

# Wageningen UR Livestock Research

*Partner in livestock innovations*



Rapport 453

## Gasvormige emissies vanaf buitenuitlopen bij varkensstallen

Maart 2012



**LIVESTOCK RESEARCH**

**WAGENINGEN UR**



Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie.

### Colofon

#### Uitgever

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

#### Redactie

Communication Services

#### Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 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 gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

#### Abstract

This report describes gaseous emissions and emissions of particulate matter from outdoor yards of pig houses.

#### Keywords

ammonia, nitrous oxide, methane, odour, particulate matter, pig, outdoor yards

#### Referaat

ISSN 1570 - 8616

#### Auteur(s)

G.J. Kasper  
A.J.A. Aarnink

#### Titel

Gasvormige emissies vanaf buitenuitlopen bij varkensstallen

Rapport 453

#### Samenvatting

Dit rapport beschrijft de resultaten van een deskstudie naar gasvormige emissies en emissies van fijn stof vanaf buitenuitlopen van varkensstallen.

#### Trefwoorden

ammoniak, lachgas, methaan, geur en fijn stof  
Varken, buitenuitloop

Rapport 453

# Gasvormige emissies vanaf buitenuitlopen bij varkensstallen

## Aerial emissions from outside yards of pig houses

G.J. Kasper  
A.J.A. Aarnink

Maart 2012



## Voorwoord

Voor een duurzame varkenshouderij is het belangrijk dat het welzijn van de dieren is geborgd en dat het milieu niet wordt belast. Het welzijn van varkens kan verbeterd worden door het beschikbaar stellen van een uitloop. De vraag is echter wat de gevolgen zijn van deze uitloop op de emissies van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijn stof. Daarom heeft het ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie Wageningen UR Livestock Research gevraagd om te onderzoeken wat het effect is van een uitloop bij een varkensstal op deze emissies. Deze vraag is in dit rapport beantwoord middels een literatuurstudie. We hopen dat dit rapport bijdraagt aan een verdere verduurzaming van de veehouderij.

André J.A. Aarnink  
Projectleider



## Samenvatting

In de varkenshouderij zijn sommige stallen uitgerust met een uitloop. Dit zijn op dit moment vooral de biologische stallen. Echter ook in de gangbare houderij bestaat interesse om varkens een uitloop te geven. De vraag is wat voor effect dit heeft op de gasvormige emissies en de emissie van fijnstof. Er is onderscheid te maken tussen verharde en onverharde uitlopen. Bij vleesvarkens, biggen en kraamzeugen zijn uitlopen meestal verhard. Geste en drachtige zeugen hebben vaak ook toegang tot een weide. De doelstelling van dit onderzoek was aan de hand van een deskstudie een inschatting te maken van het effect van een buitenuitloop bij varkensstallen op de emissies van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijn stof.

Op dit moment komen uitlopen in de varkenshouderij vrijwel alleen voor op biologische bedrijven (50 à 60 bedrijven); daarnaast zijn er nog enkele scharrelbedrijven in Nederland die ook een verplichte uitloop hebben bij de stal (ca. 5 à 10 bedrijven). In Nederland zijn de meeste uitlopen verhard, echter, biologische geste en drachtige zeugen moeten tevens toegang hebben tot een onverharde buitenuitloop van minimaal 40 m<sup>2</sup>/dier. Dit geldt niet als de weersomstandigheden en de staat van de grond dit niet mogelijk maken. Praktisch gezien komt dit neer op het geven van weidegang van 1 april tot 1 november.

Uit de studie blijkt dat de ammoniakemissie van stallen met buitenuitlopen ten opzichte van conventionele stallen zonder uitloop vaak hoger is en nogal varieert. De hogere emissies zijn voor een deel het gevolg van een groter potentieel emitterend oppervlak per varken bij stallen met uitloop. De grote variaties in emissies uit stallen met uitloop worden vooral veroorzaakt door verschillen in lay-out van stal en buitenuitloop en met de frequentie van reinigen van de vloer van de buitenuitloop. Daarnaast zijn de gemeten variaties in emissies te verklaren door de verschillende tijdstippen waarop ammoniak gemeten is gedurende een etmaal en het aantal metingen gedurende het jaar. Omdat emissies vanaf uitlopen moeilijk te meten zijn, zijn er tot dusver nog relatief weinig metingen gedaan en er zijn geen metingen verricht die een representatief beeld geven van de emissies over een geheel jaar.

Er zijn nog minder cijfers bekend van emissies van geur, broeikasgassen en fijn stof uit varkensstallen met uitloop. In het algemeen kan worden gezegd dat in vergelijking met stallen zonder uitloop, bij stallen met uitloop de geuremissie niet hoger hoeft te zijn, de methaanemissie waarschijnlijk lager is, de lachgasemissie hoger is bij gebruik van stro, wroetbak of onverharde uitloop / weide en de fijn stof emissie in het algemeen hoger is.

Uit deze studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken ten aanzien van de emissies van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijn stof bij de toepassing van een uitloop in varkensstallen:

- Bij stallen met uitloop die ontworpen zijn volgens de nieuwste inzichten om het emitterend (mest)oppervlak te beperken is de totale ammoniakemissie uit de stal en vanaf de uitloop vergelijkbaar, zo blijkt uit Nederlands onderzoek, met reguliere stallen zonder uitloop die vallen onder de categorie 'overige huisvestingssystemen'.
- Stallen met uitloop die een relatief groot emitterend (mest)oppervlak hebben laten sterk verhoogde ammoniakemissies zien, zo blijkt uit Nederlands onderzoek, die een factor 2 tot 4 hoger kunnen zijn dan in reguliere stallen zonder uitloop die vallen onder de categorie 'overige huisvestingssystemen'.
- De ammoniakemissie bij weidegang van zeugen lijkt niet verwaarloosbaar.
- Er is te weinig bekend over de geuremissie uit stallen met uitloop. De verwachting is dat de geuremissie ook sterk zal samenhangen met het ontwerp van stal en uitloop, zoals aangegeven voor ammoniak.
- De methaanemissie zal uit stallen met uitloop waarschijnlijk enigszins lager zijn dan uit stallen zonder uitloop.
- De lachgasemissie zal in stallen met veel stro(oisel), met een wroetbak en met een onverharde uitloop / weidegang hoger zijn dan in stallen zonder uitloop en zonder stro.
- De fijnstofemissie zal in stallen met uitloop waarbij tevens stro(oisel) wordt gebruikt in het algemeen hoger zijn dan in stallen zonder uitloop en zonder stro. Dit geldt waarschijnlijk niet bij toepassing van een dik stro(oisel)bed.
- Stallen met uitloop zijn wel veel gevoeliger voor ontwerpfouten, waardoor emissies exceptioneel hoog kunnen zijn. In de varkenshouderij is de uitloop een integraal onderdeel van het gehele

stalontwerp; dit in tegenstelling tot de leghennenhouderij waar de inrichting van de stal exact gelijk kan zijn in systemen met en zonder uitloop.

- Er is aanvullend onderzoek nodig om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen het ontwerp van de uitloop en de emissies van de verschillende gasvormige componenten en fijn stof.





## Summary

In pig husbandry some animal houses

The objective of this study was to determine, based on a desk study, the effect of using an outside yard in pig housing on the emissions of ammonia, odour, green house gases, and fine dust.

At this moment, in The Netherlands, outside yards for pigs are almost only used on organic farms (50 to 60 farms); besides there are still some free range farms with a required outside yard (5 to 10 farms). In The Netherlands most outside yards are paved, however, dry and pregnant sows need additional access to an unpaved outside yard of minimal 40 m<sup>2</sup>/animal. This is not obliged when the weather or soil conditions are bad. In practice this means that the sows can go into the pasture between 1 April until 1 November.

