

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 292

Fijnstofemissie uit stallen: vleesvarkens

Maart 2010 (herziene versie januari 2011)



LIVESTOCK RESEARCH

WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

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

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2010

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

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

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

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



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

Abstract

In this study emissions of fine dust (PM10 and PM2.5) from houses for growing-finishing pigs were determined. In addition, emissions of ammonia, greenhouse gases and odour were determined.

Keywords

Fine dust, emission, pigs, growing and finishing pigs

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

J. Mosquera
J.M.G. Hol
A. Winkel
E. Lovink
N.W.M. Ogink
A.J.A. Aarnink

Titel

Fijnstofemissie uit stallen: vleesvarkens
Rapport 292 – herziene versie

Samenvatting

In dit onderzoek zijn de emissies bepaald van fijnstof (PM10 en PM2,5) uit vleesvarkensstallen. Additioneel zijn de emissies van ammoniak, broeikasgassen en geur bepaald.

Trefwoorden

Fijnstof, emissie, varkens, vleesvarkens



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Rapport 292

Fijnstofemissie uit stallen: vleesvarkens

Dust emission from animal houses: growing and finishing pigs

J. Mosquera

J.M.G. Hol

A. Winkel

E. Lovink

N.W.M. Ogink

A.J.A. Aarnink

Maart 2010 (herziene versie januari 2011)

Voorwoord

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

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

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

Voorwoord bij herziene versie januari 2011

Na het uitbrengen van deze rapportage (maart 2010) bleek dat deze een fout bevatte in de gerapporteerde emissies voor traditionele stalrichting (in de samenvatting). In deze herziene versie is dit hersteld. Daarnaast is in deze herziene versie ook voor methaan en lachgas een leegstand van 3% gebruikt om de jaaremmissies te bepalen. Bij deze herziening is tevens van de gelegenheid gebruik gemaakt om de tekst op enkele plaatsen nader te verduidelijken.

Samenvatting

Om een beter beeld te krijgen van de huidige situatie ten aanzien van fijnstofemissies uit de veehouderij is een uitgebreid onderzoeksproject opgestart. In dit project zijn bij verschillende diercategorieën en voor verschillende staltypen de fijnstofemissies gemeten. Emissies van deeltjes kleiner dan $10\ \mu\text{m}$ (PM10) en van deeltjes kleiner dan $2,5\ \mu\text{m}$ (PM2,5) zijn bepaald. Het doel van het project was om op basis van de meetresultaten emissiefactoren voor fijnstof (PM10 en PM2,5) vast te stellen. Bij eerdere vaststelling van fijnstofemissies uit de veehouderij zijn conversiefactoren gehanteerd voor omrekening van totaalstof naar PM10. Een tweede doel van dit project was om op basis van metingen onderbouwde conversiefactoren voor omrekening van totaalstof naar PM10 en PM2,5 te verkrijgen. Aangezien er ook behoefte was aan emissiecijfers van methaan en lachgas, zijn deze tevens meegenomen in het meetprogramma. Daarnaast zijn de emissies van ammoniak en geur gemeten om een volledige meetset van emissies te krijgen. Dit past in de lijn van integrale oplossingen voor het emissieprobleem in de veehouderij. In dit rapport zijn de metingen gerapporteerd die in het kader van het hiervoor genoemde onderzoeksproject uitgevoerd zijn in vleesvarkensstallen.

Alle metingen zijn uitgevoerd conform een werkwijze die gelijkwaardig is aan eerder vastgestelde meetprotocollen. De metingen zijn gedaan aan vier vleesvarkensstallen met een traditionele stalinrichting en aan vier vleesvarkensstallen met beperkt emitterend oppervlak (Rav-code: D 3.2.7.2.1), waarvan twee met droogvoer en twee met brijvoer, op verschillende locaties. Per locatie zijn minimaal vijf metingen van 24 uur (voor geur twee uur) verricht, verspreid over het jaar en over de groeiperiode van de dieren.

Op basis van dit onderzoek in vier vleesvarkensstallen met traditionele inrichting zijn de volgende jaaremissies bepaald, waarbij voor stof-, methaan-, lachgas- en ammoniakemissies is gerekend met 3% leegstand (berekende emissiefactor \pm de standaarddeviatie tussen bedrijven):

- PM10 emissie: $139,7 \pm 65,4$ g/dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie: $7,0 \pm 3,8$ g/dierplaats per jaar
- Ammoniakemissie: $3,4 \pm 0,7$ kg/dierplaats per jaar
- Geuremissie: $22,4 \pm 8,1$ OUE/dierplaats per s (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Methaanemissie: $15,7 \pm 10,9$ kg/dierplaats per jaar
- Lachgasemissie: $8,0 \pm 5,3$ g/dierplaats per jaar

Op basis van dit onderzoek in twee vleesvarkensstallen met beperkt emitterend oppervlak en droogvoer zijn de volgende jaaremissies bepaald, waarbij voor stof-, methaan-, lachgas- en ammoniakemissies is gerekend met 3% leegstand (berekende emissiefactor \pm de standaarddeviatie tussen bedrijven):

- PM10 emissie: $194,7 \pm 48,0$ g/dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie: $8,3 \pm 1,5$ g/dierplaats per jaar
- Ammoniakemissie: $2,4 \pm 0,6$ kg/dierplaats per jaar
- Geuremissie: $15,7 \pm 0,3$ OUE/dierplaats per s (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Methaanemissie: $1,9 \pm 0,2$ kg/dierplaats per jaar
- Lachgasemissie: $7,5 \pm 2,4$ g/dierplaats per jaar

Op basis van dit onderzoek in twee vleesvarkensstallen met beperkt emitterend oppervlak en brijvoer zijn de volgende jaaremissies bepaald, waarbij voor stof-, methaan-, lachgas- en ammoniakemissies is gerekend met 3% leegstand (berekende emissiefactor \pm de standaarddeviatie tussen bedrijven):

- PM10 emissie: $136,1 \pm 2,4$ g/dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie: $6,1 \pm 1,0$ g/dierplaats per jaar
- Ammoniakemissie: $2,3 \pm 0,4$ kg/dierplaats per jaar
- Geuremissie: $13,5 \pm 2,6$ OUE/dierplaats per s (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Methaanemissie: $2,3 \pm 1,0$ kg/dierplaats per jaar
- Lachgasemissie: $8,8 \pm 8,7$ g/dierplaats per jaar

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

- de emissie van PM10 is beduidend lager dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 (274,5 g/dierplaats per jaar);
- de emissie van PM2,5 is beduidend lager dan de eerder gehanteerde waarde voor PM2,5 (48,8 g/dierplaats per jaar);
- de conversiefactor voor totaalstof naar PM10 (0,34) is beduidend lager dan de conversiefactor (0,45) die door Chardon en Van der Hoek (2002) is beschreven;
- de conversiefactor voor totaalstof naar PM2,5 (0,026) is beduidend lager dan de conversiefactor (0,08) die door Chardon en Van der Hoek (2002) is beschreven.

Summary

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

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

All measurements have been performed according to a procedure similar to described protocols. Measurements have been done in four growing and finishing pigs houses with a conventional system and four houses with reduced emitting surface at different locations. For each location, at least five 24-h measurements (for odour two h) have been performed spread over the year and spread over the growing period of the animals.

Based on this study in growing and finishing pigs houses with a conventional system the following yearly emissions have been determined, corrected for an empty period of 3% in case of dust, methane, nitrous oxide and ammonia emissions (calculated emission factors \pm standard deviation between locations):

- PM10 emission: 139.7 ± 65.4 g/animal place per year
- PM2,5 emission: 7.0 ± 3.8 g/animal place per year
- Ammonia emission: 3.4 ± 0.7 kg/animal place per year
- Odour emission: 22.4 ± 8.1 OU_E/animal place per s (not corrected for empty period)
- Methane emission: 15.7 ± 10.9 kg/animal place per year
- Nitrous oxide emission: 8.0 ± 5.3 g/animal place per year

Based on this study in growing and finishing pigs houses with reduced emitting surface (and dry feed) the following yearly emissions have been determined, corrected for an empty period of 3% in case of dust, methane, nitrous oxide and ammonia emissions (calculated emission factors \pm standard deviation between locations):

- PM10 emission: 194.7 ± 48.0 g/animal place per year
- PM2,5 emission: 8.3 ± 1.5 g/animal place per year
- Ammonia emission: 2.4 ± 0.6 kg/animal place per year
- Odour emission: 15.7 ± 0.3 OU_E/animal place per s (not corrected for empty period)
- Methane emission: 1.9 ± 0.2 kg/animal place per year
- Nitrous oxide emission: 7.5 ± 2.4 g/animal place per year

Based on this study in growing and finishing pigs houses with reduced emitting surface (and liquid feed) the following yearly emissions have been determined, corrected for an empty period of 3% in case of dust, methane, nitrous oxide and ammonia emissions (calculated emission factors \pm standard deviation between locations):

- PM10 emission: 136.1 ± 2.4 g/animal place per year
- PM2,5 emission: 6.1 ± 1.0 g/animal place per year
- Ammonia emission: 2.3 ± 0.4 kg/animal place per year
- Odour emission: 13.5 ± 2.6 OU_E/animal place per s (not corrected for empty period)
- Methane emission: 2.3 ± 1.0 kg/animal place per year
- Nitrous oxide emission: 8.8 ± 8.7 g/animal place per year

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

- the emission of PM10 is considerably lower than the previously used emission factor for PM10 (274.5 g/animal place per year);
- the emission of PM2.5 is considerably lower than the previously used emission value for PM2.5 (48.8 g/animal place per year);
- the conversion factor for total dust to PM10 (0.34) is considerably lower than the value (0.45) described by Chardon and Van der Hoek (2002);
- the conversion factor for total dust to PM2.5 (0.026) is considerably lower than the value (0.08) described by Chardon and Van der Hoek (2002).

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Hoofdlijn opzet meetprogramma	2
2.2	Beschrijving vleesvarkensstallen	3
2.3	Metingen	4
2.3.1	Stofmetingen	6
2.3.2	Ammoniakmetingen	8
2.3.3	Geurmetingen	8
2.3.4	Broeikasgasmetingen	9
2.3.5	Ventilatie-debiet	9
2.3.6	Metingen temperatuur en RV	9
2.4	Verwerking gegevens	9
3	Resultaten	11
3.1	Meetomstandigheden	11
3.2	Ventilatie-debiet	12
3.3	PM10 emissie	13
3.4	PM2,5 emissie	14
3.5	Totaalstofemissie	14
3.6	Ammoniakemissie	15
3.7	Geuremissie	16
3.8	Methaanemissie	16
3.9	Lachgasemissie	17
4	Discussie	18
5	Conclusies	20
	Literatuur	21
	Bijlagen	22
Bijlage 1	Traditionele inrichting, bedrijf 1	22
Bijlage 2	Traditionele inrichting, bedrijf 2	24
Bijlage 3	Traditionele inrichting, bedrijf 3	26
Bijlage 4	Traditionele inrichting, bedrijf 4	28
Bijlage 5	Beperkt emitterend oppervlak, bedrijf 5	30
Bijlage 6	Beperkt emitterend oppervlak, bedrijf 6	32
Bijlage 7	Beperkt emitterend oppervlak, bedrijf 7	34
Bijlage 8	Beperkt emitterend oppervlak, bedrijf 8	36

1 Inleiding

Per 1 januari 2005 heeft de Europese Unie grenswaarden opgesteld voor alle EU-lidstaten voor maximale concentraties fijnstof: jaargemiddeld maximaal 40 microgram per m³ lucht en daggemiddeld maximaal 50 microgram per m³ lucht, met maximaal 35 overschrijdingen van het toegestane daggemiddelde. Fijnstof is stof dat voor het merendeel bestaat uit deeltjes met een diameter kleiner dan 10 micrometer. Dit stof wordt aangeduid als PM10 (PM; Particulate Matter). In 2008 is een nieuwe richtlijn van kracht geworden waarin de jaargemiddelde maximale norm voor deeltjes kleiner dan 2,5 micrometer (zeer fijnstof, PM2,5) is vastgesteld op 25 microgram per m³ lucht.

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

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

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

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

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

In dit rapport worden de metingen gerapporteerd die in het kader van het hiervoor genoemde onderzoeksprogramma uitgevoerd zijn in vier vleesvarkensstallen met een traditionele stalinrichting en in vier vleesvarkensstallen met beperkt emitterend oppervlak (Rav-code: D 3.2.7.2.1), waarvan twee met droogvoer en twee met brijvoer.

