepubliceerd op www.infomil.nl (5,0 versus 18,8 OUE/dierplaats per s).
- De gemeten jaaremissie voor methaan was hoger en de gemeten jaaremissie voor lachgas was lager dan gepubliceerde waarden (NIR2009; Maas et al., 2009).

De volgende conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van emissies van (ziekte)kiemen:

- *Staphylococcus*, *Escherichia coli* en *Salmonella* konden in geen enkele meting worden aangetoond in de uitgaande lucht van de bemeten geitenstallen.
- *Enterobacteriaceae* werden alleen aangetroffen in de monsters die genomen zijn met de OMNI.
- In dit onderzoek is *C. burnetii*, de veroorzaker van Q-koorts, in een aantal luchtmonsters aangetoond. *C. burnetii* kon vooral aangetoond worden via bemonsteringsmethoden met een lage detectielimiet, zoals de filtermethode voor totaalstof en PM10 en de bemonstering met de OMNI.

In de onderzochte geitenstallen komt *C. burnetii* veel voor in neergedwarreld stof. Het is aannemelijk dat deze kiemen afkomstig zijn uit de periode dat de geiten besmet waren met *C. burnetii*. Aangezien geitenstallen in principe nooit leeg staan, kunnen ze nooit helemaal schoongemaakt worden. Hierdoor kan het stof zich jarenlang ophopen. Dit 'besmette' stof kan een bron zijn van her-infectie van de geiten.

Summary

The direct motive of the study described in this report was the Q-fever problem. It is suggested that the Q-fever problem is connected to high emissions of airborne dust from the present large and open goat houses. When this hypothesis is correct, this gives an opportunity for solving this problem by reducing dust emission from these goat houses.

This study describes the results of a study conducted in two modern representative houses for milking goats on two different locations. In a previous report measurements were reported on the same goat farms in the period of November 2010 until March 2011. In this report additional measurements are described in the period June – October. By combining these reports a total overview is given of gaseous and dust emissions from goat houses during the different seasons of the year.

On the two goat farms measurements were done on:

- Emissions of different dust fractions (PM10, PM2.5 and PMtotal).
- Gaseous emissions of ammonia, odour and greenhouse gases (methane and nitrous oxide).
- The presence of (pathogenic) bacteria in the air.

Based on results and recommendations from the previous study, the following additional measurements have been done:

- Endotoxin concentrations in the different dust fractions (PM10, PM2.5 and PMtotal).
- Study on the source of *Coxiella burnetii* (*C. burnetii*). Samples have been taken of different potential sources of *C. burnetii*.

Based on the present measurements on two different farms for milking goats in the period June 2011 – October 2011 (two measurements per farm) the following emissions were calculated (recalculated to yearly emissions; mean emission \pm standard deviation between farms):

- Total dust emission: 272 ± 202 g/animal place per year
- PM10 emission: 95.1 ± 61.1 g/animal place per year
- PM2.5 emission: 3.1 ± 1.4 g/animal place per year
- Ammonia emission: 2.2 ± 0.4 kg/animal place per year
- Odour emission: 5.4 ± 0.8 OU_E/animal place per s
- Methane emission: 9.8 ± 3.6 kg/ animal place per year
- Nitrous oxide emission: 43.3 ± 26.4 g/ animal place per year

Together with the previous measurements on the same farm (total 6 measurements per farm) during all seasons of the year measurements have been done. Based on all these measurements the yearly emissions were as follows:

- Total dust emission: 137 ± 105 g/animal place per year
- PM10 emission: 46.7 ± 30.2 g/animal place per year
- PM2.5 emission: 1.7 ± 0.5 g/animal place per year
- Ammonia emission: 2.3 ± 0.4 kg/animal place per year
- Odour emission: 5.0 ± 2.7 OU_E/animal place per s
- Methane emission: 9.6 ± 1.8 kg/ animal place per year
- Nitrous oxide emission: 126 ± 49 g/ animal place per year

The following could be concluded from the emissions measured in the period June – October:

- Dust emissions of all fractions were 3 to 4 times higher during the warm period then during the cold period of the year (November – March).
- A conversion factor of 0.32 was calculated between total dust and PM10 concentrations. This equals the conversion factor found in the previous report. It is, however, lower than the conversion factor (0.45) determined by Chardon and Van der Hoek (2002).
- Per gram of dust more endotoxin is present in PM10 than in total dust and PM2.5.
- Ammonia, odour, and methane emissions in the period June – October are similar to the emissions measured in the period from November – March.
- Nitrous oxide emission was a lot lower in the period June – October compared with the period November – March.

The following could be concluded with respect to the emissions measured during the whole year:

- Measured yearly emissions for PM10 are more than a factor 2 higher than the emission figure published at www.infomil.nl (47 vs. 19 g/animal place per year).
- Measured yearly emission for ammonia is somewhat higher than the emission figure published at www.infomil.nl (2.3 vs. 1.9 kg/animal place per year).
- Measured yearly emission for odour is clearly lower than the emission figure published at www.infomil.nl (5.0 vs. 18.8 OUE/animal place per s).
- Measured yearly emission for methane was higher and for nitrous oxide it was lower than published values.

The following could be concluded from the emissions of (pathogenic) bacteria:

- *Staphylococcus*, *Escherichia coli*, and *Salmonella* could not be detected in any of the air samples.
- *Enterobacteriaceae* were only discovered in samples taken with the high volume sampler the OMNI.
- In this study *C. burnetii* could be detected in some of the air samples. *C. burnetii* could mainly be detected with sampling methods with a low detection limit, like the filter method for total dust and PM10 and the sampling with the OMNI.
- *C. burnetii* is largely present in sediment dust inside the goat house. It is likely to suppose that these pathogens are derived from the period the goats were infected with *C. burnetii*. While goat houses, in principle, are never totally empty, they cannot be fully cleaned. Therefore, dust can accumulate for year and years. This contaminated dust can be a source for re-infection of the goats.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Meetapparatuur en meetstrategie	2
2.1.1	Stofconcentratie	2
2.1.2	Deeltjesgrootteverdeling	4
2.1.3	Ziektekiemen.....	5
2.1.4	Potentiële bronnen van <i>Coxiella burnetii</i>	7
2.1.5	Endotoxinen	8
2.1.6	Ammoniakconcentratie	9
2.1.7	Geurconcentratie	9
2.1.8	Concentratie overige broeikasgassen	10
2.1.9	Ventilatie-debiet	10
2.1.10	Metingen temperatuur en RV.....	10
2.2	Verwerking gegevens.....	11
2.2.1	Emissies.....	11
2.2.2	Deeltjesgrootteverdeling	11
3	Resultaten	12
3.1	Meetomstandigheden.....	12
3.2	Stofemissie.....	13
3.3	Deeltjesgrootteverdeling	16
3.4	Ziektekiemen.....	18
3.5	Potentiële bronnen van <i>Coxiella burnetii</i>	20
3.6	Endotoxinen	20
3.7	Overige emissies.....	21
4	Discussie	23
5	Conclusies	27
	Literatuur	29
	Bijlagen	30
	Bijlage A Bedrijf 1.....	30
	Bijlage B Bedrijf 2.....	31
	Bijlage C Plattegrond van de stallen en overzicht van de meetpunten	33

1 Inleiding

Nederland heeft een aantal regio's met voor Europese begrippen zeer hoge vee-dichtheden. Vanaf de jaren zestig van de vorige eeuw heeft er een sterke groei plaatsgevonden in de zogenoemde intensieve veehouderij, in met name het Zuiden en Oosten van Nederland. In de loop der jaren is de voortdurende schaalvergroting in toenemende mate op gespannen voet komen te staan met eisen ten aanzien van ruimtelijke ordening, milieu en landschappelijke inpassing. Momenteel zijn de regionale reconstructieplannen in uitvoering. In veel regio's is sprake van publieke onrust over de effecten van de vestiging van veebedrijven op de gezondheid van omwonenden en op de leef-kwaliteit. De publieke zorg betreft met name de risico's van een verhoogde omgevingsbelasting als gevolg van de uitstoot van fijnstof en mogelijk daaraan gebonden ziektekiemen (bio-aerosolen) die overgedragen kunnen worden van dier naar mens (zoönosen). Hierbij worden verbanden gelegd met de MRSA-problematiek en de toename van Q-koorts.

De directe aanleiding voor het onderzoek aan melkgeitenstallen vormde de Q-koortsproblematiek. Vanuit verschillende zijden is gesuggereerd dat de huidige Q-koortsproblematiek in de geitenhouderij mogelijk samenhangt met verwaaiing van stofgebonden ziektekiemen uit de huidige grote en open stallen. Er van uitgaande dat deze hypothese juist is, zou de verspreiding van de Q-koorts bacterie kunnen worden tegengegaan door de stofuitstoot uit deze stallen te beperken.

Dit rapport beschrijft de resultaten van onderzoek aan twee melkgeitenstallen. In een eerdere rapportage (Aarnink et al., 2012) zijn metingen in de periode november 2010 tot maart 2011 op dezelfde geitenbedrijven gerapporteerd. In deze rapportage worden aanvullende metingen in de tussenperiode (juni – oktober) gerapporteerd. Hierbij wordt een volledig overzicht verkregen van gasvormige en stof-concentraties en -emissies van geitenstallen gedurende de verschillende seizoenen van het jaar. Voor meer achtergrondinformatie rond de veroorzaker van Q-koorts, de *Coxiella burnetii* (*C. burnetii*) bacterie, wordt verwezen naar voornoemde rapportage.

Op de twee geitenbedrijven zijn aanvullende metingen gedaan om het volgende in beeld te brengen:

- De emissie van verschillende stoffracties (PM₁₀, PM_{2,5} en PM_{totaal})¹ uitgedrukt in g per dierplaats per tijdseenheid.
- De dynamiek van de stofemissie gedurende de dag en tussen dagen.
- De verdeling van de deeltjes (aantal en massa) over de verschillende diameterklassen
- De aanwezigheid van kiemen in de lucht (totaal en in verschillende stof diameterklassen).

Naar aanleiding van de resultaten van de voorgaande metingen en op basis van aanbevelingen op basis van het hiervoor genoemde rapport, zijn tevens de volgende extra metingen uitgevoerd:

- Endotoxineconcentraties in de verschillende stoffracties (totaalstof, PM₁₀ en PM_{2,5}).
- Onderzoek naar de herkomst van *C. burnetii*; hiertoe zijn monsters van verschillende potentiële bronnen geanalyseerd op *C. burnetii*.

In hoofdstuk 2 wordt de Materiaal en methode in het kort beschreven. Voor een uitgebreide Materiaal en methode wordt verwezen naar de rapportage van de eerste vier metingen aan deze geitenstallen (Aarnink et al., 2012). In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de aanvullende metingen beschreven en in hoofdstuk 4 worden deze bediscussieerd. In hoofdstuk 5 worden de belangrijkste conclusies van de aanvullende metingen weergegeven.

¹ PM staat voor Particulate Matter ofwel stofdeeltjes. Het getal achter PM geeft aan wat de bovengrens is van de (aerodynamische) diameter van de stofdeeltjes (in μm). De aerodynamische diameter van een deeltje is de diameter van een bolvormig deeltje met een dichtheid van 1 kg/dm^3 dat dezelfde valsnelheid heeft als het betreffende deeltje. PM₁₀ wil zeggen stofdeeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan $10 \mu\text{m}$.

2 Materiaal en methode

Het onderzoek is uitgevoerd in twee moderne stallen voor melkgeiten op twee verschillende locaties, één in Limburg, de ander in Noord Brabant. De metingen zijn uitgevoerd in de periode juni – oktober 2011. Op elk van de twee geitenbedrijven zijn in deze periode twee metingen uitgevoerd.

Alle de rijpe dieren op beide bedrijven waren gevaccineerd tegen Q-koorts. Gedurende de metingen waren beide bedrijven vrij van *C. burnetii* in de tankmelk. Bedrijf 1 was voor het laatst positief getest in de tankmelk op 10-12-2009 en bedrijf 2 op 26-02-2010. De analyses in de tankmelk werden om de 14 dagen verricht. Op beide bedrijven waren er tijdens de metingen geen problemen met abortussen.

Voor een beschrijving van de stal en de bedrijfsvoering wordt verwezen naar de rapportage waarin de eerste vier metingen aan deze geitenstallen zijn beschreven (Aarnink et al., 2012). De meetapparatuur en de meetstrategie worden beschreven in paragraaf 2.1. Onderzoek naar de herkomst van *C. burnetii* wordt beschreven in paragraaf 2.2. De wijze van verwerking van de gegevens wordt beschreven in paragraaf 2.3. In Bijlagen A en B zijn foto's opgenomen van beide geitenbedrijven en van de geïnstalleerde meetapparatuur.

2.1 Meetapparatuur en meetstrategie

In bijlage C wordt in verschillende tekeningen per bedrijf de meetpunten en meettrajecten voor de uitgevoerde metingen weergegeven.

2.1.1 Stofconcentratie

De volgende stofmonsters zijn genomen tijdens de meetdagen:

- Twee monsters van totaalstof van de uitgaande stallucht en één monster van totaalstof van de ingaande lucht.
- Twee monsters van deeltjes kleiner dan 10 µm (PM10) van de uitgaande stallucht en één monster van PM10 van de ingaande stallucht;
- Twee monsters van deeltjes kleiner dan 2,5 µm (PM2,5) van de uitgaande stallucht en één monster van PM2,5 van de ingaande stallucht;
- Twee meetpunten voor minuutmonsters van deeltjes kleiner dan 10 µm (PM10) van de uitgaande stallucht;
- Eén meetpunt voor het bepalen van de deeltjesgrootteverdeling in 31 klassen variërend van 0,25 tot > 32 µm van de uitgaande stallucht.

Totaalstof werd bepaald volgens de methode zoals beschreven door Groot Koerkamp et al. (1996). Deze methode werd toegepast in het EU-project Aerial Pollutants waaruit de eerste cijfers voor stofemissie uit de veehouderij zijn bepaald. Bij deze methode werd totaalstof (zoals gedefinieerd in de Europese Standaard EN 481) bemonsterd volgens de gravimetrische meetmethode: met IOM monsterkoppen (SKC Inc., Pennsylvania, VS) bij een debiet van 2,0 l/min. De glasvezelfilters (Ø 25 mm) werden voor en na bemonstering gewogen om de hoeveelheid verzameld stof te bepalen. Figuur 1 laat de IOM monsterkop zien voor totaalstof.



Figuur 1 Links: De DustTrak model 8520 voor optische en continue metingen van het verloop in PM10 concentratie. Rechts: Monsterapparatuur voor totaalstof, met links op de foto de IOM monsterekop met aanzuigleiding naar de pomp en rechts op de foto de filterhouder met bescherming voor transport.