This study shows that ammonia emission is generally higher from pig houses with outside yard than from pig houses without outside yard. Furthermore, these emissions are very variable. The higher emissions are partly due to the larger potential emitting surface per pig in housing systems with outside yard. The big variations in ammonia emissions from houses with outside yard are mainly due to differences in lay-out of the house and the outside yard and to the frequency of cleaning the floor of the outside yard. Besides this, reported variations in emissions are due to variations caused by the measuring protocol, e.g. the different time points of measurements during the day and the number and spreading of the measurements during the year. Emissions from outside yards are difficult to measure; this is the main reason that relatively few measurements were done on outside yards and generally not enough measurements were done to give a representative emission level for the whole year.

Even less data are available of emissions of odour, greenhouse gases and fine dust from pig houses with outside yard. Results from the different studies, in general sense, show that in comparison with houses without outside yard, houses with outside yard could have similar odour emissions, probably have a lower methane emission, have a higher nitrous oxide emission when straw, a grubbing trough, or an unpaved yard / pasture is used and generally have higher dust emissions.

From this study the following can be concluded with respect to emissions of ammonia, odour, greenhouse gases and fine dust from pig houses with an outside yard:

- In pig houses with outside yards which are designed according to the latest insights to reduce the (manure) emitting surface area, the ammonia emission is comparable, as shown in a Dutch study, with a regular pig house belonging to the category of 'remaining housing systems'.
- Pig houses with outside yards with a relative large (manure) emitting surface area show highly raised ammonia emissions. These emissions can be a factor 2 to 4 higher, as shown in a Dutch study, than from regular pig houses that belongs to the category of 'remaining housing systems'.
- Ammonia emission from pasture for dry and pregnant sows seems not to be negligible.
- Too little is known about odour emissions from pig houses with outside yard. It is expected that the odour emission is also strongly related to the design of the pig house with outside yard, as was shown for ammonia.
- Methane emissions from pig houses with outside yard will probably be somewhat lower than from houses without outside yard.
- Nitrous oxide emissions will be higher in pig houses which use a lot of straw, a grubbing trough, or an unpaved yard / pasture, compared to houses without outside yard.
- Fine dust emissions in pig houses with outside yard and use of straw bedding will generally be higher than in houses without outside yard and without use of straw. This is probably not true when a big layer of straw is used.
- Pig houses with outside yard are a lot more sensitive for design failures than pig houses without outside yard. This makes these systems a lot more sensitive for exceptional high ammonia emissions. In pig housing, the outside yard is an integral part of the whole housing design. This is in contradiction with the housing for layers, in which the inside lay-out and equipment can be exactly the same for houses with or without outside yard.
- More research is needed to get insight in the relationship between design of the outside yard and the emissions of the various gaseous components and fine dust.

# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Literatuuronderzoek</b> .....	<b>2</b>
2.1	Uitlopen voor varkens in Nederland .....	2
2.2	Ammoniakemissie .....	2
2.3	Geuremissie .....	6
2.4	Broeikasgasemissies .....	6
2.4.1	Methaan (CH <sub>4</sub> ) .....	6
2.4.2	Lachgas (N <sub>2</sub> O) .....	6
2.5	Stofemissie .....	7
2.6	N-verliezen bij weidegang .....	7
<b>3</b>	<b>Discussie</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>10</b>
	<b>Literatuur</b> .....	<b>11</b>
	<b>Bijlage 1 Stalontwerp van drie staltypen met buitenuitloop bij drachtige zeugen</b> .....	<b>12</b>
	<b>Bijlage 2 Stalontwerp van drie stallen met buitenuitloop voor vleesvarken</b> .....	<b>13</b>



## 1 Inleiding

In de varkenshouderij zijn sommige stallen uitgerust met een uitloop. Dit zijn op dit moment vooral de biologische stallen. Echter ook in de gangbare houderij bestaat interesse om varkens een uitloop te geven. De vraag is wat voor effect dit heeft op de gasvormige emissies en de emissie van fijnstof. Er is onderscheid te maken tussen verharde en onverharde uitlopen. Bij vleesvarkens, biggen en kraamzeugen zijn uitlopen meestal verhard. Guste en drachtige zeugen hebben vaak ook toegang tot een weide.

De doelstelling van dit onderzoek was aan de hand van een deskstudie een inschatting te maken van het effect van een buitenuitloop bij varkensstallen op de emissies van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijn stof.

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de huidige uitlopen in Nederland en van de beschikbare kennis in de literatuur over de emissies uit stallen met uitloop. Dit wordt in hoofdstuk 3 bediscussieerd. In hoofdstuk 4 worden de belangrijkste conclusies van dit rapport weergegeven.

## 2 Literatuuronderzoek

Tot nu toe is er internationaal niet veel onderzoek verricht naar emissies van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijn stof vanaf uitlopen bij varkensstallen. Dit heeft enerzijds te maken met het feit dat er in Europa en Noord Amerika weinig stallen zijn met uitloop en anderzijds met het feit dat emissies vanaf uitlopen moeilijk te bemeten zijn. In de hierna volgende paragrafen wordt eerst een beschrijving gegeven van de huidige uitlopen in de Nederlandse varkenshouderij. Vervolgens is de beschikbare literatuur op een rij gezet voor de verschillende emissies vanuit stallen met uitloop en de kwantitatieve resultaten van deze studies zijn in tabel 1 samengevat.

### 2.1 Uitlopen voor varkens in Nederland

Op dit moment komen uitlopen in de varkenshouderij vrijwel alleen voor op biologische bedrijven (50 à 60 bedrijven); daarnaast zijn er nog enkele scharrelbedrijven in Nederland die ook een verplichte uitloop hebben bij de stal (ca. 5 à 10 bedrijven) (H. Vermeer, mondelinge mededeling, dec. 2010). De huisvesting van biologische varkens moet aan specifieke regels voldoen, die zijn vastgelegd in EU verordeningen (Anonymous, 1991; Anonymous, 2007) en die worden vermeld op de website van Skal ([www.skal.nl](http://www.skal.nl)). Skal is de organisatie in Nederland die is aangewezen door het Ministerie van EL&I om toe te zien op de naleving van de biologische productievoorschriften. Volgens de biologische productievoorschriften moeten varkens altijd vrije toegang hebben tot bewegingsruimten of uitlopen in de open lucht als de weers- en gezondheidsomstandigheden en bodemgesteldheid dat toelaten. Uitlopen in de open lucht mogen verhard zijn en voor maximaal 75% overdekt. Daarnaast moet er een duidelijk zichtbaar verschil zijn tussen binnen- en buitenruimte. In het geval van verharde uitlopen is de bodemgesteldheid nooit een reden de varkens binnen te houden. In Nederland zijn de meeste uitlopen verhard (Vermeer, 2003). In tabel 1 worden de minimum oppervlakte eisen die gesteld worden aan binnen- en buitenruimten weergegeven. Daarnaast is voor guste en drachtige zeugen door slachterijen en supermarkten/slagers in Nederland de extra eis voor weidegang opgenomen. Dit is per 29 mei 2008 in de eisen van Skal opgenomen (Ellen&Hoving, 2009). Hierin wordt gesteld dat guste en drachtige zeugen permanent de toegang moeten hebben tot een onverharde buitenuitloop van minimaal 40 m<sup>2</sup>/dier, tenzij de weersomstandigheden en de staat van de grond dit niet mogelijk maken. Praktisch gezien komt dit neer op het geven van weidegang van 1 april tot 1 november (Ellen&Hoving, 2009).