2 Materiaal en methode

2.1 Hoofdlijn opzet meetprogramma

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.2 Beschrijving vleesvarkensstallen

Onder traditioneel ingerichte vleesvarkenstallen wordt verstaan dat de dieren in afdelingen worden gehuisvest die mechanisch geventileerd worden. De ventilatie vindt plaats door stallucht d.m.v. een ventilator in een ventilatorkoker naar buiten af te voeren. Hiermee wordt onderdruk gecreëerd in de afdelingen, waardoor verse lucht vanaf buiten de afdeling naar binnen stroomt. De verse lucht kan op verschillende manieren naar de afdelingen worden geleid, bijvoorbeeld door een geperforeerd plafond of door roosters in de toegangsdeur van de afdeling. De dieren worden in kleine groepen in verschillende hokken in een afdeling gehouden. Een deel van het hok bestaat uit roostervloer en een deel uit een dichte vloer. Onder de roostervloer bevindt zich de mestkelder. Het is ook mogelijk dat een mestkelder aanwezig is onder de dichte vloer. Afhankelijk van het wel of niet aanwezig zijn van een zogenaamd stankslot zal dit oppervlak wel of niet bijdragen aan de totale emissie (bij een stankslot staat de lucht uit deze mestkelder niet in verbinding met de stal). In een hok is ook een voerbak aanwezig met daarin een drinknippel.

Naast de traditioneel ingerichte stallen is eveneens onderzoek verricht aan stallen met een beperkt emitterend oppervlak conform Rav-beschrijving D 3.2.7.2.1. Onder vleesvarkensstallen met beperkt emitterend oppervlak wordt verstaan dat naast de traditionele inrichting van de afdeling en het hok (zoals hierboven beschreven), de mestkelder onder de roostervloer ammoniakemissiearm is ingericht. Daarvoor is een schuine plaat in de mestkelder geplaatst en onderin de mestkelder een rioleringsstelsel gemaakt. Door de mest slechts tot een beperkt niveau te laten stijgen en daarna via het rioleringsstelsel af te voeren wordt het emitterend oppervlak van de mest beperkt. In de Regeling ammoniak veehouderij (Rav; www.infomill.nl) staat in de stalbeschrijving voor dit systeem beschreven dat het emitterend oppervlak maximaal 0,18 m² per dierplaats mag zijn waarmee een ammoniakreductie van 60 % wordt bereikt.

De belangrijkste kenmerken en foto-impressies van de acht vleesvarkensstallen in dit onderzoek worden weergegeven in Tabel 2a en in bijlagen 1 t/m 4 (bedrijven met traditionele stalrichting) en in Tabel 2b en bijlagen 5 t/m 8 (bedrijven met beperkt emitterend oppervlak).

Tabel 2a Belangrijkste kenmerken van de vier traditioneel ingerichte vleesvarkenstallen in dit onderzoek

Kenmerk	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 3	Bedrijf 4
Aantal dierplaatsen	66	60	120	55
Oppervlakte per dier [m ² /dier]	0,74	0,75	0,82	0,85
Materiaal roostervloer	Metaal driekant	Beton	Beton	Beton
Materiaal dichte vloer	Beton	Beton	beton	beton
% roostervloer / %dichte vloer	57 / 43	50 / 50	47 / 53	56 / 43
Droogvoer/brijvoer	Droog	Droog	Droog	Droog
Gewichtstraject opleg – afleveren [kg]	25 / 125	25 / 100	23 / 115	25 / 120
Max ventilatiecapaciteit [m ³ /uur]	4.400	6.000	12.000	6.000
Omschrijving luchtinlaat	Over deur, daarna door de voergang	Plafond	Door deur, daarna door voergang	Plafond

Tabel 2b Belangrijkste kenmerken van de vier vleesvarkenstallen met beperkt emitterend oppervlak in dit onderzoek

Kenmerk	Bedrijf 5	Bedrijf 6	Bedrijf 7	Bedrijf 8
Aantal dierplaatsen	132	144	156	144
Oppervlakte per dier [m ² /dier]	0,8	1,0	0,8	1,0
Materiaal roostervloer	Beton	Beton en metaal	Beton	Beton en metaal
Materiaal dichte vloer	Beton	Beton	Beton	Beton
% roostervloer beton / %metaal / % dichte vloer	60 / 0 / 40	10 / 30 / 60	60 / 0 / 40	10 / 30 / 60
Droogvoer/brijvoer	Droog	Droog	Brij	Brij
Gewichtstraject opleg – afleveren [kg]	20–115	25–115	25–115	25–115
Max ventilatiecapaciteit [m ³ /uur]	7.800	12.000	12.500	12.000
Omschrijving luchtinlaat	Onder de voergang	Onder de voergang	Onder de voergang	Onder de voergang

2.3 Metingen

In Tabel 3 worden de data van de metingen aangegeven en de leeftijd van de dieren op de meetdagen voor de vier vleesvarkensstallen met traditionele stalinrichting (bedrijven 1 t/m 4) en de vier vleesvarkensstallen met beperkt emitterend oppervlak (bedrijven 5 t/m 8).

Tabel 3 Data waarop metingen zijn uitgevoerd met leeftijd dieren (dagen na opleg), temperatuur (°C) buiten (T-buiten) en stal (T-stal), relatieve luchtvochtigheid (%) buiten (RV-buiten) en stal (RV-stal). Bedrijven 1 t/m 4: traditionele inrichting; Bedrijven 5 t/m 8: beperkt emitterend oppervlak. n.g.: niet gemeten. (*): T en RV ingaande lucht

Bedrijf		Meting					
		1	2	3	4	5	6
1	Datum	20-11-2007	07-04-2008	14-05-2008	23-06-2008	10-09-2008	28-01-2009
	Dagnr.	104	13	50	90	50	71
	T-buiten	8,2	3,4	17,9	15,2	19,0	-0,5
	RV-buiten	82,5	79,0	70,0	66,0	84,0	92,9
	T-stal	23,5	23,0	27,6	26,1	27,5	22,4
	RV-stal	53,8	56,0	50,6	49,0	59,3	47,3
2	Datum	09-10-2007	11-12-2007	04-06-2008	01-10-2008	13-11-2008	18-03-2009
	Dagnr.	29	92	19	15	58	65
	T-buiten	13,5	3,5	16,5	10,9	8,4	6,1
	RV-buiten	91,7	90,0	90,0	85,4	86,8	72,3
	T-stal	25,5	24,4		25,8	25,2	28,0
	RV-stal	61,6	60,2		59,2	59,1	56,4
3	Datum	16-03-2009	20-04-2009	10-06-2009	13-07-2009	21-09-2009	04-11-2009
	Dagnr.	51	86	32	65	12	56
	T-buiten*	23,3	17,9	16,9	22,2	18,5	12,0
	RV-buiten*	56,5	55,6	74,3	57,4	65,1	71,6
	T-stal	20,1	24,6	25,7	26,6	26,0	23,8
	RV-stal	41,0	52,5	63,0	59,3	58,0	58,0
4	Datum	24-06-2009	27-07-2009	09-09-2009	07-10-2009	02-11-2009	n.g.
	Dagnr.	55	88	16	44	70	n.g.
	T-buiten*	21,1	19,6	19,2	15,2	11,4	n.g.
	RV-buiten*	51,2	68,0	74,3	96,1	70,4	n.g.
	T-stal	26,7	26,0	25,5	25,5	22,2	n.g.
	RV-stal	52,0	64,4	60,1	71,7	73,8	n.g.
5	Datum	08-10-2008	26-11-2008	11-03-2009	07-05-2009	22-07-2009	n.g.
	Dagnr.	29	78	50	107	65	n.g.
	T-buiten	12,5	6,5	7,2	13,0	21,2	n.g.
	RV-buiten	87,9	93,3	74,7	88,2	80,1	n.g.
	T-stal	24,8	23,2	24,2	23,6	27,4	n.g.
	RV-stal	56,8	51,6	46,6	59,3	78,0	n.g.
6	Datum	16-02-2009	30-03-2009	03-05-2009	03-06-2009	18-08-2009	n.g.
	Dagnr.	98	11	45	76	26	n.g.
	T-buiten	7,6	6,2	12,0	15,6	21,6	n.g.
	RV-buiten	100,0	72,1	67,4	51,5	52,9	n.g.
	T-stal	23,6	24,9	26,2	25,7	27,9	n.g.
	RV-stal	57,2	45,2	43,9	46,0	53,8	n.g.
7	Datum	24-11-2008	12-01-2009	04-03-2009	06-04-2009	27-05-2009	n.g.
	Dagnr.	27	76	10	43	94	n.g.
	T-buiten	1,6	3,9	6,6	11,5	14,0	n.g.
	RV-buiten	93,0	77,1	93,8	78,0	73,6	n.g.
	T-stal	25,5	24,7	25,6	26,1	25,3	n.g.
	RV-stal	55,3	47,1	56,8	52,0	53,3	n.g.
8	Datum	16-02-2009	30-03-2009	03-05-2009	03-06-2009	12-08-2009	n.g.
	Dagnr.	117	25	59	90	28	n.g.
	T-buiten	7,6	6,2	12,0	15,6	18,7	n.g.
	RV-buiten	100,0	72,1	67,4	51,5	97,4	n.g.
	T-stal	22,3	24,5	24,8	25,0	26,7	n.g.
	RV-stal	69,3	67,4	54,4	45,1	71,4	n.g.

2.3.1 Stofmetingen

De volgende stofmonsters zijn genomen tijdens meetdagen van 24 uur:

- duplo 24-uurs monsters van deeltjes kleiner dan 10 μm (PM10) van de uitgaande stallucht en enkelvoudige 24-uurs monsters van PM10 van de ingaande stallucht;
- duplo 24-uurs monsters van deeltjes kleiner dan 2,5 μm (PM2,5) van de uitgaande stallucht en enkelvoudige 24-uurs monsters van PM2,5 van de ingaande stallucht;
- minuutmonsters van deeltjes kleiner dan 10 μm (PM10) van de uitgaande stallucht;
- enkelvoudige 24-uurs monsters van totaalstof van de uitgaande stallucht (alleen voor de bedrijven met traditionele stalinrichting).



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

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

PM10 en PM2,5 werd verzameld op een filter, nadat de grotere stofdeeltjes waren afgescheiden met behulp van een PM10 of PM2,5 cycloon (URG corp., Chapel Hill, VS). Het stof werd verzameld op glasvezelfilters met een diameter van 47 mm (type MN GF-3, Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren, Duitsland). De filters werden voor en na de stofmonstername gewogen onder standaard condities: temperatuur $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ en $50\% \pm 5\%$ relatieve luchtvochtigheid. Deze voorwaarden staan beschreven in NEN-EN 14907 (2005). Het verschil in gewicht voor en na de metingen werd gebruikt om de hoeveelheid verzameld stof te bepalen. Lucht werd door inlaat, cycloon en filter gezogen met monsternamepompen van het type Charlie HV (roterend, $6\text{ m}^3/\text{uur}$, 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 e.a. (2008). In voornoemd rapport staan tevens correctielijnen vermeld voor omrekening van de concentraties gevonden met cycloon monsternamekoppen naar impactor monsternamekoppen. De volgende correcties zijn uitgevoerd:

PM10: $< 222,6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 1,0877 X$
 $> 222,6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 0,8304 X + 57,492$

PM2,5: geen correctie

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

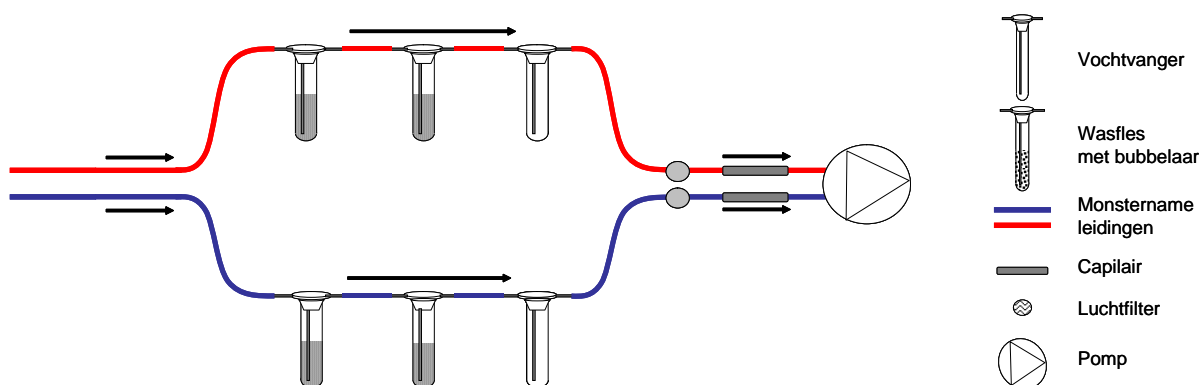
Totaalstof werd bepaald volgens de methode zoals beschreven door Groot Koerkamp e.a. (1996). Deze methode werd toegepast in het EU-project Aerial Pollutants waaruit de eerste cijfers voor stofemissie uit de veehouderij zijn bepaald. Bij deze methode werd totaalstof (zoals gedefinieerd in de Europese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



Figuur 2 Monsterapparatuur voor totaalstof. Links op de foto de monsterkop met aanzuigleiding naar de pomp; rechts op de foto de filterhouder met bescherming voor transport.