Figuur 2 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: de constructie van de inlaat

Figuur 2 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 et al., 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 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en $50\% \pm 5\%$ relatieve luchtvochtigheid. Deze voorwaarden staan beschreven in NEN-EN 14907 (2005). De hoeveelheid verzameld stof werd bepaald door het verschil in gewicht te bepalen van het filter voor en na de monstername. Lucht werd door inlaat, cycloon en filter gezogen met monsternamepompen van het type Charlie HV (roterend, $6\text{ m}^3/\text{uur}$, 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 $1,0\text{ m}^3/\text{uur}$ 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 et al. (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: $< 222,6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 1,0877 X$
 $> 222,6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 0,8304 X + 57,492$
 PM2,5: geen correctie

Op de meetdagen werd tevens elke minuut 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.

2.1.2 Deeltjesgrootteverdeling

Figuur 3 laat de monstername-apparatuur zien voor de deeltjesgrootteverdeling. Dit werd gemeten met een stofspectrometer waarvan het werkingsprincipe is gebaseerd op lichtverstrooiing. De stofspectrometer (Grimm instrument model number 1.109, Grimm Aerosol Technik GmbH & Co., Ainring, Germany) bepaalde het aantal deeltjes in 31 grootteklassen met de volgende ondergrenzen (in μm): 0,25, 0,28, 0,30, 0,35, 0,40, 0,45, 0,50, 0,58, 0,65, 0,70, 0,80, 1,0, 1,3, 1,6, 2,0, 2,5, 3, 3,5, 4, 5, 6,5, 7,5, 8,5, 10, 12,5, 15, 17,5, 20, 25, 30 en 32. De bovengrens van de grootste deeltjesklasse was $32\text{ }\mu\text{m}$. Er werd bemonsterd met een debiet van $1,2\text{ l}/\text{min}$ en aantallen deeltjes in de verschillende klassen werden met een interval van 1 min opgeslagen in de interne datalogger.

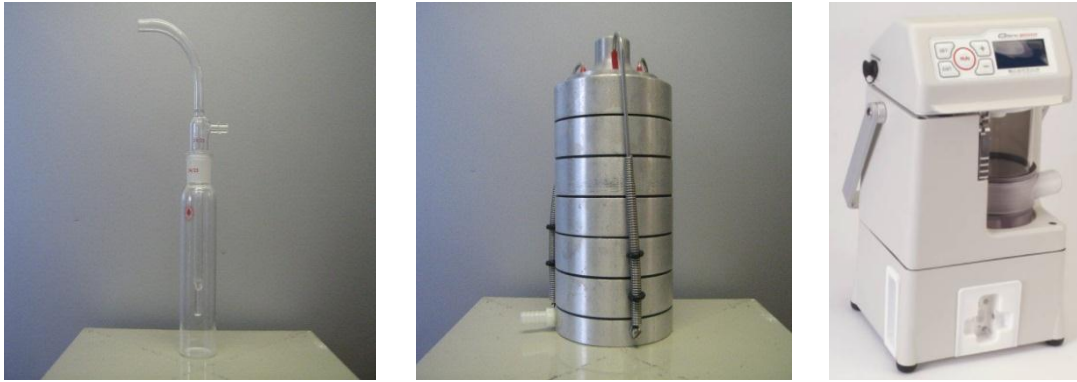


Figuur 3 Monsterapparatuur voor deeltjesgrootteverdeling, de stofspectrometer van Grimm.

De lucht werd zowel in de stal als buiten de stal (na elkaar) bemonsterd. In de stal werden de monsters genomen in de nok van de stal bij de luchtuitlaat. Buiten de stal werden de monsters aan de loefzijde (de zijde waar de wind vandaan komt) bij de luchtinlaat genomen. De lucht werd in en buiten de stal gedurende ca.20 minuten bemonsterd, waarin elke 6 sec de aantallen deeltjes in de verschillende klassen werd bepaald. Alle monsters werden gedurende de dag in de periode tussen 10:00 – 13:30 uur genomen. De monsternamen buiten startte direct na afloop van de monsternamen binnen.

2.1.3 Ziektekiemen

Op dezelfde locaties als voor bepaling van de deeltjesgrootteverdeling is de in- en uitgaande stallucht bemonsterd voor bepaling van het aantal (ziekte)kiemen. De uitgaande stallucht is in duplo en de ingaande stallucht in enkelvoud bemonsterd. De lucht is gedurende 20 minuten bemonsterd met behulp van impingers (AGI-30, 7540, Ace glass Inc., Vineland, VS) (zie figuur 4). De lucht werd hierbij door een vloeistof van gebufferde pepton water (BPW, bioTRADING, Benelux B.V., Mijdrecht, Nederland) met 0,005% silicone antischuimmiddel geborreld met een luchtstroom van 12,5 l/min. De uitgaande stallucht werd tevens in enkelvoud bemonsterd met een Andersen 6 stage sampler (TE-10-800, Pacwill Environmental Ltd., Beamsville, Ontario, Canada) (zie figuur 4). De Andersen verdeelt de (stof)deeltjes met kiemen in verschillende deeltjesgrootteklassen met behulp van de impactiemethode. Door de luchtsnelheid, via afnemende diameters van de perforaties, toe te laten nemen van de 1^e tot de 6^e stage worden steeds kleinere deeltjes geïmpacteerd op de agarplaten (PlateCountagar). De luchtstroom door de Andersen is 28,3 l/min. De deeltjes worden op basis van hun aerodynamische diameter op de volgende manier gescheiden in de verschillende stages: >7,1 µm in stage 1, 4,7 tot 7,1 µm in stage 2, 3,3 tot 4,7 µm in stage 3, 2,1 tot 3,3 µm in stage 4, 1,1 tot 2,1 µm in stage 5 en 0,65 tot 1,1 µm in stage 6. Daarnaast werden gedurende 60 min luchtmonsters in duplo van de uitgaande lucht genomen met de OMNI3000 (Evogen Inc., Kansas City, USA) (zie figuur 4). De OMNI zuigt bemonsteringsvloeistof (fosfaat gebufferde zoutoplossing) uit een cartridge in een mixruimte. In deze mixruimte wordt de vloeistof intensief gemengd met de bemonsterde lucht. Na de monsternamen wordt de vloeistof weer terug gebracht in de cartridge. Het voordeel van de OMNI-3000 ten opzichte van de impinger en Andersen samplers is dat hiermee veel meer lucht kan worden bemonsterd door een hoger bemonsteringsvolume per tijdseenheid (300 L/min) en doordat verdampte vloeistof automatisch wordt aangevuld.



Figuur 4 Monsternamen apparatuur voor kiemen. Links: Impinger; Midden: Andersen; Rechts: OMNI-3000.

De vloeistofmonsters en agarplaten werden tijdens transport en in het lab bij 4°C bewaard. Binnen 24 uur werd de bacteriekweek ingezet. Het volume van de impinger vloeistof werd gemeten met behulp van een 10 ml pipet met maatverdeling. Uit de impinger vloeistof (gemiddeld ca. 14 ml) werd een representatief monster genomen van 1,0 ml. De agarplaten van de Andersen werden 3 maal gewassen met 2 ml gebufferde pepton water (BPW). Hierbij werd 2 ml vloeistof op de agarplaat gebracht, waarna de plaat met een steriele spatel werd afgespateld en de vloeistof met een steriele pipet werd afgezogen. Dit werd tweemaal herhaald. Uit de totaal verzamelde vloeistof werd een representatief monster genomen van 1,0 ml. Van de monsters werd een decimale verdunningsreeks gemaakt in een fysiologische zoutoplossing. De verdunningen werden vervolgens uitgeplaat op het te gebruiken medium.

De volgende bacteriën werden geanalyseerd in de monsters met de impinger, Andersen en OMNI:

- Totaal kiemgetal;
- *C. burnetii*;
- *Enterobacteriaceae*;
- *Staphylococcus*;
- *Enterococcus*.

Totaal Kiemgetal

Voor het Totaal Kiemgetal werd 1 ml van iedere verdunning in een steriele lege petrischaal gebracht; vervolgens werd er ±20 ml PlateCountAgar (PCA) (temperatuur ± 40°C) aan toegevoegd en gemengd. Na stollen werden de platen 72 uur bij 30°C geïncubeerd en vervolgens werden de aanwezige kolonies geteld.

Coxiella burnetii

Van de oorspronkelijke monsters van impingers (ca. 14 ml), Andersen (ca. 6 ml) en OMNI (ca. 12 ml) is 0,2 ml gebruikt voor het aantonen van *C. burnetii*. *C. burnetii* is geanalyseerd met de opwerkmethode (DNeasy Blood and Tissue Kit; QIAGEN) ende PCR methode beschreven in Roest et al. (2011). Met deze methode wordt aangetoond of *C. burnetii* al dan niet aanwezig is in het monster. Met de PCR methode wordt in feite aangetoond of een uniek stukje DNA van *C. burnetii* aanwezig is in het monster. Hiermee wordt niet aangetoond of *C. burnetii* levensvatbaar (infectieus) is.

Enterobacteriaceae

Voor het bepalen van de *Enterobacteriaceae* werd 1 ml van iedere verdunning in een steriele lege petrischaal gebracht; vervolgens werd er 15 ml Violet Red Bile Glucoseagar (VRBG)(± 40°C) aan toegevoegd en gemengd. Wanneer de platen gestold waren, werd een tweede VRBG agar laag gegoten om een micro-aëroob milieu te creëren. Na stollen werden de platen 24 uur geïncubeerd bij 37°C en vervolgens geteld.

Staphylococcus

Van iedere verdunning werd 0,1ml op een Baird Parker agarplaat (BP) gebracht en met een steriele spatel verdeeld over het medium. De platen werden 24 uur bij 37°C geïncubeerd en vervolgens geteld.

Enterococcus

Van iedere verdunning werd 0,1ml op een Slanetz&Bartley agarplaat (SB) gebracht en met een steriele spatel verdeeld over het medium. De platen werden 48 uur bij 35°C geïncubeerd en vervolgens geteld.

Voor alle kweken op agarplaten gold dat de tellingen werden uitgevoerd op die platen met een aantal kolonies tussen de 15 en 150, tenzij het aantal geringer was dan 15 op de plaat met de kleinste verdunning.

C. burnetii werd tevens geanalyseerd in de verschillende 24-uurs stofmonsters (totaalstof, PM10 en PM2,5 stof) die werden genomen op de verschillende meetdagen op beide bedrijven. Hiervoor werd ongeveer een oppervlak van 0,6 cm² uit het stoffilter gesneden met steriel instrumentarium en dit stukje filter ondergaat verschillende was-stappen. Het eindvolume van de uiteindelijke was-vloeistof is 0,2 ml. Deze vloeistof wordt vervolgens geanalyseerd zoals hierboven beschreven. Het totaal met stof bedekte oppervlak van het filter was 3,1 cm² voor totaalstof en 12,6 cm² voor PM10 en PM2,5 stof.

2.1.4 *Potentiele bronnen van Coxiella burnetii*

Van de volgende bronnen in de stal zijn op elke meetdag monsters genomen om te bepalen of *C. burnetii* voorkomt in deze bronnen:

1. Uitgeschudde kleine deeltjes van vers stro;
2. De stengels van het uitgeschudde verse stro;
3. Stromest uit uit het hok;
4. Verse keutels;
5. Haren;
6. Voerresten;
7. Neergedwarreld stof.

Monsters werden in nieuwe, schone plastic zakken gedaan. Voor bronnen 1, 5, 7 werden kleine zakken gebruikt en voor de andere bronmonsters grote zakken. Van de bronnen 1, 5, 7 werd ca. 10 g per monster verzameld en van de andere bronnen ca. 50 g. De monsters werden op verschillende plekken verzameld. Van elke bron werden 4 vergelijkbare monsters verzameld. Bij verzameling van de monsters werden schone plastic handschoenen aangetrokken. Bij het verzamelen van een volgend bronmonster werden steeds nieuwe handschoenen aangetrokken.

Monsters 1 en 2

Op willekeurige plekken werd van binnenuit de stobalen plukjes stro gehaald, dit werd uitgeschud en het de uitgeschudde kleine deeltjes stro werden in een plastic zak gedaan. Een deel van de overgebleven stengels werd in een andere zak gedaan. Dit werd ca. 10x herhaald, totdat voldoende monster werd verkregen.

Monster 3

In de geitenhokken in de stal werd op willekeurige plekken met de hand kleine hoeveelheden stromest verzameld en in een plastic zak gedaan.

Monster 4

In de geitenhokken in de stal werd op willekeurige plekken met de hand vers uitgescheiden keutels van de geiten verzameld en in een plastic zak gedaan.

Monster 5

Met de hand (in een schone handschoen) werd het haar van een willekeurige geit ontdaan van stof en daarna werd op deze plek plukjes haar afgeknipt en in een plastic zak gedaan. Dit werd bij tenminste 5 verschillende geiten gedaan.

Monster 6

De resten voer voor het voerhek, op het moment dat de geiten het voer voor een belangrijk deel hebben opgegeten, werd bemonsterd. Hierbij werden op willekeurige plekken met de hand kleine hoeveelheden voerresten over de lengte langs het voerhek verzameld en in een plastic zak gedaan.

Monster 7

Op willekeurige plekken in de stal werd stof, dat is neergedwarreld op voerhekken, richels en andere oppervlakken waar stof kan neerdwarrelen, verzameld. Het stof werd met de hand (in schone handschoen) direct in een plastic zak geschoven.

Voor elk monster werd het voorgaande per meetdag 4x herhaald. De zakken werden goed afgesloten en bij kamertemperatuur bewaard voor analyse. Bij deze monsters werden twee lege afgesloten zakken toegevoegd, die dienden als blanco.

Voor de analyse werd van elk monster een representatief submonster genomen van 1 g. Hieraan werd 9 ml PBS (fosfaat gebufferde zoutoplossing) toegevoegd. Hierna werden de volgende handelingen uitgevoerd:

- Overnacht schudden.
- 2 ml van het PBS monsternmengsel werd af gepipetteerd en gecentrifugeerd gedurende 5 min bij 1000 rpm.
- 1,5 ml van bovenstaande vloeistof werd af gepipetteerd en gecentrifugeerd gedurende 10 min bij 14 000 rpm.
- 1,3 ml werd af gepipetteerd en dit werd weggegooid. Vervolgens werd 200 µl ATL/ Prot K, als onderdeel van de DNeasyBlood&Tissue Kit(Qiagen, Venlo, Nederland) aan het sediment toegevoegd.
- Dit werd gefortext en daarna gedurende een nacht in de thermomixer gezet bij 56°C.

