

Methaanemissie uit vleesvarkensstallen: ontwikkeling meetprotocol en plan van aanpak voor het meten van het effect van mestkoelen in de praktijk

C.M. Groenestein, A&F
A.V. van Wagenberg, ASG
J. Mosquera, A&F

Rapport 503



Methaanemissie uit vleesvarkensstallen: ontwikkeling meetprotocol en plan van aanpak voor het meten van het effect van mestkoelen in de praktijk

C.M. Groenestein, A&F
A.V. van Wagenberg, ASG
J. Mosquera, A&F

Rapport 503

Colofon

Titel	Methaanemissie uit vleesvarkensstallen: ontwikkeling meetprotocol en plan van aanpak voor het meten van het effect van mestkoelen in de praktijk
Auteur(s)	C.M. Groenestein, A.V. van Wagenberg, J. Mosquera
A&F nummer	503
ISBN-nummer	90-6754-941-X
Publicatiedatum	November 2005
Vertrouwelijk	Nee
SenterNovem proj.nr.	0377-04-03-02-004 (bestelnummer 4700008445)



Agrotechnology & Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: info.agrotechnologyandfood@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© Agrotechnology & Food Innovations B.V. versie 3, 03-11-2004.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Agrotechnology & Food Innovations B.V. is gecertificeerd door SGS International Certification Services EESV op basis van ISO 9001:2000.

Abstract

Because of the international agreement to reduce greenhouse gasses emission, written down in the Kyoto protocol, The Netherlands are committed to reduce emission with 6%. Animal husbandry is an important source of the greenhouse gas methane. One possibility to reduce this emission is to cool the slurry in the manure pits of animal houses. SenterNovem needed knowledge on the methane-emission-reducing potential of this particular technique for growing-finishing pig houses and secondly on reliable evaluation of emission-reducing techniques in general for growing-finishing pig houses. This report is the result of a desk study on these topics. A technique that is already used to cool the surface of the manure in the pits is applied in approximately 5% of the Dutch growing-finishing pig houses to reduce ammonia emission. The calculated methane emission reduction by manure cooling (with 6°C) is 0.03 Mton CO₂ equivalents. In potential (with 100% of the growing-finishing pig houses equipped with this cooling system) emission reduction can increase to 0.53 Mton CO₂ equivalents with the present amount of pigs.

Existing data were analyzed to determine optimum measuring strategies in the protocols. These data came from a housing system with frequent removal of slurry. An additional result of this study was that removing the slurry frequently out of the house was an effective way to reduce methane emission. To be more conclusive on elements of measuring strategies of the protocols, more datasets on methane emission are needed.

Three different approaches of measuring protocols were worked out. Variant 1 included model measurements, Variant 2 included measuring intensively during a long period on one farm, (conform the current Dutch ammonia measuring protocol) Variant 3 included measuring during short periods on several farms. For factor analyses Variant 2 is the most effective protocol, for measuring the total amount of methane emitting from the housing systems, Variant 3 is the most reliable.

Inhoudsopgave

Abstract	4
1 Inleiding	7
2 Literatuurstudie mestkoeling	8
2.1 Inleiding	8
2.2 Relatie tussen de emissies van methaan, ammoniak, lachgas en geur	9
2.2.1 Invloedsfactoren op emissies	9
2.2.2 Effecten van factoren op emissie	11
2.3 Mestkoeling en ammoniakregelgeving in Nederland	12
2.4 Huidige en potentiële emissiereductie van methaan in Nederland door mestkoeling in de vleesvarkenshouderij	14
2.5 Neveneffecten mestkoeling	17
2.5.1 Stalklimaat en arbeid	17
2.5.2 Energiegebruik koeldekstelsysteem	17
2.5.3 Kosten van mestkoelstelsystemen	19
2.6 Meetprotocol	20
3 Ontwikkeling meetprotocol methaanemissies	22
3.1 Algemeen	22
3.2 De huisvestingssystemen	22
3.3 Dataset opbouw	24
3.4 Berekeningsmethode voor emissieniveaus	26
3.5 Emissiepatronen	28
3.6 Meetstrategie	29
3.7 Statistische analyse	33
4 Plan van aanpak om effect van mestkoeling in praktijk te meten	35
4.1 Algemeen	35
4.2 Variant 1: Berekeningen op basis van bestaande modellen	35
4.2.1 Meetmethode	35
4.2.2 Meetstrategie	36
4.3 Variant 2: Plan van aanpak volgens huidig meetprotocol voor NH ₃	37
4.3.1 Meetmethode	37
4.3.2 Meetstrategie	37
4.3.3 Landbouwkundige en overige randvoorwaarden	38
4.4 Variant 3: Plan van aanpak volgens nieuw meetprotocol voor NH ₃	39
4.4.1 Meetstrategie	39
4.4.2 Meetmethode	41
4.5 Betrouwbaarheid varianten	42
4.6 Globale kostenraming varianten	43

5 Discussie en conclusies	45
Literatuur	49
Samenvatting	55
Bijlage: Beoordelingsrichtlijn, 1996	57

1 Inleiding

Nederland heeft zich wat de emissies van broeikasgassen betreft verbonden aan internationale afspraken volgens het Kyoto-protocol. Binnen het ROB (Reductie Overige Broeikasgassen) - programma van SenterNovem wordt aandacht besteed aan de emissie van overige broeikasgassen in Nederland, d.w.z. alle broeikasgassen behalve CO₂. In de agrarische sector gaat dit hoofdzakelijk om methaan en lachgas. Methaan komt vooral vrij via pensfermentatie bij herkauwers en uit mest van landbouwhuisdieren tijdens opslag.

In de varkenshouderij worden huisvestingsystemen toegepast die de emissie van ammoniak beperken. Één van de systemen die toegepast worden betreft koeling van de mest in de mestkelders. Mestkoeling zou naast de reductie van ammoniakemissie ook de emissie van methaan terug kunnen dringen.

Gezien bovenstaande feiten heeft SenterNovem opdracht gegeven voor een studie waarbij een literatuuronderzoek naar mestkoeling is uitgevoerd, de potentiële methaanemissie reductie door mestkoeling in Nederland vastgesteld is, en waarbij een aanzet gegeven wordt voor een meetprotocol voor methaanemissie uit varkensstallen. Buitenopslagen van mest zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten van deze studie staan in dit rapport.

In hoofdstuk 2 worden de resultaten van een literatuurstudie naar mestkoeling weergegeven, en wordt ingegaan op allerlei aspecten rondom mestkoeling op basis van de beschikbare (internationale) bronnen. Hoofdstuk 3 presenteert theorie en analyse van datasets die als basis moeten dienen voor een goed onderbouwd meetprotocol voor methaanemissie. Hoofdstuk 4 beschrijft 3 varianten om de methaanemissie uit stallen vast te stellen: modelberekeningen, intensieve metingen aan één stal en minder intensieve metingen aan meerdere stallen. In hoofdstuk 5 staat een algemene discussie over de resultaten van deze studie.

2 Literatuurstudie mestkoeling

2.1 Inleiding

In het Kyoto-protocol is vastgesteld dat Nederland in 2010 de emissie van broeikasgassen t.o.v. 1990 met 6% terug moet brengen. Het Subsidieprogramma ROB (Reductie Overige Broeikasgassen) heeft als doel de uitstoot van de broeikasgassen (behalve CO₂) met minimaal 8 Mton CO₂-equivalenten te verminderen. In dit kader wordt ook gekeken naar mogelijkheden van emissiereductie van methaan binnen de veehouderij. De rundveehouderij heeft de grootste bijdrage aan de methaanemissie door de hoge endogene productie door pensfermentatie (Van Amstel *et al.*, 1993). Daarnaast is methaanemissie tijdens mestopslag een belangrijke bron. Al door Oenema *et al.*, 2001 werd aangegeven dat weinig bekend is over methaanemissie uit mestopslagen en dat de beschikbare kennis uit de 90-er jaren veelal onder geconditioneerde (laboratorium) omstandigheden verkregen zijn die de praktijkomstandigheden niet dekken. Daarbij komt dat door voer- en managementveranderingen de praktijksituatie verandert en daarmee de methaanemissie. Vier jaar later zijn hier en daar metingen verricht aan methaanemissies uit mestopslagen in en buiten stallen in de varkenshouderij, maar er is geen structurele aanpak. Dat maakt het lastig om effecten van maatregelen absoluut te berekenen omdat onduidelijkheid bestaat over de methaanemissie van de referentie. Hoewel praktische informatie niet voor het oprapen ligt is er theoretisch wel veel bekend over de factoren die methaanemissie beïnvloeden, zoals temperatuur. Dit hoofdstuk gaat hier nader op in en bespreekt ook de relatie tot emissie van andere ongewenste gassen uit de veehouderij.

Uit koude mest komt minder methaan vrij dan uit warme mest. Daarom is mestkoeling in stallen een mogelijkheid om de methaanemissie terug te dringen. Er zijn verschillende technische mogelijkheden om mestkoeling in varkensstallen in te bouwen: (1) koelen van de mest in V-vormige goten voorzien van koelelementen in de schuine wanden, waarbij de mest frequent uit de V-vormige goten wordt verwijderd (Timmerman *et al.*, 2003) (geen praktijktoepassingen bekend); (2) koelen van de mest via de vloerbodem van de mestput (Andersson, 1995; Andersson, 1998) (praktijktoepassingen in Scandinavië); (3) koelen van de mest via drijvende koelelementen, dit systeem voor mestkoeling wordt in Nederland op de markt gebracht door R&R systems onder de naam “koeldekstelsysteem” (veel praktijktoepassingen in Nederland).

Deense modelberekeningen laten zien dat de totale emissie van de broeikasgassen uit varkensmest ruim 1 kg CO₂ equivalenten per kg organische stof in de mest bedraagt. De methaanemissie uit de stal draagt hieraan voor 32% bij, de methaanemissie uit de opslag voor 39% en lachgasemissie bij aanwending van de mest voor 29% (Sommer *et al.*, 2004, Bijlage 1). Bij een verlaging van de mesttemperatuur in de stal tot 10°C het jaarrond, is de berekende methaanemissie uit de stal 74% lager, maar de methaanemissie tijdens opslag en de lachgasemissie bij aanwending nemen daarentegen toe. Netto komt de berekende emissiereductie dan op 21%.

De Denen gaan ervan uit dat de mest elke 15 dagen uit de stal verwijderd wordt. In Nederland zijn de meeste varkensstallen uitgevoerd met diepe mestputten. In dat geval zal de relatieve bijdrage van stalreductie belangrijker zijn en de netto reductie hoger. Een combinatie mestkoeling in de stal met mestvergisting leidde in de modelstudie van Sommer *et al.* (2004) tot een overall reductie van 61% in CO₂ equivalenten.

Om te toetsen of deze theoretisch vastgestelde cijfers kloppen is het van belang om in praktijkstallen met en zonder mestkoeling vast te stellen wat de methaanemissie is. Als eerste wordt in dit hoofdstuk informatie gegeven over de relatie tussen de emissies van methaan, ammoniak, lachgas en geur. Daarna wordt inzicht gegeven in mestkoelsystemen in Nederland en de neveneffecten van de toepassing van mestkoeling. Als laatste worden in dit hoofdstuk de beschikbare meetprotocollen voor ammoniak en geur uit stallen toegelicht.

2.2 Relatie tussen de emissies van methaan, ammoniak, lachgas en geur

In deze paragraaf wordt ingegaan op de achterliggende processen die optreden bij de vorming en emissie van methaan, ammoniak, geur en lachgas uit varkensstallen.

2.2.1 Invloedsfactoren op emissies

Over het algemeen wordt de productie van methaan (CH₄), lachgas (N₂O), ammoniak (NH₃) 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. De productie door de dieren (endogene productie door pens- en darmflora) is afhankelijk van de voersamenstelling, diersoort, aantal dieren, het gewicht en de leeftijd van de dieren (Wilkerson *et al.*, 1994; Christensen and Thorbek, 1987). Methaanemissie is voornamelijk (80%) afkomstig van pensfermentatie bij herkauwers (voornamelijk rundvee; Van Amstel *et al.*, 1993; Jungbluth *et al.*, 2001; RIVM and CBS, 2001). Voor varkens wordt de contributie van de dieren veel lager geschat. Op basis van stalmetingen van Groot Koerkamp and Uenk (1997) en de berekeningen van de endogene methaanproductie, op basis van de hoeveelheid fermenteerbare ruwe celstof (fRC) in het voer, van Rijnen (2003) kan berekend worden dat bij een fRC-opname van 100 g/kg ds 11% van de stalemissie endogeen is. Van Amstel (1993) gaf 35% als endogene methaanproductie. De contributie van lachgas en ammoniak door dieren is erg gering (Kroeze, 1998; Jungbluth *et al.*, 2001). Onbekend is wat de endogene bijdrage (geur direct van de dieren) is aan de totale geurproductie. De *productie* van gassen vanuit de mest wordt vooral beïnvloed door factoren zoals pH, mestsamenstelling, mesttemperatuur, aërobe/anaërobe omstandigheden, en aanwezigheid van remmende componenten (Hüther *et al.*, 1997; Zeeman, 1991). Of en wanneer de in de mest geproduceerde gassen *vervluchtigen* wordt bepaald door fysische en chemische transportverschijnselen.

Wanneer de geproduceerde gassen door ventilatie van de stal in de buitenlucht komen, praten we over de *emissie*. Deze emissie wordt vooral beïnvloed door de luchtbeweging (ventilatie), temperatuur en stalinrichting. Een opsomming van de belangrijkste factoren is gegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Opsomming van belangrijkste factoren die de emissie beïnvloeden van gassen die ontstaan door microbiële activiteit

Dier	
1	Diersoort
2	Aantal dieren
3	Leeftijd dieren
4	Gewicht dieren
5	Voersamenstelling
6	Voer- en waterverbruik
Omgeving	
7	Stalinrichting
8	Luchtbewegingspatroon
9	Ventilatie-debiet of luchtsnelheid over emitterend oppervlak
10	Temperatuur in de stal
11	Temperatuur buiten
Mest	
12	Oppervlakte van de mest
13	Hoeveelheid mest
14	pH van de mest
15	Nutrientenconcentraties in de mest (bv N, VS, VVZ)
16	Mesttemperatuur
17	Beschikbaarheid van zuurstof
18	Voor microben remmende of giftige componenten
19	Voor microben stimulerende componenten
20	Mestbeweging
21	Leeftijd van mest
22	Aanwezigheid van drijflaag op mest
23	Entmateriaal

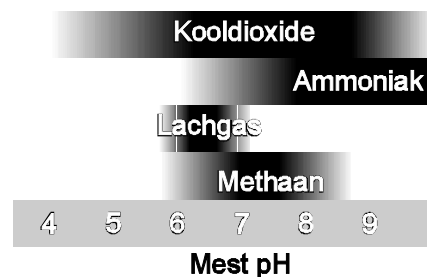
Sommige van de in Tabel 1 genoemde factoren zijn gerelateerd aan elkaar, of zoals gezegd in statistische termen, afhankelijk. Enkele voorbeelden van die afhankelijkheid: het ventilatie-debiet (9) wordt geregeld op basis van de staltemperatuur (10); de mesttemperatuur (16) is gerelateerd aan de staltemperatuur (10); de diergebonden factoren 1 t/m 6 zijn bepalend voor mesteigenschappen 13, 14 en 15; de stalinrichting (7) bepaalt de hoeveelheid mest die kan

worden opgeslagen en de mestoppervlakte (12 en 13). Ook kan uit de tabel worden opgemaakt dat het management van de veehouder bepalend is. Die bepaalt namelijk o.a. de klimaatinstellingen in de stal en heeft daarmee invloed op het ventilatiedebiet en de staltemperatuur. Hij bepaalt tevens de stalinrichting, de hoeveelheid opgeslagen mest, voer- en watergift. Wat voeren betreft toonden Groenestein *et al.* (2003) aan dat voor ammoniakemissie niet alleen hoeveelheid, maar ook het tijdstip van voeren van belang is.

Bovenstaande illustreert dat veel factoren doorgrond moeten worden om emissies te verklaren. De tabel laat ook zien dat op velerlei gebied ingegrepen kan worden om emissies te reduceren. Bij interpretaties en onderling vergelijken van onderzoeksresultaten is begrip t.a.v. de invloedsfactoren onontbeerlijk. De kunst is ‘de grootste draaiknop’ te vinden.

2.2.2 Effecten van factoren op emissie

Hoewel de aansturende factoren voor alle gassen overeen kunnen komen, zijn de effecten van veranderingen in die factoren om de productie van CH_4 , N_2O , NH_3 en geur wel verschillend. Illustratief is een overzicht van de optimale pH van de mest voor de productie van NH_3 , N_2O , CH_4 en CO_2 zoals gepresenteerd door Hilhorst *et al.*, 2001 (Figuur 1). Hoe donkerder de kleur van de balk is, hoe optimaler de productie van het desbetreffende gas is. Uit deze figuur valt op te maken dat het moeilijk is een pH-traject te vinden waarbij alle gassen minimaal geproduceerd worden. Wel valt op te maken dat een optimum gezocht moet worden in een lage pH. Als CO_2 buiten beschouwing gelaten wordt zou een $\text{pH} < 6$ NH_3 , N_2O en CH_4 theoretisch kunnen reduceren. De pH van mest ligt over het algemeen tussen de 7 en de 9. Omdat de pH een grootheid op log-schaal is betekent een reductie van 1 een reductie van de zuurgraad met een factor 10. Gezien de bufferende capaciteit is dit niet makkelijk te realiseren.