Tabel 1. Oppervlakte eisen voor biologische varkensstallen per diercategorie (m<sup>2</sup>/varken)

	Binnenruimte	Buitenruimte
Guste en drachtige zeugen	2,5	1,9
Kraamzeugen (met biggen)	7,5	2,5
Gespeende biggen tot 30 kg	0,6	0,4
Vleesvarkens tot 110 kg	1,3	1,0

### 2.2 Ammoniakemissie

In Nederland is een oriënterend onderzoek verricht naar de ammoniakemissie van biologische bedrijven met drachtige zeugen (Ivanova-Peneva *et al.*, 2006). Voor de categorie drachtige zeugen met buitenuitloop is onderzocht of de ammoniakemissie uit de stal en vanaf de verharde uitloop vergelijkbaar is met die van conventionele zeugenbedrijven zonder uitloop. Op drie bedrijven zijn metingen uitgevoerd op één dag in het voorjaar en één dag in de zomer. Bevuiling van de vloer met mest en urine bleek een sterk effect op de ammoniakemissie te hebben. De ammoniakemissie bleek sterk te variëren tussen de bedrijven. Twee bedrijven bleken een iets hogere waarde te hebben dan de ammoniakemissiefactor voor drachtige zeugen in conventionele huisvesting zonder uitloop (4,2 kg/j per dierplaats), namelijk 4,4 en 4,6 kg/j per dierplaats. Het derde bedrijf bleek een behoorlijk hogere waarde te hebben: 7,4 kg/j per dierplaats. Op alle bedrijven was de emissie uit de stal hoger dan vanaf de verharde uitloop. Het bedrijf met de hoogste ammoniakemissie uit de stal gaf de laagste emissie vanaf de uitloop. Dit was waarschijnlijk voor een groot deel toe te schrijven aan het niet overdekt zijn van de uitloop, waardoor bij regen de varkens minder vaak op de uitloop aanwezig waren en aanwezige urine en feces gemakkelijker wegspoelen. Verder bleek de ammoniakemissie uit de stal tussen de drie bedrijven nogal te verschillen (Ivanova-Peneva *et al.*, 2006): 6,9, 2,6 en 2,8 kg/j

per dierplaats en vanaf de uitloop: 0,5, 1,8 en 1,8 kg/j per dierplaats. De hoge emissie uit de stal bij het eerst genoemde bedrijf was volgens de auteurs vooral te wijten aan het niet overdekt zijn van de buitenuitloop waardoor de dieren bij regenachtig weer niet naar buiten gingen om te mesten, waardoor de stal(vloer) meer bevuild werd. In bijlage 1 worden de plattegronden van de verschillende stallen in het voornoemde onderzoek gegeven.

Varkens zijn hygiënische dieren. Dat betekent dat wanneer ze de beschikking hebben over een buitenuitloop, ze dan ook vooral buiten urineren en defeceren en de stal gebruiken voor eten en rusten. Varkens urineren en mesten niet bewust op één bepaalde plek. Het is meer zo dat ze bepaalde plekken mijden om te mesten / urineren, bijvoorbeeld de lig-, eet- en drinkplaatsen, de overige ruimte is in principe beschikbaar / geschikt om te mesten. Dit betekent ook dat bij het groter worden van de oppervlakte per dier, de beschikbare ruimte voor mesten / urineren, toeneemt en dat ze deze hiervoor in principe ook zullen benutten. Bij een groter oppervlak per dier zal daarom de ammoniakemissie in het algemeen toenemen.

Het is uit onderzoek bekend dat varkens vanwege hun onstabiele en kwetsbare houding bij defeceren en urineren graag drukke plaatsen mijden (Baxter, 1982). Drukke plaatsen zijn vooral die delen van de stal waar voer en water beschikbaar zijn. In de stal met de hoogste emissie waren de voederbak en drinkbak zo gepositioneerd dat de roosters waar de mestplaats beoogd was, geen rustige plek was. Daarom mestten ze ook op de dichte betonnen vloer. De laagste ammoniakemissie werd waargenomen in de stal waarbij de voerbak en drinkbak zo ver mogelijk van de roosters waren geplaatst. In deze stal werden dan ook bijna alle defecaties en urinelozingen gedaan op de roostervloer.

Een oriënterende studie in Nederland naar de ammoniakemissie bij biologisch gehouden vleesvarkens in drie verschillende staltypen met een verharde buitenuitloop en verschillende uitmestsystemen, laat sterk variërende ammoniakemissies zien (Ivanova-Peneva *et al.*, 2008). In bijlage 2 worden de plattegronden van de verschillende stallen in voornoemd onderzoek gegeven. De indicatieve ammoniakemissie uit de stal was 2,6, 0,7 en 0,1 kg/j per dierplaats en vanaf de uitloop was dit respectievelijk 4,8, 1,1 en 1,5 kg/j per dierplaats. Uit deze cijfers blijkt dat, in tegenstelling tot de zeugen, bij vleesvarkens de meeste ammoniak emitteerde vanaf de uitlopen. Eén van de belangrijkste oorzaken van de verschillen in emissie vanaf de uitloop werd waarschijnlijk veroorzaakt door de verschillende uitmestsystemen. Bij bedrijf 1 werd de mest eenmaal per twee weken met een handschuif afgevoerd, bij bedrijf 2 gebeurde het mest afvoeren voor de dichte vloer eenmaal per week (in winter en voorjaar) en meestal eenmaal per dag (in zomer en herfst) met niet nader omschreven apparatuur. Verder werd bij bedrijf 2 eenmaal per week de mest onder de roostervloer verwijderd. De uitloop van het derde bedrijf had deels een dichte en deels een roostervloer, die beide dagelijks werden schoongemaakt met een mestschuif. Als een roostervloer beschouwd wordt als een continu mestafvoersysteem zou gezegd kunnen worden dat hoe frequenter de mestafvoer, hoe lager de emissie. Zoals eerder opgemerkt hebben ook het ontwerp van de stal en de uitloop een belangrijk effect op de mate van bevuiling. Het percentage van de totale oppervlakte dat zowel binnen als buiten bevuild wordt, kan aangemerkt worden als een belangrijke graadmeter voor het ontstaan van ammoniakemissie.

In een Zwitserse studie naar emissies van stof en ammoniak uit traditionele en nieuwe stalssystemen (met uitloop) bij vleesvarkens bleek de ammoniakemissie in de zomer aanzienlijk hoger (ruim 3 maal zo hoog) te zijn dan in de winter (Berry *et al.*, 2005). In deze studie werden verschillende vloeruitvoeringen getest. De ammoniakemissie van de buitenuitloop (ca. 1,2 m<sup>2</sup> per vleesvarken) met dichte betonvloer was hoger dan die van een vloer met 50% perforaties, maar het effect was niet significant. In de zomer was de NH<sub>3</sub>-emissie van de buitenuitloop 85% van de totale emissie van stal en uitloop, terwijl dit in de winter 18% was.

In een Zweeds onderzoek bij vleesvarkens met buitenuitloop (1,0 m<sup>2</sup> per vleesvarken) zijn NH<sub>3</sub>-emissies en N<sub>2</sub>O-emissies op de uitloop gemeten (Selberg Nygren, 2009). De NH<sub>3</sub>-emissies worden in deze paragraaf behandeld, de N<sub>2</sub>O-emissies in paragraaf 2.2.1.

In de proefopzet werd de buitenuitloop in twee varianten meegenomen:

1. buitenuitloop met gebieden voor liggen, wroeten en mesten
2. buitenuitloop met gebieden voor liggen en mesten.

De reden om een gebied voor wroeten op te nemen was dat de dieren in een wroetplaats veel activiteit vertonen, waardoor de verwachting was dat ze in dit gebied niet of weinig zouden mesten en zo de mestplaats klein zou blijven. De wroetplaats werd voorzien van turf (veen), een materiaal dat geliefd is bij varkens om in te wroeten en dat bovendien ammoniak bindt, hetgeen de  $\text{NH}_3$ -emissie zal verlagen. De resultaten gaven aan dat de dieren meer buiten lagen, en ook meer ruimte buiten gebruikten, als de temperatuur hoger was. De ammoniakemissie was hoger naarmate de temperatuur hoger was. Het aanbieden van een wroetgebied buiten was aanleiding voor de dieren om meer buiten te zijn. Het was geen aanleiding tot meer wroetgedrag. In de 'wroetplaats' werd weinig gemest. De mest werd daardoor – zoals vooraf verwacht - meer geconcentreerd gedeponerd op een kleine mestplaats. Dit betekende een betere hygiëne in de buitenuitloop en lagere  $\text{NH}_3$ -emissies van een uitloop met wroetplaats ( $49,9 \text{ mg/m}^2\text{h}$ ) ten opzichte van uitlopen zonder wroetplaats ( $108,6 \text{ mg/m}^2\text{h}$ ). Vanaf de mestplaats werden hogere  $\text{NH}_3$ -emissies waargenomen in uitlopen met een wroetplaats ( $134,8 \text{ mg/m}^2\text{h}$ ) dan in uitlopen zonder wroetplaats ( $80,1 \text{ mg/m}^2\text{h}$ ). Door de hogere  $\text{NH}_3$ -emissie in het mestgebied is het aan te bevelen om dit gebied frequenter schoon te maken / uit te mesten.