2.3.2 Ammoniakmetingen

De ammoniakconcentratie werd volgens de natchemische meetmethode voor NH_3 (Wintjes, 1993) gemeten. Bij deze meetmethode wordt de lucht via een monsternameleiding met een constante luchtstroom ($\sim 1,0$ 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. De metingen werden per meetplek in duplo uitgevoerd (Figuur 3). 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 (24 uur) wordt de concentratie gebonden NH_3 spectrofotometrisch bepaald. Voor en na de meting werd de exacte luchtstroom bepaald met behulp van een flowmeter (Defender 510-m, Bios Int. Corp, USA). Door de bemonsteringsduur, de bemonsteringsflow, het NH_4^+ gehalte en de hoeveelheid opvangvloeistof te verrekenen kan de NH_3 -concentratie in de bemonsterde lucht worden bepaald. Zowel de ingaande als uitgaande stallucht werd in duplo bemonsterd.



Figuur 3 Meetopstelling natchemisch methode voor ammoniakemissiemetingen

2.3.3 Geurmetingen

Geurmonsters werden genomen tussen 10:00 en 12:00 uur. De bemonstering werd uitgevoerd volgens de zogenaamde longmethode (Ogink en Mol, 2002). Een 40 liter Nalophan geurmonsterzak werd driemaal gespoeld met geurloze lucht en in een gesloten vat geplaatst. Door lucht uit het vat met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) via een teflon slang te zuigen (0,4 l/min), ontstaat in het vat onderdruk en wordt door een stoffilter (type #1130, diameter: 50 mm, 1-2 μm , Savillex[®] Corp., Minnetonka, VS) stallucht aangezogen in de zak. Om condensvorming te voorkomen wordt verwarmingslint langs de monsternameleiding aangebracht. Het monster werd direct na bemonstering naar het geurlaboratorium van de Animal Sciences Group vervoerd om binnen 30 uur te worden geanalyseerd. De geuranalyses werden uitgevoerd door het geurlaboratorium van de Animal Sciences Group volgens de Europese norm EN 13725 (CEN, 2003). Het geurlaboratorium van Animal Sciences Group is onder nummer L313 geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie te Utrecht voor het uitvoeren van geuranalyses. Aan de geuranalyses wordt deelgenomen door een groep van vier tot zes panelleden in wisselende samenstelling. De gevoeligheid van de panelleden wordt voor de metingen getest met butanol. De geurconcentraties en -emissies worden vermeld in respectievelijk OU_E/m^3 en OU_E/s . De eenheid 'OU_E' staat hierbij voor 'European Odour Units'. Deze aan de EN 13725 ontleende terminologie sluit aan bij de internationale literatuur op dit vakgebied. Gedurende twee van de zes meetdagen is tevens van de ingaande stallucht de geurconcentratie bepaald op dezelfde manier als de uitgaande stallucht.

2.3.4 Broeikasgasmetingen

De bepaling van de CH₄-, N₂O- en CO₂-concentraties in de uitgaande stallucht werd op dezelfde wijze gedaan als voor een geurmonster (zie de longmethode hierboven beschreven). De monsterzak werd t/m april 2009 in 24 uur gevuld via discontinue bemonstering. Met behulp van een tijd klok werd elk uur gedurende vijf minuten een vaste luchtstroom aangezogen van 0,4 l/min, gedurende 55 minuten werd er niet bemonsterd. Vanaf mei 2009 is de procedure aangepast. De monsterzak werd dan continu in 24 uur gevuld met een vaste luchtstroom van 0,02 l/min. Op deze wijze werd een tijdsgemiddeld monster verkregen. Het gehalte aan broeikasgassen in het monster werd bepaald met een gaschromatograaf (Interscience/Carbo Erba Instruments, GC 8000 Top; kolom: Molsieve 5A (CH₄, CO₂), Haysep Q (N₂O); detector: CH₄: FID, N₂O: ECD, CO₂: HWD).

2.3.5 Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet (m³/uur) werd met behulp van meetventilatoren (Van Ouwkerk, 1993; Mosquera e.a., 2002) continu tijdens de metingen geregistreerd en vastgelegd in een datalogger (Koenders boxen, typen: CR10, CR10X, CR23 en CR23X, Campbell Scientific Inc., Logan, VS). Meetventilatoren zijn groot formaat anemometers met een diameter gelijk aan de diameter van de ventilatiekoker. De meetventilator wordt aangedreven door de luchtstroom in de ventilatiekoker en is daardoor niet gekoppeld aan de motor van de ventilator. Voor het berekenen van het debiet werd gebruik gemaakt van een ijklijn waarin de relatie tussen de geregistreerde pulsen en het debiet was vastgesteld. Wanneer het niet mogelijk was om het ventilatie-debiet met de gegevens van de meetventilator te bepalen (bijvoorbeeld bij storing van de meetapparatuur) werd het ventilatie-debiet bepaald met behulp van de CO₂-massabalansmethode. Bij deze methode wordt de gemiddelde CO₂-concentratie van de in- en uitgaande stallucht (respectievelijk [CO₂]_{stal} en [CO₂]_{buiten}; ppm) gedurende 24 uur gemeten en de CO₂-productie van de dieren (m³/uur per dier) in de stal berekend aan de hand van CIGR rekenregels (CIGR, 2002; Pedersen e.a., 2008). Door de CO₂-productie per dier te vermenigvuldigen met het aantal aanwezige dieren in de stal kan de totale CO₂-productie worden berekend. Het ventilatie-debiet V (m³/uur) wordt dan bepaald op basis van:

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

2.3.6 Metingen temperatuur en RV

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

2.4 Verwerking gegevens

Voor alle bedrijven (j=1, 2, 3, 4 voor traditionele stalinrichting; j= 5, 6, 7, 8 voor beperkt emitterend oppervlak) werden per meetdag (i=1, 2, ..., 6) de emissies van fijnstof, ammoniak, methaan en lachgas (E_{ij} bepaald op basis van het gemiddeld ventilatie-debiet (V_{ij}) en de gemiddelde concentraties van de uitgaande lucht (C_{uit,ij}) en de ingaande lucht (C_{in,ij}):

$$E_{ij} = V_{ij} \times (C_{\text{uit},ij} - C_{\text{in},ij})$$

Voor alle bedrijven (j=1, 2, 3, 4 voor traditionele stalinrichting; j= 5, 6, 7, 8 voor beperkt emitterend oppervlak) werden per meetdag (i=1, 2, ..., 6) de emissies van totaal stof en geur (E_{ij} bepaald op basis van het gemiddeld ventilatie-debiet over de meetperiode (V_{ij}) en de gemiddelde concentraties van de uitgaande lucht (C_{uit,ij}):

$$E_{ij} = V_{ij} \times C_{\text{uit},ij}$$

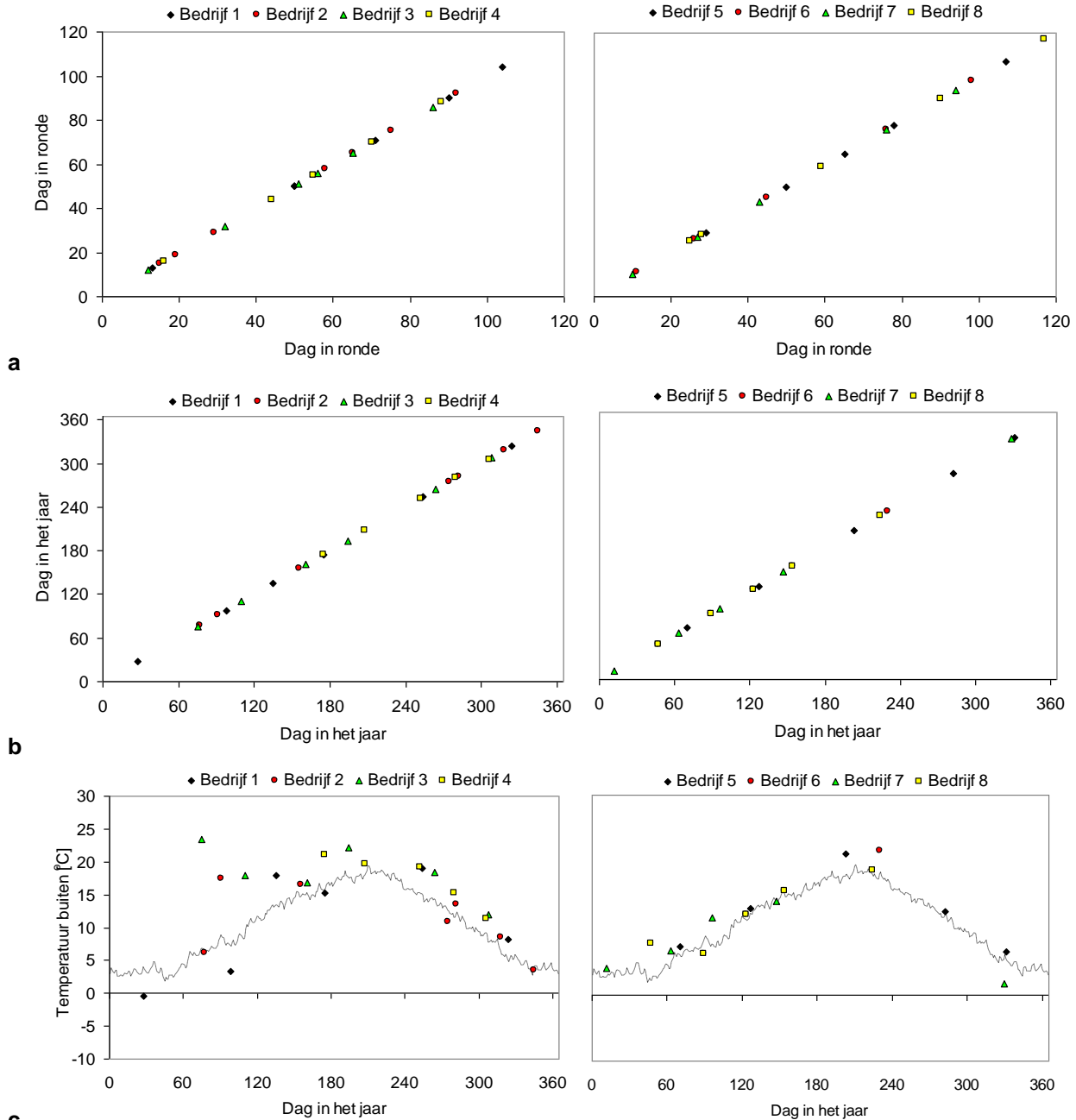
Deze gemiddelde dagemissies werden, behalve voor geur, vervolgens vermenigvuldigd met 365 dagen om de jaaremmissies (niet gecorrigeerd voor leegstand) te berekenen. Voor geur werd de emissie uitgedrukt in OU_E/s , en uitgedrukt als natuurlijke logaritme.

De emissie (E) op jaarbasis per dierplaats werd vervolgens bepaald als het gemiddelde van de waarden van alle meetdagen. Voor geur werd de mediane emissie bepaald door het gemiddelde op log-schaal terug te transformeren naar normale schaal.

3 Resultaten

3.1 Meetomstandigheden

De gebruikte meetprotocollen schrijven voor dat, op alle bemeten bedrijven, zes maal gemeten moet worden. De metingen moeten verdeeld over een jaar verricht worden. Daarnaast moeten de zes metingen gebalanceerd over de productieperiode worden gedaan, waarbij de helft van de metingen in het eerste deel en de andere helft in het tweede deel van de productieperiode dient te vallen. Minimaal 80% van deze metingen (vijf metingen per locatie) moet betrouwbare resultaten opleveren. Figuur 4 laat zien hoe de metingen in dit onderzoek in werkelijkheid verdeeld waren.