Figuur 1 Een overzicht van het effect van de pH van mest op gasproducties.

Daarnaast is er veel interactie tussen de factoren die de vorming van CH_4 , N_2O , NH_3 en geur beïnvloeden. Bijvoorbeeld: methaan en lachgas worden beiden geproduceerd door omzetting van organisch materiaal door bacteriën. Methaan heeft zuurstofarme omstandigheden nodig en lachgas kan alleen worden geproduceerd wanneer zuurstof aanwezig is. Lachgas komt bovendien niet vrij uit componenten die direct aanwezig zijn in de mest. Vóór lachgas kan ontstaan, moet eerst ammonium worden geproduceerd (Monteny and Erisman, 1998). Daarna moet onder

zuurstofrijke condities nitrificatie plaatsvinden waarbij lachgas onder suboptimale (dus niet zuurstofrijk genoeg) omstandigheden ontstaat (Sibbensen and Lind, 1993; Groenestein and van Faassen, 1996; Oenema *et al.*, 1997). Hoge temperaturen bevorderen de productie van ammoniak (De Boer and Morrison, 1988; Elzing en Aarnink, 1996), en hoge ammoniakconcentraties kunnen de omzetting van ammonium naar nitriet/nitraat voorkomen, waardoor de lachgasproductie wordt geremd.

Een belangrijk verschil tussen ammoniak, geur methaan en lachgas is dat ammoniak en sommige geurcomponenten oplossen in water, in tegenstelling tot lachgas, methaan en andere geurcomponenten. Dat betekent dat fysische en chemische transportverschijnselen via andere mechanismen verlopen. Het vrijkomen of vervluchtigen van de in de mest geproduceerde gassen verloopt dus onder invloed van verschillende factoren. Uit verschillende onderzoeken kwam dan ook naar voren dat reductieopties om de emissie van ammoniak uit stallen te beperken, niet altijd betekent dat er ook lage geuremissies zijn (Mol and Ogink, 2004). Ten aanzien van geur dient opgemerkt te worden dat de theorie in de praktijk wispelturig is. Een oorzaak hiervan is dat geur een mengsel van gassen betreft. De theorie geeft bijvoorbeeld aan dat mesttemperatuur een overheersende invloed heeft op de geuremissie. Laboratoriumproeven van Le *et al.* (2005) bevestigen dit. In de praktijk heeft het koelen van de oppervlakte van de mest de ene keer echter wel en de andere keer geen gunstig effect op de emissie van geur (Hol *et al.*, 2004, Mol en Ogink, 2004). Ammoniakemissie wordt sterk beïnvloed door de hoeveelheid hokbevuiling (Ni, 1998), maar dit heeft echter nauwelijks effect op methaanemissie.

De veelheid aan factoren hebben een veelheid aan effecten. Het geeft aan dat het moeilijk is om met één ingreep alle emissies substantieel te reduceren. Vanwege de verschillen in oplosbaarheid en de daaraan gekoppelde verschillen in vervluchtigingprocessen lijkt het meer opportuun om in te grijpen op het niveau van de productie van de gassen. Deze zijn namelijk allemaal afhankelijk van microbiële activiteit. Hiervoor zou makkelijker een gemeenschappelijke factor gevonden kunnen worden, oftewel ‘de grote draaiknop’.

2.3 Mestkoeling en ammoniakregelgeving in Nederland

Het is bekend en in Nederland wettelijk erkend dat mestkoeling via het ”koeldekstelsysteem” bijdraagt aan de vermindering van ammoniakemissie uit varkensstallen. Een lagere temperatuur van (de toplaag van) de mest leidt tot een lagere NH₃ concentratie in de grenslaag mest - lucht, en bovendien tot “zware” lucht vlak boven de mest, dus minder putventilatie. De mate van ammoniakemissiereductie hangt sterk af van de temperatuur van de koelvloeistof in de koelelementen en het oppervlak van de koelelementen (Groenestein en Huis in ’t veld, 1996; Den Brok en Verdoes, 1996; Beurskens-Voermans en van der Kaa, 1997).

In Nederland wordt bij beoordeling van aanvragen voor milieuvergunningen voor varkenshouderijen een systeem gehanteerd waarbij nieuwe stallen of stallen die verbouwd worden voorzien moeten worden van ammoniakemissiereducerende systemen. De maximaal toegestane ammoniakemissie van het bedrijf na verbouw of nieuwbouw hangt af van de locatie van het bedrijf en de situatie vóór de verbouw of nieuwbouw. De Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) (Staatscourant, 2005) bevat een lijst met de verschillende stalsystemen per diercategorie en de daarbij behorende emissiefactoren (bijlage 1 van de Rav). Het koeldeksysteem is hierbij één van de opties waar een varkenshouder uit kan kiezen. De koeldeksystemen die op dit moment gebouwd mogen worden voor vleesvarkens staan in Tabel 2.

Tabel 2 Overzicht van koeldeksystemen opgenomen in de Rav voor vleesvarkens (Staatscourant 2005) en die op dit moment zijn gebouwd.

Naam van het systeem	Nummer	Opmerking	ammoniakemissie (kg/dierplaats per jaar)
Koeldeksysteem met metalen driekantroostervloer (170% koeloppervlak)	BB.95.04.023	hok oppervlak max. 0,8m ²	1,4
Koeldeksysteem (200% koeloppervlak) met metalen roostervloer	BB.96.04.035V1	emitterend mestoppervlak max 0,8 m ²	1,2
		emitterend mestoppervlak max 0,5 m ²	1,0
Koeldeksysteem (200% koeloppervlak) met roostervloer anders dan metaal	BB.99.02.069	emitterend mestoppervlak max 0,6 m ²	1,4
Koeldeksysteem in combinatie met een warmtepomp	BB.00.06.093	toepasbaar bij alle hierboven genoemde systemen	idem als hierboven

Bij het koeldeksysteem mag de watertemperatuur in de koelementen niet boven de 14°C komen, en de mesttemperatuur boven in het mestkanaal mag niet boven de 15°C uitkomen.

In 2001 was 12,7% van de vleesvarkens in Nederland gehuisvest in emissiearme stallen (CBS landbouwtelling 2001), inmiddels zal dit aandeel groter zijn maar wordt het niet meer in de landbouwtelling vastgelegd. Op een deel van de emissiearme bedrijven wordt het koeldeksysteem toegepast. Op ongeveer de helft van de bedrijven (circa 400) gebeurt dit via een warmtepomp. Bij de overige bedrijven gaat dit alleen via grondwater. In Tabel 3 staat een schatting van de marktpenetratie van mestkoeling per diercategorie weergegeven op basis van twee bronnen.

Tabel 3 Schatting van marktpenetratie van mestkoeling in Nederland.

	Bron: vergunningbestand van de provincie Noord Brabant, mei 2005 ^a		Bron: persoonlijke mededeling R. Claessen van R&R systems, mei 2005	
	Aantal dierplaatsen	Aantal vergunningen ^b	oppervlak koeldekstelsysteem (m ²)	aantal dierplaatsen
Gespeende biggen	78.691	104	112.500	^c
Kraamzeugen	5.595	86		
Guste en dragende zeugen	34.372	173	56.250	55.000
Vleesvarkens	328.752	351	168.750	337.500

^a op basis van het aantal verleende vergunningen in de provincie Noord Brabant, niet alle stallen waarvoor een vergunning is zijn daadwerkelijk gebouwd

^b op sommige vergunningen is koeldek voor meerdere diercategorieën aangevraagd, het totale aantal vergunningen is 493

^c aantal dierplaatsen niet te schatten omdat geen onderscheid gemaakt is tussen kraamzeugen en gespeende biggen

De afgelopen periode is er jaarlijks ongeveer 40.000 m² koeldek geïnstalleerd. Naar verwachting wordt er in 2005 ongeveer 50.000 m² mestkoeling nieuw aangelegd (persoonlijke mededeling R. Claessen van R&R systems, 2005).

2.4 Huidige en potentiële emissiereductie van methaan in Nederland door mestkoeling in de vleesvarkenshouderij

In Nederland is het mestkoelen in de praktijk gekomen vanwege de ammoniakemissie-reducerende werking. Het zou mooi zijn als zou blijken dat het koelen van mest meerdere gasvormige emissies zou kunnen voorkomen. Voor geur is dat al eerder onderzocht. De resultaten toonden aan dat koelen van de oppervlakte van de mest weliswaar tot aantoonbare reductie van geur kon leiden, maar dat de resultaten niet eensluidend waren. Factoren die betrekking hadden op het bedrijfsmanagement konden het effect van het koelen van de mest teniet doen (Mol & Ogink, 2004). De methaanemissie van het koeldekstelsysteem is in een ammoniakonderzoek met vleesvarkens oriënterend (puntmetingen) meegenomen (Groenestein en Huis in 't Veld, 1996). Hierbij werd in een afdeling met 110 vleesvarkensplaatsen de koeling afwisselend 2 weken aan- en uitgezet. De temperatuur aan het oppervlak werd door koelen 6°C lager, de methaanemissie was slechts 5% gereduceerd. In een ander onderzoek op een andere locatie (Hol *et al.*, 2003, niet gepubliceerd) werd een afdeling met 80 vleesvarkens uitgerust met

mestkoeling en de daarnaast gelegen afdeling werd niet gekoeld. Tijdens twee mest ronden werd een gemiddeld temperatuurverschil van het mestoppervlak gemeten van 7°C. De methaanemissiereductie bedroeg 53%. Dat komt neer op een emissiereductie van 7.5% per °C. Dit komt overeen met het model REM van Mol en Hilhorst (2003) en Sommer *et al* 2004, die de methaanemissie modelleren op basis van de Arrhenius-vergelijking en uitkomen op 7% minder methaanvorming per °C temperatuurdaling. Met het model ANIPRO (Van Ouwkerk, 1999) kan een reductie van 5% per °C berekend worden. De geringe reductie uit het onderzoek van Groenestein en Huis in 't Veld (1996) kan verklaard worden door de proefopzet. Deze was gericht op de ammoniakemissie. De emissie van ammoniak is gerelateerd aan het mestoppervlak, terwijl methaanemissie afhankelijk is van de mestmassa. Het 2-wekelijks aan- en uitzetten van het systeem wat de oppervlakte koelt, werkt anders op de temperatuur van de mestmassa dan dat het oppervlak continu gekoeld wordt. Daarnaast kan er een tijdsverschil zitten in de productie en de vervluchtiging van methaan: het methaan die tijdens de 'warme' periode ontstaat, kan pas tijdens de 'koude' periode uit de mest treden. Bij berekeningen om het effect van mestkoelen op de methaanemissie wordt daarom uitgegaan van een reductie van 7% per °C temperatuurverschil.

Tabel 3 geeft een ruwe schatting van het aantal vleesvarkens dat momenteel op het Koeldekstelsysteem gehouden worden. Dit zou zo'n 5% van de Nederlandse vleesvarkenstapel zijn. Groot Koerkamp en Uenk (1997) hebben in vleesvarkensstallen een methaanemissie van 10 kg/j per dier gemeten. Dit kwam overeen met oriënterende metingen van Groenestein (niet gepubliceerd). Met bovenstaande gegevens is te berekenen wat op dit moment aan emissiereductie gereduceerd wordt door het koelen van de mest van vleesvarkens met het koeldekstelsysteem en wat de potentie in de toekomst kan zijn. Nederland heeft n.a.v. het Kyoto-protocol de verplichting op zich genomen om 13 MT CO₂-equivalenten te reduceren, 8 MT daarvan moet van niet CO₂-broeikasgassen komen. De resultaten van de berekeningen zijn vergeleken met deze doelstelling. Hier volgt een overzicht van de aannames op basis van bovenstaande.

- ⇒ Continue koeling van het mestoppervlak,
- ⇒ Methaanemissiereductie = 7% per °C,
- ⇒ Temperatuur van het mestoppervlak wordt gemiddeld over een jaar 6°C gereduceerd,
- ⇒ Methaanemissie van de referentie met gedeeltelijk roostervloer en mestopslag in diepe put is 10 kg/j per dier (30 g/d per dier),
- ⇒ In Nederland worden momenteel 330.000 vleesvarkens gehuisvest met koeling van het mestoppervlak,
- ⇒ De vleesvarkenstapel bedraagt momenteel 6 miljoen stuks,
- ⇒ CH₄ draagt 20 maal zoveel bij aan het broeikasgaseffect dan CO₂,
- ⇒ Doelstelling reductie niet-CO₂-broeikasgassen = 8 MTon CO₂-eq..

Tabel 4 schetst uitgaande van bovenstaande en van diverse scenario's m.b.t. de Nederlandse marktsituatie wat de betekenis is van koelen van vleesvarkensmest voor de reductie van methaanemissie. Er is uitgegaan van 3 verschillende niveaus van marktpenetratie en drie niveaus van koelen. Koelen van 4°C levert een emissiereductie van 28% op, 6°C levert 42% op en 8°C levert 56% emissiereductie op. Uit de Tabel blijkt dat koelen van de oppervlakte van de mest in vleesvarkensstallen in de huidige situatie (5% marktpenetratie en 6°C koelen) 0,24% van de nationale doelstelling voor niet-CO₂ broeikasgassen realiseert. Wanneer alle vleesvarkensmest op zo'n manier gekoeld zou worden zal bijna 7% van de doelstelling gerealiseerd zijn. Wanneer extra gekoeld zou kunnen worden (vooral voor de zomer een realistische situatie) kan bijna 9% van de doelstelling gerealiseerd worden.

Tabel 4 Reductie van methaanemissie in de stal door koelen van het mestoppervlak in CO₂-eq. (Mton) en t.o.v. de nationale doelstelling voor niet-CO₂ broeikasgassen bij verschillende scenario's (%).

Marktpenetratie	Koeling (°C)	Reductie	
		Mton CO ₂ -eq.	t.o.v. doelstelling %
Huidig (5%)	4	0,02	0,24
	6	0,03	0,36
	8	0,04	0,49
50%	4	0,18	2,21
	6	0,26	3,31
	8	0,35	4,41
100	4	0,35	4,41
	6	0,53	6,62
	8	0,71	8,82

Het zal duidelijk zijn dat de aannames bepalend zijn voor de resultaten in Tabel 4. In de literatuur zijn weinig cijfers bekend m.b.t. methaanemissies uit varkensstallen. Hartung (2000) publiceerde een Tabel met methaanemissiecijfers die varieerde van 1.5-11.1 kg/j per dier. Ook hij stelde dat weinig cijfers beschikbaar zijn en dat die er waren ver uiteenliepen afhankelijk van huisvestingssysteem en omstandigheden (m.n. temperatuur). De modellen die beschikbaar zijn, zijn nog niet goed gevalideerd. Dat betekent dat niet bekend is of de berekende methaancijfers correct zijn. Wel kan aan de hand van de modellen een gevoeligheidsanalyse worden uitgevoerd. Zo'n analyse met ANIPRO (Van Ouwerkerk, 1999) laat bijvoorbeeld zien dat methaancijfers gevoelig zijn voor de opslagperiode van de mest en het entpercentage: voor het wekelijks verwijderen van de mest berekend ANIPRO een reductie van de methaanemissie uit mest van 75% t.o.v. langdurige mestopslag, zonder enting kan de reductie 80% bedragen. Tijdens metingen moeten zulke factoren dus worden meegenomen om een goede interpretatie te kunnen geven van de data en de reducerende effecten van toegevoegde technieken.

2.5 Neveneffecten mestkoeling

2.5.1 *Stalklimaat en arbeid*

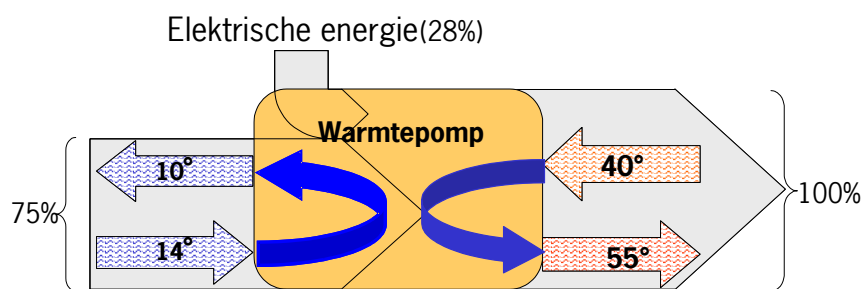
Een voordeel van mestkoeling is dat de ammoniakemissie in de stal tegen wordt gegaan. Hierdoor worden lagere ammoniak concentraties in de stal gerealiseerd wat positief is voor het binnenklimaat. Het is bekend dat zeer hoge ammoniak concentraties nadelige invloed hebben op dierprestaties en diergedrag (Drummond *et al.*, 1980; Wathes *et al.*, 2002), maar ook voor de arbeidsomstandigheden van de verzorger is een lagere concentratie positief. Directe gevolgen van ammoniak zijn een bijtend effect op de ogen, de huid en de ademhalingsorganen.