In andere Zweedse onderzoeken (Botermans *et al.*, 2010; Olsson *et al.*, 2007) wordt aangegeven dat van biologische varkensstallen (stal:  $1,13 \text{ m}^2$  per varken; uitloop:  $1,57 \text{ m}^2$  per varken) de  $\text{NH}_3$ -emissie bijna 4 keer hoger is dan in traditionele vleesvarkensstallen (stal:  $1,0 \text{ m}^2$  per varken). Dit zou een gevolg zijn van een hoger eiwitniveau in het voer en een groter bevuild vloeroppervlak, die respectievelijk met een factor 1,75 en 2,25 hieraan bijdragen. Bij het samenstellen van het voer in de biologische varkenshouderij mag geen gebruik worden gemaakt van synthetische aminozuren. Dat betekent dat het eiwitgehalte in het voer hoger moet zijn dan in de reguliere houderij om tot een vergelijkbare groei te komen. Een oplossing zou kunnen zijn om in het rantsoen een hoger vezelgehalte op te nemen. Het gebruik van een hoger aandeel vezel kan echter een hogere  $\text{CH}_4$ -emissie in de mest geven. Om een hogere  $\text{CH}_4$ -emissie te voorkomen, lijkt het aansluitend vergisten van deze mest een goede optie (Botermans *et al.*, 2010). Een andere oplossing is het verkleinen van de bevuilde oppervlakte met mest/urine in de buitenuitloop (Selberg Nygren, 2009). Zoals eerder genoemd verlaagt ook het dagelijks verwijderen van de mest van dichte vloeren of het gebruik van roostervloeren de  $\text{NH}_3$ -emissie ten opzichte van het verwijderen van mest van een dichte vloer tweemaal per week (Ivanova-Peneva *et al.*, 2006).

Voor vleesvarkens geldt in Europa in het algemeen de norm dat in vleesvarkensstallen met mechanische ventilatie, volledige roostervloer en mestopslag in een kelder onder de roostervloer de  $\text{NH}_3$ -emissie tussen de 2,4 en 3,0 kg per dierplaats per jaar is. Op de meer extensieve biologische vleesvarkensbedrijven, waar varkens buiten worden gehouden in hutten, is de  $\text{NH}_3$ -emissie vanuit het (gras)land ook een probleem. Uit een studie bij zogende zeugen met biggen (spenen op 7 weken leeftijd) bleek de gemiddelde ammoniakemissie vanuit de weide 4,8 kg per zeug per jaar te zijn (Sommer *et al.*, 2001). Dit is een significante bijdrage aan de ammoniakemissie wanneer bedacht wordt dat de huidige emissiefactor voor kraamzeugen bij 'overige huisvestingssystemen' 8,3 kg/jaar is.

Om uitspoeling van N tegen te gaan is het belangrijk dat het grasland niet stuk gaat. Op plaatsen waar grasland stuk gelopen / gewroet is, kan de N-uitspoeling aanzienlijk zijn (Williams *et al.*, 2000). Een ander probleem is de  $\text{N}_2\text{O}$ -emissie (zie paragraaf 2.2). De onevenredige verdeling van mineralen over het veld is ook een probleem bij weidende zeugen. Veel mineralen worden aangetroffen in de buurt van voer- en drinkplaatsen en het varkenshok, doordat de dieren daar hun mest en urine deponeren. Zoals eerder aangegeven zullen varkens niet binnen een straal van enkele meters van de voer- en drinkplaatsen gaan mesten en urineren, aangezien het daar te druk is. Echter, aangezien veel varkens in de buurt blijven van de voer- en drinkplaatsen zal veel mest terecht komen op een bepaalde afstand (ca. 5 – 15 m) van deze voer- en drinkplaatsen. Oplossingen zijn om de mest te verzamelen met een frequentie van bijvoorbeeld eenmaal per dag of per week en/of frequent de voer- en drinkplekken te verplaatsen (Botermans *et al.*, 2010).



Tabel 1 Samenvatting emissies van stal en buitenuitloop met of zonder weide. Alle emissies zijn aangegeven per dierplaats, tenzij anders vermeld. Hiervoor zijn voor zeugen en vleesvarkens respectievelijk de factoren 0,95 en 0,90 voor leegstand toegepast.

diercatego- rie/bedrijf	literatuur- bron	land	gewicht (kg levend)	NH <sub>3</sub> , totaal (kg/jaar)	NH <sub>3</sub> in stal (kg/jaar)	NH <sub>3</sub> buitenuitloop (kg/jaar)	geur (OU <sub>E</sub> /s)	N <sub>2</sub> O (kg/jaar per ha)	CH <sub>4</sub> (kg/jaar)	Stof (PM10) (kg/jaar)	mestgift a.g.v. weidegang, (kg/j per ha)	
											N	P
zeug (drachtig)	(Ivanova- Peneva <i>et al.</i> , 2006)	Nederland	160									
bedrijf 1				7,4	6,9	0,5				407	113	
bedrijf 2				4,4	2,6	1,8				63	19	
bedrijf 3	4,6	2,8	1,8					522	163			
zeug (gust)	(Williams <i>et al.</i> , 2000)	UK	160	4,0				<5,7** <4,0 <2,6			576*** 398 264	
zeug (zogend)	(Eriksen <i>et al.</i> , 2002)	Denemarken	160	4,8							390	
varken (niet nader aangeduid)	(Misselbrook <i>et al.</i> , 2001)	UK	160			0,5						
zeug (zogend)	(Sommer <i>et al.</i> , 2001)	Denemarken	160	4,8 (variatie: 1,1-31)								
vleesvarken bedrijf 1	(Ivanova- Peneva <i>et al.</i> , 2008)	Nederland	45; 80	7,4	2,6	4,8						
bedrijf 2			45; 80	1,8	0,7	1,1						
bedrijf 3			45; 80	1,7	0,1	1,5						
Vleesvarken	(Berry <i>et al.</i> , 2005)	Zwitserland	80 -125	3,8-10,4	-	-				0,2-0,3		
Vleesvarken	(Olsson <i>et al.</i> , 2007)	Zweden	22 - 86	5,6 -6,8*								
vleesvarken	(Dourmad <i>et al.</i> , 2009)	Frankrijk	36-115	5,1 <sup>+</sup>			6,5 <sup>++</sup>	1,7 <sup>+</sup>	2,1 <sup>+</sup>	2 mg/m <sup>3</sup>		

\* NH<sub>3</sub>-emissie traditionele stal in Zweden is 1,4-1,6 kg/j per dierplaats

\*\* N<sub>2</sub>O is < 1% van de gerealiseerde mestgiften

\*\*\* de giften zijn (van hoog naar laag) gerealiseerd bij resp. normale commerciële bedrijfsvoering, verbeterde bedrijfsvoering en beste bedrijfsvoering.

<sup>+</sup> de waarden voor vleesvarkens in conventionele stallen waren in deze studie voor NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> resp. 4,4, 0,6 en 4,4 kg/j per dierplaats

<sup>++</sup> een conventionele stal in genoemd onderzoek (Frankrijk) gaf de geurwaarde 22,0; standaard geurwaarde conventionele stal (Europees) is 23,0

## 2.3 Geuremissie

Er is te weinig onderzoek gedaan aan de geuremissie in stallen met uitloop om hierover uitspraken te doen. Evenals de ammoniakemissie zal de geuremissie in stallen met uitloop sterk afhankelijk zijn van de uitvoering van de stal en uitloop. Het bevuild oppervlak en het mestverwijderingssysteem zijn belangrijke factoren die de geuremissie in stallen met uitloop zullen bepalen.