Vervolgens werd de analyse uitgevoerd zoals hierboven beschreven voor de monsters van de impingers, Andersen en OMNI. In deze monsters werd tevens een inschatting gemaakt van het aantal aanwezige *C. burnetii* bacteriën. Hiervoor werd een aangepaste PCR gebruikt zoals beschreven in Roest *et al.*(2012). Aan de hand van een ijklijn gemaakt met een standaard (Adiavet COX positive control) werd het aantal aanwezig bacterie-equivalenten vastgesteld, op basis van de gevonden Ct-waarde. De Ct-waarde is een maat voor de hoeveelheid aanwezig *C. burnetii* specifiek DNA. Met de PCR methode wordt in feite aangetoond of een uniek stukje DNA van *C. burnetii* aanwezig is in het monster. Hiermee wordt niet aangetoond of *C. burnetii* levensvatbaar (infectieus) is.

2.1.5 Endotoxinen

In alle monsters voor kiemanalyses werden tevens de concentraties endotoxinen bepaald. Daarnaast werd de endotoxine-concentratie bepaald in de stofmonsters. Hiertoe werden extra monsters genomen van totaalstof, PM10 stof en PM2,5 stof door verzameling van stof op filters. Deze metingen werden in duplo uitgevoerd in de stal en in enkelvoud buiten de stal.

De procedure in het lab voor de vloeistofmonsters was als volgt:

- Circa 4 ml van het totale monster (ca. 12 ml) werd gebruikt voor analyse van bacteriën.
- De rest van de vloeistof (ca. 8 ml) werd gehomogeniseerd en hieruit werd 2 x 1,0 ml gepipetteerd, gelabeld en opgeslagen bij -20°C.
- Wat hierna overbleef (ca. 6 ml) werd gecentrifugeerd gedurende 15 min op 1000 G bij kamertemperatuur. De bovenste helft (het supernatant) werd gelabeld en opgeslagen bij -20°C tot de analyse van endotoxine werd uitgevoerd. De onderste helft werd voor de zekerheid ook gelabeld en opgeslagen bij -20°C.

De voorbehandeling van de stofmonsters voor endotoxine-analyse was als volgt:

- Filters werden ondergedompeld in 5 ml gesteriliseerd water;
- Het filter met de vloeistof werd vervolgens horizontaal geschud (160x heen en weer per min bij een uitwijking van 15 cm) gedurende één uur bij kamertemperatuur;
- Eén ml van het supernatant werd verzameld en goed gemengd en gebruikt voor de endotoxine-analyse.

Endotoxine-concentraties zijn bepaald met de Limulus Amebocyte Lysate test (LAL-test). The 'Endpoint Chromogenic Limulus Amebocyte Lysate' (LAL) test is een kwantitatieve test voor Gram-negatieve bacteriële endotoxine. Een monster wordt gemengd met de LAL in de test kit en geïncubeerd bij 37°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) voor 10 minuten. Een substraatoplossing wordt vervolgens gemengd met het LAL-monster en geïncubeerd bij 37°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) voor nog eens 6 minuten. De reactie wordt gestopt met een 'stop' reagens. Wanneer er endotoxine aanwezig is in het monster, zal het monster geel kleuren. De absorptie van het monster kan vervolgens spectrophotometrisch worden bepaald bij 405-410 nm. Aangezien de absorptie evenredig is met de hoeveelheid aanwezige endotoxine, kan de endotoxine concentratie met een standaard curve worden bepaald. Voor meer informatie over de LAL-test, zie de handleiding van het bedrijf dat deze analyse kit aanbiedt (Lonza, 2011).

2.1.6 Ammoniakconcentratie

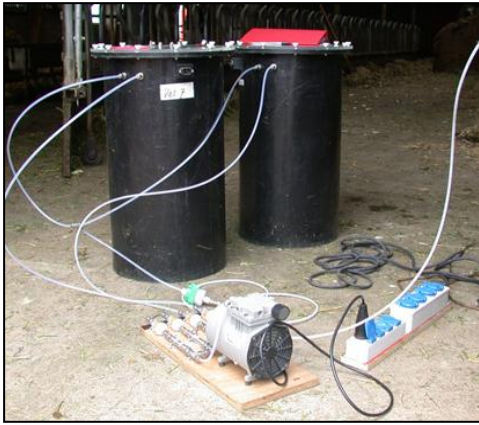
De NH_3 -concentratie in de in- en uitgaande stallucht werd bepaald met behulp van de nat-chemische methode voor NH_3 (Wintjes, 1993). Bij deze meetmethode wordt de lucht via een monsternamleiding met een constante luchtstroom ($\sim 1,0$ l/min) aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) en een kritische capillair die een luchtstroom geeft van $\sim 1,0$ 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. Zie figuur 5 voor een schematische weergave van de meetopstelling voor ammoniak. 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 bemonsteringstijd 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.



Figuur 5 Meetopstelling nat-chemische methode voor ammoniakemissiemetingen. Links: impingers. Midden: flowmeter. Rechts: pomp.

2.1.7 Geurconcentratie

Geurconcentraties werden alleen bepaald in de uitgaande stallucht (1 meetpunt). Er stonden geen stallen in de directe omgeving van de te bemeten stallen in dit onderzoek. De ervaring leert dat de achtergrondconcentratie van geur dan verwaarloosbaar is. 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 geurvrije lucht en in een gesloten vat geplaatst (zie figuur 6). 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. Het monster werd direct na bemonstering naar het geurlaboratorium vervoerd om binnen 30 uur te worden geanalyseerd. De geuranalyses werden uitgevoerd volgens de Europese norm EN 13725 (CEN, 2003). Het geurlaboratorium is onder nummer L400 geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie te Utrecht voor het uitvoeren van geuranalyses.



Figuur 6 Meetopstelling voor het meten van de geurconcentratie in de uitgaande stallucht.

2.1.8 Concentratie overige broeikasgassen

De bepaling van de CH₄- en N₂O-concentraties in de ingaande buitenlucht (achtergrond; één meetpunt) en in de uitgaande stallucht (twee meetpunten) werd op dezelfde wijze gedaan als voor een geurmonster (zie de longmethode zoals hierboven beschreven). De monsterzakken werden gedurende 24 uur continu gevuld met een vaste luchtstroom van 0,02 l/min. Op deze wijze werd een 24-uurs monster verkregen. Het gehalte aan broeikasgassen in het monster werd bepaald met een gaschromatograaf (Interscience / Carbo Erba Instruments, GC 8000 Top; kolom: Molsieve 5A (CH₄, CO₂), Haysep Q (N₂O)); detector: CH₄: FID, N₂O: ECD, CO₂: HWD).

2.1.9 Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet (m³/uur) werd bepaald met behulp van de CO₂-massabalansmethode. De CO₂-massabalansmethode maakt gebruik van de gemeten CO₂-concentraties van de uit- en ingaande stallucht (respectievelijk [CO₂]_{stal} en [CO₂]_{buiten}; ppm) en de CO₂-productie van de dieren (m³ CO₂/dag per dier) in de stal. Aan de hand van CIGR rekenregels (CIGR, 2002; Pedersen e.a., 2008) wordt de CO₂-productie van de dieren bepaald op basis van het gemiddelde gewicht van de dieren (kg) en de melkproductie (kg melk/dag per dier). Door de CO₂-productie per dier te vermenigvuldigen met het aantal aanwezige dieren (n) in de stal kan de totale CO₂-productie worden berekend. Het ventilatie-debiet V (m³/dag) wordt dan bepaald op basis van:

$$V = \frac{CO_2 - \text{productie}}{[CO_2]_{\text{stal}} - [CO_2]_{\text{buiten}}} \cdot 10^6$$

De CO₂ concentratie in de in- en uitgaande stallucht werd op dezelfde wijze bepaald als voor overige broeikasgassen.

2.1.10 Metingen temperatuur en RV

Temperatuur (°C) en relatieve luchtvochtigheid (%) van de ingaande (1 meetpunt) en uitgaande stallucht (2 meetpunten in de uitgaande luchtstroom) 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 datalogstelsel (typen: CR10, CR10X, CR23 en CR23X, Campbell Scientific Inc., Logan, VS).

2.2 Verwerking gegevens

2.2.1 Emissies

Voor beide bedrijven ($j=1, 2$) werden per meetdag ($i=1, 2$) de emissies (E_i) van ammoniak, totaal stof, fijn stof (PM10, PM2,5), methaan en lachgas bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet over de gehele meetperiode (24-uursgemiddelde; V_i) en de gemiddelde concentratie (24-uursgemiddelde) in de uitgaande lucht (C_{uit_i}) en in de ingaande lucht (C_{in_i}) van ammoniak, totaal stof, fijn stof (PM10, PM2,5), methaan en lachgas:

$$E_i = V_i \times (C_{uit_i} - C_{in_i})$$

Voor beide bedrijven ($j=1, 2$) werden per meetdag ($i=1, 2$) de emissies (E_i) van geur bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet over de gehele meetperiode (24-uursgemiddelde; V_i) en de gemiddelde concentratie (2-uursgemiddelde) in de uitgaande lucht (C_{uit_i}) van geur:

$$E_i = V_i \times C_{uit_i}$$

De emissie (E) van stof (totaalstof, PM10, PM2,5), ammoniak, methaan en lachgas op jaarbasis per dierplaats (zonder leegstandscorrectie) werd bepaald door de gemiddelde emissies per dag te delen door het aantal dierplaatsen, vervolgens te vermenigvuldigen met 365 dagen en dan het gemiddelde per bedrijf te bepalen van de waarden van alle meetdagen. Voor geur werd de mediane emissie per bedrijf bepaald door het gemiddelde op log-schaal terug te transformeren naar normale schaal. Van de berekende gemiddelde/mediane emissies per bedrijf werd vervolgens het gemiddelde bepaald van beide bedrijven samen en werd de standaarddeviatie tussen de bedrijven bepaald.

$$E = \frac{E_{ij} \times 365}{dierplaatsen_{ij}}$$

In deze rekenregels zijn voor stof (totaalstof, PM10, PM2,5), ammoniak, methaan en lachgas de volgende eenheden gebruikt:

- concentraties in de in- en uitgaande lucht: g/m^3
- ventilatiedebiet per dag (m^3/dag)
- emissies per dag (g/dag)
- emissies op jaarbasis per dierplaats (g per dierplaats per jaar)

In deze rekenregels zijn voor geur de volgende eenheden gebruikt:

- concentraties in de uitgaande lucht: OU_E/m^3
- ventilatiedebiet per seconde (m^3/s). Het ventilatiedebiet per dag (V_{ij} ; m^3/dag) wordt omgerekend naar m^3/s door het te vermenigvuldigen met " $1/(24*60*60)$ dag/s"
- emissies per seconde (OU_E/s)
- emissies per dierplaats (OU_E per dierplaats per s)

2.2.2 Deeltjesgrootteverdeling

De aantallen deeltjes per deeltjesgrootteklasse werden tevens omgerekend naar massa van de deeltjes. Hierbij werd verondersteld dat de deeltjes bolvormig zijn en een soortelijk gewicht hebben van $1,0 \text{ mg/mm}^3$.

Voor het maken van lijngrafieken werden de deeltjesklassen gestandaardiseerd naar klassenbreedten van $1 \mu m$. Vervolgens werden de fracties in de verschillende klassen uitgezet in een lijngrafiek (Zhang, 2004). Voor de massa van de deeltjes in de verschillende klassen werd dezelfde standaardisatie toegepast.

3 Resultaten

3.1 Meetomstandigheden

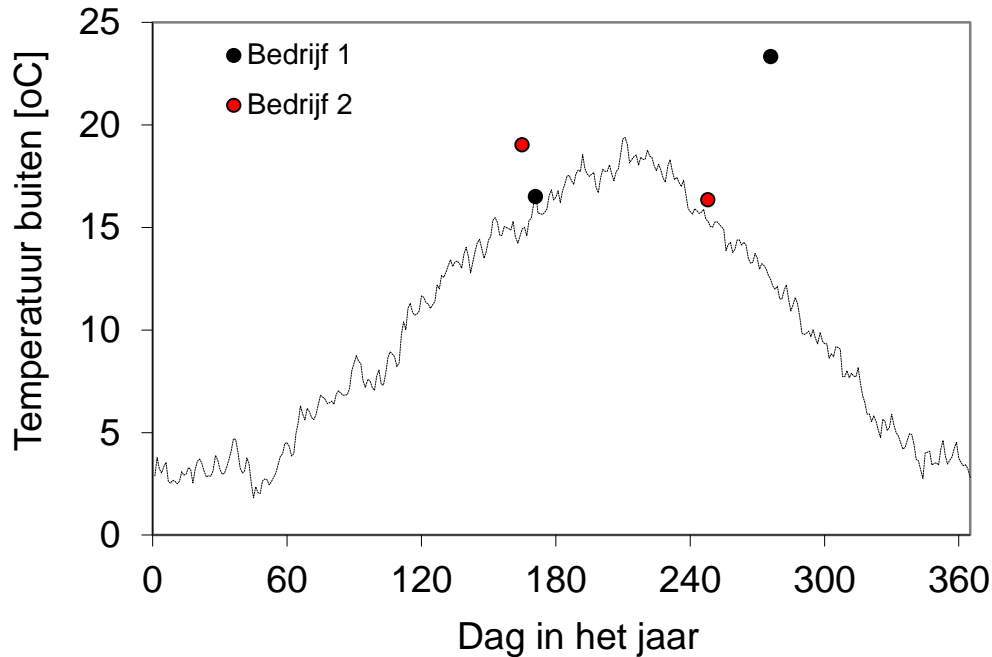
Zoals vermeldt onder Materiaal en methode waren beide bedrijven vrij van *C. burnetii* in de tankmelk en waren alle dekrijpe dieren gevaccineerd tegen Q-koorts. Bedrijf 1 was voor het laatst positief getest in de tankmelk op 10-12-2009 en bedrijf 2 op 26-02-2010. Op beide bedrijven waren er tijdens de metingen geen problemen met abortussen. Eind 2009 zijn de drachtige geiten geruimd op beide bedrijven.

In Tabel 1 worden de omstandigheden weergegeven waaronder de metingen op de twee melkgeitenbedrijven zijn verricht.

Tabel 1 Data waarop metingen zijn uitgevoerd, het aantal dieren, de bijbehorende bezettingsgraad, en de gemiddelde 24-uurs klimaatgegevens tijdens de metingen: temperatuur buiten (T-buiten) en in de stal (T-stal), en relatieve luchtvochtigheid buiten (RV-buiten) en in de stal (RV-stal). De windrichting en –snelheid op 10 m hoogte zijn afkomstig van het weerstation in de regio Eindhoven (www.knmi.nl).