De aanwezigheid van de koelementen zoals gebuikt in het koeldekstelsysteem kunnen een slechtere mestdoorlaat tot gevolg hebben, zeker op plekken waar relatief veel mest terecht komt (Den Brok & Verdoes, 1996). Wanneer vaste mest zich ophoopt boven op de koelementen is de werking van het systeem veel minder en ontstaan er problemen om de mest uit de stal te verwijderen. De lastige bereikbaarheid van de koelementen is daarbij een knelpunt. Hetzelfde geldt in het geval van lekkage, waarbij er koelwater in de mest terecht komt.

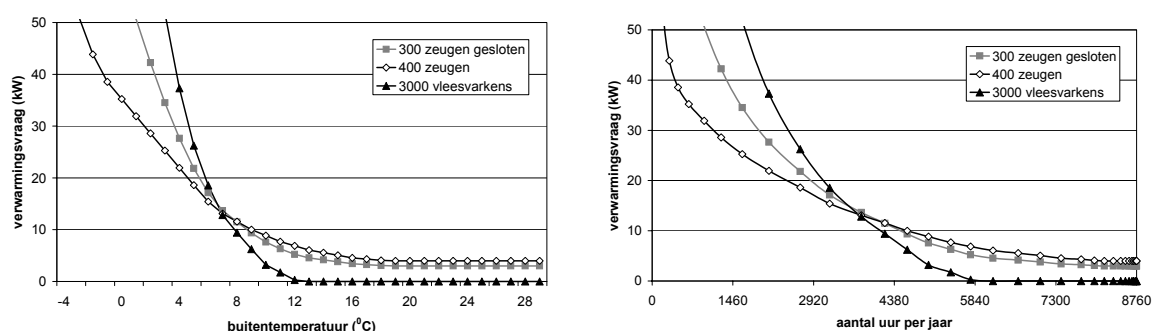
2.5.2 *Energiegebruik koeldekstelsysteem*

Indien mestkoeling met grondwater wordt gerealiseerd is het energiegebruik van de grondwaterpomp ongeveer 18 kWh per m² lameloppervlak per jaar (Beurskens-Voermans & van der Kaa, 1997; KWIND, 2004). Voor de systemen uit de RAV lijst is met behulp van deze vuistregel het energiegebruik te berekenen, wat uitkomt op 15 tot 30 kWh per vleesvarkensplaats per jaar (verhoging van 50 tot 100% ten opzichte van normverbruik per vleesvarken). Bij gebruik van dit systeem wordt er alleen maar warmte aan de bodem toegevoegd. Om thermisch vervuiling te voorkomen mag het temperatuurverschil tussen het opgepompte en teruggepompte grondwater niet meer dan 3°C zijn.

Mestkoeling kan ook met een warmtepomp gerealiseerd worden, de warmtepomp gebruikt de energie die onttrokken wordt aan de mest om water op te warmen van maximaal 40°C naar 50°C. De warmtepomp gebruikt hiervoor elektrische energie, schematisch staat de werking van de warmtepomp weergegeven in Figuur 2. Voorwaarde hierbij is dat de warmte uit de warmtepomp direct inzetbaar is op het bedrijf. In hoeverre dat dit mogelijk is, is vastgesteld op basis van een eerdere studie (Van Wagenberg *et al.*, 2001), waarin met behulp van modelberekeningen vastgesteld is wat de verwarmingsbehoefte is op verschillende typen varkensbedrijven afhankelijk van de buitentemperatuur. Een resultaat voor een gesloten varkensbedrijf, een bedrijf met alleen zeugen en een bedrijf met alleen vleesvarkens staan in Figuur 3.



Figuur 2 Schematische werking van een warmtepomp



Figuur 3 Verloop van verwarmingsvraag afhankelijk van de buitentemperatuur en “Jaar Belasting Duur Kromme” voor 3 typen varkensbedrijven volgens Van Wagenberg *et al.* (2001)

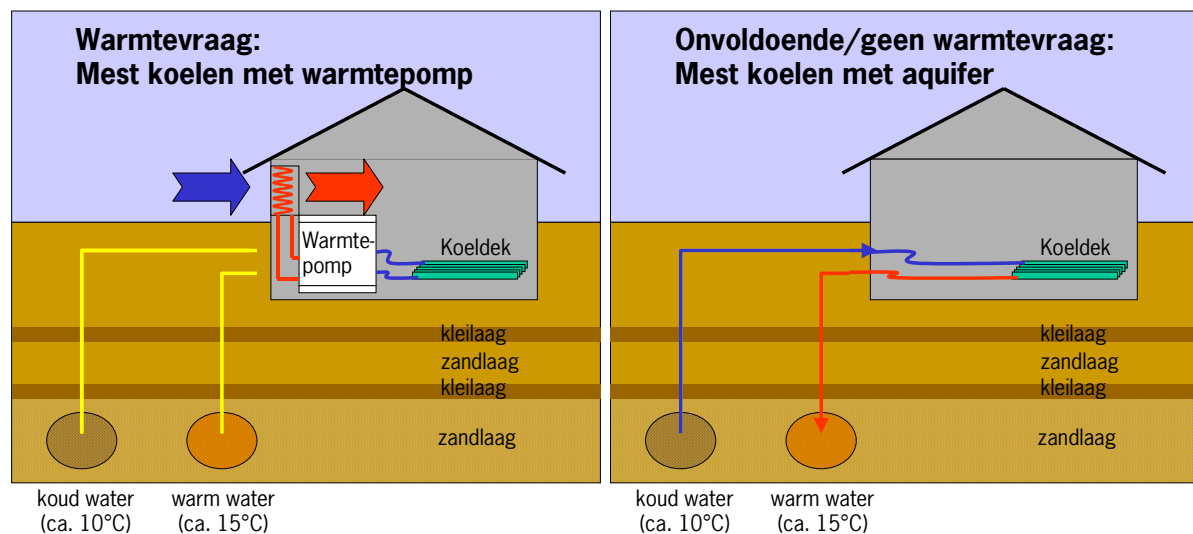
Zoals verwacht is de verwarmingsbehoefte op een bedrijf sterk afhankelijk van de buitentemperatuur, en is er alleen op gesloten bedrijven en zeugenbedrijven een vrij continue kleine warmtevraag van circa 5 kW voor biggennesten en voor vloerverwarming bij net opgelegde biggen in de biggenopfok. Deze warmte zou, uitgaande van 17,5 W warmteonttrekking per m² koeldek (van Ouwerkerk, 1999) opgewekt kunnen worden uit 210 m² koeldeksysteem (bv. koeldek bij 400 vleesvarkensplaatsen).

Verder is de relatief hoge energievraag op vleesvarkensbedrijven bij lage buitentemperaturen in Figuur 3 opvallend, terwijl in de praktijk dit type bedrijven steeds vaker zonder verwarming gebouwd worden. Redenen voor dit verschil tussen praktijk en theorie zijn waarschijnlijk:

- de praktijk past veelal een nivelleringsysteem waarbij water door alle vloerverwarmingcircuits in alle afdelingen wordt rondgepompt, en waarbij dus warmte van de zware varkens getransporteerd wordt naar de jonge biggen met verwarmingsvraag;
- in de praktijk wordt bij vleesvarkens vaak grondkanaal ventilatie toegepast waarbij de lucht door warmte uit de bodem tot wel 7°C opgewarmd wordt zonder dat dit energie vraagt.

In veel situaties zal gedurende een groot deel van de tijd niet alle warmte die uit de mest vrijkomt nuttig ingezet kunnen worden op het varkensbedrijf. Koeling met een warmtepomp is dan een dure oplossing, terwijl vanuit het oogpunt van emissiereductie het noodzakelijk blijft de mest in

alle situaties te koelen. Voor deze gevallen dient het systeem voorzien te worden van een warmte- en koudeopslagsysteem in de bodem (aquifer, zie Figuur 4).



Figuur 4 Schematische weergave van warmte- en koudeopslagsysteem in de bodem (Aquifer)

Met een aquifer kan de overtollige warmte uit de zomer in de bodem opgeslagen worden door de toplaag van de mest direct met grondwater te koelen. Hierdoor wordt het grondwater op, het opgewarmde grondwater kan in de winter dan weer opgepompt worden, waarbij de warmtepomp energie onttrekt aan dit water en zorgt voor stalverwarming. Op jaarbasis dient de hoeveelheid energieonttrekking en toevoeging over de aquifer in balans te zijn.

2.5.3 Kosten van mestkoelsystemen

Van de verschillende mestkoeltechnieken is er qua kosten vooral veel bekend over het koeldekstelsel zonder warmtepomp. De investering bedraagt zo'n € 49,- per dierplaats, en de jaarkosten (inclusief energiekosten) € 8,- per vleesvarkensplaats (KWIN, 2004). In vergelijking met andere emissiearme systemen van de RAV is het koeldekstelsel (bij nieuwbouw) een relatief dure methode van ammoniakemissiereductie (25% tot 50% duurder). Een veel toegepast emissiearm systeem met schuine putwanden en frequente mestverwijdering bij vleesvarkens heeft berekende investeringskosten € 39,- van per dierplaats, en jaarkosten van € 5,- per dierplaats (KWIN, 2004). Indien het koeldekstelsel in combinatie met een warmtepomp en een aquifer wordt toegepast zijn de investeringskosten een stuk hoger. Een deel van de totale investering kan echter terugverdiend worden door de tijdens de zomer opgeslagen warmte voor stalverwarming in de winter te gebruiken.

De investeringskosten van de andere vormen van mestkoeling, in V-vormige goten en via slangen in de putbodem, zijn minder goed bekend. Bij koeling van de schuine putwanden moet zowel in

koeling als in schuine wanden geïnvesteerd worden, dus dit zal altijd duurder zijn dan alleen een koeldekstelsysteem. Indien de koeling is geïntegreerd wordt in de putbodem zijn de kosten bij nieuwbouw € 30,- à € 40,- per m² putvloer hoger dan voor een traditionele betonnen putvloer. De kosten voor de lamellen zoals gebruikt in het koeldekstelsysteem zijn € 50,- à € 65,- per m². Hierdoor zal koeling van de putvloer leiden tot 20 à 30% lagere jaarkosten dan bij het koeldekstelsysteem.

2.6 Meetprotocol

Er is op dit moment in Nederland geen standaard meetprotocol beschikbaar om methaanemissies uit stallen te kwantificeren. Wel zijn er dergelijke meetprotocollen voor ammoniak en geur beschikbaar. Het huidige meetprotocol voor ammoniak (Bijlage 2: Beoordelingsrichtlijn, 1996) is gebaseerd op het continu meten van de ammoniakconcentraties in de uitstromende lucht en het debiet van de luchtstroom. Dit gebeurt met nauwkeurige apparatuur. Voor ammoniak concentraties kunnen de NO_x monitor of de fotoakoestische monitor worden gebruikt, voor het debiet wordt voor mechanisch geventileerde stallen een meetventilator voorgesteld. Een meetperiode voor vleesvarkens duurt twee mestronden van ongeveer vier maanden. De metingen worden op één locatie uitgevoerd, waardoor de uiteindelijke meetnauwkeurigheid van dit protocol zeer gevoelig is voor de variabiliteit van emissies tussen bedrijven (Mosquera *et al.*, 2005). Hetzelfde resultaat werd voor geur gevonden (Ogink en Lens, 2001).

Op dit moment wordt gewerkt aan een nieuw meetprotocol voor ammoniakemissie aan de hand waarvan ammoniakemissiefactoren van stalsystemen bepaald kunnen worden. Het doel is de meetnauwkeurigheid te verbeteren. Dit kan gerealiseerd worden door meer locaties te gaan meten, de nauwkeurigheid van de metingen mag dan iets minder zijn. Minder nauwkeurig meten betekent dat met minder metingen op een bedrijf kan worden volstaan en dat ook minder nauwkeurige apparatuur gebruikt kan worden (Mosquera *et al.*, 2005). Aangezien ammoniakemissies een cyclisch dagpatroon vertonen is het wel noodzakelijk om metingen gedurende minimaal een etmaal uit te voeren. Emissies zijn ook afhankelijk van leeftijd/gewicht van de dieren, waardoor de metingen verdeeld moeten worden over de ronden. Ook seizoenseffecten (klimaat) kunnen bepalend zijn voor het emissieniveau, waardoor in het nieuwe meetprotocol voorgesteld wordt om metingen verspreid over het gehele jaar uit te voeren.

Naast het oude en het nieuwe meetprotocol is er nog een derde mogelijkheid om de ammoniakemissies uit stallen te bepalen. Er zijn diverse modellen beschikbaar waarmee de ammoniakemissie berekend kan worden (Monteny *et al.*, 1998, 2002; Van Ouwerkerk, 1999).

Aangezien zowel ammoniak als methaan, lachgas of geur worden beïnvloed door factoren als leeftijd en gewicht van de dieren, is het mogelijk dat niet alleen ammoniak, maar ook methaan, lachgas en geur een dagritme en een seizoensritme kunnen vertonen. Bovengenoemde varianten

die worden gebruikt om de ammoniakemissie uit stallen te bepalen, kunnen ook worden gebruikt om de emissies van methaan te kunnen meten of berekenen. Hier wordt later in dit rapport op teruggekomen.

3 Ontwikkeling meetprotocol methaanemissies

3.1 Algemeen

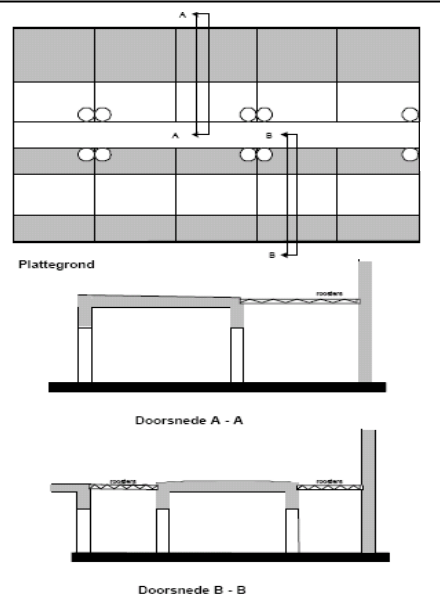
Op dit moment is er in Nederland geen meetprotocol beschikbaar is om methaanemissies uit stallen te kwantificeren. In dit hoofdstuk wordt een start gemaakt met de ontwikkeling van zo'n meetprotocol. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de ervaring die is opgebouwd met het huidige meetprotocol voor ammoniak zoals dat in 1996 is geformuleerd (Beoordelingsrichtlijn, 1996), met een voorgesteld nieuw meetprotocol voor het meten van ammoniak zoals dat is geformuleerd door Ogink *et al.* (2005) en met beschikbare datasets. Eerst wordt een overzicht gegeven van de beschikbare datasets en worden de gemeten huisvestingssystemen beschreven. Vervolgens wordt de procedure om de emissies uit de stal te berekenen gepresenteerd. Daarna volgt een analyse van de datasets. Op basis van de resultaten van deze analyse worden verschillende mogelijkheden gepresenteerd om tot een meetprotocol voor methaanemissies uit stallen te komen om stalsystemen te kunnen waarden op een emissiereducerende werking.

3.2 De huisvestingssystemen

Dit onderzoek is primair gericht op de vleesvarkenshouderij. Dat betekent dat de datasets afkomstig zijn van huisvestingssystemen waarin dieren groeien van ca 25 tot 100 kg. Een productieronde duurt gemiddeld 105 dagen en er is, vanwege uitval van dieren en leegstand tussen de ronden, een bezettingsgraad van 90%. Andere categorieën varkens kennen geen groeicurve (zeugen) of een kortere, met een lager diergewicht (biggen). De datasets (behalve conventioneel) zijn afkomstig van systemen met een ammoniakemissiereducerende werking, die door hun werkingsprincipe ook invloed kunnen hebben op de methaanemissie. In één van de stallen werd de oppervlakte van de mest gekoeld (Koeldekstelsysteem). In de kaders worden de systemen en de mogelijke methaan-emissiereducerende principes beschreven. De figuren zijn overgenomen uit de beschrijvingen van de stalsystemen die in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) zijn opgenomen en die op de website van Infomil (www.infomil.nl) zijn weergegeven.