## 2.4 Broeikasgasemissies

### 2.4.1 Methaan ( $CH_4$ )

In het algemeen wordt de productie van methaan ( $CH_4$ ), lachgas ( $N_2O$ ), ammoniak ( $NH_3$ ) en geur in stallen (dieren, mest) beïnvloed door factoren die de activiteit of metabolisme van micro-organismen beïnvloeden. De gassen vormen de bijproducten van microbiële metabolisme. In het algemeen kan gesteld worden dat er twee methaanbronnen zijn in een varkensstal: de mest en het dier. De methaanproductie door de dieren (endogene productie door darmflora) is afhankelijk van de voersamenstelling, diersoort, aantal dieren, het gewicht en de leeftijd van de dieren. Op basis van gegevens van Crutzen *et al.* (1986) en Rijnen (2003) kan berekend worden dat een vleesvarken op basis van een regulier dieet een endogene  $CH_4$ -productie heeft 3-4 g/d. Wanneer het ruwcelstofgehalte in het voer toeneemt zal de endogene  $CH_4$ -productie toenemen. Op basis van de data van Rijnen (2003) kan per dier tot 10 g/d  $CH_4$  geproduceerd worden bij een fermenteerbaar ruwcelstofgehalte van 250 g per kg drogestof in het voer. Aangezien systemen met uitlopen ook vaak stro gebruiken moet bovenstaande wel meegenomen worden in de analyse van de emissie uit stallen met uitlopen, omdat de toename van  $CH_4$  niet alleen moet worden toegeschreven aan de emissies uit de mest, maar tevens uit een toename van de  $CH_4$  productie van het dier door stro-consumptie van de dieren.

Voor methaanemissie uit mest zijn anaerobe omstandigheden nodig. In het algemeen kan gesteld worden dat mest geproduceerd op een dichte vloer van de uitloop vrij aerob is, en de emissie ten opzichte van een mestopslag in een put onder de roosters klein zal zijn. Er zijn ook uitlopen met roosters. De methaanvormende processen in deze mest zullen vergelijkbaar zijn met die van de mest in de stal, maar een en ander zal trager verlopen door een lagere temperatuur waardoor de  $CH_4$  emissie lager zal zijn.

Al met al kan geconcludeerd worden dat de methaanemissie uit de mest die geproduceerd is op uitlopen lager zal zijn dan die in de stal, maar hoeveel lager hangt af van de uitvoering van de uitloop. In eerder genoemd Frans onderzoek (Dourmad *et al.*, 2009) is de methaanemissie bepaald voor een conventionele stal en voor een stal met uitloop. Deze was respectievelijk 4,4 en 2,1 kg  $CH_4$ /j per dierplaats. Engels onderzoek geeft aan dat de  $CH_4$ -emissie afhangt van de aanwezigheid van mest en toeneemt met de temperatuur (Misselbrook *et al.*, 2001).

### 2.4.2 Lachgas ( $N_2O$ )

In eerder genoemd Zweeds onderzoek werden ook  $N_2O$ -emissies gemeten. Vanaf de wroet- en mestplaatsen van de uitlopen werden grote variaties in  $N_2O$ -emissies waargenomen (Selberg Nygren, 2009). Probleem van veen op de wroetplaats kan de complexe aerobe en anaerobe omgeving zijn, waardoor meer  $N_2O$  kan ontstaan (Botermans *et al.*, 2010). Urineplekken op grasland worden gezien als de belangrijkste bronnen van  $N_2O$ -emissie. Op basis van IPCC (1996) wordt ingeschat dat 1% van de totale uitgescheiden N door zeugen in huisvesting met stro omgezet wordt naar  $N_2O$ . Dit is 10 x zo hoog als de  $N_2O$ -vorming van 0,1% bij opslag van mest onder een roostervloer in de stal. In een Frans onderzoek (Dourmad *et al.*, 2009) werden meer dan driemaal hogere  $N_2O$ -concentraties gevonden in een stal met buitenuitloop vergeleken met een conventioneel huisvestingssysteem met volledige roostervloer (2,1 versus 0,6 kg/j per dierplaats), waarbij de vleesvarkens in de stal op het zaagselbed een oppervlakte van 1,3 m<sup>2</sup> per dier en op de buitenuitloop 1,1 m<sup>2</sup> per dier tot hun beschikking hadden ten opzichte van 0,65 m<sup>2</sup> per dier in de conventionele huisvesting.

## 2.5 Stofemissie

In het eerder genoemde Zwitsers onderzoek (zie paragraaf 2.1) is de stofhoeveelheid (PM10) gemeten in een traditionele stal en in een stal met buitenuitloop (Berry *et al.*, 2005). De gemiddelde stofemissies waren respectievelijk 0,14 en 0,20 kg PM10 per dier per jaar. Dit betekent een verhoging van de PM10-emissie van 42% in de stal met buitenuitloop. Hierbij werd opgemerkt dat het stof dat in de buitenuitloop gemeten is, overschat kan zijn door stof (mineralen) van het bouwland dat rondom de buitenuitloop lag. Daarnaast was het stof behalve van mest ook afkomstig van het stro van het strobed wat de dieren meenamen wanneer ze naar de uitloop gingen. Deze gegevens bemoeilijken de conclusie dat met een uitloop meer stof wordt gegenereerd dan zonder uitloop. Ook voor de hoeveelheid stof is de uitvoering van de uitloop van belang. Wanneer de uitloop is voorzien van een roostervloer met mestkelder zal er minder stofvorming zijn dan wanneer de mest op een dichte vloer terecht komt.

## 2.6 N-verliezen bij weidegang

Uitlopen met weidende zeugen kunnen behoorlijke N-verliezen opleveren. In een Deense studie, waarbij 32 zeugen per ha werden gehouden, bleek van de N-input via voer 44% te gaan naar de productie, de rest waren N-verliezen via  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$  en denitrificatie, respectievelijk 13, 8 en 16 tot 35%. Dit geeft aan dat het weiden van zeugen hoge N-verliezen geeft (37- 56% van de opname door de dieren). Nederlands onderzoek geeft ook N-verliezen via urine en feces (Ivanova-Peneva *et al.*, 2006), afhankelijk van de vorm en de grootte van de buitenuitloop, het aantal zeugen per hectare en de grondsoort van 63, 408 en 523 kg N/ha voor drie verschillende bedrijven. Vooral het aantal zeugen per hectare is van grote invloed. Om te kunnen voldoen aan de Europese richtlijn van 170 kg N/ha zullen managementmaatregelen moeten worden genomen. Mogelijke managementmaatregelen zijn: 1) de uitloop beperken tot bepaalde uren van de dag; 2) de zeugen eerst in een 'tussenuitloop' plaatsen, waar de mest en urine gemakkelijk verwijderd kan worden, om hen de gelegenheid te geven om daar te mesten en vervolgens de zeugen toegang te geven tot de wei; 3) regelmatig omweiden van de zeugen.