Figuur 4 Verdeling van de metingen over de productieperiode (b), het jaar (a), en de buitentemperatuur (c) vergeleken met de gemiddelde waarden gemeten over de jaren 1984-2009 voor de regio Eindhoven (www.knmi.nl; als stippellijn weergegeven). Links (bedrijven 1 t/m 4): traditionele inrichting; Rechts: beperkt emitterend oppervlak (bedrijven 5 en 6: droogvoer; bedrijven 7 en 8: brijvoer).

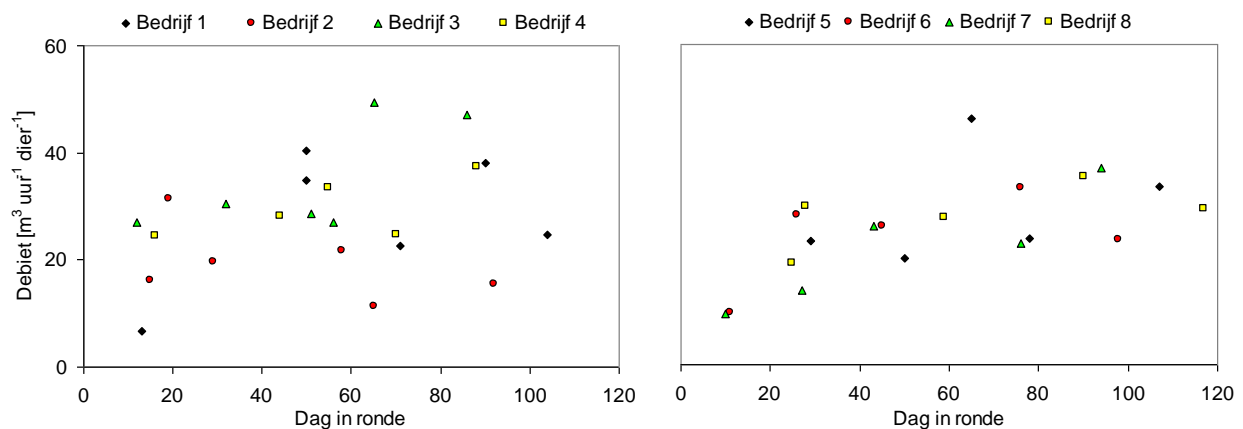
De gemiddelde meetdag in de productieperiode was 54 dagen voor de bedrijven met traditionele stalinrichting, en 58 dagen voor de bedrijven met beperkt emitterend oppervlak. De metingen zijn verspreid over het jaar genomen met een gemiddeld dagnummer in het jaar van 204 voor traditionele stalinrichting, en van 147 voor beperkt emitterend oppervlak. De gemiddelde buitentemperatuur op de dagen waarop is gemeten (10,2 °C voor traditionele stalinrichting (excl. bedrijf 3 en 4)), 11,1 °C voor beperkt emitterend oppervlak) is hoger dan het langjarige gemiddelde in Nederland (10,1 °C). Bij bedrijf 3 en 4 werd de temperatuur van de ingaande lucht gemeten en niet de buitentemperatuur.

3.2 Ventilatie-debiet

In Tabel 4 wordt per bedrijf en per meting aangegeven welke meetmethode (meetventilator (MV); CO₂-massabalans methode (MB)) werd gebruikt om het ventilatie-debiet te bepalen. In Figuur 5 wordt het ventilatie-debiet op de verschillende meetdagen voor de acht vleesvarkensstallen weergegeven.

Tabel 4 Meetmethode die toegepast werd om het ventilatie-debiet te bepalen. MV: meetventilator; MB: CO₂-massabalans methode. n.g.: niet gemeten

Bedrijf	Meting					
	1	2	3	4	5	6
1	MB	MV	MV	MV	MV	MV
2	MV	MV	MV	MV	MV	MV
3	MB	MB	MB	MB	MB	MB
4	MV	MV	MV	MV	MV	n.g.
5	MV	MV	MV	MV	MB	n.g.
6	MV	MV	MB	MV	MV	n.g.
7	MV	MV	MV	MV	MV	n.g.
8	MB	MB	MB	MB	MB	n.g.

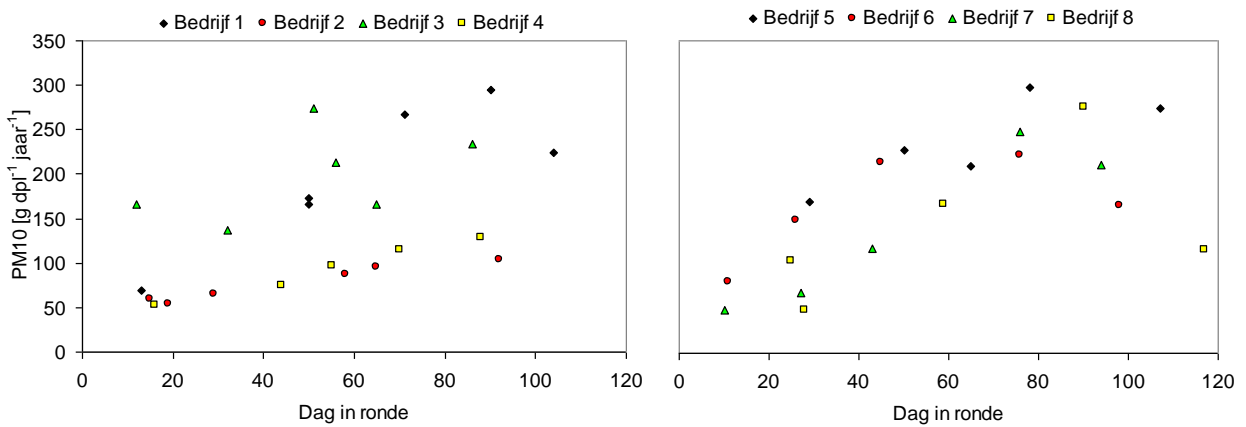


Figuur 5 Gemiddeld ventilatie-debiet op de verschillende meetdagen voor de vier stallen met traditionele stalinrichting (links) en de vier stallen met beperkt emitterend oppervlak (rechts; bedrijven 5 en 6: droogvoer; bedrijven 7 en 8: brijvoer)

Uit deze figuur blijkt dat, bij de stallen met traditionele inrichting, zowel lage als hoge ventilatie-debieten werden gemeten gedurende alle fasen van de groeiperiode van de dieren. Bedacht moet worden dat metingen op dezelfde dagen in een ronde in verschillende seizoenen gedaan kunnen zijn. Een koude winterdag met zware dieren kan een zelfde ventilatie-behoefte vragen als een warme zomerdag met jonge varkens. De gemeten ventilatie-debieten bij de bedrijven met beperkt emitterend oppervlak waren laag aan het begin van de productieronde en namen toe naarmate de varkens ouder/zwaarder werden. De gemeten ventilatie-debieten en de trend hierin waren consistent voor deze vier bedrijven. Het gemiddelde debiet was 27,9 m³/ur per dier voor de bedrijven met traditionele stalinrichting en 25,8 m³/ur per dier voor de bedrijven met beperkt emitterend oppervlak.

3.3 PM10 emissie

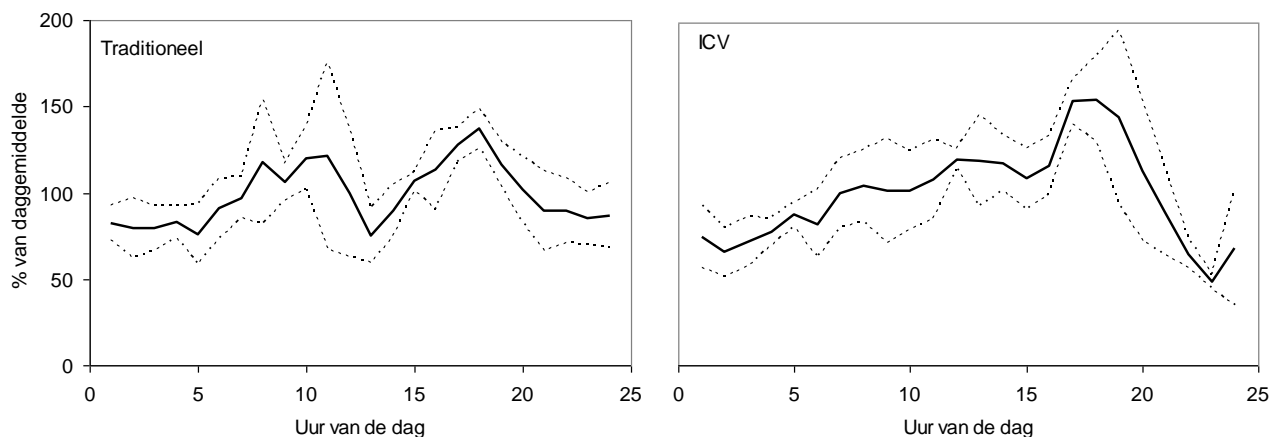
In Figuur 6 wordt de PM10 emissie op de verschillende meetdagen voor de acht vleesvarkensstallen weergegeven.



Figuur 6 Gemiddelde PM10 emissies op de verschillende meetdagen voor de vier stallen met traditionele stalinrichting (links) en de vier stallen met beperkt emitterend oppervlak (rechts; bedrijven 5 en 6: droogvoer; bedrijven 7 en 8: brijvoer).

Uit deze figuur blijkt dat de PM10 emissies laag waren aan het begin van de productieronden en toenamen naarmate de vleesvarkens ouder werden. De emissies van de vier bedrijven geven samen een consistent beeld. Op basis van de resultaten weergegeven in Figuur 6 werd een jaaremisse berekend voor PM10 per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van $144,0 \pm 65,4$ g/jaar voor traditionele stalinrichting, van $200,8 \pm 49,5$ g/jaar voor beperkt emitterend oppervlak met droogvoer, en van $140,3 \pm 2,5$ g/jaar voor beperkt emitterend oppervlak met brijvoer.

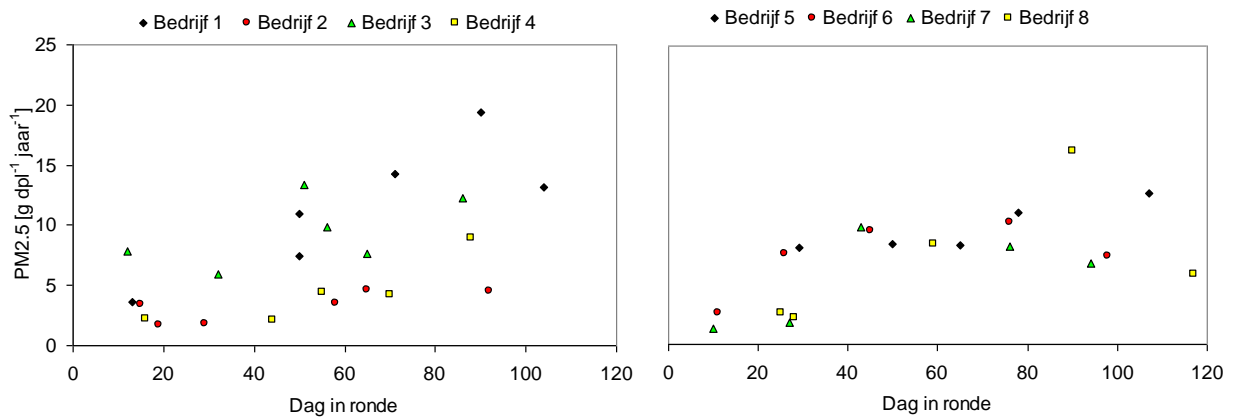
In Figuur 7 wordt, op basis van de metingen met de Dusttrak, het concentratiepatroon voor PM10 weergegeven. Om het concentratiepatroon te bepalen werd eerst per bedrijf het gemiddelde uit alle metingen berekend. Daarna werd per uur het percentageverschil ten opzichte van dit gemiddelde berekend. Figuur 7 laat zien dat de concentraties 's nachts laag zijn. De patroon overdag lijkt willekeurig, met verschillende concentratiepieken en een grote spreiding, wat in de standaard deviatie van de metingen (stippellijnen) te zien is.



Figuur 7 Concentratiepatroon voor PM10 op basis van de Dusttrak metingen voor de vier stallen met traditionele stalinrichting (links) en de vier stallen met beperkt emitterend oppervlak (rechts). Stippellijnen: gemiddelde \pm standaard deviatie.

3.4 PM2,5 emissie

In Figuur 8 wordt de PM2,5 emissie op de verschillende meetdagen voor de acht vleesvarkensstallen weergegeven.