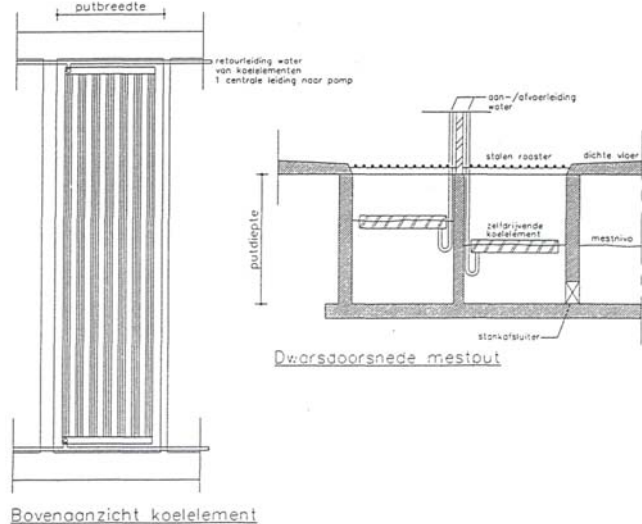
Conventionele buisvesting.

Deze categorie betreft alle datasets waarbij geen emissiereducerende maatregelen in de stal zijn toegepast. Het leefoppervlak van de dieren bestaat uit een gedeeltelijke roostervloer. Het gehele hok is onderkeldert met een ca. 1,5 m diepe mestput, geschikt voor langdurige mestopslag. De dichte vloer beslaat minimaal 30% van het vloeroppervlak en is vlak dan wel bol. De roosters kunnen aan één zijde van het hok gesitueerd zijn of aan weerszijde van de dichte vloer. De mestopslag bevindt zich zowel onder de roosters als onder de dichte vloer.



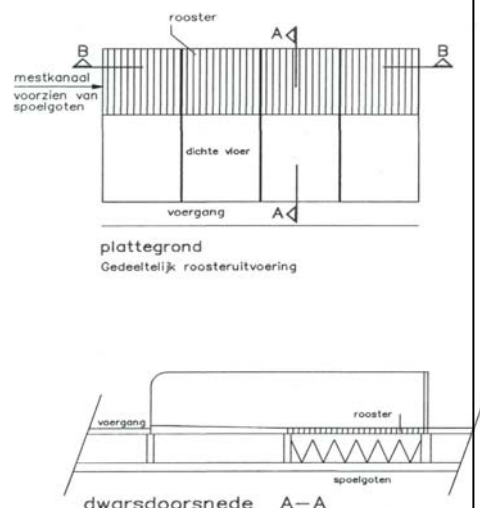
Koeldek.systeem

Deze categorie datasets is afkomstig van een systeem waarbij het mestoppervlak gekoeld werd. De lagere mesttemperatuur en de koude luchtlaag onder de roostervloer kunnen zorgen voor de vermindering van de methaanvorming en -emissie. Net als in het conventionele systeem bestaat het leefoppervlak uit een gedeeltelijke roostervloer en de mestput eronder is zeker 1 m diep, geschikt voor langdurige mestopslag.



Spoelgoten

Deze categorie datasets is afkomstig van een systeem waarbij de mest opgevangen werd in ondiepe V-vormige goten onder de gedeeltelijke roostervloer die minimaal twee maal per dag gespoeld werden. Het emissiereducerend principe voor ammoniak is verkleining van het emitterend oppervlak door de V-vorm van de mestopslag onder de roostervloer. Het werkingsprincipe voor methaan zal het verkleinen van de mestmassa en het verkorten van de verblijftijd van de mest in de stal zijn.

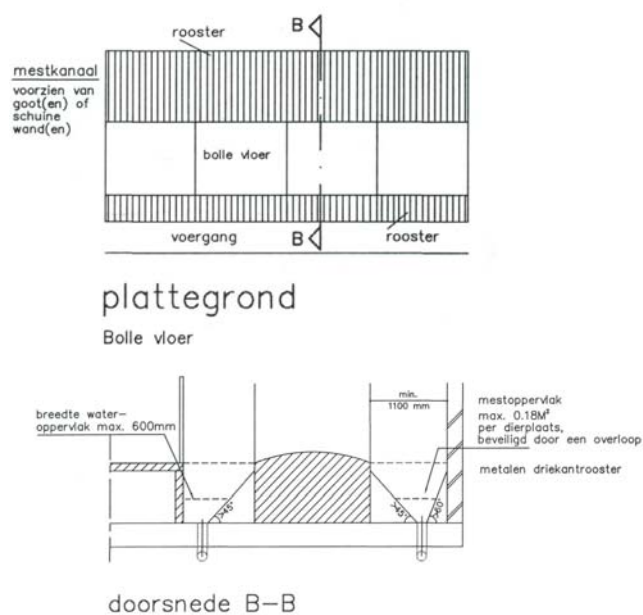


IC-V

Deze categorie datasets is afkomstig van een systeem waarbij de mest werd opgevangen in een ondiepe mestput met schuine wanden.

De mest werd frequent afgelaten middels een rioleringsysteem zodat het emitterend oppervlak niet groter werd dan $0,18 \text{ m}^2$ per dierplaats. Net als bij de spoelgoten was het emissiereducerend voor ammoniak het verkleinen van het emitterend oppervlak en zou de emissiereducerende werking voor methaan het verkleinen van de mestmassa en het verkorten van de verblijftijd kunnen zijn.

(Het waterkanaal was, anders dan in de illustratie, uitgevoerd met een U-vormige goot)



3.3 Dataset opbouw

De beschikbare datasets zijn opgebouwd uit metingen die gebaseerd zijn op twee verschillende meetmethoden en -strategieën. De eerste groep metingen werden uitgevoerd conform het huidige ammoniakprotocol. Methaanconcentraties werden semi-continu (uurgemiddelden) met een fotoakoestische monitor gemeten. Tegelijkertijd werd het ventilatiedebiet gemeten met behulp van een meetventilator (Bleijenberg en Ploegaert, 1994). De emissie werd berekend als het product van de uurgemiddelde concentratie en de uurgemiddelde ventilatie. De metingen werden uitgevoerd gedurende twee aaneengesloten productieronden.

De tweede groep bevat metingen waarvan de concentratiemetingen minder intensief waren uitgevoerd. Het betreft hier momentane metingen van de methaanconcentraties met luchtmonsters die op de dag van monsternamen in een laboratorium gaschromatografisch werden geanalyseerd. Het ventilatiedebiet werd net als bij de eerste groep, met een meetventilator gemeten. Er werd gedurende twee ronden gemeten, maar de meetdagen waren beperkt: per ronde 5-17 dagen verdeeld over een gehele ronde.

In Tabel 5 wordt een overzicht gegeven van de 26 datasets van 6 verschillende locaties die in deze studie werden gebruikt.

Tabel 5 Overzicht van de in dit onderzoek gemeten locaties (vleesvarkens)

Dataset nr	Locatie nr	Afdeling nr	Ronde nr	Systeem	Aantal metingen	Meetapparatuur (CH ₄)
1	1	1	1	Conventioneel	5	Gaschromatograaf
2	1	1	2	Conventioneel	5	Gaschromatograaf
3	2	1	1	Conventioneel	9 ⁽⁹⁾	Gaschromatograaf
4	2	1	2	Conventioneel	9 ⁽⁹⁾	Gaschromatograaf
5	2	2	1	Koeldek ⁽¹⁾	9 ⁽⁹⁾	Gaschromatograaf
6	2	2	2	Koeldek ⁽¹⁾	9 ⁽⁹⁾	Gaschromatograaf
7	3	1	1	Koeldek ⁽¹⁾	15	Gaschromatograaf
8	3	1	2	Koeldek ⁽¹⁾	14	Gaschromatograaf
9	3	2	1	Koeldek ⁽²⁾	15	Gaschromatograaf
10	3	2	2	Koeldek ⁽²⁾	17	Gaschromatograaf
11	3	3	1	Koeldek ⁽¹⁾	14	Gaschromatograaf
12	3	3	2	Koeldek ⁽¹⁾	14	Gaschromatograaf
13	3	4	1	Koeldek ⁽¹⁾	14	Gaschromatograaf
14	3	4	2	Koeldek ^(1,3)	17	Gaschromatograaf
15	4	1	1	Spoelgoten	5	Gaschromatograaf
16	4	1	2	Spoelgoten	5	Gaschromatograaf
17	5	1	1	IC-V	5	Gaschromatograaf
18	5	1	2	IC-V	5	Gaschromatograaf
19	6 ⁽¹⁰⁾	1	1	IC-V ^(4,5)	97	Fotoakoestische monitor
20	6 ⁽¹⁰⁾	1	2	IC-V ^(4,5)	103	Fotoakoestische monitor
21	6 ⁽¹⁰⁾	2	1	IC-V ^(4,6)	104	Fotoakoestische monitor
22	6 ⁽¹⁰⁾	2	2	IC-V ^(4,6)	96	Fotoakoestische monitor
23	6 ⁽¹⁰⁾	3	1	IC-V ^(6,7)	104	Fotoakoestische monitor
24	6 ⁽¹⁰⁾	3	2	IC-V ^(6,7)	102	Fotoakoestische monitor
25	6 ⁽¹⁰⁾	4	1	IC-V ⁽⁸⁾	100	Fotoakoestische monitor
26	6 ⁽¹⁰⁾	4	2	IC-V ⁽⁸⁾	94	Fotoakoestische monitor

⁽¹⁾ 200% Koeloppervlak

⁽²⁾ 135% Koeloppervlak

⁽³⁾ Koeldek systeem aan en uit gedurende de ronde

⁽⁴⁾ 40% roostervloer (metalen driekantrooster)

⁽⁵⁾ Één helft van de afdeling met brijvoerbak, de andere helft met trogvoeding

⁽⁶⁾ Één helft van de afdeling werd de vloer eventueel gekoeld, de andere helft niet

⁽⁷⁾ 40-64% roostervloer (metalen driekantrooster)

⁽⁸⁾ 60% roostervloer (metalen driekantrooster)

⁽⁹⁾ Metingen in ronde 1 vanaf week 10, in ronde 2 gedurende weken 1 t/m 9

⁽¹⁰⁾ Monitor was niet gekalibreerd voor methaan

3.4 Berekeningsmethode voor emissieniveaus

Om de methaanemissie van een stalsysteem te bepalen moet de methaanconcentratie van de uitgaande lucht en de hoeveelheid uitgaande lucht (debiet) tegelijkertijd worden bepaald. Door beiden met elkaar te vermenigvuldigen wordt de methaanemissie verkregen:

$$E_{CH_4,T} = Q_{v,T} \cdot C_{CH_4,T} / dpl$$

Met:

$E_{CH_4,T}$	=	Methaanemissie [g.uur ⁻¹ per dierplaats]
Q_v	=	Ventilatie-debiet [m ³ .uur ⁻¹]
C_{CH_4}	=	Methaanconcentratie [g.m ⁻³]
dpl	=	Aantal dierplaatsen
T	=	Tijdstip (uur)

Voor elke stallocatie/afdeling wordt de methaanemissie op deze wijze voor alle meeturen afzonderlijk berekend. Per meetdag wordt hierbij de gemiddelde waarde genomen van de methaanconcentratie en het ventilatie-debiet tijdens de gemeten uren (1 waarde voor de momentaan metingen, 24 waarden met uurgemiddelden voor de semi-continu metingen). Vervolgens wordt de gemiddelde methaanemissie van de stallocatie berekend als het gemiddelde van de methaanemissies voor alle individuele meetdagen. Het aantal dierplaatsen in de berekening is gelijk aan het aantal dat volgens de geldende welzijnswetgeving (Varkensbesluit) maximaal mag worden gehouden en dat vooraf in de afsprakenlijst over de bedrijfsvoering is vastgelegd. De methaanemissies en het ventilatie-debiet voor alle datasets worden in Tabel 6 weergegeven.

Tabel 6 Methaanemissies per dataset.

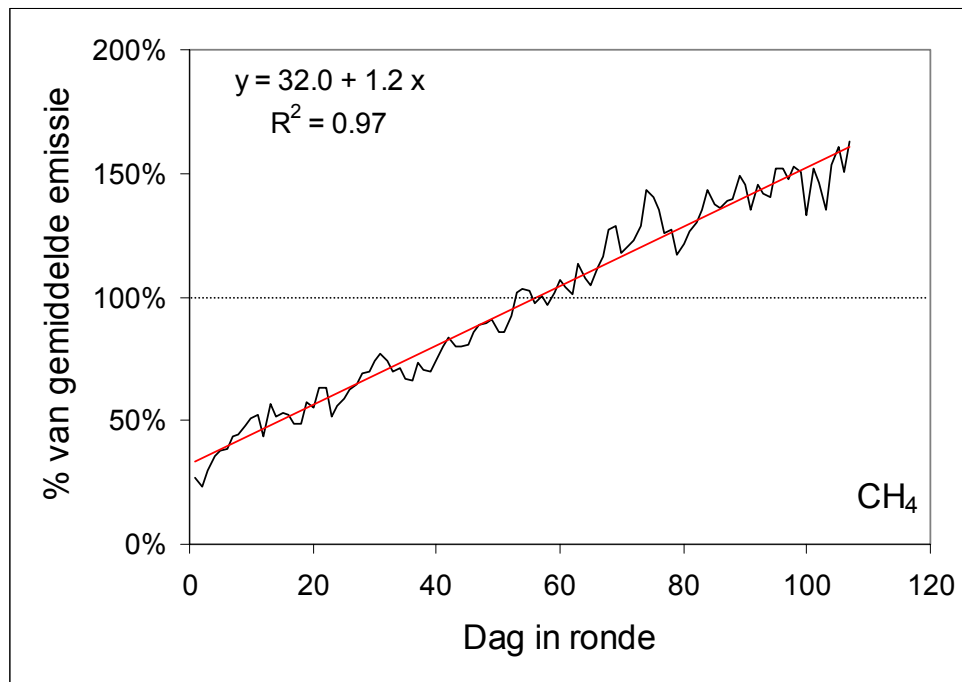
Dataset	Locatie nr	Systeem	CH ₄ emissie ± stdev. g.dag ⁻¹ per dierplaats
1	1	Conventioneel	70,3 ± 16,4
2	1	Conventioneel	124,1 ± 52,8
3	2	Conventioneel	87,4 ± 24,6
4	2	Conventioneel	70,1 ± 20,8
5	2	Koeldek	43,3 ± 14,7
6	2	Koeldek	31,7 ± 6,8
7	3	Koeldek	10,7 ± 3,0
8	3	Koeldek	12,4 ± 4,0
9	3	Koeldek	11,2 ± 4,2
10 a	3	Koeldek	12,3 ± 3,4
10 b	3	Koeldek	10,7 ± 2,5
11	3	Koeldek	11,4 ± 2,7
12	3	Koeldek	11,6 ± 3,8
13	3	Koeldek aan	16,2 ± 6,2
14	3	Koeldek uit	21,2 ± 5,7
15	4	Spoelgoten	16,0 ± 11,6
16	4	Spoelgoten	11,8 ± 4,8
17	5	IC-V	27,4 ± 13,4
18	5	IC-V	27,0 ± 10,5
19	6	IC-V	6,0 ± 2,0
20	6	IC-V	9,1 ± 4,3
21	6	IC-V	5,2 ± 2,0
22	6	IC-V	7,8 ± 3,7
23	6	IC-V	5,9 ± 2,0
24	6	IC-V	8,4 ± 3,5
25	6	IC-V	5,0 ± 2,4
26	6	IC-V	7,0 ± 2,9

Uit de tabel blijkt dat de conventionele systemen meer CH₄ emitteren dan de emissiereducerende systemen. D.w.z. koelen en verwijderen van de mest uit de stal zijn beide effectieve methoden om de methaanemissie te reduceren. Tegelijkertijd blijkt dat de methaanemissiecijfers van de conventionele systemen op jaarbasis uitkomen op 20-40 kg/j per dierplaats. Dat is meer dan de (beperkte hoeveelheid) literatuur beschrijft (Hoofdstuk 1). Ten tweede valt op dat het koeldekstelsysteem op locatie 2 t.o.v. het conventionele systeem weliswaar meer dan 50% reductie gaf, maar t.o.v. het conventionele systeem op locatie 3 drie tot vier maal zoveel methaan emitteerde. Het IC-V-systeem (Dataset 17-26) presteerde op locatie 6 beter dan op locatie 5. Dit kan veroorzaakt worden door een ander management t.a.v. het aflaten van de mest. Op locatie 5

werd het mestoppervlak regelmatig gemeten en bleek gemiddeld 0,21 m². Op locatie 6 werd gemeten volgens protocol, wat betekent dat het mestoppervlak nooit groter mag zijn dan 0,18 m². De methaanemissie benadert hier de endogene emissie (Crutzen, 1986; Rijnen, 2003). Dat betekent een maximale reductie van de methaanemissie uit de mest op stalniveau.