### 3 Discussie

Uit de literatuurstudie komt naar voren dat de ammoniakemissie van stallen met verharde uitloop vergelijkbaar of hoger is dan van stallen zonder uitloop. In tabel 2 wordt een analyse gegeven van de veranderingen die optreden in de factoren die de ammoniakemissie beïnvloeden bij toepassing van een verharde uitloop. Uit deze analyse blijkt dat er in de stal niet zoveel verandert. Wel is het zo dat stallen met uitloop in het algemeen wat minder geïsoleerd zijn dan stallen zonder uitloop, waardoor de staltemperatuur aan grotere schommelingen onderhevig is en daarmee de vloer- en de mesttemperatuur. Op de uitloop is het ventilatiedebiet beduidend hoger dan in de stal. Dit veroorzaakt een hogere ammoniakemissie. Daar staat tegenover dat de temperatuur van de vloer en van de mest lager is, waardoor de ammoniakemissie wordt verlaagd. De grootste onzekerheid zit in de oppervlakte van urineplassen op de dichte vloer. Uit de literatuuranalyse blijkt dat deze factor ook de grootste variatie geeft in ammoniakemissie. Als bevuilding van de dichte vloer kan worden voorkomen dan kunnen stallen met uitloop een vergelijkbare ammoniakemissie hebben dan stallen zonder uitloop. Vindt er veel bevuilding plaats dan kan de ammoniakemissie sterk worden verhoogd, zelfs met een factor 2 tot 4. Het gebruik van stro in de stal, wat gebruikelijk is in (biologische) systemen met uitloop, kan de ammoniakemissie zowel verhogen, verlagen of ongewijzigd laten. Dit is vooral afhankelijk van het strooiselmanagement en van de bevuilding van het strooisel. Bij zeugen is aangetoond dat gebruik van veel stro in het ligbed de ammoniakemissie flink kan reduceren (Groenestein, 2006). Bij vleesvarkens kan bij veel vervuiling van het stro(oisel)bed de ammoniakemissie belangrijk toenemen (Aarnink, 2010).

Tabel 2. Invloed van een stal met verharde buitenuitloop op factoren die de ammoniakemissie bij vleesvarkens beïnvloeden.

Factor	Eenheid	Range factor reguliere stal zonder uitloop <sup>1)</sup>	Verandering factor in stal met uitloop		Verandering ammoniakemissie van stal met uitloop
			Stal	Uitloop	
pH mengmest	-	7,0 – 7,8	=	=	=
Ureumconcentratie verse urine	g/kg	6,0 – 18,0	=	=	=
Urease activiteit	mol ureum/(m <sup>3</sup> s)	0,0025 – 0,0498	=	=	=
Ventilatiedebiet <sup>2)</sup>	m <sup>3</sup> /uur	20 – 80	=	>	>
T-vloer	°C	15 – 25	=	<	<
T-mest	°C	15 – 25	=	<	<
Opp. Urineplassen <sup>2)</sup>					
• Roostervloer	m <sup>2</sup>	0,01 – 0,1	=	=	=
• Dichte vloer	m <sup>2</sup>	0,01 – 0,1	=	>	>
Opp. mestkelder	m <sup>2</sup>	0,3 – 0,4	=	=	=
Stro in stal		nee	ja	nee	<=>
Totaal			=	=>	=>

1) Gegevens uit (Aarnink&Elzing, 1998)

2) per varken

Uit onderzoek van Sommer *et al.* (2001) blijkt dat de ammoniakemissie bij weidegang van zeugen niet verwaarloosbaar is. Dit in tegenstelling tot koeien, waarbij relatief lage ammoniakemissies werden gemeten bij weidegang (Bussink, 1992). Dit verschil zou veroorzaakt kunnen worden door het feit dat weilanden voor varkens in het algemeen geen mooie graszode hebben, waardoor urineplassen langer aan de lucht blootgesteld kunnen zijn.

Ten aanzien van de geuremissie uit stallen met uitloop valt niet veel meer te zeggen dan dat ontwerpen die een lage ammoniakemissie geven waarschijnlijk ook een relatief lage geuremissie zullen geven. Alhoewel de factoren die de geuremissie beïnvloeden niet gelijk zijn aan de factoren die de ammoniakemissie beïnvloeden, worden beide emissies wel sterk beïnvloed door de mate van bevuilding van de dichte vloer. Voor geuremissie speelt daarnaast ook de opslagperiode een rol. Bij langdurige opslag van de mest in de mestkelder zal de geuremissie hoger zijn dan bij kortdurende opslag.

Bij de emissie van broeikasgassen moet duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen de emissies van methaan en van lachgas. De methaanemissie zal waarschijnlijk wat lager zijn in stallen met uitloop, aangezien de mesttemperatuur in het algemeen wat lager is. De lachgasproductie is in reguliere stallen zonder uitloop, met mengmest, in het algemeen verwaarloosbaar. In systemen met uitloop moet onderscheid gemaakt worden tussen systemen met verharde en met onverharde uitloop. In het eerste geval zal ook weinig lachgas ontstaan, terwijl bij onverharde uitlopen en bij weidegang de lachgasemissies belangrijk kunnen toenemen. Bij gebruik van een stro(oisel)bed in de stal of bij gebruik van een wroetplaats met organische stof (zoals veen) kan de lachgas emissie ook belangrijk verhoogd worden ten opzichte van reguliere stallen zonder stro(oisel)bed en/of wroetbak.

De fijnstofemissie zal in het algemeen wat hoger zijn in stallen met uitloop. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door het gebruik van stro in deze stallen en anderzijds doordat deze stallen in het algemeen een grotere oppervlakte aan dichte vloer hebben. Bij gebruik van een dik pakket stro wat regelmatig wordt verversd of aangevuld, zou de fijn stof emissie ook lager kunnen zijn. Dit als gevolg van het feit dat gesedimenteerd stof naar beneden dwarrelt in het strooiselpakket en in de vochtige onderlagen van het stropakket wordt gebonden (Aarnink&Ellen, 2006).

Uit de literatuurstudie blijkt dat de totale N-verliezen bij onverharde uitlopen of weidegang zeer hoog kunnen zijn. Dit is een milieuprobleem dat onderkend moet worden bij onverharde uitlopen / weidegang voor varkens.

## 4 Conclusies

Uit deze studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken ten aanzien van de emissies van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijn stof bij de toepassing van een uitloop in varkensstallen:

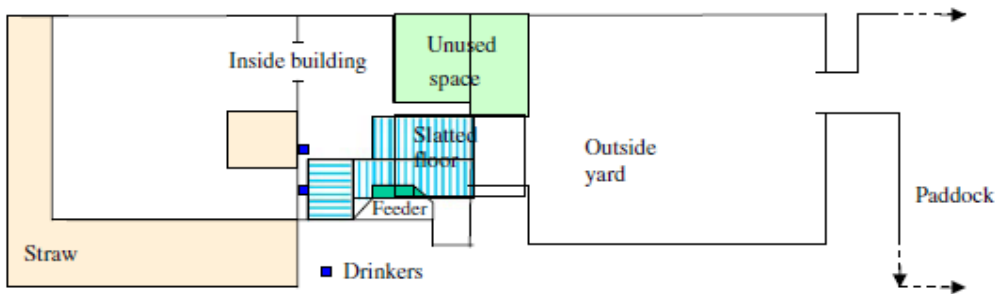
- Bij stallen met uitloop die ontworpen zijn volgens de nieuwste inzichten om het emitterend (mest)oppervlak te beperken is de totale ammoniakemissie uit de stal en vanaf de uitloop vergelijkbaar, zo blijkt uit Nederlands onderzoek, met reguliere stallen zonder uitloop die vallen onder de categorie 'overige huisvestingssystemen'.
- Stallen met uitloop die een relatief groot emitterend (mest)oppervlak hebben laten sterk verhoogde ammoniakemissies zien, zo blijkt uit Nederlands onderzoek, die een factor 2 tot 4 hoger kunnen zijn dan in reguliere stallen zonder uitloop die vallen onder de categorie 'overige huisvestingssystemen'.
- De ammoniakemissie bij weidegang van zeugen lijkt niet verwaarloosbaar.
- Er is te weinig bekend over de geuremissie uit stallen met uitloop. De verwachting is dat de geuremissie ook sterk zal samenhangen met het ontwerp van stal en uitloop, zoals aangegeven voor ammoniak.
- De methaanemissie zal uit stallen met uitloop waarschijnlijk enigszins lager zijn dan uit stallen zonder uitloop.
- De lachgasemissie zal in stallen met veel stro(oisel), met een wroetbak en met een onverharde uitloop / weidegang hoger zijn dan in stallen zonder uitloop en zonder stro.
- De fijnstofemissie zal in stallen met uitloop waarbij tevens stro(oisel) wordt gebruikt in het algemeen hoger zijn dan in stallen zonder uitloop en zonder stro. Dit geldt waarschijnlijk niet bij toepassing van een dik stro(oisel)bed.
- Stallen met uitloop zijn wel veel gevoeliger voor ontwerpfouten, waardoor emissies exceptioneel hoog kunnen zijn. In de varkenshouderij is de uitloop een integraal onderdeel van het gehele stalontwerp; dit in tegenstelling tot de leghennenhouderij waar de inrichting van de stal exact gelijk kan zijn in systemen met en zonder uitloop.
- Er is aanvullend onderzoek nodig om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen het ontwerp van de uitloop en de emissies van de verschillende gasvormige componenten en fijn stof.