Bedrijf		Meting	
		1	2
1	Datum	20-06-2011	03-10-2011
	Dagnr.	171	276
	Melkgeiten	470	441
	Opfokgeiten	0	0
	Bokken	0	0
	Bezettingsgraad[%]	98	92
	T-buiten[°C]	16,5	23,3
	RV-buiten [%]	93	63
	T-stal[°C]	20,7	19,9
	RV-stal [%]	89	66
	Windrichting	203 (ZZW)	215 (ZW)
	Windsnelheid op 10m hoogte [m/s]	3,4	4,1
2	Datum	14-06-2011	05-09-2011
	Dagnr.	165	248
	Melkgeiten	412	330
	Opfokgeiten	150	370
	Bokken	3	3
	Bezettingsgraad [%]	75	94
	T-buiten[°C]	19,0	16,3
	RV-buiten [%]	57	71
	T-stal[°C]	21,0	18,8
	RV-stal [%]	59	73
	Windrichting	223 (ZW)	210 (ZZW)
	Windsnelheid op 10m hoogte [m/s]	2,2	6,7

De metingen zijn in een periode van 4 maanden uitgevoerd. De gemiddelde buitentemperatuur op de dagen waarop is gemeten (18,8 °C) is hoger dan het langjarige gemiddelde in Nederland over het gehele jaar (10,1 °C), en over de gemeten meetperiode (16,3 °C). Zie figuur 7 voor de verdeling van de metingen over het jaar waarbij de gemeten buitentemperaturen worden vergeleken met de gemiddelde waarden gemeten over de jaren 1984-2009 voor de regio Eindhoven. Op beide bedrijven was sprake van lichte onderbezetting in de stal. De bezettingsgraad tijdens de metingen varieerde op bedrijf 1 van 92 tot 98% en op bedrijf 2 van 75 tot 94%.



Figuur 7 Verdeling van de metingen over het jaar (a), en de buitentemperatuur (b) vergeleken met de gemiddelde waarden gemeten over de jaren 1984-2009 voor de regio Eindhoven (www.knmi.nl; als stippellijn weergegeven).

3.2 Stofemissie

In tabel 2 worden de concentraties, ventilatiedebiet en emissies van totaalstof, PM10 en PM2,5 weergegeven op de verschillende meetdagen en voor de twee bedrijven.

De gemiddelde totaalstofemissie (niet gecorrigeerd voor leegstand) was hoger op bedrijf 1 (414,9 g per dierplaats per jaar) dan op bedrijf 2 (129,1 g per dierplaats per jaar). Op basis van alle meetgegevens werd een gemiddelde totaalstofemissie (\pm standaarddeviatie tussen bedrijven; niet gecorrigeerd voor leegstand) berekend van $272,0 \pm 244,2$ g per dierplaats per jaar.

De gemiddelde PM10-emissie (niet gecorrigeerd voor leegstand) was hoger op bedrijf 1 (138,3 g per dierplaats per jaar) dan op bedrijf 2 (51,9 g per dierplaats per jaar). Op basis van alle meetgegevens werd een gemiddelde PM10-emissie (\pm standaarddeviatie tussen bedrijven; niet gecorrigeerd voor leegstand) berekend van $95,1 \pm 59,3$ g per dierplaats per jaar.

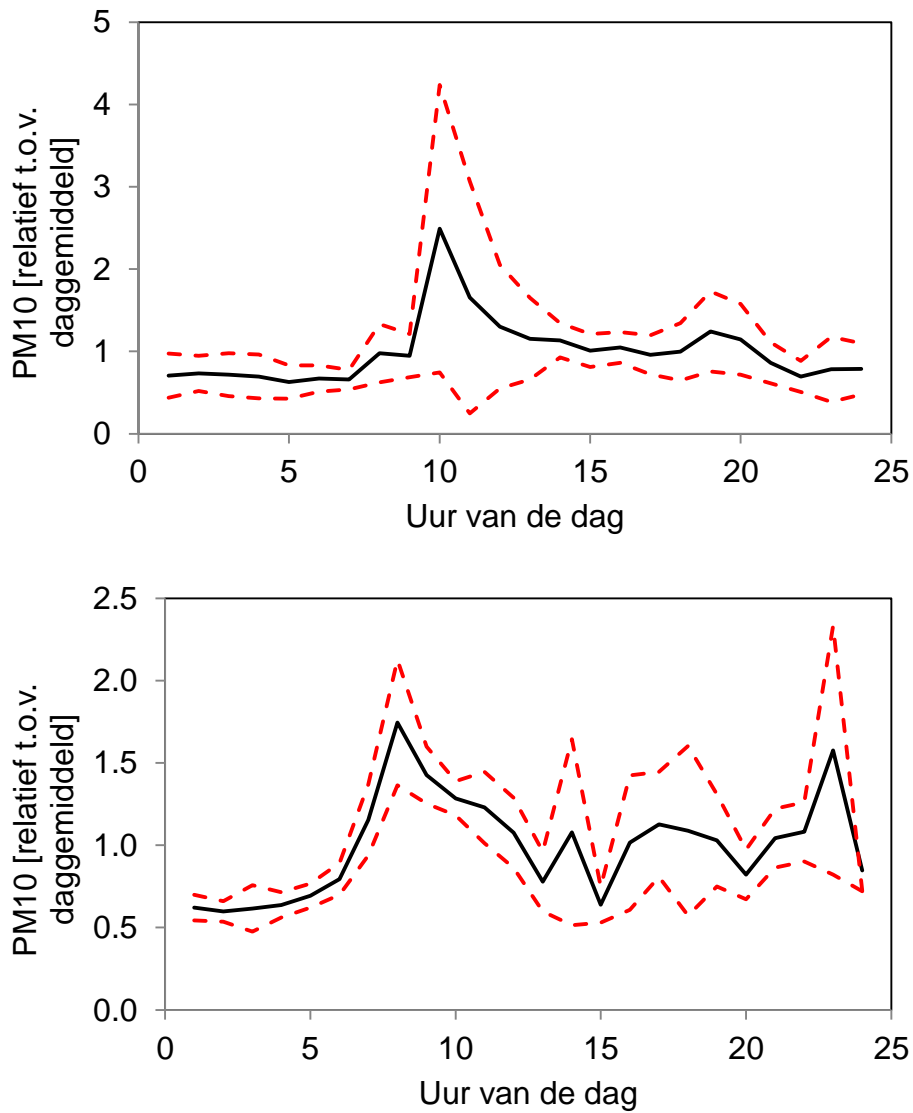
De gemiddelde PM2,5-emissie (niet gecorrigeerd voor leegstand) van bedrijf 1 (4,1 g per dierplaats per jaar) was hoger dan op bedrijf 2 (2,1 g per dierplaats per jaar). Op basis van alle meetgegevens werd een gemiddelde PM2,5-emissie (\pm standaarddeviatie tussen bedrijven; niet gecorrigeerd voor leegstand) berekend van $3,1 \pm 2,7$ g per dierplaats per jaar.

In dit onderzoek werd een conversiefactor tussen totaalstof en PM10 berekend van 0,32 (0,37 voor bedrijf 1 en 0,27 voor bedrijf 2). Voor de conversie van totaalstof naar PM2,5 werd een factor berekend van 0,03 (0,02 voor bedrijf 1 en 0,03 voor bedrijf 2).

In figuur 8 wordt het gemiddeld concentratiepatroon van PM10 over de loop van een meetdag (24 uur) op de twee bedrijven weergegeven. Uit deze figuren blijkt dat er een piek is op bedrijf 1 rond 10:00 uur. Dit is het moment waarop de geitenhokken werden ingestrooid. Voor bedrijf 2 werd geen duidelijk patroon gedurende de dag gevonden. Alleen is er een stijging waar te nemen gedurende de morgen, waarschijnlijk door verhoogde activiteit van de dieren rond het melken en het voeren.

Tabel 2 Ventilatie-debiet en concentratie en emissie van totaalstof, PM10 en PM2,5 op de verschillende meetdagen voor de twee bemeten bedrijven met melkgeiten. n.b.: door storing data niet beschikbaar.

Bedrijf		Meting		
		1	2	
1	Datum	20/06/2011	03/10/2011	
	Debiet [m ³ /uur per dier]	69,8	78,8	
	Debiet [m ³ /uur]	32797	37018	
	Totaalstof stal [mg/m ³]	0,39	0,97	
	Totaalstof buiten [mg/m ³]	0,06	0,03	
	Totaalstof emissie [g per dierplaats per jaar]	197,2	632,6	
	PM10 stal [mg/m ³]	0,179	0,274	
	PM10 buiten [mg/m ³]	0,009	0,015	
	PM10 emissie [g per dierplaats per jaar]	101,7	175,0	
	PM2,5 stal [mg/m ³]	0,006	0,020	
	PM2,5 buiten [mg/m ³]	0,003	0,011	
	PM2,5 emissie [g per dierplaats per jaar]	1,8	6,4	
	2	Datum	14/06/2011	05/09/2011
		Debiet [m ³ /uur per dier]	114,3	113,8
Debiet [m ³ /uur]		64569	64317	
Totaalstof stal [mg/m ³]		0,38	0,28	
Totaalstof buiten [mg/m ³]		n.b.	0,16	
Totaalstof emissie [g per dierplaats per jaar]		163,6	94,7	
PM10 stal [mg/m ³]		0,117	0,064	
PM10 buiten [mg/m ³]		0,029	0,014	
PM10 emissie [g per dierplaats per jaar]		66,3	37,6	
PM2,5 stal [mg/m ³]		0,018	0,005	
PM2,5 buiten [mg/m ³]		0,013	0,005	
PM2,5 emissie [g per dierplaats per jaar]		3,9	0,3	



Figuur 8 Gemiddelde PM10-concentratiepatroon gemeten met Dusttraks voor a) bedrijf 1 en b) bedrijf 2. De gestippelde lijnen geven het gemiddelde + en – de standaarddeviatie weer.

3.3 Deeltjesgrootteverdeling

Doordat de Grimm tijdens de eerste meting niet goed functioneerde is de deeltjesgrootteverdeling slechts één maal bepaald. Bij stal 1 is daarnaast, bij de tweede meting, de buitenmeting niet goed gegaan. In tabel 3 worden de aantallen deeltjes over de verschillende deeltjesgrootteklassen weergegeven. Hieruit blijkt dat het aantal deeltjes $< 1,0 \mu\text{m}$ veruit in de meerderheid zijn. Worden de aantallen in de stal naar massa omgerekend dan blijken de kleine deeltjes ($< 2,5 \mu\text{m}$) hier slechts gering aan bij te dragen (tabel 4). Zoals ook gevonden bij de 24-uurs stofmetingen blijkt ook bij deze Grimm metingen dat de stofconcentraties in de verschillende fracties op bedrijf 1 beduidend hoger lagen dan op bedrijf 2.

Tabel 3 Aantal deeltjes (per cm^3 lucht) in de verschillende deeltjesgrootteklassen voor de beide geitenbedrijven (stal en buiten).

Bedrijf	Locatie	Deeltjesgrootteklassen			
		0,25-1,0 μm	1,0-2,5 μm	2,5-10,0 μm	10,0-32 μm
1	Stal	914	2,10	3,27	0,27
1	Buiten	-	-	-	-
2	Stal	274	0,69	0,54	0,054
2	Buiten	158	0,61	0,38	0,022

- = niet gemeten

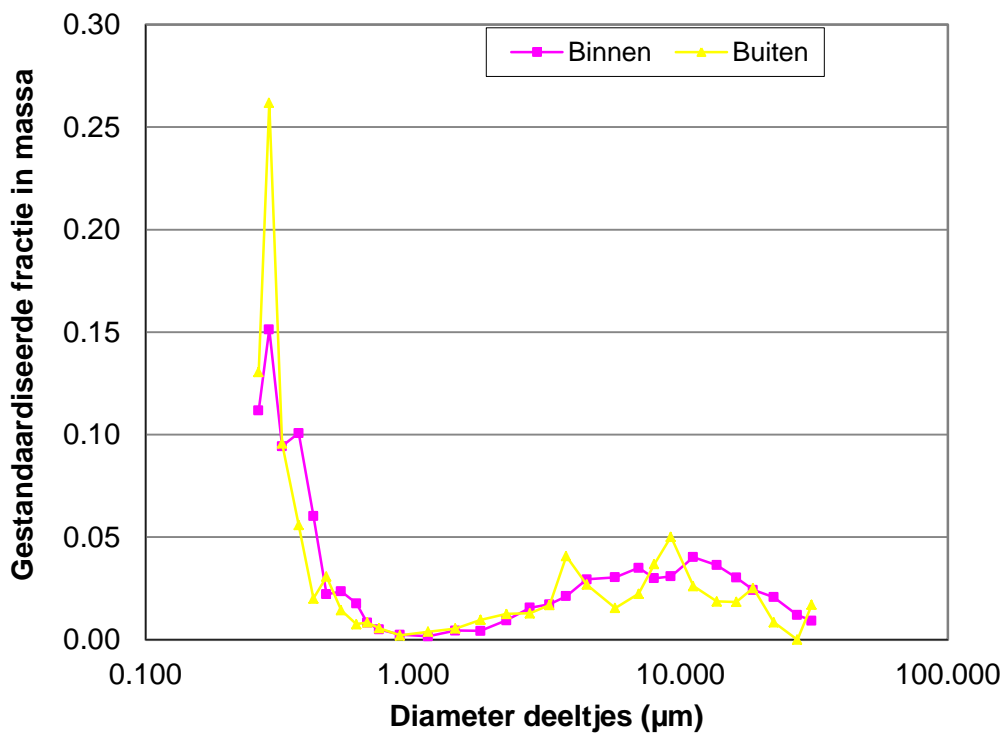
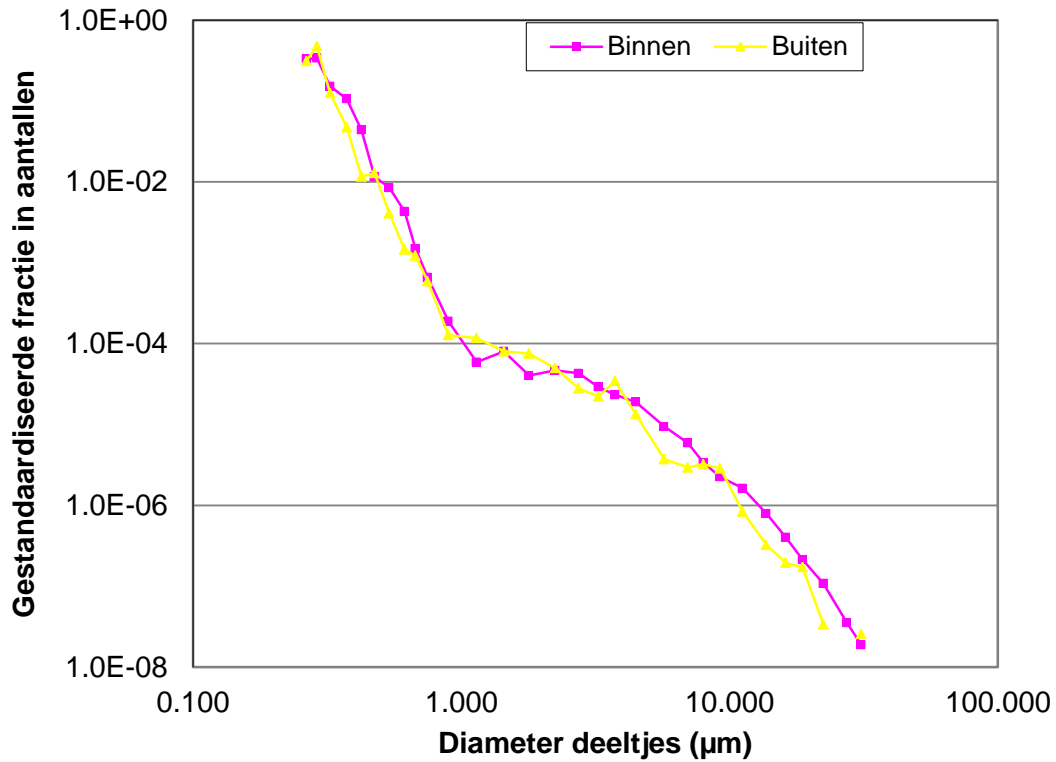
Tabel 4 Massaverdeling van de deeltjes (mg/m^3) in de verschillende deeltjesgrootteklassen voor de beide geitenbedrijven (stal en buiten).