3.5 Emissiepatronen

De datasets 19 t/m 26 zijn semi-continu gemeten en hebben 24 waarden per dag. Hiermee is het mogelijk het dagpatroon, het effect van het groeien van de varkens gedurende de ronde en het seizoenseffect op de emissie te onderzoeken. Om het emissiepatroon gedurende de ronde zichtbaar te maken wordt in deze paragraaf het relatieve verloop t.o.v. een gemiddeld emissieniveau berekend. Eerst wordt per ronde de gemiddelde emissie berekend. Vervolgens worden de daggemiddelden uitgedrukt als percentage van die berekende gemiddelde emissie. Tenslotte wordt voor iedere dag in de productieronde het gemiddelde van deze percentages voor alle ronden berekend. De relatieve ontwikkeling van de methaanemissie tijdens een productieronde wordt in Figuur 5 weergegeven. Figuur 5 laat zien dat de methaanemissie uit een stal met het IC-V systeem toeneemt in de tijd, dat wil zeggen dat methaanemissie en lichaamsgewicht positief gecorreleerd zijn. De standaard deviatie rondom het lineaire emissiepatroon (niet aangegeven in Figuur 5) is gemiddeld 13% voor CH₄ en wordt m.n. veroorzaakt door verschillen tussen ronden en afdelingen. Seizoenseffecten kunnen bepalend zijn voor het emissieniveau. Aangezien het aantal beschikbare datasets (met semi-continu metingen) voor methaan vrij beperkt is, en alle metingen op dezelfde locatie uitgevoerd werden (Tabel 5 en 6), is het niet mogelijk om zo'n analyse uit te voeren. Een seizoenseffect is daarom niet uit te sluiten.



Figuur 5 Verloop van de methaanemissie gedurende een ronde in het IC-V systeem, berekend als gemiddelde procentuele afwijking van het rondegemiddelde (n=8).

3.6 Meetstrategie

Bij het meten onderscheiden we de meetmethode en de meetstrategie. De meetmethode heeft in deze rapportage betrekking op de meetapparatuur (het 'hoe' van het meten), de meetstrategie op de locatie en de tijden van meten (het 'waar' en 'wanneer' van het meten). Waar gemeten moet worden in een vleesvarkensstal is niet moeilijk te bepalen aangezien het meestal mechanisch geventileerde stallen betreft. De metingen worden dan in één of meerdere ventilatiekokers verricht.

Veelal wordt voor het meten van de methaanconcentratie gebruik gemaakt van een multigasmonitor, of van een gaschromatograaf. Een TDL (Tunable Diode Laser) zou ook een optie kunnen zijn (Hofschreuder *et al.*, 2004a). Dit zijn betrouwbare meetmethoden voor lage concentraties die ook in stallen heersen, maar een sensor zou makkelijker en goedkoper kunnen zijn. Hofschreuder *et al.* (2004b) hebben goedkopere opties nader bekeken. Zij concluderen dat de methoden zijn ontworpen voor detectie van explosiegevaar. Deze treedt voor methaan op bij concentraties tussen de 5 -15%, Dat is gelijk aan $5 \cdot 10^4 - 15 \cdot 10^4$ ppm. De consequentie is dat ze meestal in het lage gebied onnauwkeurig zijn (ondanks claims van de fabrikant). In varkensstallen heersen concentraties onder de 100 ppm ($< 0,01\%$). Dit maakt dat sensoren op dit moment geen goede optie zijn voor het meten van methaanconcentraties in varkensstallen, maar in de toekomst

behoort dit tot de mogelijkheden. Alternatieven zoals de multigasmonitor (NDIR monitor of infrarood monitor (fotoakoestisch)), de gaschromatograaf en de TDL zijn reeds inzetbaar. Een meetstrategie bepalen is lastiger. Deze vraag moet beantwoorden wat de frequentie van de metingen moet zijn om een betrouwbaar resultaat te leveren. De allereerste vraag die hieruit voortvloeit, is of de frequentie van metingen (semi-continu metingen vs. verzamelmonsters of puntmetingen) überhaupt de kwaliteit van het verkregen resultaat kan beïnvloeden. Om dit te onderzoeken werd gebruik gemaakt van de beschikbare datasets waarbij emissies continu (uurgemiddelden) werden gemeten. Van deze datasets werden drie subsets gemaakt:

Subset 1

Voor elke dag wordt eerst per uur de gemiddelde (uur)concentratie vermenigvuldigd met het gemiddelde (uur)debiet, en dit wordt vermenigvuldigd met 24 als emissie per dag uitgedrukt (g.dag^{-1} per dierplaats) (er komen dus 24 daggemiddelden van de emissie per dag). Puntmetingen worden op dezelfde wijze behandeld.

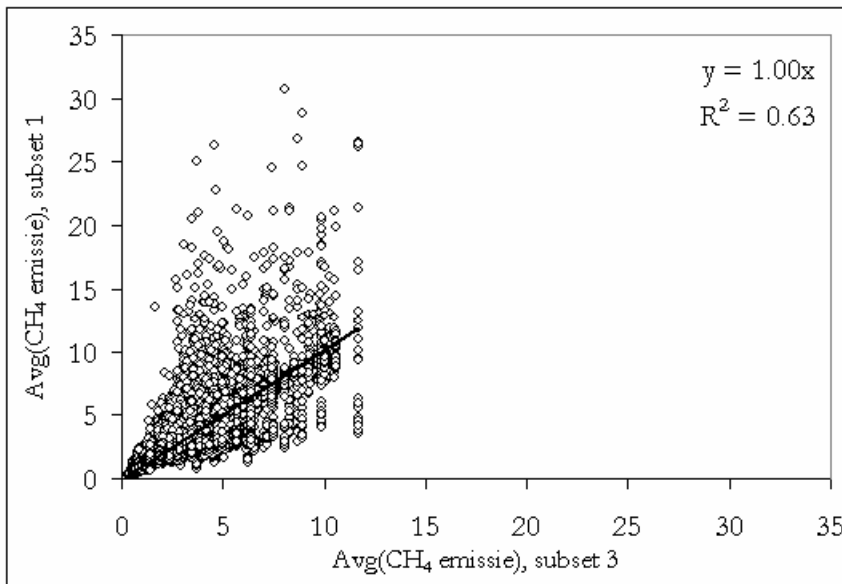
Subset 2

Voor elke dag wordt eerst het gemiddelde genomen van alle 24 concentratiewaarden, en dat gemiddelde wordt vermenigvuldigd met het gemiddelde van alle 24 debietwaarden. Het resultaat wordt beschouwd als de gemiddelde emissie per dag (g.dag^{-1} per dierplaats) (er komt dus 1 daggemiddelde van de emissie per dag). Verzamelmonsters (daggemiddelden) worden op dezelfde wijze behandeld.

Subset 3

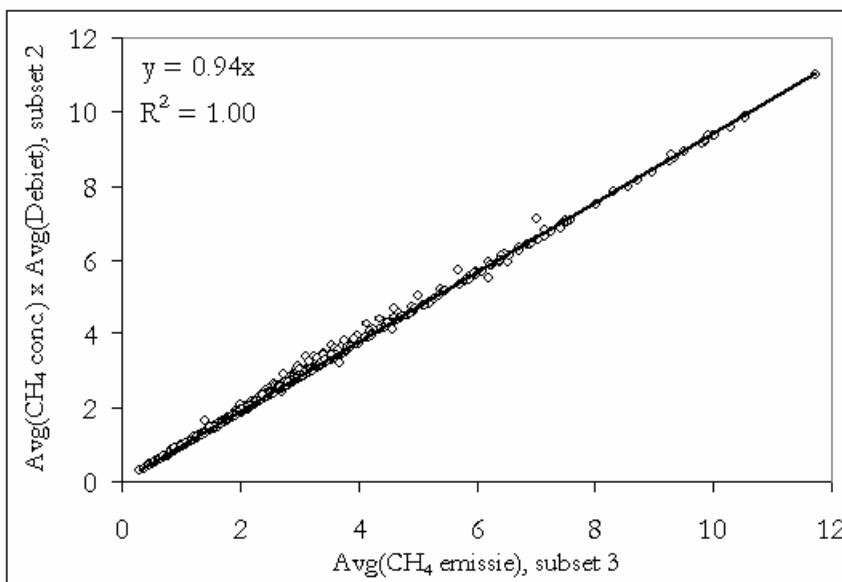
Voor elke dag wordt eerst per uur de gemiddelde (uur)concentratie vermenigvuldigd met het gemiddelde (uur)debiet. Daarna worden alle 24 waarnemingen opgeteld en het resultaat als emissie per dag (g.dag^{-1} per dierplaats) uitgedrukt. Er komt dus 1 daggemiddelde emissie per dag. De resultaten van de semi-continue metingen die verkregen werden volgens het huidige meetprotocol (Bijlage 2: Beoordelingsrichtlijn 1996) worden over het algemeen op deze wijze behandeld.

Subset 3 is het meest waarheidsgetrouw. Een vergelijking van Subset 1 en 3 leert of het nemen van één monster per dag een goede schatting kan zijn voor het daggemiddelde en of het uitmaakt op welk moment van de dag je dat monster neemt. Figuur 6 laat bij elke waarde van Subset 3 de 24 waarden van Subset 1 zien. Het gemiddelde van alle waarden van Subset 1 komt goed in de buurt van die van Subset 3, maar de spreiding rond $y=x$ is groot. Dat betekent dat een goede schatting veel afhangt van welk tijdstip van de dag waarop je een monster neemt om het daggemiddelde op te baseren. Met andere woorden: puntmetingen kunnen een goede schatting van de emissie geven, maar de variatie is groot.



Figuur 6 Semi-continu emissiemetingen (Subset 3) vs. puntmetingen (Subset 1)

Een vergelijking van Subset 2 met Subset 3 leert of een verzamelmonster gedurende een dag genomen kan worden om een goede schatting van het daggemiddelde te verkrijgen. De resultaten worden in Figuur 7 gepresenteerd. Uit de resultaten blijkt dat met verzamelmonsters een kleine onderschatting van de emissie wordt gemaakt. Gemiddeld was dat met onderhavige datasets 6%. Het semi-continu meten van de emissies geeft inzicht in optredende emissiepatronen en kan waardevol zijn bij onderzoek aan methaanemissies uit stallen. Het is echter een intensieve en kostbare aangelegenheid en lijkt slechts een geringe toename van de nauwkeurigheid te geven als het enige doel is de totale emissie per dierplaats vast te stellen. De oorzaak hiervan kan gezocht

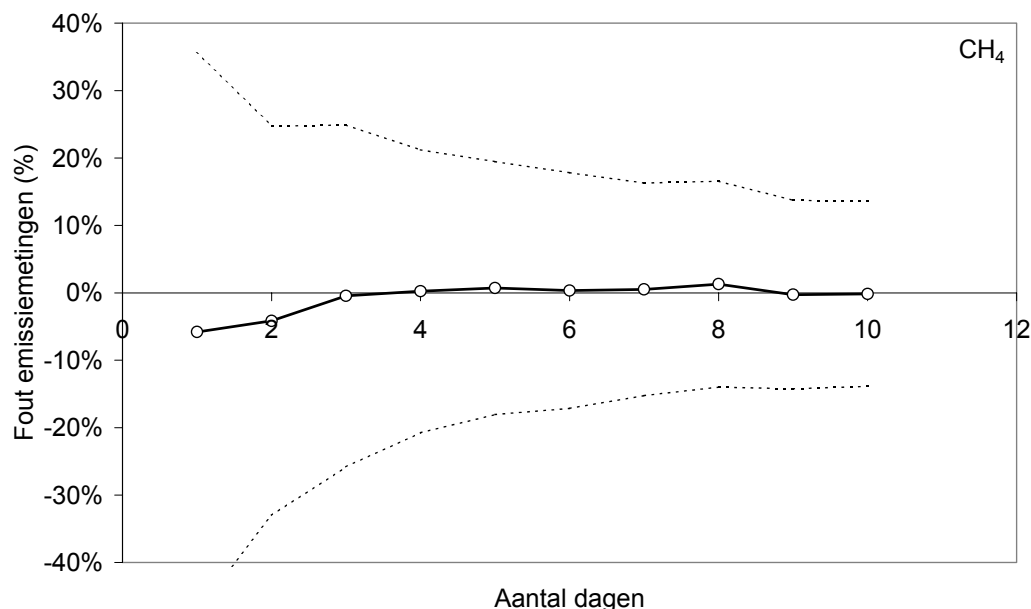


Figuur 7 Semi-continu emissiemetingen (Subset 3) vs. daggemiddelden door verzamelmonsters (Subset 2)

worden in autocorrelatie. Autocorrelatie ontstaat doordat emissiebepalende factoren (klimaatparameters, management) gedurende een dag niet random variëren, waardoor een dagelijks cyclisch verloop van de emissie kan ontstaan (circadiane ritmiek).

Uit de resultaten die weergegeven zijn in de Figuren 6 en 7 kan geconcludeerd worden dat het, om een goede schatting te maken van de emissie gedurende een dag, risicovol is om puntmetingen te nemen, en dat verzamemonsters slechts een geringe afwijking laten zien t.o.v. het ‘werkelijke’ daggemiddelde van de emissie. Een deel van de vraag naar de vereiste frequentie van meten om een betrouwbare schatting van de gemiddelde emissie te verkrijgen is hiermee beantwoord. Het tweede deel van de vraag behelst het aantal dagen dat vervolgens nodig is om een betrouwbaar beeld te geven van de emissie van de hele ronde waarin vleesvarkens groeien van 25 tot 110 kg levend gewicht.

Het effect van het aantal meetdagen in een meetperiode op de meetnauwkeurigheid is onderzocht door middel van een bemonsterings-simulatiestudie. De simulaties werden voor verschillende aantallen monsterdagen uitgevoerd, variërend van 1 tot 10 dagen. Deze dagen werden random gekozen binnen van tevoren bepaalde intervallen. De intervallen werden zodanig gekozen dat de verschillende groeifasen van het vleesvarken vertegenwoordigd werden door een meting. De resultaten van deze analyse worden in Figuur 8 weergegeven en laten zien dat de standaarddeviatie asymptotisch afneemt met een toenemend aantal bemonsteringsdagen. Hoewel de standaarddeviatie voor 10 bemonsteringsdagen voor CH₄ (~13%) lager is dan voor 3 dagen (~35%) of 6 dagen (~17%), staat daar tegenover dat de kosten toenemen met het aantal



Figuur 8 Standaarddeviatie (%) van de geschatte emissie per jaar bij een oplopend aantal meetdagen die aselect zijn getrokken uit evenredig over de ronde verdeelde intervallen

metingen. Het antwoord op de vraag welke nauwkeurigheid gewenst is voor het meten van CH₄ emissies, zal uiteindelijk bepaald worden door een aanvaardbare verhouding tussen meetkosten en gevraagde nauwkeurigheid.

3.7 Statistische analyse

Ogink en Klarenbeek (1997) beschrijven een variantie-componentenmodel voor de beschrijving van de variatiestructuur van de emissie van een huisvestingssysteem. De essentie van dit model is het onderscheid naar drie variantielagen in een geneste meetopzet. De opzet bestaat uit het herhaald steekproefsgewijs meten van een aantal bedrijven binnen een stalsysteem, met gebruikmaking van één type meetmethode. De volgende variatielagen zijn hierin te onderscheiden:

- tussen-bedrijfvariatie: het gaat hier om variatie veroorzaakt door factoren die systematische verschillen opleveren tussen de gemiddelde emissieniveaus van bedrijven binnen hetzelfde systeem. Te denken valt aan verschillen in stalinrichting/uitvoering die binnen een systeem kunnen voorkomen, en verschillen in bedrijfsmanagement met name voeren en klimaatsystemen, klimaatinstellingen en stalhygiëne.
- binnen-bedrijfvariatie: variatie veroorzaakt door factoren die, gegeven een gemiddeld emissieniveau van een bedrijf, toevalsvariatie van de één op de andere dag veroorzaken rond dit niveau. Hieraan ten grondslag liggen factoren als voeropname, mestuitscheiding en ventilatieniveau. Seizoensfactoren die het stalklimaat en het ventilatieniveau beïnvloeden hebben eveneens effect op de emissie van de één op de andere dag.
- meetmethode-variatie: variatie veroorzaakt door toevalsfouten van het meetinstrument. Systematische fouten moeten verwaarloosbaar zijn.