## Literatuur

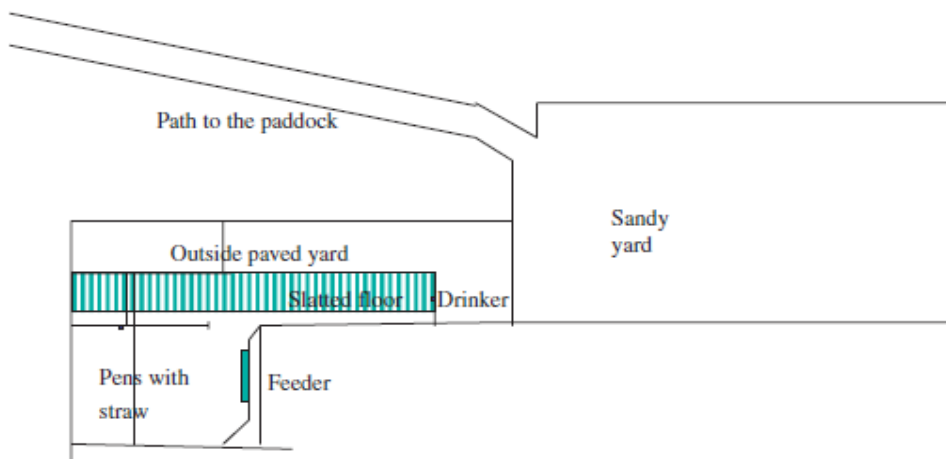
- Aarnink, A.J.A., 2010. Notitie: Ammoniakemissiearme Canadese strooiselstal. Wageningen UR Livestock Research, Wageningen.
- Aarnink, A.J.A. & A. Elzing, 1998. Dynamic model for ammonia volatilization in housing with partially slatted floors, for fattening pigs. *Livest. Prod. Sci.* 53: 153-169
- Aarnink, A.J.A. & H.H. Ellen, 2006. Processen en factoren bij fijn stofemissie in de veehouderij . Rapport 11. Animal Sciences Group, Lelystad.
- Anonymous, 1991. VERORDENING (EEG) Nr. 2092/91 VAN DE RAAD van 24 juni 1991 inzake de biologische produktiemethode en aanduidingen dienaangaande op landbouwproducten en levensmiddelen, 1991R2092- NL- 01.01.2007 - 027.002- 1, Brussel.
- Anonymous, 2007. VERORDENING (EG) Nr. 834/2007 VAN DE RAAD van 28 juni 2007 inzake de biologische productie en de etikettering van biologische producten en tot intrekking van Verordening (EEG) nr. 2092/91, Publicatieblad van de Europese Unie L 189/1, Brussel.
- Baxter, M.R., 1982. Environmental determinants of excretory and lying areas in domestic pigs. *Appl. Anim. Ethol.* 9, p. 195 (Abstract)
- Berry, N.R., K. Zeyer, L. Emmenegger & M. Keck, 2005. Emissionen von Staub (PM10) und Ammoniak (NH3) aus traditionellen und neuen Stallsystemen mit Untersuchungen im Bereich der Mastschweinehaltung.
- Botermans, J., G. Gustafsson, K. Jeppsson, B. N. & L. Rodhe, 2010. Measures to reduce ammonia emissions in pig production – Review. Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Alnarp.
- Bussink, D.W., 1992. Ammonia volatilization from grassland receiving nitrogen fertilizer and rotationally grazed by dairy cattle. *Fertilizer Research*; 33: 257-265.
- Crutzen, P.J., I. Aselmann & W. Seiler 1986. Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and humans. *Tellus* 38: 271-284.
- Dourmad, J.Y., M. Hassouna, P. Robin, N. Guingand, M.C. Meunier-Salaün & B. Leuret, 2009. Influence of pig rearing system on animal performance and manure composition. *Animal* 3: 606-616.
- Ellen, H.H. & I.E. Hoving, 2009. Milieuaspecten weidegang biologische zeugen. Rapport 253. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- Eriksen, J., S.O. Petersen & S.G. Sommer, 2002. The fate of nitrogen in outdoor pig production. *Agronomie* 22: 863-867.
- Groenestein, C.M., 2006. Environmental aspects of improving sow welfare with group housing and straw., PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, 146 pp.
- IPCC, 1996. Revised 1996 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Volumes I-III (Workbook, Reporting Instructions, Reference manual). OECD, Paris, FR.
- Ivanova-Peneva, S.G., A.J.A. Aarnink & M.W.A. Verstegen, 2006. Ammonia and mineral losses on Dutch organic farms with pregnant sows. *Biosystems Engineering* 93: 221-235.
- Ivanova-Peneva, S.G., A.J.A. Aarnink & M.W.A. Verstegen, 2008. Ammonia emissions from fattening pigs raised organically. *Biosystems Engineering* Vol 99: 412-422.
- Misselbrook, T.H., J. Webb, D.R. Chadwick, S. Ellis & B.F. Pain, 2001. Gaseous emissions from outdoor concrete yards used by livestock. *Atmospheric Environment* 35: 5331–5338.
- Olsson, A., K. Jeppsson, J. Botermans, M. Andersson, H. Von Wachenfelt, G. Svensson & J. Svendsen, 2007. Organic growing-finishing pig production. Part 2. Production, animal health, welfare, function and environment. Swedish University of Agricultural Sciences Department of Agricultural Biosystems and Technology, Alnarp.
- Rijnen, M., 2003. Energetic utilization of dietary fiber in pigs. PhD, Wageningen University and Research Center, Wageningen, 160 pp.
- Selberg Nygren, E., 2009. Rooting area with peat in outdoor yards in organic pig production. Effects on behaviour and emission of nitrogen (NH3 and N2O). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management, Uppsala.
- Sommer, S.G., H.T. Sögaard, H.B. Möller & S. Morsing, 2001. Ammonia volatilization from sows on grassland *Atmospheric Environment* 35 2023-2032.
- Vermeer, H., 2003. Wat is biologische varkenshouderij?, Praktijkkompas Varkens, Vol. Oktober.
- Williams, J.R., B.J. Chambers, A.R. Hartley, S. Ellis & H.J. Guisse, 2000. Nitrogen losses from outdoor pig farming systems *Soil use and management* 16: 237-243.