Bedrijf	Locatie	Deeltjesgrootteklassen			
		0,25-1,0 μm	1,0-2,5 μm	2,5-10,0 μm	10,0-32 μm
1	Stal	0,020	0,006	0,227	0,543
1	Buiten	-	-	-	-
2	Stal	0,006	0,002	0,036	0,086
2	Buiten	0,003	0,002	0,027	0,037

- = niet gemeten

In figuur 9 worden gemiddeld over beide bedrijven de gestandaardiseerde fracties van het aantal deeltjes en de massa van de deeltjes in de stal en buiten weergegeven.

De figuren laten duidelijke verschillen zien tussen de aantallen en de massa deeltjes voor de verschillende deeltjesgroottes. De kleine deeltjes zijn veruit in de meerderheid, echter op massabasis leveren de grotere deeltjes een belangrijke bijdrage. Opvallend is dat de gestandaardiseerde fracties in de stal en buiten zeer vergelijkbaar zijn.



Figuur 9 Gestandaardiseerde fracties van het aantal deeltjes (figuur boven) en de massa van de deeltjes (figuur onder) in de verschillende grootteklassen in de geitenstal en buiten. De X-assen van beide figuren zijn op log-schaal. De Y-as is alleen bij de aantallen op log-schaal.

3.4 Ziektekiemen

In tabel 5 worden de concentraties van de verschillende bacteriën in en buiten de stal weergegeven bij bemonstering met impingers. Voor *C. burnetii* is geen kwantitatieve analyse uitgevoerd en is alleen aangegeven of deze bacterie in het monster kon worden aangetoond (positief). Hetzelfde geldt voor *Salmonella*. *C. burnetii* kon in 1 van de 4 monsters die in de stal genomen zijn en in 1 van de 2 monsters die buiten genomen zijn worden aangetoond. Alle andere monsters waren negatief. Het totaal kiemgetal was in de stal ongeveer 15 keer hoger dan buiten de stal, voor zowel bedrijf 1 (13x) als bedrijf 2 (19x). In de monsters binnen de stal werden een aantal *Enterococcus* aangetroffen. De concentraties *Staphylococcus* en *Enterobacteriaceae* waren allemaal nul en er kon in de monsters geen *Salmonella* worden aangetoond.

Tabel 5 Aantallen bacteriën in de uitgaande (stal) en ingaande (buiten) lucht (in aantal (kve) per m³ lucht) bij bemonstering met een impinger bio-sampler. Voor *C. burnetii* en *Salmonella* is aangegeven hoeveel monsters positief waren. De hoeveelheid bemonsterde lucht per monster was 0,25 m³.¹⁾

	Aantal monsters ²⁾		Bedrijf 1		Bedrijf 2	
	stal	buiten	stal	Buiten	stal	Buiten
<i>C. burnetii</i> , positief	4	2	0	0	1	1
Totaal kiemgetal	4	2	3,8·10 ⁵	2,9·10 ⁴	4,7·10 ⁴	2,5·10 ³
<i>Staphylococcus</i>	4	2	0	0	0	0
<i>Enterococcus</i>	4	2	1,9·10 ³	0	1,4·10 ³	4,0·10 ⁰
<i>Enterobacteriaceae</i>	4	2	0	0	0	0
<i>Salmonella</i> , positief	4	2	0	0	0	0

¹⁾ Een nul in deze tabel betekent dat de kiem niet aangetoond kon worden. De detectielimiet van een monsternamen met impingers was ca. 5,6·10¹ kiemen per m³ lucht, behalve voor *C. burnetii* waar de detectielimiet 2,8·10³ kiemen per m³ lucht was en behalve voor *Staphylococcus* en *Enterococcus* waar de detectielimiet 5,6·10² kiemen per m³ lucht was. Bij het berekenen van een gemiddelde is een nul gebruikt wanneer de kiem niet aangetoond kon worden in een monster.

²⁾ Aantal monsters per locatie: in de stal werden monsters in duplo genomen, buiten in enkelvoud.

In tabel 6 worden de resultaten weergegeven van de bacterie-analyses van de bemonstering met de Andersen in de verschillende deeltjesgrootteklassen. De resultaten zijn vergelijkbaar met de impinger metingen: geen positieve monsters van *Salmonella* en geen aantoonbare concentraties *Staphylococcus*, *Enterobacteriaceae* en *Escherichia coli*. In tegenstelling tot de monsters genomen met de impingers werden met de Andersen geen positieve *C. burnetii* monsters gevonden. Het totaal kiemgetal en het aantal *Enterococcus* gemeten met de Andersen was vergelijkbaar met die gemeten met de impingers. Het grootste aantal kiemen zat in de stoffractie met de grootste diameter. Met het kleiner worden van de deeltjes nam het aantal kiemen in de betreffende fracties af.

In tabel 7 worden de resultaten weergegeven van de bacterie-analyses van de bemonstering met de OMNI. Op beide bedrijven waren 3 van de 4 monsters positief voor *C. burnetii*. Het totaal kiemgetal is ca. een factor 10 hoger dan gemeten met de impinger en de Andersen. Het aantal *Enterococcus* gemeten met de OMNI is vergelijkbaar met die gemeten met de impinger en de Andersen. In de OMNI monsters konden steeds *Enterobacteriaceae* worden aangetoond, dit in tegenstelling tot de monsters van impinger en Andersen. Evenals de impinger en Andersen kon ook met de OMNI geen positief monster voor *Staphylococcus* en *Salmonella* worden aangetoond.

In tabel 8 worden de analyses gegeven van *C. burnetii* in de stofmonsters voor de fracties totaalstof, PM10 en PM2,5. Hieruit blijkt dat op bedrijf 1 één van de vier totaalstofmonsters in de stal positief was en drie van de vier op bedrijf 2. Voor PM10 waren op beide bedrijven twee van de vier stalmonsters positief. In PM2,5 stof kon op beide bedrijven geen *C. burnetii* worden aangetoond. Dit gold ook voor de monsters die buiten de stal zijn genomen. Merk op dat de hoeveelheid bemonsterde lucht bij de stofmonsters beduidend groter is dan bij de monsternamen met impingers en Andersen, waardoor de kans op het aantreffen van *C. burnetii* in de stofmonsters ook groter is.

Tabel 6 Aantallen bacteriën in de uitgaande stallucht (in aantal (kve) per m³ lucht) in de verschillende deeltjesgrootteklassen bij bemonstering met een Andersen bio-sampler. Voor *C. burnetii* en *Salmonella* is aangegeven hoeveel monsters positief waren. De hoeveelheid bemonsterde lucht per monster was 0,57 m³.¹⁾

	N	Deeltjesgrootte range (µm)					
		0,65 - 1,1	1,1 - 2,1	2,1 - 3,3	3,3 - 4,7	4,7 - 7,1	>7,1
Bedrijf 1							
<i>C. burnetii</i> , pos.	2	0	0	0	0	0	0
Totaal kiemgetal	2	5,9·10 ²	1,6·10 ³	2,1·10 ⁴	2,1·10 ⁴	4,9·10 ⁴	1,4·10 ⁵
<i>Staphylococcus</i>	2	0	0	0	0	0	0
<i>Enterococcus</i>	2	0	0	0	0	1,1·10 ³	1,1·10 ³
<i>Enterobacteriaceae</i>	2	0	0	0	0	0	0
<i>Salmonella</i> , pos.	2	0	0	0	0	0	0
Bedrijf 2							
<i>C. burnetii</i> ²⁾ , pos.	2	0	0	0	0	0	0
Totaal kiemgetal	2	2,7·10 ²	4,1·10 ²	6,5·10 ²	3,2·10 ³	2,7·10 ⁴	1,3·10 ⁵
<i>Staphylococcus</i>	2	0	0	0	0	0	0
<i>Enterococcus</i>	2	0	0	0	0	1,1·10 ²	4,8·10 ²
<i>Enterobacteriaceae</i>	2	0	0	0	0	0	0
<i>Salmonella</i> , pos.	2	0	0	0	0	0	0

¹⁾ Een nul in deze tabel betekent dat de kiem niet aangetoond kon worden. De detectielimiet van een monsternaam met de Andersen was 1,1·10¹ kiemen per m³ lucht, behalve voor *C. burnetii* waar de detectielimiet 5,3·10² kiemen per m³ lucht was en behalve voor *Staphylococcus* en *Enterococcus* waar de detectielimiet 1,1·10² kiemen per m³ lucht was. Bij het berekenen van een gemiddelde is een nul gebruikt wanneer de kiem niet aangetoond kon worden in een monster.

Tabel 7 Aantallen bacteriën in de uitgaande stallucht (in aantal (kve) per m³ lucht) bij bemonstering met een OMNI bio-sampler. Voor *C. burnetii* en *Salmonella* is aangegeven hoeveel monsters positief waren. De hoeveelheid bemonsterde lucht per monster was 18 m³.¹⁾

	Aantal monsters ²⁾		Bedrijf 1		Bedrijf 2	
	stal	buiten	stal	stal	stal	stal
<i>C. burnetii</i> , pos.	4	0	3	3	3	3
Totaal kiemgetal	4	0	1,0·10 ⁶	3,0·10 ⁶	3,0·10 ⁶	3,0·10 ⁶
<i>Staphylococcus</i>	4	0	0	0	0	0
<i>Enterococcus</i>	4	0	5,0·10 ²	1,5·10 ³	1,5·10 ³	1,5·10 ³
<i>Enterobacteriaceae</i>	4	0	3,1·10 ²	1,7·10 ²	1,7·10 ²	1,7·10 ²
<i>Salmonella</i> , pos.	4	0	0	0	0	0

¹⁾ Een nul in deze tabel betekent dat de kiem niet aangetoond kon worden. De detectielimiet van een monsternaam met OMNI was 0,7 kiemen per m³ lucht, behalve voor *C. burnetii* waar de detectielimiet 3,3·10¹ kiemen per m³ lucht was en behalve voor *Staphylococcus* en *Enterococcus* waar de detectielimiet 7,0 kiemen per m³ lucht was. Bij het berekenen van een gemiddelde is een nul gebruikt wanneer de kiem niet aangetoond kon worden in een monster.

²⁾ Aantal monsters per locatie: in de stal werden monsters in duplo genomen

Tabel 8 Aantal positieve stofmonsters voor *C. burnetii* van de uitgaande (stal) en ingaande (buiten) stallucht in voor stofconcentratiebepalingen bemonsterde totaal-, PM10 en PM2,5 stof.

Bedrijf	Stofdeeltjes	m ³ lucht ¹⁾	Detectielimiet (kiemen/m ³ lucht)	<i>C. burnetii</i> , positief	
				Stal (N=4)	Buiten (N=2)
1	Totaalstof	2,88	18,2	1	0
1	PM10	24	8,7	2	0
1	PM2,5	24	8,7	0	0
2	Totaalstof	2,88	18,2	3	0
2	PM10	24	8,7	2	0
2	PM2,5	24	8,7	0	0

¹⁾ Hoeveelheid bemonsterde lucht per monster.

3.5 Potentiële bronnen van *Coxiella burnetii*

In tabel 9 zijn de resultaten weergegeven van de verschillende potentiële bronnen van *C. burnetii*. Uit deze tabel blijkt dat in vrijwel alle bronnen op beide bedrijven weleens *C. burnetii* is aangetoond. Alleen in verse feces lijken (vrijwel) geen *C. burnetii* voor te komen. Voor stengels stro werd ingeschat dat het aantal per gram stof groter is dan 1 kiem. Voor de bronnen kleine strodeeltjes, stromest, haren en voerresten werd het aantal, afgerond, op één ingeschat. Veruit de meeste *C. burnetii* werd echter aangetoond in neergedwarreld stof. Op beide bedrijven werden ongeveer 3000 kiemen per gram stof gevonden.

Tabel 9 Aantal positieve monsters van potentiële bronnen van *C. burnetii* in geitenstallen. Tevens schatting van aantal *C. burnetii* per gram van deze monsters.

Bedrijf	Bron	<i>C. burnetii</i> , positief	Geschat aantal <i>C. burnetii</i> per gram monster
		(N=8)	
1	Kleine stro-deeltjes	2	1
1	Stengels stro	6	7
1	Stro-mest	5	1
1	Verse keutels	0	0
1	Haren	6	1
1	Voerresten	7	1
1	Neergedwarreld stof	8	2872
2	Kleine stro-deeltjes	5	1
2	Stengels stro	7	3
2	Stro-mest	6	1
2	Verse keutels	1	0
2	Haren	6	1
2	Voerresten	5	1
2	Neergedwarreld stof	8	2930

3.6 Endotoxinen

In tabel 10 worden de endotoxine-concentraties weergegeven in EU (endotoxine units) per m³ lucht en in EU/g stof. Hieruit blijkt weliswaar dat de meeste endotoxine voorkomt in totaalstof, echter per gram stof komt het meeste endotoxine voor in PM10 stof. In PM2,5 stof was relatief weinig endotoxine aanwezig.