Dit model werd al toegepast voor geur (Ogink en Lens, 2001) en ammoniak (Mosquera *et al.*, 2005), en is ook toepasbaar voor CH₄-emissies. Echter, voor zo'n analyse is een grote aantal datasets nodig, met herhalingen van metingen uit verschillend huisvestingssystemen en uit meerdere stallocaties. Aangezien het aantal beschikbare datasets voor methaan beperkt is, is het niet mogelijk om deze analyse voor methaan uit te voeren. Voorgesteld wordt om de resultaten voor geur (22% tussen-bedrijfvariatie, 37% binnen-bedrijfvariatie; Ogink en Lens, 2001) en ammoniak (44% tussen-bedrijf variatie, 44% binnen-bedrijfvariatie; Mosquera *et al.*, 2005) als uitgangspunt voor methaan te gebruiken. Op basis van deze variantie-componenten kan de meetfout op de volgende manier berekend worden:

$$\sigma_{\text{systeem}}^2 = \frac{\sigma_{\text{tussen}}^2}{k} + \frac{\sigma_{\text{binnen}}^2}{k \cdot l} + \frac{\sigma_{\text{meetmethode}}^2}{k \cdot l \cdot m}$$

met:

$\sigma_{\text{systeem}}^2$ = de variantie behorende bij de totale meetfout van de emissie van een stalsysteem,

- waarbij de emissie wordt gedefinieerd als de gemiddelde dagemissie
- σ_{tussen}^2 = de variantie in emissie tussen bedrijven met hetzelfde stalsysteem
- σ_{binnen}^2 = de variantie in emissie tussen metingen op hetzelfde bedrijf
- $\sigma_{meetmethode}^2$ = de variantie behorende bij de meetmethode gedurende één bemonstering
- k = het aantal bedrijven in het bemonsteringsschema
- l = het aantal bemonsteringen per bedrijf
- m = het aantal metingen per bemonstering

Mosquera *et al.* (2005) hebben voor ammoniak een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om de contributie van alle variatiebronnen op de totale meetfout te bepalen. Ze komen met de conclusie dat het gebruik maken van minder nauwkeurig meetapparatuur nauwelijks effect had op de totale meetfout. Daarnaast bleek dat het verhogen van de meetfrequentie binnen een stallocatie leidden tot een geringe afname van de totale meetfout, terwijl een toename van het aantal gemeten stallocaties zeer effectief was in het verbeteren van de eindnauwkeurigheid. Gezien de analyse van de beschikbare datasets in paragraaf 2.6 lijkt het aannemelijk dat dezelfde redenering ook voor methaan kan worden gebruikt.

4 Plan van aanpak om effect van mestkoeling in praktijk te meten

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden drie varianten van protocollen voor het bepalen van methaanemissies uit stallen in de praktijk uitgewerkt. Aan de hand van de resultaten kan dan worden vastgesteld of een stalsysteem een reducerend effect heeft op de methaanemissie. De eerste variant gaat uit van berekeningen, er worden dus géén metingen gedaan. De andere twee varianten gaan wel uit van metingen en sluiten aan bij de huidige praktijk voor NH₃: het huidige meetprotocol (Bijlage) en een nieuw protocol dat op dit moment wordt getest en bij goedkeuring in de toekomst zal worden gebruikt. Dit komt neer op de volgende varianten:

1. Berekeningen op basis van bestaande modellen
2. Plan van aanpak zoals in het huidige meetprotocol voor NH₃
3. Plan van aanpak zoals in het beoogde nieuwe meetprotocol voor NH₃

Variant 1 en 2 vormen uitersten als het gaat om de intensiteit van meten: bij Variant 1 wordt niet gemeten. Bij Variant 2 wordt een locatie (semi-)continu gemeten met uitgebreide meetapparatuur. Bij Variant 3 worden diverse locaties zo nu en dan gemeten, met minder intensieve meetmethoden dan bij Variant 2. De varianten worden beschreven en toegelicht waarbij gebruik gemaakt wordt van de gegevens die beschreven zijn in hoofdstuk 2 en 3 van dit rapport. De drie varianten leiden tot emissieschattingen met verschillende statistische betrouwbaarheden.

4.2 Variant 1: Berekeningen op basis van bestaande modellen

4.2.1 Meetmethode

Bij deze variant is het model als het ware de meetmethode, het model is namelijk het instrument waarmee je tot data komt. De output van modellen is afhankelijk van de input. De hoeveelheid input is weer afhankelijk van de modelparameters en of het model dynamisch of statisch is. De benodigde input is bepalend voor de werkbaarheid van het model. Sommige modellen vragen heel veel bedrijfsspecifieke variabelen als input. Een voorbeeld daarvan is ANIPRO (Ouwerkerk, 1999). Met deze software kunnen klimaat- en energievraagstukken voor de veehouderij statisch worden gesimuleerd. Het bevat modules die de dieromstandigheden (b.v. voeding, comfort, mest- en gasproducties), en modules die de stalomstandigheden (b.v. constructies, dimensies, buitenklimaat) beschrijven. Al met al rekent deze software bij vleesvarkens met ongeveer 150 parameters. Wanneer je uitgaat van een standaardvarken op een standaardbedrijf is de hoeveelheid informatie die je aan moet leveren te overzien. Ervan uitgaande dat uitspraken

gedaan worden voor een gemiddeld bedrijf zou dit een logische optie kunnen zijn. Het voordeel van een gedifferentieerd pakket zoals ANIPRO, is dat je bedrijven kunt onderscheiden en classificeren op basis van bedrijfsfactoren en productieresultaten. Deze aspecten hebben indirect invloed op de methaanemissie. Een voorbeeld hiervan is dat berekend kan worden wat het voor de endogene en exogene methaanproductie betekent als een belangrijk prestatiekenmerk in de varkenshouderij als de voederconversie (kg groei per kg verstrekt voer) verbeterd wordt. Andere modellen zijn specifieker gericht op de emissie uit mest van CH₄ (het REM-model van Mol & Hilhorst, 2004) of CH₄ en N₂O (Sommer, 2004). De hoeveelheid parameters is overzichtelijker, maar om de stalsituatie te simuleren dien je dan nog een model toe te voegen die de endogene CH₄-fractie kan berekenen (Rijnen, 2003) en die uit kan rekenen wat de samenstelling van de mest is (Aarnink, 1992).

4.2.2 Meetstrategie

De meetstrategie beschrijft wanneer je meet- of informatiepunten hebt. Wanneer je instrument een model is heb je binnen een bedrijf strikt genomen geen meetstrategie nodig. De hoeveelheid informatie en het tijdsinterval tussen informatiemomenten hangen af van het gebruikte model. Theoretisch heeft elk model oneindig veel informatiemomenten. In Hoofdstuk 3 is een analyse gegeven waarmee het aantal benodigde dagen berekend kan worden die nodig zijn om voldoende betrouwbaarheid te verkrijgen, meer dagen zal de betrouwbaarheid slechts weinig doen toenemen. In tegenstelling tot metingen is een model slechts een benadering van de werkelijkheid met rekenregels. Er wordt voorgesteld om per seizoen een vleesvarkensronde te simuleren met tenminste één dagberekening per productieweek. Dit komt neer op ca. 15 dagemissies per ronde. Dit aantal is weliswaar arbitrair, maar ingegeven door de gedachte dat meer berekeningen weinig extra inspanning of kosten vergen en wel meer inzicht biedt in de dynamiek van het model.

Uitgaande van een standaard varken en een standaardbedrijf kun je modelmatig berekeningen doen voor een gemiddelde vleesvarkensstal in Nederland. In de praktijk voldoet echter geen stal aan deze gemiddelde beschrijving. Om de praktijk meer in beeld te krijgen zou je bedrijfsklassen kunnen introduceren. Gezien de factoren die van invloed zijn op de methaanemissie (Hfdst 2) kan deze classificatie het best geschieden op basis van

- landbouwkundige gegevens die invloed hebben op de mestsamenstelling (zoals voederconversie, waterverbruik),
- verblijftijden van de mest in de stal
- mestbehandeling (aflaten, spoelen, stromest).

In het protocol moeten duidelijk afspraken gemaakt worden over de inputvariabelen. Deze moeten ook goed gerapporteerd worden waardoor transparant is welke stalsituatie gesimuleerd is. Een voorwaarde bij het gebruik van modellen is dat ze eerst gevalideerd dienen te worden.

4.3 Variant 2: Plan van aanpak volgens huidig meetprotocol voor NH₃

Deze variant wordt gekenmerkt door langdurige en intensieve metingen van de hoeveelheid lucht die de stal in een bepaalde tijd verlaat (het ventilatiedebiet) en de methaanconcentratie in deze lucht. Uitgangspunt is dat alle lucht via een ventilatorkoker de stal verlaat, dus mechanisch geventileerde stallen. Voor vleesvarkens wordt mechanische ventilatie in het overgrote aandeel (> 95%) van de praktijkstallen toegepast.

4.3.1 Meetmethode

De concentratiemetingen worden uitgevoerd met een multigasmonitor (NDIR monitor of infrarood monitor (fotoakoestisch) voor bepaling van de methaanconcentratie. Dit in afwijking van het huidige NH₃ meetprotocol (Bijlage 2), de daar genoemde NO_x-monitor is namelijk niet geschikt voor methaan. Via verwarmde geïsoleerde teflonslangen worden monsters van de uitgaande stallucht genomen, welke door de multigasmonitor geanalyseerd worden. Voor een betrouwbare metingen dienen de multigasmonitoren wekelijks gekalibreerd te worden. Vooralsnog zijn op de markt beschikbare goedkope sensoren niet betrouwbaar genoeg voor het meten van lage concentraties (<100 ppm). De concentratie van methaan van de uitgaande lucht moet gecorrigeerd worden voor die van de ingaande lucht (achtergrondconcentratie).

Het ventilatiedebiet dient automatisch met een gekalibreerde sensor (meetventilator met een diameter even groot als de diameter van de ventilatiekoker) vastgesteld te worden. Van zowel de concentratiemeting als de debietmeting dient er elk uur minimaal één meting te zijn.

4.3.2 Meetstrategie

De metingen vinden bij deze variant in principe in één stal plaats. Deze methode kan natuurlijk ook in meerdere stallen uitgevoerd worden, maar dit is vanwege de hoge meetkosten niet voor de hand liggend.

In het algemeen zal de emissie van methaan in de zomer hoger zijn dan in de winter, en de emissie bij zware varkens is hoger dan bij lichte varkens (zie hoofdstuk 2). Enerzijds dient de meetperiode niet te lang te zijn om de meetkosten zoveel mogelijk te beperken, maar anderzijds dient de meetperiode lang genoeg te zijn om een goed beeld te krijgen van de methaanemissie. Voor vleesvarkens wordt er in deze variant gedurende 2 ronden gemeten, wat neerkomt op een totale meetperiode van circa 8 maanden. Om zowel een zomer- als een winterperiode in de metingen mee te nemen dient de oplegdatum van één van de rondes in het tweede kwartaal te liggen. Omdat er een deel van het jaar gemeten wordt geeft ook deze variant een schatting van de jaar rondemissie.

Tijdens de metingen gelden een aantal eisen die moeten borgen dat er een representatieve metingen gedaan wordt. Zo is vereist dat van minimaal 80% van de meetperiode ook werkelijk

goede meetcijfers beschikbaar te zijn.. Bovendien gelden er landbouwkundige en overige randvoorwaarden (zie paragraaf 3.4), en is de manier van verwerken van de meetgegevens eenduidig vastgelegd.

4.3.3 *Landbouwkundige en overige randvoorwaarden*

Landbouwhuisdieren kunnen op uiteenlopende wijze gehuisvest en gevoed worden. Enerzijds wordt de methaanemissie uit een stal sterk bepaald door het huisvestings- en mestbehandelingsstelsel. Anderzijds hebben ook factoren als stalklimaat (temperatuur, ventilatiesysteem, ventilatiedebiet), voersamenstelling, productie resultaten (groei, voeropname, opleggewicht, aflevergewicht) en diergezondheid/hygiëne (resten van geneesmiddelen in mest, mate van reiniging en ontsmetting) invloed op de methaanemissie (zie tabel 1 uit hoofdstuk 1 met invloedsfactoren). Daarom is het belangrijk (bij alle varianten van het protocol) om landbouwkundige randvoorwaarden te stellen in de stal waarin gemeten wordt en ervoor te zorgen dat de metingen uitgevoerd worden conform de dagelijkse praktijk op varkensbedrijven (denk aan bezettingsgraad, maximale uitval). Een nauwkeurige omschrijving van de landbouwkundige randvoorwaarden is van groot belang voor het verkrijgen van representatieve metingen, omdat anders makkelijk een verkeerd beeld van de methaanemissie zou kunnen ontstaan. Naast de landbouwkundige randvoorwaarden dienen in het meetrapport een nauwkeurige beschrijving van met name het mestbehandelingsstelsel te staan en tevens een aantal gegevens in het meetrapport opgenomen te worden.

In het huidige NH₃ meetprotocol (bijlage 1) zijn ook landbouwkundige randvoorwaarden van toepassing, bijvoorbeeld op het vlak van de voeding en de productieresultaten tijdens het onderzoek. Omdat het meetprotocol van NH₃ uit 1996 stamt, dienen de landbouwkundige randvoorwaarden echter wel op sommige vlakken geactualiseerd te worden. Aanvullend op deze NH₃ randvoorwaarden dient er bij het meetprotocol voor methaan in ieder geval ook aandacht te zijn voor de hoeveelheid mest die opgeslagen is in de stal. NH₃ emissie is een oppervlakte proces waardoor binnen het NH₃ protocol vooral aandacht voor het emitterend oppervlak. Echter, omdat methaanvorming een volumeproces is, is het logisch hier eisen op te nemen over het aanwezig mestvolume in de stal. Tevens dienen in het protocol eisen opgenomen te worden over de leeftijd van de opgeslagen mest omdat zeer oude mest zal minder methaan ontsnappen dan uit verse mest. Tabel 1 toont ook dat de aanwezigheid van entmateriaal een bepalende factor is voor de methaanemissies. Entmateriaal zal aanwezig zijn in mestresten die in kelders achterblijven. Indien mest in een schone kelder komt zal het langer duren voordat de methaanemissie op gang komt, omdat de methaanvormende bacteriën zich moeten ontwikkelen. Reiniging van de mestkelder tussen 2 ronden is dus een mogelijkheid om de methaanemissie te beperken, en dient derhalve in de randvoorwaarden bij het protocol weergegeven te worden, hoe hiermee moet worden omgegaan.

Rekening houden met bovengenoemde punten kan bijvoorbeeld door bij aanvang van de meetperiode uit te gaan van een minimale keldervulling (met drijfmest), die afhangt van het seizoen (tenzij de stal is voorzien van ondiepe kelders die elke ronde volledig gelegeerd worden). Bij de omrekening van NH₃ meetgegevens naar emissies per dierplaats per jaar wordt uitgegaan van 10% leegstand, dus de gemeten NH₃-emissie wordt met 0,9 vermenigvuldigd. Hiermee wordt gecorrigeerd voor momenten waarop in de stal geen dieren aanwezig zijn (dagen tussen 2 ronden, dagen van reiniging en ontsmetting). Dit zal niet terecht zijn voor CH₄ emissie uit stallen met mestopslag onder roosters, omdat er altijd wel mest in de kelders aanwezig zal zijn. In stallen met frequente mestverwijdering zit dit anders, daarin kan gemakkelijk alle mest uit de stal afgevoerd worden waardoor op dagen tussen twee ronden in géén mest in de stal ligt opgeslagen.

De overige randvoorwaarden waarmee rekening gehouden moet worden tijdens het meten van methaanemissie hebben betrekking op dierenwelzijn, diergezondheid, bedrijfszekerheid, veiligheid en andere milieubelastende aspecten. Voor een juiste beoordeling van een stalsysteem dient namelijk een integrale afweging gemaakt te worden tussen deze verschillende genoemde aspecten.

4.4 Variant 3: Plan van aanpak volgens nieuw meetprotocol voor NH₃

4.4.1 Meetstrategie

Het uitgangspunt van deze variant is het huidige meetprotocol voor NH₃ en de resultaten uit hoofdstuk 3. De volgende meetstrategie wordt voorgesteld:

1. Één meting heeft een minimale duur van 24 uur
2. De metingen worden uitgevoerd op vier verschillende locaties
3. Om seizoenseffecten te ondervangen moet op alle meetlocaties zes maal evenredig over het jaar verdeeld worden gemeten
4. De metingen op locatie moeten representanten bevatten van elke groeifase van het dier. Binnen elke groeifase kan random een etmaal gekozen worden.
5. Metingen op een locatie zijn geldig als minimaal vier van de zes metingen beschikbaar zijn en van het totaal aantal metingen moeten minimaal 80% beschikbaar zijn.

ad.1: Uit Figuur 6 in hoofdstuk 3 bleek dat de variatie in CH₄-emissie over de dag groot was. Een belangrijke oorzaak is dat parameters die de emissie van CH₄ uit stallen kunnen beïnvloeden, niet constant zijn op de dag. Daarnaast kan er een tijdsverschil zijn tussen de vorming van CH₄ en het tijdstip waarop het uit de mest treedt en vervolgens emitteert (in tegenstelling tot NH₃, waar een

directe relatie is tussen vorming, vervluchtiging en emissie). Om systematische fouten te voorkomen, moeten metingen de hele dagcyclus meenemen (dus, minimaal één dag=24 uur).

ad.2: In hoofdstuk 3 werd geconcludeerd dat de beschikbare datasets niet toelieten een statistische analyse uit te voeren om de binnenbedrijfvariatie en de variatie tussen bedrijven te kunnen bepalen. De resultaten van Ogink en Lens (2001) voor geur, en van Mosquera *et al.* (2005) voor NH₃ toonden aan dat de tussenbedrijfvariatie groot kan zijn (20-40%). Door hetzelfde huisvestingssysteem op meerdere locaties te meten kan de eindnauwkeurigheid van de metingen worden verbeterd (Ogink en Lens, 2001; Mosquera *et al.*, 2005). In het nieuwe meetprotocol voor NH₃ wordt voorgesteld om op vier locaties te meten. Door meer locaties te meten verbetert de betrouwbaarheid niet substantieel. Dit wordt ook als uitgangspunt genomen voor het meetprotocol voor CH₄.

ad. 3: Een belangrijke vraag tijdens het ontwikkelen van een meetprotocol is hoe vaak moet worden gemeten om de nauwkeurigheid van de metingen zo hoog mogelijk te houden en de kosten te beperken. In hoofdstuk 3 werd het effect van het aantal meetdagen op de meetnauwkeurigheid onderzocht door middel van een bemonsterings-simulatiestudie. De conclusie van deze analyse is dat een selectie van vier meetdagen binnen de nauwkeurigheidseisen van de metingen zou kunnen vallen. Echter, de datasets waren afkomstig van één locatie en naar het zich laat aanzien was het aandeel endogeen methaan relatief hoog. Dat betekent dat omgevingsfactoren relatief weinig invloed hadden op de methaanemissie. Uit voorzorg wordt daarom geadviseerd om, net als bij NH₃, uit te gaan van zes bemonsteringsdagen. Deze meetdagen moeten worden verdeeld over het gehele jaar, om rekening mee te houden met de mogelijke seizoenseffecten.

ad. 4: Bij groeiende dieren zoals vleesvarkens, nemen het lichaamsgewicht en de mestproductie in de tijd toe. Dat betekent dat verwacht mag worden dat zowel de endogene als de methaanemissie uit de mest gedurende de ronde toenemen. Het is dan van belang dat de geselecteerde meetdagen verdeeld worden over de gehele ronde. Wanneer de dieren niet groeien, zoals bij dragende zeugen, kun je random dagen over de periode kiezen.

ad. 5: Door problemen in de meetapparatuur of door onvoorziene niet representatieve meetomstandigheden, kunnen een aantal van de metingen uitvallen. Om toch een goede waarde voor de methaanemissie te kunnen leveren is het noodzakelijk om een minimum aantal “goed” gemeten dagen te eisen. In het nieuwe meetprotocol voor NH₃ wordt het voorgesteld om minimaal vier van de zes meetdagen binnen een locatie en 80% van de totale metingen (binnen en tussen locaties) te eisen. Voor het meetprotocol voor CH₄ kunnen dezelfde eisen worden gevraagd.