**Bijlage 1 Stalontwerp van drie staltypen met buitenuitloop bij drachtige zeugen**

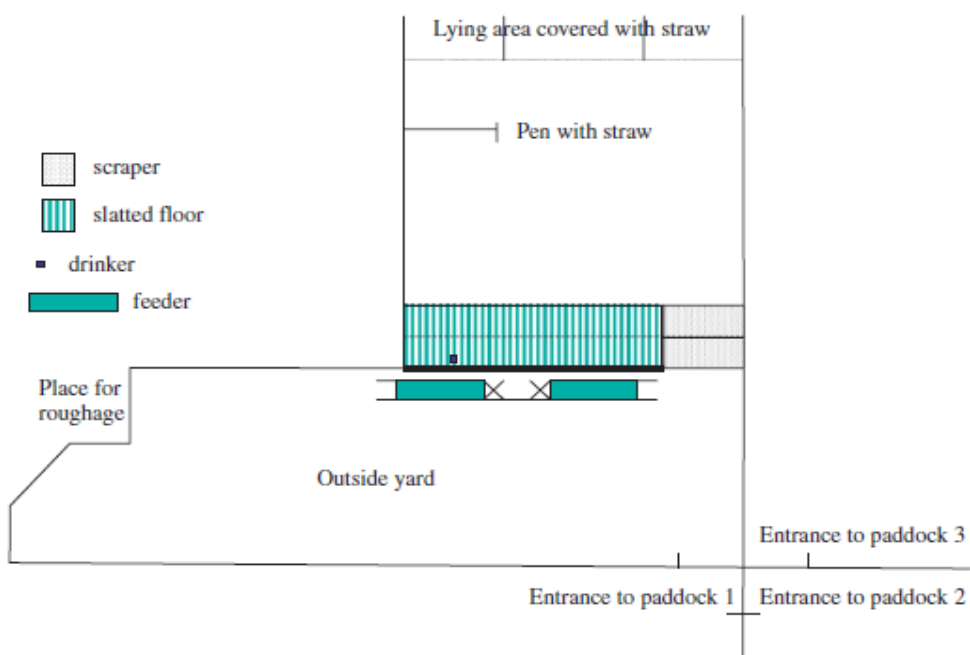
(Ivanova-Peneva et al., 2006)



*Fig. 1. Layout of the system of pregnant sows on farm 1*



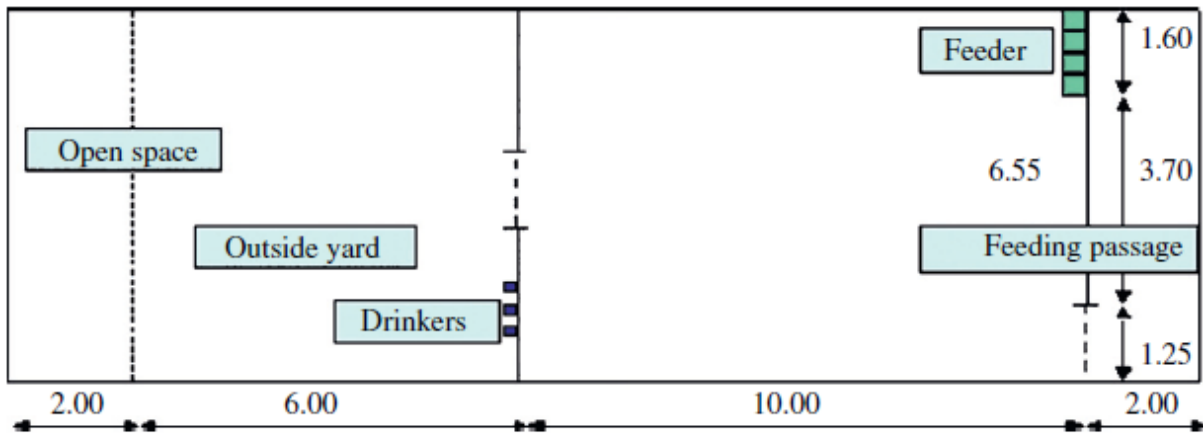
*Fig. 2. Layout of the system of pregnant sows (without a paddock) on farm 2*



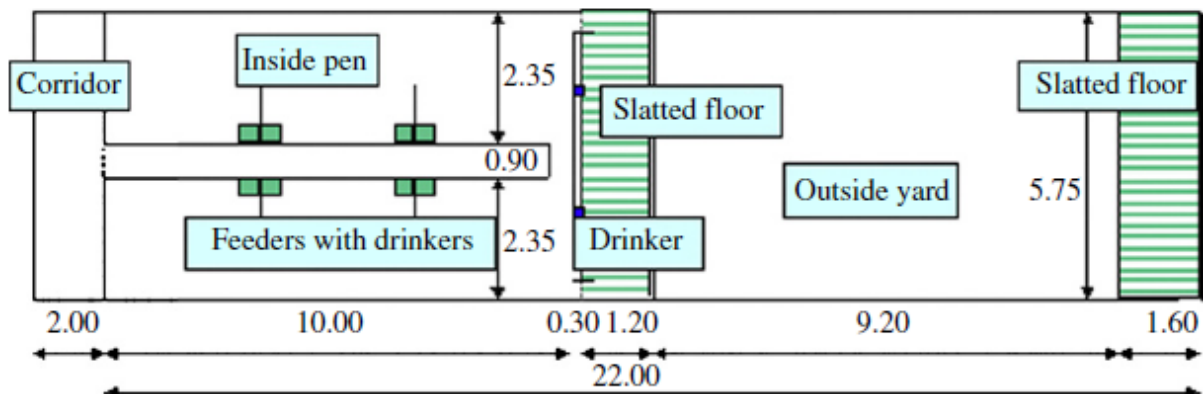


**Bijlage 2 Stalontwerp van drie stallen met buitenuitloop voor vleesvarken**

(Ivanova-Peneva et al., 2008)



**Fig. 1 – Pen layout for fatteners on farm 1; all dimensions in m.**



**Fig. 2 – Pen layout for fatteners on farm 2; all dimensions in m.**

Bijlage 2 (vervolg)

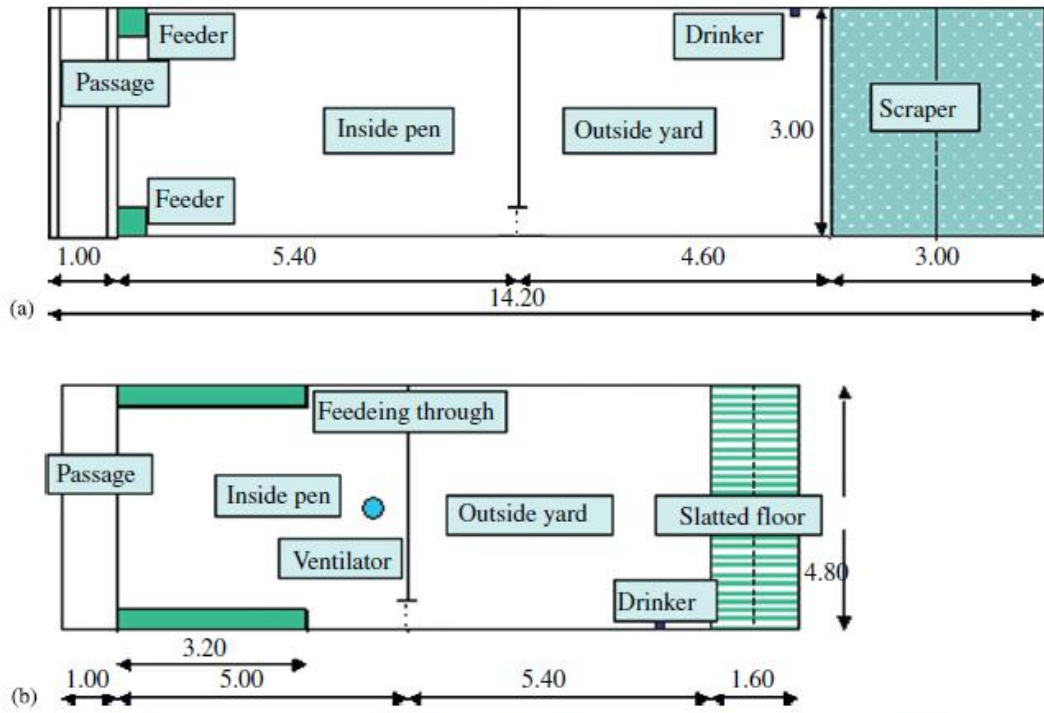


Fig. 3 – Pen layout for fattening pigs on farm 3: (a) 45-kg fatteners; (b) 80-kg fatteners; all dimensions in m.



Wageningen UR Livestock Research

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

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