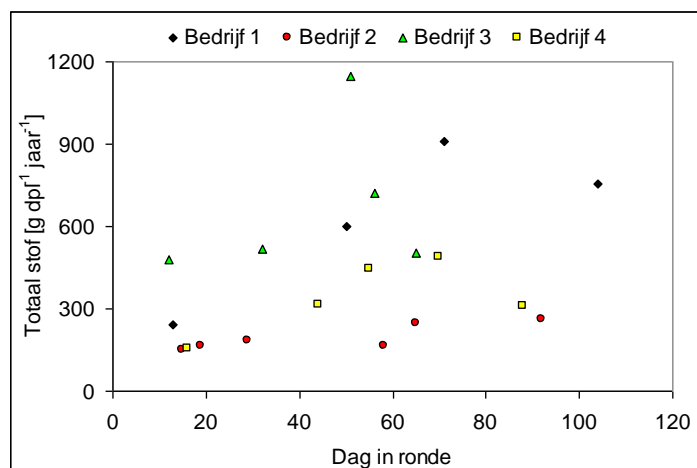


Figuur 8 Gemiddelde PM2,5 emissies op de verschillende meetdagen voor de vier stallen met traditionele stalinrichting (links) en de vier stallen met beperkt emitterend oppervlak (rechts; bedrijven 5 en 6: droogvoer; bedrijven 7 en 8: brijvoer)

Uit deze figuur blijkt dat de PM2,5 emissies bij de bedrijven met traditionele inrichting laag waren aan het begin van de productieronden en toenamen naarmate de vleesvarkens ouder werden. Bij bedrijven met beperkt emitterend oppervlak was de emissie vanaf drie weken stabiel, daarvoor was de emissie duidelijk lager. De PM2,5 emissies van de vier bedrijven (zowel traditioneel als beperkt emitterend oppervlak) geven samen een consistent beeld. Aan het einde van de ronde nam de spreiding in emissie tussen de vier bedrijven toe. Op basis van deze gegevens werd een jaaremissie berekend voor PM2,5 per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van $7,3 \pm 4,0$ g/jaar voor traditionele stalinrichting, van $8,6 \pm 1,6$ g/jaar voor beperkt emitterend oppervlak met droogvoer, en van $6,3 \pm 1,1$ g/jaar voor beperkt emitterend oppervlak met brijvoer.

3.5 Totaalstofemissie

In Figuur 9 wordt de totaalstofemissie op de verschillende meetdagen voor de vier vleesvarkensstallen met traditionele stalinrichting weergegeven.

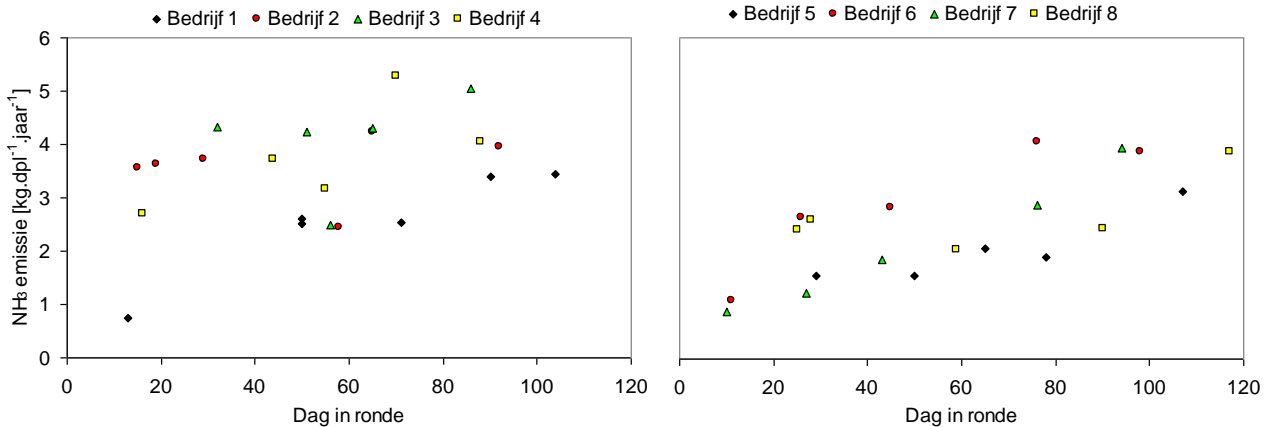


Figuur 9 Gemiddelde totaalstofemissies op de verschillende meetdagen voor de vier stallen met traditionele stalinrichting

Uit deze figuur blijkt dat voor de totaalstofemissie per bedrijf een licht stijgende trend echter de verschillen tussen de bedrijven zijn groot. De totaalstofemissies van de vier bedrijven geven samen een consistent beeld. Er is geen verklaring gevonden voor de hoge totaalstofemissie rond dag 50 bij bedrijf 3. Bij deze meting zijn ook de hoogste fijnstofemissies van deze locatie gemeten. Op basis van deze gegevens werd een jaaremisse berekend voor totaalstof per dierplaats van $438,1 \pm 229,3$ g/jaar (niet gecorrigeerd voor leegstand).

3.6 Ammoniakemissie

In Figuur 10 wordt de ammoniakemissie op de verschillende meetdagen voor de acht vleesvarkensstallen weergegeven.

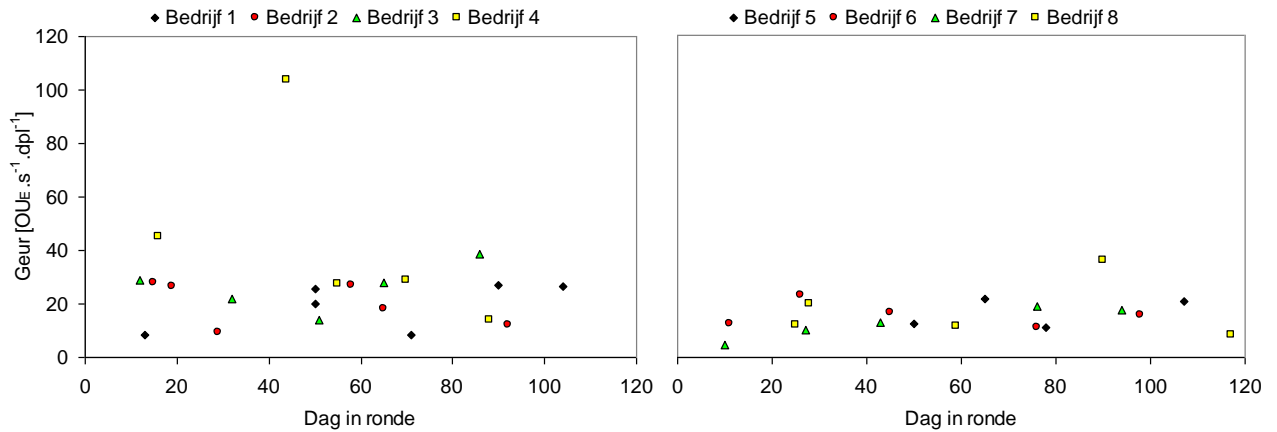


Figuur 10 Gemiddelde ammoniakemissies op de verschillende meetdagen voor de vier stallen met traditionele stalinrichting (links) en de vier stallen met beperkt emitterend oppervlak (rechts; bedrijven 5 en 6: droogvoer; bedrijven 7 en 8: brijvoer)

Uit deze figuur blijkt dat de ammoniakemissie voor de traditionele bedrijven geen duidelijke trend volgt over de groeiperiode. Bij bedrijf 1 werd bij jonge dieren een aanzienlijk lagere ammoniakemissie vergeleken met de overige meetresultaten. Er was een grote variatie in ammoniakemissie binnen en tussen bedrijven. Bedacht moet worden dat meetpunten binnen een bedrijf niet op opeenvolgende momenten van dezelfde ronde gedaan zijn, maar gedaan zijn tijdens verschillende ronden in verschillende seizoenen. Bij bedrijven met beperkt emitterend oppervlak nam de ammoniakemissie toe naarmate de dieren ouder werden. Op basis van deze gegevens werd een jaaremisse berekend voor ammoniak per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van $3,5 \pm 0,7$ kg/jaar voor traditionele stalinrichting, van $2,5 \pm 0,6$ kg/jaar voor beperkt emitterend oppervlak met droogvoer, en van $2,4 \pm 0,4$ kg/jaar voor beperkt emitterend oppervlak met brijvoer.

3.7 Geuremissie

In Figuur 11 wordt de geuremissie op de verschillende meetdagen voor de acht vleesvarkensstallen weergegeven.

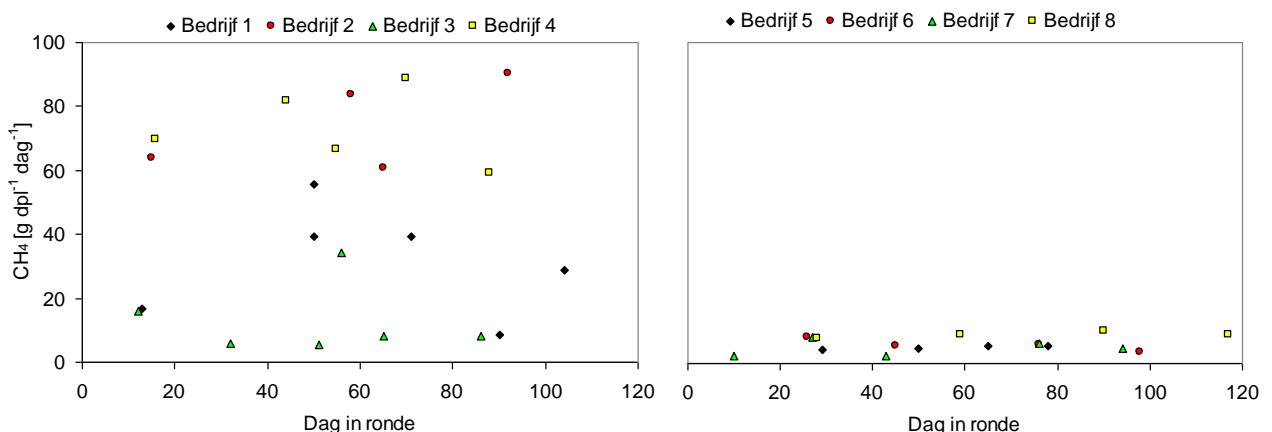


Figuur 11 Gemiddelde geuremissies op de verschillende meetdagen voor de vier stallen met traditionele stalinrichting (links) en de vier stallen met beperkt emitterend oppervlak (rechts; bedrijven 5 en 6: droogvoer; bedrijven 7 en 8: brijvoer).

Uit deze figuur blijkt dat de geuremissie vrij constant was over de productieperiode. De hoge emissie van bedrijf 4 rond dag 50 kan worden toegeschreven aan de hoge gemeten geurconcentratie ($>12.000 \text{ OU}_E/\text{m}^3$). De oorzaak hiervoor is niet bekend. Op basis van deze gegevens werd een (mediane) geuremissie op jaarbasis berekend per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van $22,4 \pm 8,1 \text{ OU}_E/\text{s}$ voor traditionele stalinrichting, van $15,7 \pm 0,3 \text{ OU}_E/\text{s}$ voor beperkt emitterend oppervlak met droogvoer, en van $13,3 \pm 2,6 \text{ OU}_E/\text{s}$ voor beperkt emitterend oppervlak met brijvoer.

3.8 Methaanemissie

In Figuur 12 wordt de methaanemissie op de verschillende meetdagen voor de acht vleesvarkensstallen weergegeven.