4.4.2 Meetmethode

Naast de meetstrategie is de selectie van de te gebruiken meetapparatuur ook belangrijk. De volgende punten zijn hier van belang:

1. Meetnauwkeurigheid
2. Meetfrequentie
3. Meetplaats
4. Meetapparatuur

ad. 1: Mosquera *et al.* (2005) kwamen tot de conclusie dat de nauwkeurigheid van de meetapparatuur die het huidige meetprotocol voorschrijft een klein effect heeft op de totale meetfout die optreedt bij het meten van de NH_3 -concentratie en de ventilatiehoeveelheid om de emissie te kunnen berekenen. Dit geldt naar verwachting ook voor de concentratiemetingen van CH_4 , maar geldt zeker voor de ventilatiedebiet metingen. De intensiteit van de metingen wordt met het huidige protocol voor het grootste deel bepaald door het meten van het ventilatiedebiet (de hoeveelheid lucht die de stal verlaat). Het is wel van belang dat met minder nauwkeurige meetapparatuur geen systematische fouten geïntroduceerd worden.

ad. 2: In hoofdstuk 3 werden twee mogelijke opties met elkaar vergeleken, namelijk het gebruik van puntmetingen (momentaan metingen op een willekeurig tijdstip), en verzamelmonsters met een bemonsteringstijd van 24 uur. Uit de analyse blijkt dat een betere schatting kan worden gekregen wanneer verzamelmonsters worden gebruikt. Dit vereist technieken die gedurende een etmaal betrouwbaar een hoeveelheid lucht kunnen bemonsteren. Dat betekent dat de monsternamen evenredig over 24 uur moet plaatsvinden en dat de container met verzamelde lucht ondoorlaatbaar genoeg is voor moleculen om constant van samenstelling te blijven tot het moment van chemische analyse.

ad. 3: Huisvestingssystemen in de varkenshouderij worden vaak mechanisch geventileerd. De lucht verlaat de stal dan via de ventilatiekokers. Om de CH_4 die de stal verlaat (de emissie) representatief te kunnen meten wordt daarom voorgesteld om de meetpunten dicht bij de ventilatiekoker te plaatsen.

ad. 4: De emissie is het product van het ventilatiedebiet en de concentratie. Voor het meten van het ventilatiedebiet kan worden gekozen voor een meetventilator (Bleijenberg en Ploegaert, 1994) die onder de ventilatiekanalen wordt geplaatst. Voor goedkopere metingen kan bijvoorbeeld de CO_2 -massabalans methode (Mosquera *et al.*, 2002) worden gebruikt. Ook valt te denken aan een tracergasmethode of een warmtebalansmethode. Om de CH_4 -concentratie te meten kunnen geëvacueerde cannisters worden gebruikt om een verzamelmonster (gedurende 1 dag) van de stallucht te verkrijgen. Vervolgens wordt de CH_4 -concentratie in een laboratorium bepaald met

een gaschromatograaf met FID-detector. Ook is het mogelijk een multigasmonitor (Mosquera *et al.*, 2002) te gebruiken om CH₄-concentraties semi-continu te meten, en daggemiddelden te berekenen.

4.5 Betrouwbaarheid varianten

De betrouwbaarheid van de meetmethode en de meetstrategie beschreven in de drie varianten hangt sterk af van de doelstelling van meten. Verwacht wordt dat voor een zo goed mogelijke inschatting van de CH₄-emissie uit varkenstallen in Nederland Variant 3 het meest geschikt is, hier wordt immers ook rekening gehouden met de tussenbedrijfvariatie. Bij variant 2 zou je natuurlijk ook op veel verschillende bedrijven kunnen meten, maar dit zal qua kosten geen aantrekkelijke optie zijn. Echter, Variant 3 is gericht op de vele beschikbare datasets van NH₃-emissie, en het is nog niet wetenschappelijk vastgesteld dat ook voor CH₄-emissies Variant 3 in de huidige vorm optimaal is. Gezien de resultaten uit hoofdstuk 2 wordt dit echter wel verwacht.

Wanneer je inzicht wil krijgen in processen die de CH₄-emissie beïnvloeden zijn (semi)continue metingen het meest betrouwbaar (Variant 2). Om te achterhalen welke factoren de grootste impact op de methaanemissie hebben (gevoeligheidsanalyse) is het model (Variant 1) een zeer bruikbaar middel, gegeven dat de modellen gevalideerd zijn. Op deze manier kun je “de knoppen vinden waar je het best aan kunt draaien” om je doel te bereiken.

Een factor die van belang is bij het bepalen van de reductie van methaanemissie door mestbehandelingstechnieken is een betrouwbare referentiewaarde. Er zijn van varkens weinig methaancijfers beschikbaar. Dit verslag rapporteert resultaten van diverse metingen en refereert aan diverse internationale literaire bronnen met methaanemissies van 2 tot 40 kg per dierplaats per jaar voor vleesvarkens. Wagenberg *et al.*, (2004) hebben gemeten aan een biologisch huisvestingssysteem voor vleesvarkens, d.w.z. met strohuisvesting en uitloop naar buiten, en kwamen op een emissie van 2,7 kg per dierplaats per jaar.

Een modelmatige aanpak heeft als beperking dat mestbehandelingsystemen niet als input gedefinieerd zijn (kan wel, maar dat vergt modelontwikkeling). Sommige eigenschappen van die systemen zijn te vertalen in de inputvariabelen, zoals ‘temperatuur van de mest’ in geval van het Koeldeksysteem, of ‘verblijftijden van de mest in de stal’ bij de beoordeling van het IC-V systeem. Een tweede factor die ook door het aflaten beïnvloed wordt, ‘het entpercentage’, is kwantitatief al moeilijker in te schatten. Ook het gebruik van stro in de stal heeft een effect. Kwalitatief zijn nog wel uitspraken te doen over het effect van het gebruik van stro in de stal op de methaanemissie, kwantitatief is echter weinig bekend. In de modellen is stro niet opgenomen. Bovenstaande geeft aan dat van een deel van de in de praktijk beschikbare systemen voor vleesvarkens de CH₄-emissie (en N₂O-emissie) niet modelmatig berekend kan worden.

Het grote voordeel van een model is dat tijdrovende en kostbare metingen overbodig zijn. De grote vraag bij modellen is altijd hoe goed de voorspelling is. De keuze voor een bepaald model of de combinatie van modellen hangt daarvan af. Hiervoor is een vergelijkend onderzoek nodig.

Afgaande op bovenstaande kan gesteld worden dat voor een schatting van de emissie van CH₄ uit de NL vleesvarkenshouderij door het bepalen van een emissiefactor, de lijst van varianten in volgorde van afnemende betrouwbaarheid staan:

1. Variant 3
2. Variant 2
3. Variant 1

Gegeven het feit dat de modellen niet gevalideerd zijn en niet alle aspecten van de varkenshouderij in de modellen vertegenwoordigd zijn, is voor het bestuderen van processen die bij de CH₄-emissie een rol spelen de lijst van varianten in afnemende betrouwbaarheid:

1. Variant 2
2. Variant 3
3. Variant 1

Deze volgorde geldt ook indien het effect van mestkoeling op de CH₄ emissie vastgesteld moet worden, belangrijk is daarbij dat de omstandigheden voor beide proefbehandeling zoveel mogelijk vergelijkbaar zijn en tussenbedrijfsvariatie dan verstorend werkt.

4.6 Globale kostenraming varianten

In deze paragraaf wordt benaderd wat de kosten van uitvoering van de varianten kunnen zijn. Deze kosten zijn een grove indicatie en hebben geen bindende waarde.

Variant 1 omvat een model of een combinatie van modellen. Als een goed model beschikbaar is, is dit de goedkoopste manier om een factor te bepalen. De kosten behelzen interpretatie van de systeembeschrijving naar modelinput, modelberekeningen, analyse en rapportage en kan voor een kleine 10 k€ uitgevoerd worden. De adder in het gras is de betrouwbaarheid van het model. Daarvoor moet een model eerst gevalideerd worden. Valideren betekent dat je de output van het model toetst aan de werkelijkheid. Dit betekent dat de methaanemissies wordt gemeten van een vleesvarkensstal. Om de gewenste inputvariabelen te krijgen dienen omstandigheden en management daarop ingericht te zijn. De gemeten emissies worden vergeleken met de output van het model. Een betrouwbare validatie kan verkregen worden door één maal te meten op een bedrijf met een verwachte hoge emissie (relatief veel methaan uit de mest) en één maal op een bedrijf met een naar verwachting lage emissie (relatief veel endogeen methaan). Dit zijn intensieve en derhalve kostbare metingen. Naar schatting zal zo'n validatie-onderzoek 150 à 200 k€ kosten. Dit zijn eenmalige kosten. Wanneer het model goed blijkt te zijn, heb je geen

modelontwerpkosten meer. Als blijkt dat de modelberekeningen structureel afwijken van de werkelijkheid dient het model aangepast te worden. De kosten hiervan zijn onvoorspelbaar. Andere eenmalige kosten zijn de licentiekosten van het model. Naar verwachting zullen die enkele k€ per model bedragen.

Variant 2 is meten volgens het huidige meetprotocol. Dit betekent dat gedurende twee productieronden intensief op één bedrijf gemeten wordt. Voor vleesvarkens komt dat neer op een meetperiode van acht maanden. Kosten impliceren installatie van de meetapparatuur en monsternameleidingen, het meten (ca. 35 bezoeken om apparatuur te controleren en te kalibreren, omstandigheden op het bedrijf observeren en rapporteren (logboek), data uitlezen en bekijken), analyse, rapportage en afbreken van de installatie. Al met al zal het per emissiereducerend systeem een kostenplaatje opleveren van zo'n 100 k€.

Variant 3 houdt in dat vier bedrijven extensief gemeten worden. De kosten impliceren installatie van meetopstelling op vier bedrijven, zes dagen per bedrijf meten (12 bezoeken), omstandigheden op het bedrijf observeren en rapporteren (logboek), analyse, rapportage en afbreken installatie. Er is geen praktische ervaring met een dergelijk protocol. De verwachting is dat het per emissiereducerend systeem 50 à 60 k€ zal kosten (12,5 à 15 k€ per stal). Het aantal bedrijven en het aantal meetpunten per bedrijf zijn vanwege gebrek aan voldoende meetreeksen, gebaseerd op analyses van ammoniakcijfers. Wanneer meer meetreeksen van methaan beschikbaar komen kan blijken dat meer of minder bedrijven en/of data per bedrijf nodig zijn om een betrouwbare uitspraak te doen over de methaanemissie van een stalsysteem. De kosten zullen dan navenant stijgen of dalen. De kosten voor deze additionele meetreeksen, die leiden tot voortschrijdend inzicht, zijn niet in de berekening opgenomen.

5 Discussie en conclusies

Ammoniak- en methaanemissiemetingen in varkensstallen berusten beiden op het zelfde meetprincipe: meten van de hoeveelheid ventilatielucht en de daarin aanwezige concentratie ammoniak en methaan. Uit voorgaande paragrafen blijkt dat het van het doel van de metingen afhangt hoe metingen moeten worden uitgevoerd om het meest betrouwbaar methaan te meten. Hiertoe zijn een drietal varianten voor een meetprotocol verkend: Variant 1, modelberekeningen; Variant 2, intensief meten aan één stal; Variant 3, extensief meten aan meerdere stallen. Wanneer het doel is om metingen te verrichten teneinde een emissiefactor voor een stalsysteem te bepalen, is Variant 3 te prefereren. Om inzicht te krijgen in de factoren die methaanemissie beïnvloeden en zodoende effectieve reductiemogelijkheden te zoeken is Variant 2 het meest betrouwbaar. Variant 1 is voor beide doelen op dit moment het minst betrouwbaar. Wanneer metingen uitwijzen dat de voorspellingen van de modellen betrouwbaar zijn (het valideren), kan de volgorde veranderen ten gunste van Variant 1. Een voordeel van een dergelijke validatie is dat het op lange termijn kostenbesparend is. Op korte termijn is het kostbaar, zeker als blijkt dat het model, of de combinatie van modellen niet, of niet onder alle omstandigheden, voldoen en optimalisatie van het model nodig is.

De betrouwbaarheid van de varianten is kwalitatief ingeschat. Een kwantitatieve bepalingen van de betrouwbaarheid is niet te berekenen omdat te weinig (continue en discontinue) meetgegevens beschikbaar zijn van verschillende huisvestingssystemen en gedurende alle seizoenen.

De methode om de meetstrategie te bepalen op basis van semi-continue meetsets is behalve voor ammoniak, ook voor methaan bruikbaar. Toch zijn de conclusies zacht omdat een beperkt aantal datasets beschikbaar was. Die datasets waren bovendien afkomstig van één systeem (IC-V-systeem), gemeten op één bedrijf (Praktijkcentrum Sterksel). Dit heeft ook consequenties voor de statistische analyse uit paragraaf 3.7, omdat op basis van metingen op één bedrijf geen tussenbedrijfvariatie te berekenen is. Bij het formuleren van een plan van aanpak voor varianten van een meetprotocol dient het voorzorgsprincipe in acht te worden genomen (“bij twijfel niet inhalen”). Wanneer meer datasets met (semi)continue metingen beschikbaar komen kan preciezer bepaald worden wat nodig, maar vooral wat niet nodig is om een betrouwbare meting te doen. Uit kostenoverwegingen is vooral het laatste van belang. Om te bepalen wat het emissiereducerend effect van een stalsysteem is moet bovendien de referentiewaarde bekend zijn. Uit de literatuur bleek dat er internationaal weinig data beschikbaar zijn, en dat de data die er zijn ver uiteenlopen afhankelijk van stalsystemen en omstandigheden.

De datasets met semi-continue metingen waarop de analyse t.a.v. de meetstrategie in hoofdstuk 3 is gebaseerd, zijn afkomstig uit vleesvarkensstallen met het IC-V-systeem (zie paragraaf 2.2). Kenmerkend voor dit systeem is de ondiepe mestkelder met schuine putwanden en het

regelmatig verwijderen van de mest om het mestoppervlak zo klein mogelijk te houden. Het klein houden van het mestoppervlak heeft een reducerende werking op de ammoniakemissie. Verkleinen van het mestoppervlak zal, gezien de aard van de methanogene processen, niet zoveel invloed hebben op de methaanemissie. Echter, om het oppervlak klein te houden wordt de mest frequent verwijderd uit de stal. Dit wordt gedaan met het rioleringsysteem onder in de mestkanalen (zie kader van IC-V in paragraaf 2.2). Dat betekent dat de oudste mest, die potentieel het meest methanogeen actief is, verwijderd wordt. De methaanemissie was laag: 2 á 3 kg/j per dierplaats. Dat dit geen standaardsituatie voor het IC-V systeem hoeft te zijn in de praktijk blijkt uit de datasets 17 en 18 van het IC-V systeem op locatie 5 (Tabel 6). De emissie was hier op jaarbasis zo'n 9 kg per dierplaats. Dit betekent dat de emissies van de semi-continue datasets van locatie 6 (Tabel 6) uit relatief veel endogene emissie bestaat. Deze emissie is minder afhankelijk van omgevingsfactoren. Het verloop van de emissie in Figuur 5 hoeft daarom niet karakteristiek te zijn voor de emissie van een systeem waar proportioneel meer emissie uit de mest komt. Een analyse op seizoensvariatie is met deze informatie niet zinnig, daar komt bij dat de semi-continue datasets simultaan gemeten zijn waardoor het statistisch ook niet bepaald kan worden. Op basis van de literatuur (zie hoofdstuk 2) wordt aangeraden om bij het bepalen van een meetstrategie wel rekening te houden met seizoensinvloeden.