Tabel 10 Endotoxine-concentraties per m³ lucht en per mg stof in de verschillende stoffracties in geitenstallen.

Bedrijf	Stofdeeltjes	n	Endotoxine, EU/m ³	Endotoxine, EU/mg stof
1	Totaalstof	1	55,9	74,1
1	PM10	2	43,0	211,9
1	PM2,5	2	0,32	26,2
2	Totaalstof	2	30,2	77,4
2	PM10	2	20,3	209,1
2	PM2,5	2	0,11	11,6

3.7 Overige emissies

In tabel 11 worden de concentraties, ventilatiedebiet en emissies van ammoniak, geur, methaan en lachgas weergegeven op de verschillende meetdagen en voor de twee bedrijven.

De gemiddelde ammoniakemissie (niet gecorrigeerd voor leegstand) was lager op bedrijf 1 (2,0 kg per dierplaats per jaar) dan op bedrijf 2 (2,5 kg per dierplaats per jaar). Op basis van alle meetgegevens werd een gemiddelde ammoniakemissie (\pm standaarddeviatie tussen bedrijven; niet gecorrigeerd voor leegstand) berekend van $2,2 \pm 0,3$ kg per dierplaats per jaar.

De mediaan van de geuremissie (niet gecorrigeerd voor leegstand) was hoger op bedrijf 1 (5,9 OU_E per dierplaats per s) dan op bedrijf 2 (4,9 OU_E per dierplaats per s). Op basis van alle meetgegevens werd een mediane geuremissie (\pm standaarddeviatie tussen bedrijven; niet gecorrigeerd voor leegstand) berekend van $5,4 \pm 0,8$ OU_E per dierplaats per s.

De gemiddelde methaanemissie (niet gecorrigeerd voor leegstand) was hoger op bedrijf 1 (12,4 kg per dierplaats per jaar) dan op bedrijf 2 (7,3 kg per dierplaats per jaar). Op basis van alle meetgegevens werd een gemiddelde methaanemissie (\pm standaarddeviatie tussen bedrijven; niet gecorrigeerd voor leegstand) berekend van $9,8 \pm 3,4$ kg per dierplaats per jaar.

De gemiddelde lachgasemissie (niet gecorrigeerd voor leegstand) was hoger op bedrijf 1 (62,0 g per dierplaats per jaar) dan op bedrijf 2 (24,7 g per dierplaats per jaar). Op basis van alle meetgegevens werd een gemiddelde lachgasemissie (\pm standaarddeviatie tussen bedrijven; niet gecorrigeerd voor leegstand) berekend van $43,3 \pm 25,3$ g per dierplaats per jaar.

Tabel 11 Concentratie, ventilatiedebiet en emissie van ammoniak, geur, methaan en lachgas op de verschillende meetdagen voor de twee bemeten bedrijven met melkgeiten.

Bedrijf		Meting	
		1	2
1	Datum	20/06/2011	3/10/2011
	Debiet [m ³ /uur per dier]	69,8	78,8
	Debiet [m ³ /uur]	32797	37018
	NH ₃ stal [ppm]	9,3	6,8
	NH ₃ buiten [ppm]	0,1	0,2
	NH ₃ emissie [kg per dierplaats per jaar]	2,1	1,8
	Geur [OU _E /m ³]	187	458
	Geur emissie [OU _E per dierplaats per s]	3,5	9,8
	CH ₄ stal [ppm]	36,1	28,1
	CH ₄ buiten [ppm]	2,2	3,1
	CH ₄ emissie [kg per dierplaats per jaar]	13,5	11,3
	N ₂ O stal [ppm]	0,49	0,43
	N ₂ O buiten [ppm]	0,45	0,37
	N ₂ O emissie [g per dierplaats per jaar]	45,7	78,3
	2	Datum	14/06/2011
Debiet [m ³ /uur per dier]		114,3	113,8
Debiet [m ³ /uur]		64569	64317
NH ₃ stal [ppm]		6,1	5,7
NH ₃ buiten [ppm]		0,2	0,2
NH ₃ emissie [kg per dierplaats per jaar]		2,4	2,5
Geur [OU _E /m ³]		165	251
Geur emissie [OU _E per dierplaats per s]		3,9	6,0
CH ₄ stal [ppm]		21,1	13,9
CH ₄ buiten [ppm]		2,9	3,0
CH ₄ emissie [kg per dierplaats per jaar]		9,1	5,5
N ₂ O stal [ppm]		0,43	0,34
N ₂ O buiten [ppm]		0,41	0,32
N ₂ O emissie [g per dierplaats per jaar]		23,5	25,9

4 Discussie

Representativiteit van de metingen

Dit onderzoek is uitgevoerd in een warme periode van het jaar, van juni tot en met oktober. De gemiddelde buitentemperaturen (18,8 °C) tijdens de meetdagen waren dan ook beduidend hoger dan het langjarig gemiddelde in Nederland (10,1 °C), en ook hoger dan het langjarige gemiddelde over de gemeten meetperiode (16,3 °C). Dit betekent dat de resultaten van dit onderzoek niet representatief zijn voor de situatie over een heel jaar. In het rapport van Aarnink e.a. (2012) worden de resultaten gepresenteerd van de metingen aan dezelfde geitenbedrijven in de periode november tot maart, dus tijdens de meer koude periode van het jaar. Tijdens deze meetdagen waren de buitentemperaturen juist lager dan het langjarig gemiddelde over de meetperiode (Aarnink et al., 2012). Door de resultaten van de huidige metingen te combineren met de resultaten van de eerdere metingen kan een representatief beeld van de emissies over het jaar worden verkregen.

Tijdens de metingen waren de stallen redelijk bezet. De bezettingsgraad tijdens beide metingen was op bedrijf 1 98 en 92% en op bedrijf 2 75 en 94%. Alleen op bedrijf 2 was bij de eerste meting sprake van een ruime onderbezetting. Alle emissiecijfers in dit onderzoek zijn gebaseerd op het aantal dierplaatsen in de stal, dus niet op het aantal werkelijk in de stal aanwezige dieren. Dit is de standaard procedure voor het rapporteren van emissiecijfers. De vraag is wat voor effect de bezettingsgraad heeft op de verschillende emissies. Dit is uitgewerkt in een rapport van Groenestein en Aarnink (2008). In dit rapport wordt aangegeven dat de emissies van ammoniak, methaan, geur en fijnstof zullen dalen bij een lagere bezettingsgraad. In welke mate deze emissies worden verlaagd wordt echter niet vermeld in voornoemd rapport. De mate van emissieverlaging bij onderbezetting is verschillend voor elk van de emitterende componenten; daarnaast is het tevens diersoort afhankelijk. De verwachting is dat voor geitenstallen de emissies van stof en methaan vrijwel recht evenredig zullen afnemen met de bezettingsgraad. Het meeste stof wordt geproduceerd uit mest, strooisel en voer. De hoeveelheden van deze bronnen zijn direct gerelateerd aan het aantal dieren. Daarnaast wordt het stof vooral door dieractiviteit in de lucht wordt gebracht en dit is ook direct gerelateerd aan het aantal dieren. Methaan wordt vooral door de geiten zelf geproduceerd (endogeen) en daarmee ook direct gerelateerd aan het aantal dieren. De ammoniakemissie is vooral gerelateerd aan het emitterend oppervlak. Het emitterend oppervlak wordt bepaald door het oppervlak van het geitenhok en door het aantal urinelozingen. Het eerste is niet afhankelijk van het aantal dieren, het tweede wel. De ammoniakemissie zal daarom niet evenredig afnemen met het aantal dieren. De geuremissie wordt voor een deel bepaald door het emitterend oppervlak, en voor een deel door het volume van geur-emitterende bronnen (vooral de mest). De geuremissie zal daarom niet evenredig afnemen met het aantal dieren.

Stof- en gasvormige emissies

In tabel 12 worden de emissiecijfers weergegeven voor de twee bemeten bedrijven met melkgeiten voor de metingen beschreven in dit rapport (2 metingen in de periode juni – oktober) voor de metingen beschreven in het voorgaande rapport (4 metingen in de periode november – maart) (Aarnink et al., 2012) en voor alle metingen samen (6 metingen verspreid over het gehele jaar). Voor melkgeiten is er vrijwel geen leegstand en daarom hoeven de emissies, berekend op jaarbasis, niet gecorrigeerd te worden voor leegstand (Groenestein en Aarnink, 2008). Ter vergelijking zijn de gehanteerde reguliere emissiefactoren voor ammoniak (Rav; Regeling ammoniak en veehouderij), geur (Rgv; Regeling geur en veehouderij) en PM10 weergegeven.

Uit tabel 12 blijkt dat de stofemissies voor alle stof fracties 3 tot 4 maal hoger waren gedurende de warme periode ten opzichte van de koude periode van het jaar. Tijdens de winter-voorjaars metingen waren de PM10-emissiecijfers vergelijkbaar met de gehanteerde emissiefactor, terwijl de PM10-emissie in de periode juni – oktober ca. een factor 5 hoger lag dan de gehanteerde emissiefactor. De emissiefactor voor melkgeiten is rechtstreeks afgeleid van de emissiefactor voor vleesstieren. Bij melkgeiten wordt veel stro toegepast in de potstal, terwijl bij vleesstieren geen stro(oisel) wordt gebruikt (Groot Koerkamp et al., 1996). Dit is waarschijnlijk een belangrijke reden van de hogere PM10 emissie in de geitenstallen. Gedurende de warme periode van het jaar wordt er veel geventileerd in geitenstallen. Dit is waarschijnlijk een belangrijke oorzaak van de relatief hoge stofemissies tijdens deze periode.

Tabel 12 Gemiddelde emissies van totaalstof, PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas van de twee bemeten bedrijven met melkgeiten, uitgedrukt per dierplaats, en gehanteerde reguliere emissiefactoren (www.infomil.nl).

Emissie ¹⁾	Waarde huidige metingen, periode juni - okt	Waarde vorige metingen, periode nov - maart	Waarde alle metingen	Gehanteerde emissiefactoren
Totaalstof (g/dp per jaar)	272 ± 202	69 ± 56	137 ± 105	-
PM10 (g/dp per jaar)	95,1 ± 61,1	22,4 ± 14,7	46,7 ± 30,2	19
PM2,5 (g/dp per jaar)	3,1 ± 1,4	1,0 ± 0,02	1,7 ± 0,5	-
Ammoniak (kg/dp per jaar)	2,2 ± 0,4	2,3 ± 0,5	2,3 ± 0,4	1,9
Geur (OU _E /dp per s)	5,4 ± 0,8	4,8 ± 3,6	5,0 ± 2,7	18,8
Methaan (kg/dp per jaar)	9,8 ± 3,6	9,4 ± 0,9	9,6 ± 1,8	-
Lachgas (g/dp per jaar)	43,3 ± 26,4	167,9 ± 60,0	126 ± 49	-

¹⁾ dp = dierplaats

In dit onderzoek werd een conversiefactor tussen totaalstof- en PM10-concentraties berekend van 0,32. Dit is gelijk aan de conversiefactor gevonden in de meetperiode november – maart. Voor de conversie van totaalstof naar PM2,5 werd een factor berekend van 0,03. Dit is wat lager dan de conversiefactor gevonden in de meetperiode november – maart (0,05).

Opvallend is het vrij grote verschil in emissies van totaal-, PM10-, en PM2,5-stof tussen beide bedrijven. Dit was ook bij de eerdere metingen het geval. Uit de metingen aan de stofbronnen is in de vorige rapportage aangegeven dat er op bedrijf 1 naast snijmaïs tevens gedroogde luzerne en geplette tarwe werd gevoerd. Deze producten geven waarschijnlijk een relatief hoge stofproductie. Daarnaast werd op bedrijf 1 het geitenhok dagelijks ingestrooid en op bedrijf 2 om de dag. Het instrooien veroorzaakt extra stofontwikkeling, maar daarnaast beïnvloedt dit tevens het vochtgehalte van de stromest in het geitenhok, waardoor verschillen in stofproductie kunnen ontstaan. Verder zou de stofproductie beïnvloed kunnen zijn door verschillen in strokwaliteit.

De gemiddelde ammoniakemissie op basis van de huidige zomer-herfst metingen is vergelijkbaar met de metingen in de meetperiode november – maart. Alle metingen samen geven een gemiddelde ammoniakemissie die iets hoger ligt dan de huidige emissiefactor voor ammoniak zoals opgenomen in de Rav (2,3 vs. 1,9 kg/dierplaats per jaar). Op bedrijf 1 was de ammoniakemissie iets lager dan op bedrijf 2 (2,0 versus 2,5 kg/dierplaats per jaar). Dit was ook in de meetperiode november – maart het geval (1,9 versus 2,6 kg/dierplaats per jaar). Voor geur lag het gemiddelde van de huidige metingen beduidend lager dan de huidige emissiefactor in de Rgv. Dit werd ook in de voorgaande metingen gevonden. De lage geuremissie in het huidige en voorgaande onderzoek zou veroorzaakt kunnen zijn door het relatief geringe aantal bokken in de stal. Tijdens alle metingen in beide meetperiodes waren op beide bedrijven steeds 3 of minder bokken in de stal, terwijl dit normaalgesproken ca. 8 tot 12 bokken is (1 bok op 30 – 60 geiten).

De methaanemissie was vergelijkbaar voor de zomer-herfst metingen en de winter-voorjaars metingen (9,8 vs. 9,4 kg/dierplaats per jaar). De gemiddelde waarde van alle metingen (9,6 kg/dierplaats per jaar) is hoger dan de waarde (5,9 kg/dierplaats per jaar) gepubliceerd in de Netherlands Inventory Report 2009 (NIR2009; Maas et al., 2009). De gemiddelde lachgasemissie was in deze warme meetperiode beduidend lager dan in voorgaande koude meetperiode (43,3 vs. 167,9 g/dierplaats per jaar). De overall waarde (126 g/dierplaats per jaar) is beduidend lager dan de waarden (469 g/dierplaats per jaar) gerapporteerd in Maas et al. (2009).

Het verloop van de PM10-concentratie over de dag laat voor beide bedrijven een verhoging zien gedurende de morgen, waarbij op bedrijf 1 een duidelijke piek zichtbaar is rond 10:00 uur (figuur 8). Deze piek zou verklaard kunnen worden door het instrooien van de geitenhokken. Dat stofconcentraties, buiten de pieken om, niet duidelijk lager zijn gedurende de nacht ten opzichte van de dag laat zien dat de dieren ook 's nachts actief zijn. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld vleeskuikens en leghennen, waar veel grotere verschillen tussen dag en nacht worden waargenomen (Aarnink et al., 2008; De Buissonjé et al., 2009).