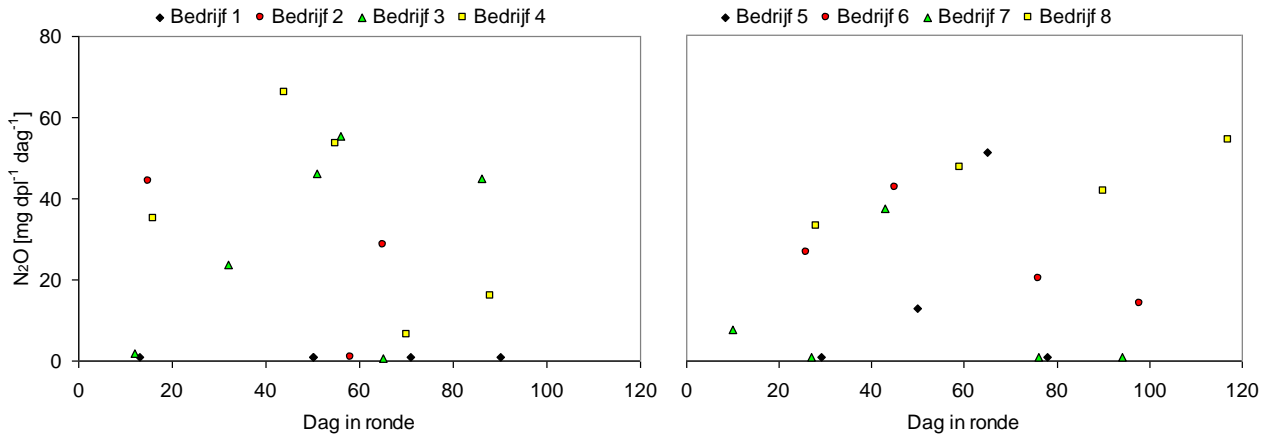
Figuur 12 Gemiddelde methaanemissies op de verschillende meetdagen de vier stallen met traditionele stalinrichting (links) en de vier stallen met beperkt emitterend oppervlak (rechts; bedrijven 5 en 6: droogvoer; bedrijven 7 en 8: brijvoer)

Uit deze figuur blijkt dat de methaanemissie geen duidelijke trend volgt over de groeiperiode. De spreiding binnen en tussen bedrijven is groot, met name voor de bedrijven met een traditionele stalinrichting. Een mogelijke verklaring voor de lagere emissies uit de bedrijven met beperkt

emitterend oppervlak is dat de mestvoorraad in de mestkelder beperkt was. Op basis van deze gegevens werd een gemiddelde emissie berekend voor methaan per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van $16,2 \pm 11,2$ kg/jaar voor traditionele stalinrichting, van $2,0 \pm 0,2$ kg/jaar voor beperkt emitterend oppervlak met droogvoer, en van $2,4 \pm 1,1$ kg/jaar voor beperkt emitterend oppervlak met brijvoer.

3.9 Lachgasemissie

In Figuur 13 wordt de lachgasemissie op de verschillende meetdagen voor de acht vleesvarkensstallen weergegeven.



Figuur 13 Gemiddelde lachgasemissies op de verschillende meetdagen voor de vier stallen met traditionele stalinrichting (links) en de vier stallen met beperkt emitterend oppervlak (rechts; bedrijven 5 en 6: droogvoer; bedrijven 7 en 8: brijvoer)

Uit deze figuur blijkt dat de lachgasemissie geen duidelijke trend volgt over de periode. De spreiding binnen en tussen bedrijven is groot, zowel voor de bedrijven met een traditionele stalinrichting als voor de bedrijven met beperkt emitterend oppervlak. De concentraties waren over het algemeen laag, aan de onderkant van het meetbereik van de meetmethode, en soms niet te onderscheiden van achtergrondwaarden. De nauwkeurigheid van deze cijfers is daardoor beperkt. Op basis van deze gegevens werd een gemiddelde emissie berekend voor lachgas per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van $8,2 \pm 8,5$ g/jaar voor traditionele stalinrichting, van $7,8 \pm 2,4$ g/jaar voor beperkt emitterend oppervlak met droogvoer, en van $9,1 \pm 8,9$ g/jaar voor beperkt emitterend oppervlak met brijvoer.

4 Discussie

In het hoofdstuk resultaten zijn de verschillende emissies op jaarbasis berekend zonder correctie voor leegstand. Volgens de meetprotocollen dienen bij de berekening van de emissiefactoren voor vleesvarkens in het geval van stof, methaan, lachgas en ammoniak een gemiddelde correctie voor leegstand van 0,97 (3% leegstand) te worden toegepast. In Tabel 5 worden de in dit onderzoek gemeten, voor leegstand gecorrigeerde, emissiecijfers voor traditionele stalinrichting (Tabel 5a) en beperkt emitterend oppervlak (Tabel 5b: droogvoer; Tabel 5c: brijvoer) weergegeven. Ter vergelijking zijn voor stof de emissiefactoren opgenomen die zijn gebaseerd op de eerdere totaalstofmetingen van Groot Koerkamp e.a., (1996) en die zijn omgewerkt naar PM10 en PM2,5 door Chardon en van der Hoek (2002). In Tabel 5 staan deze opgenomen in de kolom gehanteerde emissiefactoren. Deze waarden worden sinds 2008 gehanteerd in de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 (Rbl 2007). Voor ammoniak en geur kunnen de metingen vergeleken worden met de corresponderende waarden in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) en de Regeling geur en veehouderij (Rgv).

Tabel 5a Emissies van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas (\pm de standaarddeviatie van alle meetdagen), voor de bedrijven met traditionele stalinrichting, uitgedrukt per dierplaats; onderscheiden naar meetwaarden met en zonder leegstandcorrectie voor zover vereist volgens meetprotocol; eerdere Rbl 2007-, Rav- en Rgv-waarden (zie tekst)

Emissie	Waarde huidige metingen (niet gecorr. voor leegstand)	Waarde huidige metingen (gecorrigeerd voor leegstand)	Gehanteerde emissiefactoren
PM10 (g/dierplaats per jaar)	144,0 \pm 65,4	139,7 \pm 63,4 ¹⁾	275 ²⁾
PM2,5 (g/dierplaats per jaar)	7,3 \pm 4,0	7,0 \pm 3,8 ¹⁾	48,8 ³⁾
Ammoniak (kg/dierplaats per jaar)	3,5 \pm 0,7	3,4 \pm 0,7 ¹⁾	2,5
Geur (OU _E /dierplaats per s)	22,4 \pm 8,1	22,4 \pm 8,1	23,0
Methaan (g/dierplaats per jaar)	16,2 \pm 11,2	15,7 \pm 10,9 ¹⁾	-
Lachgas (g/dierplaats per jaar)	8,2 \pm 5,5	8,0 \pm 5,3 ¹⁾	-

¹⁾ Gecorrigeerd voor leegstand van 3%

²⁾ Berekend als (0,45 * emissie totaalstof) door Chardon en Van der Hoek (2002)

³⁾ Berekend als (0,08 * emissie totaalstof) door Chardon en Van der Hoek (2002)

Tabel 5b Emissies van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas (\pm de standaarddeviatie van alle meetdagen), voor de bedrijven met beperkt emitterend oppervlak (droogvoer), uitgedrukt per dierplaats; onderscheiden naar meetwaarden met en zonder leegstandcorrectie voor zover vereist volgens meetprotocol; eerdere Rbl 2007-, Rav- en Rgv-waarden (zie tekst)

Emissie	Waarde huidige metingen (niet gecorr. voor leegstand)	Waarde huidige metingen (gecorrigeerd voor leegstand)	Gehanteerde emissiefactoren
PM10 (g/dierplaats per jaar)	200,8 \pm 49,5	194,7 \pm 48,0 ¹⁾	275 ²⁾
PM2,5 (g/dierplaats per jaar)	8,6 \pm 1,6	8,3 \pm 1,5 ¹⁾	48,8 ³⁾
Ammoniak (kg/dierplaats per jaar)	2,5 \pm 0,6	2,4 \pm 0,6 ¹⁾	1,2
Geur (OU _E /dierplaats per s)	15,7 \pm 0,3	15,7 \pm 0,3	17,9
Methaan (g/dierplaats per jaar)	2,0 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2 ¹⁾	-
Lachgas (g/dierplaats per jaar)	7,8 \pm 2,4	7,5 \pm 2,4 ¹⁾	-

¹⁾ Gecorrigeerd voor leegstand van 3%

²⁾ Berekend als (0,45 * emissie totaalstof) door Chardon en Van der Hoek (2002)

³⁾ Berekend als (0,08 * emissie totaalstof) door Chardon en Van der Hoek (2002)

Tabel 5c Emissies van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas (\pm de standaarddeviatie van alle meetdagen), voor de bedrijven met beperkt emitterend oppervlak (brijvoer), uitgedrukt per dierplaats; onderscheiden naar meetwaarden met en zonder leegstandcorrectie voor zover vereist volgens meetprotocol; eerdere Rbl 2007-, Rav- en Rgv-waarden (zie tekst)

Emissie	Waarde huidige metingen (niet gecorr. voor leegstand)	Waarde huidige metingen (gecorrigeerd voor leegstand)	Gehanteerde emissiefactoren
PM10 (g/dierplaats per jaar)	140,3 \pm 2,5	136,1 \pm 2,4 ¹⁾	275 ²⁾
PM2,5 (g/dierplaats per jaar)	6,3 \pm 1,1	6,1 \pm 1,0 ¹⁾	48,8 ³⁾
Ammoniak (kg/dierplaats per jaar)	2,4 \pm 0,4	2,3 \pm 0,4 ¹⁾	1,2
Geur (OU _E /dierplaats per s)	13,3 \pm 2,6	13,3 \pm 2,6	17,9
Methaan (g/dierplaats per jaar)	2,4 \pm 1,1	2,3 \pm 1,0 ¹⁾	-
Lachgas (g/dierplaats per jaar)	9,1 \pm 8,9	8,8 \pm 8,7 ¹⁾	-

¹⁾ Gecorrigeerd voor leegstand van 3%

²⁾ Berekend als (0,45 * emissie totaalstof) door Chardon en Van der Hoek (2002)

³⁾ Berekend als (0,08 * emissie totaalstof) door Chardon en Van der Hoek (2002)

Uit Tabel 5 kan opgemaakt worden dat de huidige metingen beduidend lagere stofemissiecijfers laten zien voor de verschillende fracties (PM10, PM2,5 en totaalstof) dan de eerder gehanteerde waarden. In dit onderzoek werd een conversiefactor tussen totaalstof en PM10 berekend van 0,34. Dit is beduidend lager dan de waarde (0,45) die is beschreven door Chardon en Van der Hoek (2002). Deze auteurs hanteren een conversiefactor tussen totaalstof en PM2,5 van 0,08. Dit is beduidend hoger dan de waarde die gevonden werd in dit onderzoek, namelijk 0,026.

De berekende ammoniakemissies op basis van de huidige metingen (3,4 kg/dierplaats per jaar voor traditionele stalinrichting; 2,3 kg/dierplaats per jaar voor beperkt emitterend oppervlak) zijn beduidend hoger dan de huidige emissiefactoren voor ammoniak (respectievelijk 2,5 en 1,2 kg/dierplaats per jaar voor traditionele stalinrichting en beperkt emitterend oppervlak) in de bijlage van de Rav. Voor geur is het gemiddelde van de huidige metingen (22,4 OU_E/dierplaats per s voor traditionele stalinrichting, 13,5-15,7 OU_E/dierplaats per s voor beperkt emitterend oppervlak) vergelijkbaar met de huidige emissiefactor (respectievelijk 23,0 en 17,9 OU_E/dierplaats per s) in de Rgv.

Het is moeilijk om bedrijven die in het onderzoek hebben meegedaan met elkaar te vergelijken ten aanzien van emissies. Dit is vooral lastig omdat vijf of zes metingen van één bedrijf onvoldoende zijn om het bedrijf voldoende nauwkeurig te karakteriseren ten aanzien van emissies. Het meetprotocol is dusdanig opgezet dat alle metingen van alle bedrijven (ca. 24) nodig zijn om een voldoende nauwkeurige emissiefactor vast te stellen voor een stalsysteem. Zes metingen op één bedrijf is onvoldoende om voor dat bedrijf zelf een emissiefactor vast te stellen. Deze zes metingen kunnen voor één bedrijf net gunstig uitvallen, of juist ongunstig uitvallen. Het heeft daarom niet veel zin om te proberen te verklaren waarom één bedrijf een hogere of juist een lagere emissie heeft dan een ander bedrijf. Dit afgezien van het feit dat er zoveel factoren verschillend zijn dat het zeer moeilijk is om een duidelijke oorzaak aan te wijzen.

De metingen zijn vrij goed verspreid over het jaar genomen met een gemiddeld dagnummer in het jaar van 204 voor traditionele stalinrichting, en van 147 voor beperkt emitterend oppervlak. De gemiddelde buitentemperatuur op de dagen waarop is gemeten (10,2 °C voor traditionele stalinrichting (excl. bedrijf 3 en 4), 11,1 °C voor beperkt emitterend oppervlak) is hoger dan het langjarige gemiddelde in Nederland (10,1 °C).

5 Conclusies

Op basis van dit onderzoek in vier vleesvarkensstallen met traditionele inrichting zijn de volgende jaaremmissies bepaald, waarbij voor stof-, methaan-, lachgas- en ammoniakemissies is gerekend met 3% leegstand (berekende emissiefactor \pm de standaarddeviatie tussen bedrijven):

- PM10 emissie: $139,7 \pm 65,4$ g/dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie: $7,0 \pm 3,8$ g/dierplaats per jaar
- Ammoniakemissie: $3,4 \pm 0,7$ kg/dierplaats per jaar
- Geuremissie: $22,4 \pm 8,1$ OUE/dierplaats per s (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Methaanemissie: $15,7 \pm 10,9$ kg/dierplaats per jaar
- Lachgasemissie: $8,0 \pm 5,3$ g/dierplaats per jaar

Op basis van dit onderzoek in twee vleesvarkensstallen met beperkt emitterend oppervlak en droogvoer zijn de volgende jaaremmissies bepaald, waarbij voor stof-, methaan-, lachgas- en ammoniakemissies is gerekend met 3% leegstand (berekende emissiefactor \pm de standaarddeviatie tussen bedrijven):

- PM10 emissie: $194,7 \pm 48,0$ g/dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie: $8,3 \pm 1,5$ g/dierplaats per jaar
- Ammoniakemissie: $2,4 \pm 0,6$ kg/dierplaats per jaar
- Geuremissie: $15,7 \pm 0,3$ OUE/dierplaats per s (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Methaanemissie: $1,9 \pm 0,2$ kg/dierplaats per jaar
- Lachgasemissie: $7,5 \pm 2,4$ g/dierplaats per jaar

Op basis van dit onderzoek in twee vleesvarkensstallen met beperkt emitterend oppervlak en brijvoer zijn de volgende jaaremmissies bepaald, waarbij voor stof-, methaan-, lachgas- en ammoniakemissies is gerekend met 3% leegstand (berekende emissiefactor \pm de standaarddeviatie tussen bedrijven):

- PM10 emissie: $136,1 \pm 2,4$ g/dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie: $6,1 \pm 1,0$ g/dierplaats per jaar
- Ammoniakemissie: $2,3 \pm 0,4$ kg/dierplaats per jaar
- Geuremissie: $13,5 \pm 2,6$ OUE/dierplaats per s (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Methaanemissie: $2,3 \pm 1,0$ kg/dierplaats per jaar
- Lachgasemissie: $8,8 \pm 8,7$ g/dierplaats per jaar

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

- de emissie van PM10 is beduidend lager dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 ($274,5$ g/dierplaats per jaar);
- de emissie van PM2,5 is beduidend lager dan de eerder gehanteerde waarde voor PM2,5 ($48,8$ g/dierplaats per jaar);
- de conversiefactor voor totaalstof naar PM10 ($0,34$) is beduidend lager dan de conversiefactor ($0,45$) die door Chardon en Van der Hoek (2002) is beschreven;
- de conversiefactor voor totaalstof naar PM2,5 ($0,026$) is beduidend lager dan de conversiefactor ($0,08$) die door Chardon en Van der Hoek (2002) is beschreven.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., J. van Harn, T.G. van Hattum, Y. Zhao, J.W. Snoek, I. Vermeij en J. Mosquera. 2008. Reductie stofemissie bij vleeskuikens door aanbrengen oliefilm. Rapport 154, Animal Sciences Group, Lelystad.
- CEN standard 13725. 2003. Air quality - determination of odour concentration by dynamic olfactometry, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Chardon, W.J., and K.W. Van der Hoek. 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw. p 35. Alterra / RIVM, Wageningen.
- CIGR. 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S.; K. Sällvik).
- Groot Koerkamp, P. W. G., G. H. Uenk, and H. Drost. 1996. De uitstoot van respirabelstof door de Nederlandse veehouderij. Rapport 96-10, Instituut voor Milieu- en Agritechniek.
- Groenestein, C.M., J. Mosquera, N.W.M. Ogink en J.M.G. Hol. 2007 Meetprotocol voor het bepalen van een emissiefactor voor methaan uit stalsystemen. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- Hofschreuder, P., Y. Zhao, A.J.A. Aarnink, and N.W.M. Ogink. 2008. Measurement protocol for emissions of fine dust from animal housings. Considerations, draft protocol and validation. Report 134, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Mosquera, J. en C.M. Groenestein. 2008. Bouwstenen voor een meetprotocol voor het bepalen van een emissiefactor voor lachgas uit stalsystemen. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- NEN-EN 12341. 1998. Luchtkwaliteit - bepaling van de pm10 fractie van zwevend stof - referentiemethode en veldonderzoek om de referentiegelijkwaardigheid aan te tonen van meetmethoden, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- NEN-EN 14907. 2005. Ambient air quality - standard gravimetric measurement method for the determination of the pm2,5 mass fraction of suspended particulate matter, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- Ogink, N.W.M. 2008. Protocol voor het meten van de geuremissie uit stalsystemen in de veehouderij. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- Ogink, N.W.M., J.M.G. Hol, J. Mosquera, and H.M. Vermeer. 2008. Bouwstenen voor een nieuw meetprotocol ammoniak emissiemetingen voor huisvestingssystemen in de veehouderij. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- Ogink, N.W.M., G. Mol. 2002. Uitwerking van een protocol voor het meten van de geuremissie uit stallocaties en stalsystemen in de veehouderij. IMAG nota P 2002-57, 31 pp.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, M.J.W. Heetkamp, and A.J.A. Aarnink. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December, 2008.
- Takai, H., S. Pedersen, J.O. Johnsen, J.H.M. Metz, P.W.G. Groot Koerkamp, G.H. Uenk, V.R. Phillips, M.R. Holden, R.W. Sneath, J.L. Short, R.P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schroeder, K.H. Linkert, C.M. Wathes. 1998. Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in northern europe. J. agric. Engng Res. 70: 59-77.
- Wintjens, Y. 1993. Gaswasfles. In Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniak- problematiek in de veehouderij 16 (eds E.N.J. van Ouwerkerk), pp. 38-40. DLO, Wageningen.
- Zhao, Y., A.J.A. Aarnink, P. Hofschreuder, and P.W.G. Groot Koerkamp. 2009. Validation of cyclone as a pre-separator for airborne dust sampling in animal houses. Journal of Aerosol Science, Vol. 40, Issue 10, October 2009, pp. 868-878.

Bijlagen

Bijlage 1 Traditionele inrichting, bedrijf 1

Algemeen	Vleesvarkens		
Rav-code mei 2009 en emissiefactoren (www.infomil.nl)	D 3.100.1 NH ₃ : 2,5 kg/jaar per dierplaats Geur: 23,0 OUE/s per dierplaats PM10: 275 g/jaar per dierplaats		
Stalbeschrijving	Overige huisvestingssystemen; Traditionele gedeeltelijk roostervloerstal met betonnen roosters; hopoppervlak maximaal 0,8 m ² per dier		
Stalsituatie			
Aantal dierplaatsen	66		
Beschrijving vloer (rooster/dicht)	17% kunststofrooster, 40% metalen driekantrooster en 43% dichte bolle betonvloer		
Aantal hokken en hokoppervlak	6 ; 8,1 m ²		
Oppervlakte per dier [m ²]	0,74		
Mestkelder			
Beschrijving	Mestkelder onder de roostervloer		
Diepte [m]	0,65 cm		
Afvoer mest uit de afdeling	Na iedere ronde		
Klimaatregeling			
Ventilatie	Mechanisch; 1 ventilator; Ø: 40 cm; maximaal 4.400 m ³ /uur		
Luchtinlaat	Voergangventilatie over de deur		
Verwarmingssysteem	geen		
Bedrijfsvoering			
Voersysteem en voertijden	Droogvoer; eenmaal per dag in de avond wordt de voorraadbak gevuld		
Type voer	Start	Tussen	Eind
Termijn [dagen]	0 - 25	25 - 50	50 tot het einde
EW	1,15	1,13	1,15
Re [%]	16,3	15,3	15,5
Voederconversie	2,63		
Gewichtstraject [kg]	25 – 125		
Drinkwatersysteem en drinktijden	Drinknippel in de voerbak; onbeperkt		
Lichtregime	Daglicht		
Schoonmaakregime	Tussen iedere ronde wordt de hele afdeling inclusief de mestkelder schoongemaakt		



Meting luchtinlaat buitenzijde, bij de zijgevel



Luchtinlaat afdeling (opening boven de deur)



Luchtuitleaat (ventilatorcooker)



Binnenzijde stal

Bijlage 2 Traditionele inrichting, bedrijf 2

Algemeen	Vleesvarkens		
Rav-code mei 2009 en emissiefactoren (www.infomil.nl)	D 3.100.1 NH ₃ : 2,5 kg/jaar per dierplaats Geur: 23,0 OUE/s per dierplaats PM10: 275 g/jaar per dierplaats		
Stalbeschrijving	Overige huisvestingssystemen; Traditionele gedeeltelijk roostervloerstal met betonnen roosters; hoppelvlak maximaal 0,8 m ² per dier		
Stalsituatie			
Aantal dierplaatsen	60		
Beschrijving vloer (rooster/dicht)	50% betonroostervloer en 50% dichte vloer		
Aantal hokken en hokoppervlak	6 ; 7,5m ²		
Oppervlakte per dier [m ²]	0,75		
Mestkelder			
Beschrijving	Mestkelder onder de roostervloer		
Diepte [m]	1,7		
Afvoer mest uit de afdeling	Tweemaal per jaar (voorjaar en najaar)		
Klimaatregeling			
Ventilatie	Mechanisch; 1 ventilator; Ø: 45 cm; maximaal 6.000 m ³ /uur		
Luchtinlaat	Plafondventilatie; plastic geperforeerd folie		
Verwarmingssysteem	Vloerverwarming		
Bedrijfsvoering			
Voersysteem en voertijden	Droogvoer; eenmaal per dag om 9:00 uur wordt de brijvoerbak gevuld		
Type voer	Start	Tussen	Eind
Termijn [dagen]	0 - 14	14 - 56	55 - eind
EW	1,12	1,12	1,12
Re [%]	17,0	16,7	15,6
Voederconversie	2,5		
Gewichtstraject [kg]	25 – 110		
Drinkwatersysteem en drinktijden	Drinknippel in de brijvoerbak, onbeperkt beschikbaar		
Lichtregime	Daglicht		
Schoonmaakregime	Tussen iedere ronde wordt de hele afdeling schoongemaakt		



Luchtinlaat buitenzijde in de zijgevels



Luchtinlaat afdeling (plafondventilatie)



Luchtuitlaat



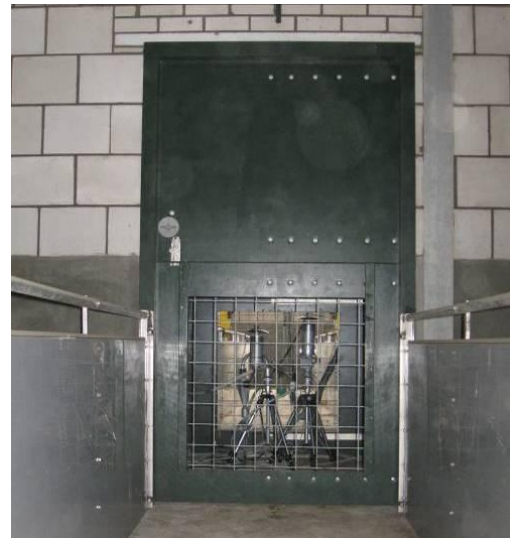
Binnenzijde stal

Bijlage 3 Traditionele inrichting, bedrijf 3

Algemeen	Vleesvarkens			
Rav-code mei 2009 en emissiefactoren (www.infomil.nl)	D 3.100.2 NH ₃ : 2,5 kg/jaar per dierplaats Geur: 23,0 OUE/s per dierplaats PM10: 275 g/jaar per dierplaats			
Stalbeschrijving	Overige huisvestingssystemen; Traditionele gedeeltelijk roostervloerstal met betonnen roosters; hoppelvlak groter dan 0,8 m ² per dier			
Stalsituatie				
Aantal dierplaatsen	120			
Beschrijving vloer (rooster/dicht)	47 % betonroostervloer en 53% dichte bolle betonvloer			
Aantal hokken en hokoppervlak	8, 12,2 m ²			
Oppervlakte per dier [m ²]	0,82			
Mestkelder				
Beschrijving	Mestkelder onder de roostervloer (en onder dichte vloer met stankafsluiter)			
Diepte [m]	1,25			
Afvoer mest uit de afdeling	Eenmaal tot tweemaal per jaar			
Klimaatregeling				
Ventilatie	Mechanisch; 2 ventilator; Ø: 45 cm; maximaal 12.000 m ³ /uur			
Luchtinlaat	Deurventilatie			
Verwarmingssysteem	Rondpompsysteem (warmte oude dieren wordt gebruikt voor verwarmen jonge dieren)			
Bedrijfsvoering				
Voersysteem en voertijden	Droogvoer; eemaal per dag tussen 6:00 en 9:00 uur wordt de brijvoerbak gevuld			
Type voer	Start	Tussen	Eind	Beren/zeugen
Termijn [dagen]	1 - 28	29 – 63	64 - eind	Zeugen schakelen eerder
EW	1,10	1,08	1,08	om op dag
Re [%]	17,1	15,8	15,2	21 en dag 42
Voederconversie	2,25			
Gewichtstraject [kg]	23 – 115			
Drinkwatersysteem en drinktijden	2 drinknippels in de brijvoerbak, onbeperkt beschikbaar			
Lichtregime	Daglicht			
Schoonmaakregime	Tussen iedere ronde wordt de hele afdeling schoongemaakt			