Opvallend bij de figuren met de deeltjesgrootteverdeling (figuur 9) is dat de verschillen in verdeling tussen binnen en buiten, zowel voor het aantal deeltjes als de massa deeltjes, zeer gering is. Dit is waarschijnlijk veroorzaakt door de zeer open stallen tijdens deze warme meetperiode, waardoor er een sterke beïnvloeding is van de stal op de gemeten deeltjes buiten en andersom.

Kiemen en endotoxine

Uit de bepaling van de verschillende kiemen blijkt dat de concentraties *Staphylococcus* en *Escherichia coli* allemaal nul waren, terwijl er in de monsters geen *Salmonella* kon worden aangetoond. Dit was ook bij de metingen in de november – maart periode het geval. Nul betekent dat deze bacteriën niet aangetoond konden worden in het verzamelde monster en dat de concentratie in de lucht beneden de detectielimiet was van de bemonsteringsmethode. *Enterobacteriaceae* troffen we alleen aan in de monsters die genomen zijn met de OMNI. De aantallen, 310 kve (kolonie vormende eenheden) per m³ lucht voor bedrijf 1 en 170 kve/m³ lucht voor bedrijf 2, liggen boven de detectiegrenzen van de impinger (56 kve/m³ lucht) en de Andersen (11 kve/m³ lucht). Het is daarom vreemd dat we deze kiemen niet in de monsters van de impingers en de Andersen hebben kunnen aantonen. Een verschil in de monsternamen is dat we voor de impingers en de Andersen gebufferde pepton water (BPW) als vloeistof hebben gebruikt, terwijl dit fosfaat gebufferde zoutoplossing (PBS) was voor de OMNI. Onderzoek is nodig om te bepalen of dit het verschil in resultaten misschien heeft veroorzaakt. *Enterobacteriaceae* is een orde van bacteriën die de belangrijkste gram-negatieve bacteriën bevatten zoals *Escherichia coli* en *Salmonella*. Het is daarom niet verwonderlijk dat deze laatste twee ook niet werden aangetroffen in de monsters van de impingers en Andersen. Ook in de OMNI monsters konden we deze kiemen echter niet aantonen. In onderzoek van Seedorf et al. (1998) in verschillende pluimvee-, varkens- en melkveestallen in Noord-Europa werden *Enterobacteriaceae* concentraties gevonden variërend van 3 – 4 log₁₀.

Uit tabel 10 blijkt dat er in totaalstof en in PM10 ongeveer evenveel endotoxine voorkomt per m³ stallucht. Aangezien PM10 stof gemiddeld slechts 32% uitmaakt van het totaalstof is het endotoxinegehalte per gram stof in totaalstof beduidend lager dan in PM10. In PM2,5 is het endotoxinegehalte in het stof zeer laag. Endotoxinen zijn afkomstig van de celwand van gram-negatieve bacteriën. Blijkbaar komen deze bacteriën wel in grote aantallen voor, maar zijn ze niet erg levensvatbaar in de lucht, gezien de relatief geringe aantallen kve's die we hebben gemeten.

De Andersen liet gemiddeld redelijk vergelijkbare aantallen kiemen (totaal kiemgetal en *Enterococcus*) zien als de impinger. Voor het totaal kiemgetal was dit gemiddeld voor beide bedrijven respectievelijk 2,0·10⁵ en 2,1·10⁵ kiemen/m³ lucht en voor *Enterococcus* was dit respectievelijk 1,4·10³ en 1,6·10³ kiemen/m³ lucht. In de meetperiode november – maart had de Andersen hogere waarden dan de impingers, respectievelijk 2,3·10⁵ versus 1,9·10⁵ kiemen/m³ lucht voor het totaal kiemgetal en 2,5·10⁴ versus 1,0·10⁴ kiemen/m³ lucht voor *Enterococcus*. Het totaal kiemgetal per m³ lucht was in deze meetperiode (juni – oktober) vergelijkbaar met de vorige meetperiode (november – maart). Voor *Enterococcus* lagen de huidige metingen echter ca. een factor 10 lager.

De OMNI monsters lieten een veel hoger totaal kiemgetal zien dan de metingen met de impinger en de Andersen (ca. een factor 10 hoger). Het is moeilijk aan te geven waardoor dit veroorzaakt is. De gemeten *Enterococcus* concentraties waren wel vergelijkbaar. Het zou kunnen dat de luchtinlaat van de OMNI niet goed was gereinigd, waardoor extra bacteriën met de luchtstroom werden meegevoerd. Dit zal verder uitgezocht moeten worden. Dat de luchtinlaat van de OMNI een kwetsbaar onderdeel is, is echter wel duidelijk. Bij de standaard reinigingsprocedure van de OMNI wordt de binnenkant van de mix-unit wel goed gereinigd (met peroxide), maar niet de inlaat naar deze mix-unit. Geadviseerd wordt om de gehele bemonsteringsunit van de OMNI voor elke meting te desinfecteren (in de autoclaaf).

C. burnetii werd slechts in één van de acht luchtmonsters die in de stal genomen zijn op beide bedrijven met de impinger aangetoond en in één van de vier luchtmonsters die buiten zijn genomen met de impinger. Van de monsters die met de Andersen zijn genomen was geen enkel monster positief. De monsters genomen met de OMNI waren op beide bedrijven in 3 van de 4 gevallen positief. De totaalstof monsters genomen in de stal waren op bedrijf 1 in 1 van de 4 gevallen positief en op bedrijf 2 in 3 van de 4 gevallen. Voor de PM10 monsters was dat voor beide bedrijven in 2 van de 4 gevallen. Van de PM2,5 monsters was geen enkel monster positief; hetzelfde gold voor alle stofmonsters genomen van de buitenlucht. Voorgaande verschillen in positieve gevallen worden vooral veroorzaakt door verschillen in detectielimiet tussen de verschillende samplers. De detectielimiet was voor de impinger 2,8·10³, voor de Andersen 5,3·10² en voor de OMNI 3,3·10¹

kiemen per m³ lucht. Dit is een factor 154 voor de impinger, een factor 29 voor de Andersen en een factor 1,8 voor de OMNI hoger dan voor totaalstof, met een detectielimiet van $1,8 \cdot 10^1$. Dit verschil in detectielimiet werd aan de ene kant veroorzaakt door het geringere luchtvolume dat werd bemonsterd met de impinger en de Andersen, respectievelijk 0,25 en 0,57 m³ lucht, ten opzichte van 2,88 m³ lucht voor totaalstof en aan de andere kant doordat slechts een gering deel van het oorspronkelijke monster werd gebruikt voor de analyse, namelijk 0,2 ml van de ca. 14 ml bij de impinger en 0,2 ml van de ca. 6 ml bij de Andersen. Van het filter van het totaalstof monster werd ca. 1/5 deel (0,6 cm²) gebruikt voor de analyse.

Opvallend is het grote aantal positieve monsters genomen van de verschillende potentiële bronnen van *C. burnetii*. Hierbij is vooral het relatief grote aantal kiemen in het neergedwarrelde stof opvallend, ca. 3000 kiemen per gram stof. Dit aantal is echter relatief gering ten opzichte van de aantallen die worden gevonden bij een abortus veroorzaakt door *C. burnetii*. Tijdens zo'n abortus kunnen aantallen bacteriën worden gevonden tot 1 miljard per gram placenta (Arricau-Bouvery et al., 2005). Het is aannemelijk om te veronderstellen dat de kiemen in het neergedwarrelde stof afkomstig zijn uit de periode dat de geiten besmet waren met *C. burnetii*. Gedurende de metingen waren beide bedrijven vrij van *C. burnetii* in de tankmelk. Bedrijf 1 was voor het laatst positief getest in de tankmelk op 10-12-2009 en bedrijf 2 op 26-02-2010. Het stof dat zich in de tijd van de besmetting heeft gevormd is voor een deel meegevoerd met de ventilatielucht, maar ook voor een deel neergedwarreld op verschillende plaatsen in de stal. Aangezien geitenstallen in principe nooit leeg staan, kunnen ze ook nooit helemaal schoongemaakt worden. Hierdoor kan het stof zich jarenlang ophopen. Dit 'besmet' stof kan een bron zijn van her-infectie van de geiten. Het is niet duidelijk hoe de andere potentiële bronnen van *C. burnetii* besmet zijn geraakt. Voor de monsters van stro en stromest zou de besmetting met het stro meegekomen kunnen zijn van buitenaf. Echter, het is ook mogelijk dat dit stro besmet is geraakt in de stal door het besmette neergedwarrelde stof dat op de één of andere manier weer in de lucht is gekomen. Dit laatste zou ook kunnen verklaren dat de haren van de geiten vaak positieve uitslagen voor *C. burnetii* lieten zien.

Vanwege de analysemethode van *C. burnetii*, waarbij deze bacterie wordt aangetoond middels herkenning van een stukje DNA met behulp van PCR (*Polymerase Chain Reaction*) technieken, is het niet mogelijk om op basis van deze techniek aan te geven of de bacteriën in de monsters al dan niet levensvatbaar (infectieus) zijn. Zoals in de Inleiding reeds is aangegeven is *C. burnetii* zeer resistent tegen externe invloeden. Daarom is het zeer aannemelijk dat de aangetoonde *C. burnetii* bacteriën in dit onderzoek levensvatbaar zijn (pers. med. H.I.J. Roest, april 2011).

5 Conclusies

Dit rapport beschrijft de resultaten van onderzoek aan twee melkgeitenstallen. In een eerdere rapportage (Aarnink et al., 2012) zijn metingen in de periode november 2010 tot maart 2011 op dezelfde geitenbedrijven gerapporteerd. In deze rapportage zijn aanvullende metingen in de tussenperiode (juni – oktober) gerapporteerd. Hierbij wordt een volledig overzicht verkregen van gasvormige en stof-concentraties en -emissies van geitenstallen gedurende de verschillende seizoenen van het jaar.

In onderstaande tabel 13 zijn de emissiewaarden van de huidige meetperiode, van de vorige meetperiode en het gemiddelde van alle waarnemingen weergegeven.

Tabel 13 Gemiddelde emissies van totaalstof, PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas van de twee bemeten bedrijven met melkgeiten, uitgedrukt per dierplaats, in de huidige en de vorige meetperiode en de gemiddelden van alle waarnemingen.

Emissie ¹⁾	Waarde huidige	Waarde vorige	Waarde alle metingen
	metingen, periode juni - okt	metingen, periode nov - maart	
Totaalstof (g/dp per jaar)	272 ± 202	69 ± 56	137 ± 105
PM10 (g/dp per jaar)	95,1 ± 61,1	22,4 ± 14,7	46,7 ± 30,2
PM2,5 (g/dp per jaar)	3,1 ± 1,4	1,0 ± 0,02	1,7 ± 0,5
Ammoniak (kg/dp per jaar)	2,2 ± 0,4	2,3 ± 0,5	2,3 ± 0,4
Geur (OU _E /dp per s)	5,4 ± 0,8	4,8 ± 3,6	5,0 ± 2,7
Methaan (kg/dp per jaar)	9,8 ± 3,6	9,4 ± 0,9	9,6 ± 1,8
Lachgas (g/dp per jaar)	43,3 ± 26,4	167,9 ± 60,0	126 ± 49

²⁾ dp = dierplaats

De volgende conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van de emissies gemeten in de huidige meetperiode (juni – oktober):

- Stofemissies voor alle stoffracties waren 3 tot 4 maal hoger gedurende de warme periode ten opzichte van de koude periode van het jaar (november – maart).
- Er werd een conversiefactor tussen totaalstof- en PM10-concentraties berekend van 0,32. Dit is gelijk aan de conversiefactor gevonden in de meetperiode november – maart. Het is echter lager dan de conversiefactor (0,45) die door Chardon en Van der Hoek (2002) is beschreven.
- Per gram stof zit er meer endotoxine in PM10 dan in totaal stof en PM2,5.
- De ammoniak-, geur- en methaanemissies zijn in de periode juni – oktober vergelijkbaar met die in de periode november – maart.
- De lachgasemissie was in de periode juni – oktober beduidend (een factor 4) lager dan in de periode november – maart.

De volgende conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van de emissies gemeten over het gehele jaar:

- De gemeten jaaremmissie voor PM10 is ruim een factor 2 hoger dan het emissiecijfer gepubliceerd op www.infomil.nl (47 versus 19 g/dierplaats per jaar).
- De gemeten jaaremmissie voor NH₃ is iets hoger dan het emissiecijfer gepubliceerd op www.infomil.nl (2,3 versus 1,9 kg/dierplaats per jaar).
- De gemeten jaaremmissie voor geur is beduidend lager dan het emissiecijfer gepubliceerd op www.infomil.nl (5,0 versus 18,8 OU_E/dierplaats per s).
- De gemeten jaaremmissie voor methaan was hoger en de gemeten jaaremmissie voor lachgas was lager dan gepubliceerde waarden (NIR2009; Maas et al., 2009).

De volgende conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van emissies van (ziekte)kiemen:

- *Staphylococcus*, *Escherichia coli* en *Salmonella* konden in geen enkele meting worden aangetoond in de uitgaande lucht van de bemeten geitenstallen.
- *Enterobacteriaceae* werden alleen aangetroffen in de monsters die genomen zijn met de OMNI.
- In dit onderzoek is *C. burnetii*, de veroorzaker van Q-koorts, in een aantal luchtmonsters aangetoond. *C. burnetii* kon vooral aangetoond worden via bemonsteringsmethoden met een lage detectielimiet, zoals de filtermethode voor totaalstof en PM10 en de bemonstering met de OMNI.
- In de onderzochte geitenstallen komt *C. burnetii* veel voor in neergedwarreld stof. Het is aannemelijk dat deze kiemen afkomstig zijn uit de periode dat de geiten besmet waren met *C. burnetii*. Aangezien geitenstallen in principe nooit leeg staan, kunnen ze nooit helemaal schoongemaakt worden. Hierdoor kan het stof zich jarenlang ophopen. Dit 'besmette' stof kan een bron zijn van her-infectie van de geiten.