Luchtinlaat buitenzijde



Luchtinlaat afdeling (opening in de deur)



Luchtuitlaat (rode pijl)



Binnenzijde stal

Bijlage 4 Traditionele inrichting, bedrijf 4

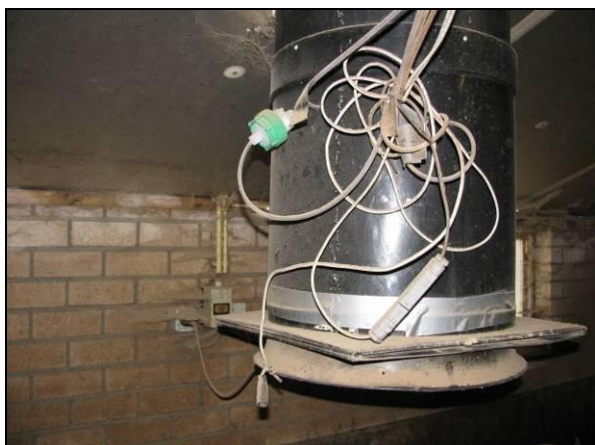
Algemeen	Vleesvarkens	
Rav-code mei 2009 en emissiefactoren (www.infomil.nl)	D 3.2.1.2 NH ₃ : 4,0 kg/jaar per dierplaats Geur: 23,0 OUE/s per dierplaats Fijnstof PM10: 275 g/jaar per dierplaats	
Stalbeschrijving	Overige huisvestingssystemen; Traditionele gedeeltelijk roostervloerstal met betonnen roosters; hokoppervlak groter dan 0,8 m ² per dier	
Stalsituatie		
Aantal dierplaatsen	55	
Beschrijving vloer (rooster/dicht)	56% betonroostervloer en 43% dichte betonvloer	
Aantal hokken en hokoppervlak	5 ; 9,3 m ²	
Oppervlakte per dier [m ²]	0,84	
Mestkelder		
Beschrijving	Mestkelder onder de roostervloer en dichte vloer	
Diepte [m]	1,25	
Afvoer mest uit de afdeling	Tweemaal per jaar (voorjaar en najaar)	
Klimaatregeling		
Ventilatie	Mechanisch; 1 ventilator; Ø: 45 cm; maximaal 6.000 m ³ /uur	
Luchtinlaat	Plafondventilatie; geperforeerd damwandprofiel met mineraalwol	
Verwarmingssysteem	Deltabuizen in de afdeling	
Bedrijfsvoering		
Voersysteem en voertijden	Droogvoer; éénmaal per dag om 8:00 uur wordt de brijvoerbak gevuld	
Type voer	Start	Eind
Termijn [dagen]	0 – 28	29 – eind
EW	1,12	1,08
Re [%]	14,8	17,0
Voederconversie	2,55	
Gewichtstraject [kg]	25 – 120	
Drinkwatersysteem en drinktijden	Drinknippel in de brijvoerbak, onbeperkt beschikbaar	
Lichtregime	Licht aan tijdens controles	
Schoonmaakregime	Tussen iedere ronde wordt de hele afdeling schoongemaakt	



Luchtinlaat



Luchtinlaat afdeling (plafondventilatie)



Luchtuitlaat



Binnenzijde stal

Bijlage 5 Beperkt emitterend oppervlak, bedrijf 5

Algemeen	Vleesvarkens			
Rav-code mei 2009 en emissiefactoren (www.infomil.nl)	D 3.2.7.2.1 NH ₃ : 1,2 kg/jaar per dierplaats Geur: 17,9 OU _E /s per dierplaats Fijnstof PM10: 275 g/jaar per dierplaats			
Stalbeschrijving	Mestkelders met mestkanaal met schuine putwand met betonroosters met emitterend oppervlak maximaal 0,18 m ²			
Stalsituatie				
Aantal dierplaatsen	132			
Beschrijving vloer (rooster/dicht)	60% betonroostervloer en 40% dichte betonvloer			
Aantal hokken en hokoppervlak	12; 8,8 m ²			
Oppervlakte per dier [m ²]	0,8			
Mestkelder				
Beschrijving	Schuine plaat in de kelder met rioleringsysteem			
Diepte [m]	1,0 m tot de roostervloer, mestniveau maximaal 0,75 m			
Afvoer mest uit de afdeling	2 maal in een ronde			
Klimaatregeling				
Ventilatie	Mechanisch; 1 ventilator; Ø: 63 cm; maximaal 7.800 m ³ /uur			
Luchtinlaat	Via de kelder onder de bolle vloer naar de voergang			
Verwarmingssysteem	Vloer			
Bedrijfsvoering				
Voersysteem en voertijden	Droogvoer; eenmaal per dag; 23:30 uur vullen van de voerbakken			
Type voer	Start	Tussen	Eind	Gerst (± 8% op basis van gewicht)
	0-28	28-70	70-eind	altijd
Termijn EW	1,09	1,12	1,08	1,05
Re [%]	17,1	16,1	15,7	10,5
Voederconversie	2,67			
Gewichtstraject [kg]	20 - 115			
Drinkwatersysteem en drinktijden	2 nippels (in iedere voerbak), onbeperkt			
Lichtregime	Daglicht			
Schoonmaakregime	Tussen iedere ronde wordt de hele afdeling schoongemaakt			



Luchtinlaat buitenzijde in de zijgevels



Luchtinlaat afdeling (voergang)



Binnenzijde stal



Luchtuitlaat met meetapparatuur

Bijlage 6 Beperkt emitterend oppervlak, bedrijf 6

Algemeen		Vleesvarkens		
Rav-code mei 2009 en emissiefactoren (www.infomil.nl)		D 3.2.7.1.1 NH ₃ : 1,0 kg/jaar per dierplaats Geur: 17,9 OUE/s per dierplaats PM10: 275 g/jaar per dierplaats		
Stalbeschrijving		Mestkelders met mestkanaal met schuine putwand met metalen driekantroosters met emitterend oppervlak maximaal 0,18 m ²		
Stalsituatie				
Aantal dierplaatsen		144		
Beschrijving vloer (rooster/dicht)		10% betonroostervloer boven waterkanaal, 30% metalen driekantrooster boven mestkanaal en 60% dichte bolle betonvloer		
Aantal hokken en hokoppervlak		12; 12,0 m ²		
Oppervlakte per dier [m ²]		1,0		
Mestkelder				
Beschrijving		Schuine plaat in de kelder met rioleringsysteem		
Diepte [m]		1,0 m tot de roostervloer, mestniveau maximaal 0,75 m		
Afvoer mest uit de afdeling		2 maal in de ronde		
Klimaatregeling				
Ventilatie		Mechanisch; 2 ventilatoren; Ø: 50 cm; maximaal 15.000 m ³ /uur		
Luchtinlaat		Via de kelder onder de bolle vloer naar de voergang		
Verwarmingssysteem		Deltabuizen onder de voergang		
Bedrijfsvoering				
Voersysteem en voertijden		Droogvoer; eenmaal per dag; 7:00 uur vullen van de voerbakken		
Type voer		Start	Tussen	Eind
Termijn [dagen]		0-30	30-65	65-eind
EW		1,15	1,10	1,08
Re [%]		17,3	15,5	15,0
Voederconversie		2,75		
Gewichtstraject [kg]		25 - 115		
Drinkwatersysteem en drinktijden		2 drinkbakjes met nippels, onbeperkt		
Lichtregime		7:00 tot 17:00 is het licht aan		
Schoonmaakregime		Tussen iedere ronde wordt de hele afdeling schoongemaakt		



Luchtinlaat buitenzijde



Luchtinlaat afdeling (voergang)



Luchtuitleat met meetapparatuur



Binnenzijde stal

Bijlage 7 Beperkt emitterend oppervlak, bedrijf 7

Algemeen		Vleesvarkens		
Rav-code mei 2009 en emissiefactoren (www.infomil.nl)		D 3.2.7.2.1 NH ₃ : 1,2 kg/jaar per dierplaats Geur: 17,9 OU _E /s per dierplaats Fijnstof PM10: 275 g/jaar per dierplaats		
Stalbeschrijving		Mestkelders met mestkanaal met schuine putwand met betonroosters met emitterend oppervlak maximaal 0,18 m ²		
Stalsituatie				
Aantal dierplaatsen		156		
Beschrijving vloer (rooster/dicht)		60% betonroostervloer en 40% dichte bolle betonvloer		
Aantal hokken en hokoppervlak		12; 9,7m ²		
Oppervlakte per dier		0,75 m ²		
Mestkelder				
Beschrijving		Schuine plaat in de kelder met rioleringssysteem		
Diepte [m]		1,0 m tot de roostervloer, mestniveau maximaal 0,75 m		
Afvoer mest uit de afdeling		1x per maand		
Klimaatregeling				
Ventilatie		Mechanisch; 1 ventilator; Ø: 71 cm; maximaal 12.500 m ³ /uur		
Luchtinlaat		Onder de bolle vloer naar de voergang		
Verwarmingssysteem		Geen		
Bedrijfsvoering				
Voersysteem en voertijden		Brijvoer; driemaal per dag; 5:00, 12:00 en 18:00 uur vullen van de voerbakken		
Type voer		Start	Tussen	Eind
Termijn [dagen]		0 - 21	22-50	50 tot het einde
EW		1,12	1,10	1,11
Re [%]		17,3	15,5	15,0
Voederconversie		2,75		
Gewichtstraject [kg]		25 – 115		
Drinkwatersysteem en drinktijden		Tijdens het voeren		
Lichtregime		Licht aan tussen 5:30 en 21:00 uur		
Schoonmaakregime		Tussen iedere ronde wordt de hele afdeling schoongemaakt		



Luchtinlaat buitenzijde in de zijgevels



Luchtinlaat afdeling (voergang)



Luchtuitleaat



Binnenzijde stal

Bijlage 8 Beperkt emitterend oppervlak, bedrijf 8

Algemeen		Vleesvarkens	
Rav-code mei 2009 en emissiefactoren (www.infomil.nl)		D 3.2.7.1.1 NH ₃ : 1,0 kg/jaar per dierplaats Geur: 17,9 OUE/s per dierplaats PM10: 275 g/jaar per dierplaats	
Stalbeschrijving		Mestkelders met mestkanaal met schuine putwand met metalen driekantroosters met emitterend oppervlak maximaal 0,18 m ²	
Stalsituatie			
Aantal dierplaatsen		144	
Beschrijving vloer (rooster/dicht)		10% betonroostervloer boven waterkanaal, 30% metalen driekantrooster boven mestkanaal en 60% dichte bolle betonvloer	
Aantal hokken en hokoppervlak		12; 12,0 m ²	
Oppervlakte per dier [m ²]		1,0	
Mestkelder			
Beschrijving		Schuine plaat in de kelder met rioleringsysteem	
Diepte [m]		1,0 m tot de roostervloer, mestniveau maximaal 0,75 m	
Afvoer mest uit de afdeling		1x per maand	
Klimaatregeling			
Ventilatie		Mechanisch; 2 ventilatoren; Ø: 50 cm; maximaal 15.000 m ³ /uur	
Luchtinlaat		Via de kelder onder de bolle vloer naar de voergang	
Verwarmingssysteem		Deltabuizen onder de voergang	
Bedrijfsvoering			
Voersysteem en voertijden		brijvoer; driemaal per dag; 2:30, 11:00 en 19:00 uur vullen van de trog	
Type voer		Start	Eind
Termijn [dagen]		0-50	50-eind
EW		1,15	1,08
Re [%]		17,1	14,8
Voederconversie		2,75	
Gewichtstraject [kg]		25 - 115	
Drinkwatersysteem en drinktijden		2 drinkbakjes met nippels, onbeperkt	
Lichtregime		7:00 tot 17:00 is het licht aan	
Schoonmaakregime		Tussen iedere ronde wordt de hele afdeling schoongemaakt	



Luchtinlaat buitenzijde



Luchtinlaat afdeling (voergang)



Luchtuitlaat met meetapparatuur



Binnenzijde stal



Wageningen UR Livestock Research

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

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