Literatuur

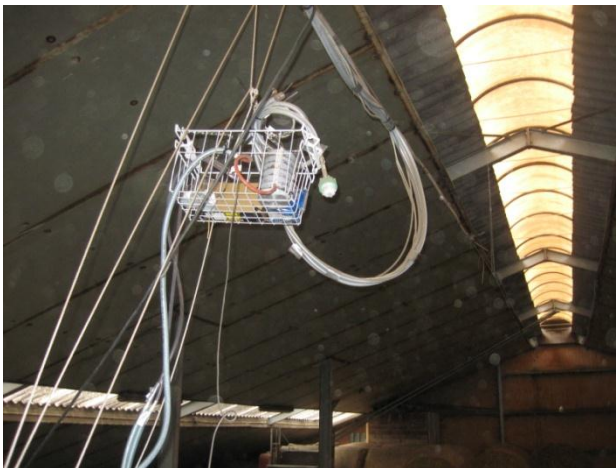
- Aarnink, A. J. A., J. Van Harn, T. G. Van Hattum, Y. Zhao, J. W. Snoek, I. Vermeij, and J. Mosquera. 2008. Reductie stofemissie bij vleeskuikens door aanbrengen oliefilm. Animal Sciences Group, Rapport 154. Lelystad.
- Aarnink, A. J. A., J. Mosquera, M. Cambra López, H. I. J. Roest, J. M. G. Hol, M. C. Van der Hulst, Y. Zhao, J. W. H. Huis in 't Veld, F. A. Gerrits, and N. W. M. Ogink. 2012. Emissies van stof en ziektekiemen uit melkgeitenstallen. Wageningen UR Livestock Research. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.
- Arricau-Bouvery, N., A. Souriau, C. Bodier, P. Dufour, E. Rousset, and A. Rodolakis. 2005. Effect of vaccination with phase I and phase II *Coxiella burnetii* vaccines in pregnant goats. *Vaccine* 23(35):4392-4402.
- Chardon, W. J., and K. W. Van der Hoek. 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw. [Calculation method for fine dust emission from agriculture.]. Alterra / RIVM. Wageningen.
- De Buissonjé, F., N. G. J. Hannink, G. Vunderink, F. Pouls, J. Mosquera Losada, and A. J. A. Aarnink. 2009. Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij; effect van een oliefilm op het strooisel in volièrehuisvesting voor leghennen [Measures to reduce fine dust emissions from poultry houses; effect of an oil film on the litter in aviary housing for layers]. Report 195, Animal Sciences Group, Lelystad. Lelystad.
- Lonza. 2011. Limulus Amebocyte Lysate (LAL); QCL-1000™. Lonza Catalog Number: 50-647U, 50-648U; Certificate of Analysis at www.lonza.com/coa. 8830 Biggs Ford Road | Walkersville, MD 21793.
- Roest, H. I. J., R. C. Ruuls, J. Tilburg, M. H. Nabuurs-Franssen, C. H. W. Klaassen, P. Vellema, R. van den Brom, D. Dercksen, W. Wouda, M. A. H. Spierenburg, A. N. van der Spek, R. Buijs, A. G. de Boer, P. T. J. Willemsen, and F. G. van Zijderveld. 2011. Molecular Epidemiology of *Coxiella burnetii* from Ruminants in Q Fever Outbreak, the Netherlands. *Emerging Infectious Diseases* 17(4):668-675.
- Roest, H. J., B. Van Gelderen, A. Dinkla, D. Frangoulidis, F. Van Zijderveld, J. Rebel, and L. Van Keulen. 2012. Q Fever in Pregnant Goats: Pathogenesis and Excretion of *Coxiella burnetii*. *PLoS ONE* 7(11):e48949. doi:48910.41371/journal.pone.0048949.
- Zhang, Y. H. 2004. *Indoor air quality engineering* Boca Raton, Florida: CRC Press.

Bijlagen

Bijlage A Bedrijf 1



Op deze foto die vanaf de voorraadzolder voor stro midden in de stal is genomen is 1 van de 4 geitenhokken zichtbaar, een pak stro dat in de voerruif ligt en de inlaatopening aan één van de zijden van de stal. De foto is genomen tijdens het voeren. Er ligt nog geen voer op de voergang.



Op deze foto die ook vanaf de voorraadzolder voor stro is genomen is de nok van de stal zichtbaar waar de meeste stallucht als uitgaande lucht door naar buiten gaat. Daarnaast is de meting aan de ziektekiemen en stofverdeling tijdens de uitvoering zichtbaar. In het mandje worden de verschillende monsternameapparaten via katrollen in de uitgaande luchtstroom gehangen.



Monstername van fijnstof mbv cyclonen en de DustTrak van de buitenlucht (= ingaande lucht van de stal). Deze monstername werd in de buurt van de ventilatieopening aan de zijwand van de stal uitgevoerd. Op hetzelfde punt werd ook totaalstof, broeikasgassen, geur en NH_3 bemonsterd.

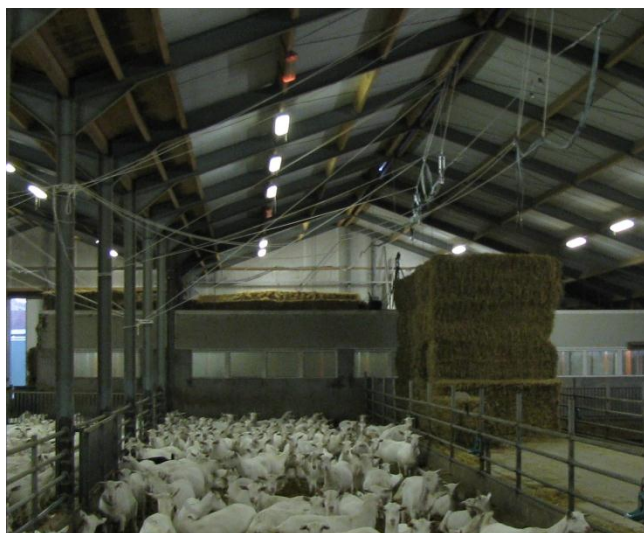


Op deze foto is de bemonstering van de ziektekiemen in de buitenlucht zichtbaar. In het mandje wordt op dezelfde wijze als in de stal de meetapparatuur geplaatst en de metingen uitgevoerd.

Bijlage B Bedrijf 2



Deze geitenstal heeft een dubbele nok. Voor de metingen zijn de monsternamepunten verdeeld over beide nokken. Wanneer bij de ene nok aan de voorzijde van de stal werd gemeten (voor = bij de melkput), dan werd bij de andere nok aan de achterzijde van de stal gemeten (en andersom). De metingen mbv de openpadlaser werd alleen bij één van de nokken uitgevoerd omdat de zolder waarop de laser geplaatst werd alleen beschikbaar was bij één van de nokken (op de foto de nok aan de rechterkant).



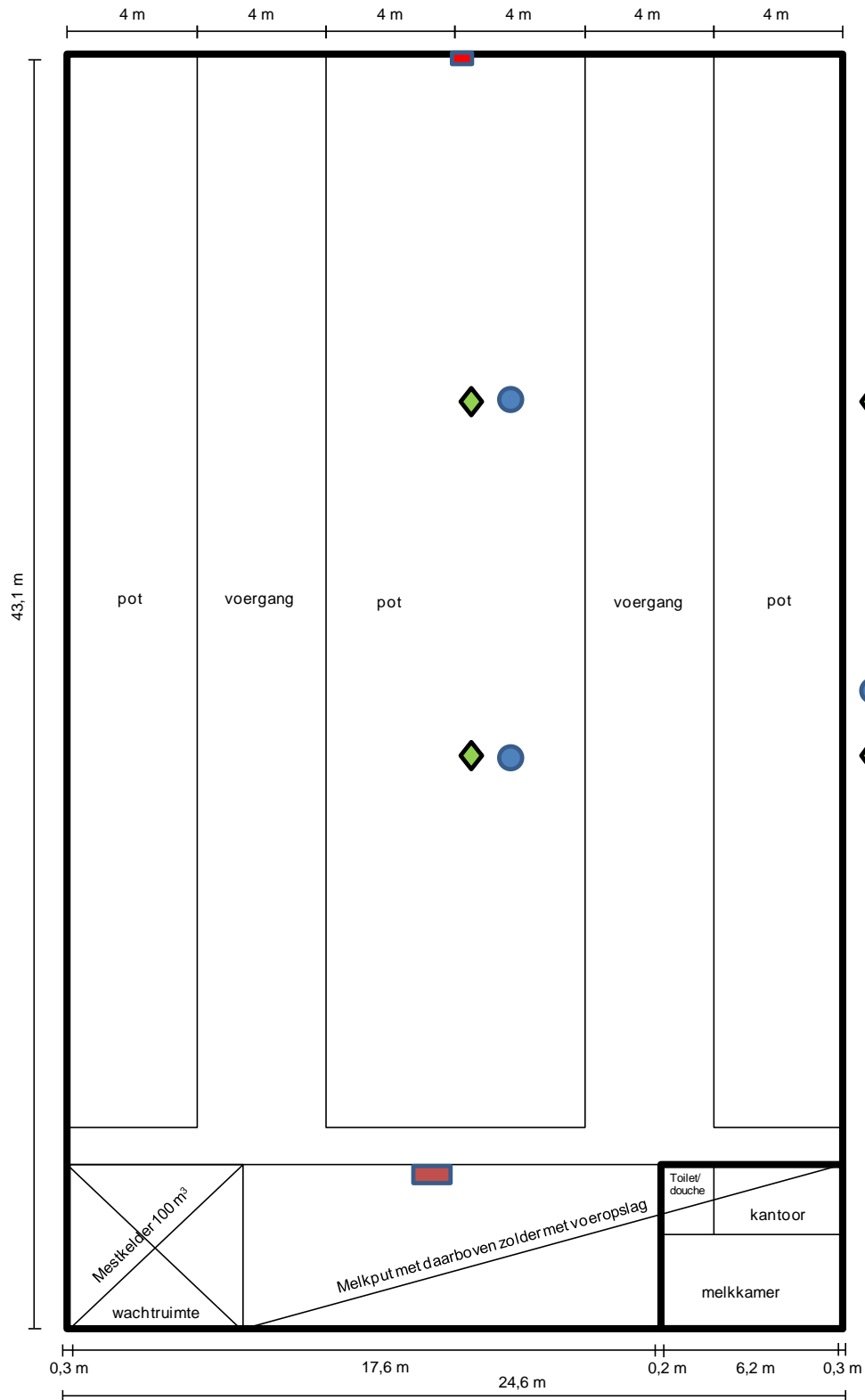
Op deze foto zijn de cyclonen zichtbaar die in één van de nokken van de stal zijn gehangen. Via een katrol werden de cyclonen naar boven getakeld. Op hetzelfde punt werd ook totaalstof, broeikasgassen, geur en NH_3 gemeten.



Een van de zijkanten van de stal met over de gehele lengte de inlaatopening waarbij op dit bedrijf altijd een zeil beperkte doorlaat voor de opening hing.

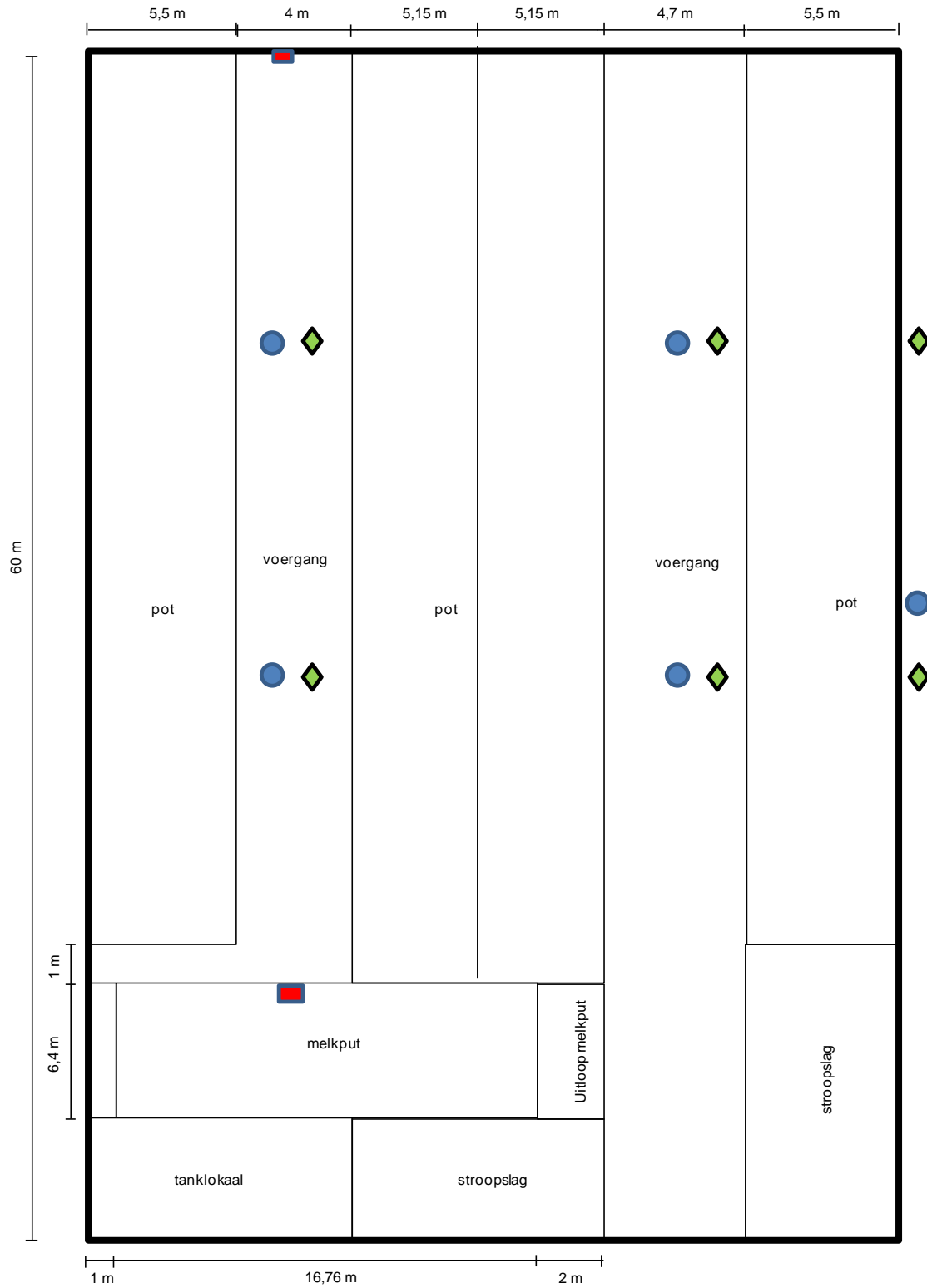
Bijlage C Plattegrond van de stallen en overzicht van de meetpunten

Bedrijf 1.



- Meetpunt voor puntbemonstering
- ◆ Meetpunt voor verzamelmonster innova monitor
- NH₃ laser
- Spiegel voor NH₃ laser

Bedrijf 2.



- Meetpunt voor puntbemonstering
- ◆ Meetpunt voor verzamelmonster innova monitor
- NH₃ laser
- Spiegel voor NH₃ laser



Wageningen UR Livestock Research

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

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