Zoals uit hoofdstuk 2 bleek is de relatie tussen methaanemissie en ammoniakemissie complex. Beiden hebben een biochemische oorsprong, maar de onderliggende fysisch-chemische processen die leiden tot emissie zijn heel verschillend. De emissie van ammoniak wordt bepaald door de vervluchtiging. Methaan daarentegen heeft ten eerste twee bronnen: het dier en de mest. Ten tweede loopt het vrijkomen van methaan uit de mest niet via een vervluchtigingsproces omdat methaan niet oplost in de mest, maar in gasfase blijft. Tenslotte vervluchtigt ammoniak vooral uit de vers gedeponeerde mest en methaan wordt het meest gevormd in de oudste mest. De verschillen tussen de gassen maakt het zoeken naar 'de grote draaiknop' als reductiemiddel complexer. Er zijn wel gemeenschappelijke factoren die op verschillende niveaus in het proces ingrijpen, zoals temperatuur. Een reducerende techniek kan gericht zijn op die ene factor, zoals het Koeldekstelsel. Aan de andere kant laat het reducerende effect van het IC-V systeem zien dat één techniek twee verschillende factoren beïnvloedt, waarvan de een de ammoniakemissie reduceert (oppervlakte) en de ander de methaan (opslagtijd) (Wanneer niet alleen de stal beschouwd wordt maar ook buitenopslag, zal blijken dat wat de methaan betreft het IC-V systeem vooral een temperatuurseffect is, tenzij buitenopslag vermeden wordt door bv. uitrijden of vergisten). Fundamentele kennis van de processen die leiden tot productie van methaan en ammoniak is essentieel om de factoren te vinden die het meest reducerende perspectief hebben. De ontwikkeling van technieken om beide emissies te reduceren moeten gericht zijn op het combineren van die factoren.

Binnen het kader van dit onderzoek is gezocht naar een meetprotocol voor het meten van methaanemissie uit stallen. Dat betekent dat rekening gehouden wordt met mestopslagen in de stal, maar dat het protocol niet toepasbaar is op buitenopslagen. Het beperken van

methaanemissie uit stallen kan veroorzaken dat meer emissie uit de buitenopslagen emitteert. (Sommer *et al.*, 2004). Voor effectiviteit van reducerende maatregelen in de stallen is het aan te bevelen maatregelen aan mestopslagsystemen te koppelen. Tijdens dit onderzoek bleek bijvoorbeeld dat naast koelen ook het verwijderen van mest uit de stal een methaan-emissiereducerend effect heeft. Echter het is het verplaatsen van de opslag van binnen naar buiten, waar de emissie dan gewoon doorgaat. Aangezien het buiten over het algemeen koeler is dan binnen, mag verwacht worden dat de emissie dan wel lager zal zijn. Het verplaatsen van het probleem, geldt ook voor het verplaatsen van emissie van het ene ongewenste gas naar het andere. Uit hoofdstuk 2 bleek dat factoren die de methaanemissie bepalen ook effect kunnen hebben op de emissies van ammoniak, lachgas en geur, en dat die niet per definitie dezelfde kant op werken. Als bijvoorbeeld mest belucht wordt om methaanemissies te reduceren (Martinez *et al.* 2003) kan emissie van lachgas optreden (Burton, 1993).

Dit onderzoek heeft kwantitatief uitspraken gedaan over het (potentiële) effect van koelen van de mest op de methaanemissie uit vleesvarkensstallen. Wanneer andere categorieën varkens beschouwd worden zal het principe van reductie door koelen blijven staan, maar kwantitatief zal het effect anders liggen. In stallen voor guste en dragende zeugen is de temperatuur van de stallucht, en derhalve ook die van de mest lager. Koelen van de mest met grondwater zal dan de mesttemperatuur minder doen dalen, waardoor de methaanemissie minder zal reduceren. Andersom kan de temperatuurdaling van de mest in kraamstallen en in biggenstallen hoger zijn door de hogere staltemperaturen die hier over het algemeen heersen. Hoe groot dat effect zal zijn hangt ook af van de opslagtijd en de samenstelling van de mest die bij zeugen en biggen ook anders is. Bij de berekeningen van de potentiële emissiereductie is uitgegaan van de huidige varkensstapel en is geen rekening gehouden met de toekomstige ontwikkeling van de varkensstapel.

Uit praktische en economische overwegingen is het aan te bevelen om de meetprotocollen voor methaan en ammoniak op elkaar aan te sluiten, zodat deze zoveel mogelijk simultaan kunnen plaatsvinden. Voor ammoniak worden de emissies uitgedrukt per dierplaats. In de literatuur zijn voor methaan verschillende eenheden te vinden waarin de emissie is uitgedrukt. Behalve per dier of per dierplaats wordt de methaanemissie ook uitgedrukt per kg of m³ mest, per kg organische stof of vluchtige vetzuren in de mest of als MCF (Methane Conversion Factor, uitgedrukt als % van B₀; B₀ = de potentiële methaanemissie uit mest). Deze laatste wordt gehanteerd door het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Bij het formuleren van een protocol dient een keuze gemaakt te worden, zodat waarden direct onderling vergelijkbaar zijn.

Wetenschappelijk gezien zijn alle keuzen even goed, een voorkeur komt voort uit praktische overwegingen. Wanneer internationale toetsing gewenst is, is rapportage volgens de IPCC richtlijn aan te bevelen. Hiervoor zijn extra analyses nodig omdat MCF, B₀ en VVZ van belang zijn. Dit dient in het protocol te worden opgenomen.

In de Internationale literatuur worden veel waarden genoemd voor de potentiële methaanemissie uit mest (B_0): uit de data van Moller *et al.* (2004) is te berekenen dat de B_0 56 g/d per varken was. Van der Hoek en van Schijndel (2005) berekenen een B_0 van 46 g/d per dier. Safley *et al.* (1992) en Gibbs and Woodbury (1993) gingen uit van een B_0 van 450 l CH₄/kg VS wat neerkomt op een potentiële methaanproductie van ca 70 g/d per dier. Voor de MCF variëren de percentages in de Internationale literatuur eveneens: van ca. 10% (Safley *et al.*, 1992; Sommer *et al.*, 2001) tot ca. 35% (Gibbs and Woodbury, 1993; Klein Goldewijk *et al.*, 2005). De IPCC presenteren in 2001 zelfs een MCF voor varkensmest van 40.8% met productie van 7,7 kg CH₄/1000 kg mest wat neerkomt op een dagelijkse productie van 21 g/d per dier uit mest met een B_0 van 52 g/d per dier. De data uit de conventionele systemen in Tabel 6 zijn hoog vergeleken met de literatuur. Ongeveer 4 g/d per dier hiervan komt voor rekening van de endogene productie. Deels kan de hoge emissie t.o.v. de literatuur verklaard worden door het feit dat de gemeten waarden stalemissie betreffen, en geen buitenopslag wat een hogere temperatuur betekent en dus meer methaanemissie oplevert. Sommer *et al.* (2001) gingen uit van een gemiddelde temperatuur van 10°C, van der Hoek en Schijndel van 15°C. Hoe dan ook kan verondersteld worden dat gedurende de experimenten het grootste gedeelte van de potentiële methaanemissie uit mest geëmitteerd is. Dit kan theoretisch voorkomen als de put al enige tijd goed gevuld is en de methaanproductie goed op gang kon komen omdat veel oude mest in de kelder was achtergebleven na de laatste lediging van de put. Bovenstaande geeft aan dat het van belang is dat bij het plannen van de CH₄-metingen in het protocol rekening moet worden gehouden met het tijdstip van legen van de kelder (uitrijmomenten van de mest) en tevens met de hoeveelheid mest die daarna in de kelder achterbleef. Om een definitief protocol op te stellen met strakke omschrijvingen van randvoorwaarden en gekwantificeerde eisen, is voor alle varianten aanvullend onderzoek nodig.

Literatuur

Aarnink, A. J. A., E. N. J. Van Ouwerkerk, and M. W. A. Verstegen, 1992. A mathematical model for estimating the amount and composition of slurry from fattening pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 31, 133-147.

Andersson, M. 1995. Cooling of manure in manure culverts. Special Report 218, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Biosystems and Technology, Lund, Zweden

Andersson, M. 1998. Reducing ammonia emissions by cooling manure in manure culverts. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51: 73-79

Beoordelingsrichtlijn. 1996. Beoordelingsrichtlijn in het kader van Groen Label stallen, uitgave maart 1996. Publicatie van de Ministeries van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieugeheer en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.

Beurskens-Voermans, M.P. en C.C.R. van der Kaa. 1997. Vermindering van de ammoniakemissie door mestkoeling bij gespeende biggen. Rapport P 4.23, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen

Burton, C. H., R. W. Sneath and J. W. Farrent, 1993. Emissions of nitrogen oxide gases during aerobic treatment of animal slurry. *Bioresource Technology* 45:233-235

Den Brok, G.M. en N. Verdoes. 1996. Effect van mestkoeling op de ammoniakemissie uit een vleesvarkensstal. Rapport P 1.155, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen

Christensen, K. and Thorbek, G., 1987. Methane excretion in growing pigs. *Br. J. Nutr.* 57, 355-361.

De Boer, S. and Morrison, W.D., 1988. The effects of the quality of the environment in livestock buildings on the productivity of swine and safety of humans: a literature review. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, N1G 2W1.

Drummond, J.G., S.E. Curtis, J. Simon and H.W. Norton. 1980. Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. *Journal of Animal Science* 50(6): 1085 – 1091.

Elzing, A. en Aarnink, A.J.A., 1996. Invloed van zuurtegraad van varkensurine op de ammoniakemissie. IMAG Report 96-02.

Gibbs, M. J. and J. W. Woodbury (1993). "Methane emissions from livestock manure." Proceedings IPPC Workshop on Methane and Nitrous Oxide, Amersfoort, The Netherlands, 3-5 february 1993, edited by A. van Amstel, p. 81-86.

Groenestein, C.M. and H.G. van Faassen, 1996. Volatilization of ammonia, nitrous oxide and nitric acid in deep-litter systems for fattening pigs. *J. Agric. Sci.* 65: 269-274.

Groenestein, C.M. en J.W.H. Huis in 't Veld. 1996. Praktijkonderzoek naar ammoniakemissie van stallen XXVII. Vleesvarkensstal met koeling van mestoppervlak in de kelder. Rapport 96-1003, IMAG-DLO, Wageningen

Groenestein, C.M., M.M.W.B. Hendriks and L.A. den Hartog, 2003. Effect of Feeding Schedule on Ammonia Emission from Individual and Group-housing Systems for Sows. *Biosystems Engineering* 85 (1), 79–85

Groot Koerkamp, P.W.G. and Uenk, G.H., 1997. Climatic conditions and aerial pollutants in and emissions from commercial animal production systems in the Netherlands. In Proceedings of the International Symposium "Ammonia and odour control from animal production facilities" (eds. Voermans, J.A.M. and Monteny, G.J.), pp. 139-144.

Hartung, E., 2000. Quantify Airborne Emissions from Buildings, Stores and Land Application Greenhouse Gas Emissions from Animal Husbandry. Virtual Conference Sustainable Animal Production (<http://agriculture.de/acms1/conf6/vc.htm>)

Hilhorst, M.A., G.J. Monteny, P. de Gijssel, H.J.C. van Dooren en A.J.H. van Lent, 2001. Duurzame energie en vermindering methaanemissies: Emissiearme mestopslag. Wageningen, IMAG Rapport 2001-06, ISBN 90-5406-192-8, 22 pp.

Hofschreuder, P., J. Ploegaert, D. Starmans en S. van den Top, 2004a. Test of the Boreal Gasfinder 2.0 for methane measurements and Vaisala AMT-100 sensor for ammonia measurements in animal houses. Wageningen, A&F Report 295, ISBN 90-6754-855-3, 48 pp.

Hofschreuder, P., J. Mosquera, M.A. Hilhorst en J.P.M. Ploegaert, 2004b. Goedkope methoden voor emissie monitoring van ammoniak, methaan, koolmonoxide en zwavelwaterstof: stand van zaken. Wageningen, A&F rapport 178, ISBN 90-6754-792-1, 47 pp.

Hol, J.M.G., A.J.A. Aarnink en N.W.M. Ogink, 2004. Vergelijkend onderzoek naar de geuremissie van emissie-arme en conventionele stalsystemen bij dragende zeugen. Wageningen, A&F rapport 191, ISBN 90-6754-796-4, 34 pp.

Hüther, L., Schuchardt, F. and Willke, T., 1997. Emission of ammonia and greenhouse gases during storage and composting of animal manures. In Proceedings of the Ammonia and odour control from animal production facilities (eds. Voermans, J.A.M. and Monteny, G.J.), pp. 327-334. Research Station for Pig Husbandry, Rosmalen.

Klein Goldewijk, K., J.G.J. Olivier, J.A.H.W. Peters, P.W.H.G. Coenen and H.H.J. Vreuls, 2005. Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2003. National Inventory Report 2005. RIVM report 773201009. Bilthoven, the Netherlands.

KWIN, 2004. Kwantitatieve informatie veehouderij. Praktijkonderzoek van Animal Sciences Group, Lelystad.

Kroeze, C., 1998. N₂O from animal waste. In Proceedings of the Workshop on biogenic emissions of greenhouse gases caused by arable and animal agriculture. Measurement technology and emission factors (eds. Freibauer, A. and Kaltschmitt, M.), pp. 119-128. University of Stuttgart.

Lockyer, D.R. and Whitehead, D., 1990. Volatilization of ammonia from cattle urine applied to grassland. *Soil Biol. Biochem.* 22, 1137-1142.

Mol, G. and Ogink, N.W.M., 2004. The effect of two ammonia-emission-reducing pig housing systems on odour emission. *Water Science and Technology* 50(4), 335-340.

Mol, G. en Hilhorst, M.A. 2003. Methaan-, lachgas- en ammoniakemissies bij productie, opslag en transport van mest. Rapport 2003-3, IMAG, Wageningen.

Mol, R.M. de en M.A. Hilhorst, 2004. Emissiereductieopties voor methaan uit mestopslagen. A&F-rapport 165, ISBN-nr 90-6754-780-8, 31 pp.

Moller, H.B., S.G. Sommer and B.K. Ahring, 2004. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass and Bioenergy* 26: 485-495

Monteny, G.J. and Erisman, J.W., 1998. Ammonia emission from dairy cow buildings: a review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction. *Netherlands J. Agric. Sci.* 46, 225-247.

Monteny, G.J., Schulte, D.D., Elzing, A. and Lamaker, E.J.J., 1998. A conceptual mechanistic model for the ammonia emissions from free stall cubicle dairy cow houses. *Transactions of the ASAE* 41(1), 193-201.

Monteny, G.J., Smits, M.C.J., Van Duinkerken, G., Mollenhorst, H. and De Boer, I.J.M., 2002. Prediction of ammonia emission from dairy barns using feed characteristics. Part II: relation between urinary urea concentration and ammonia emission. *J. Dairy Sci.* 85, 3389-3394.

Mosquera, J., Hofschreuder, P., Erisman, J.W., Mulder, E., van 't Klooster, C.E., Ogink, N., Swierstra, D. en Verdoes, N. (2002). Meetmethode gasvormige emissies uit de veehouderij. Wageningen, IMAG rapport 2002-12.

Mosquera, J., Hol, J.M.G. en Ogink, N.W.M., 2005. Analyse ammoniakemissieniveaus in praktijkbedrijven voor de varkenshouderij (1990-2003). Wageningen, A&F rapport in voorbereiding.

Ni, J. 1998. Emission of carbon dioxide and ammonia from mechanically ventilated pig house. Phd-thesis 338, Catholic University Leuven, Belgium.

Oenema, O., Velthof, G.L., Yamulki, S. and Jarvis, S.C., 1997. Nitrous oxide emissions from grazed grassland. *Soil Use Manage* 13, 288-295.

Oenema, O. G.L. Velthof en P.J. Kuikman, 2001. Beperking van emissie van methaan en lachgas uit de landbouw: identificatie van kennishiaten. Wageningen, Alterra-rapport 308, 24 p.

Ogink, N.W.M. en Lens, P.N. (2001). Geuremissie uit de veehouderij. Overzichtsrapportage 1996-1999. IMAG rapport 2001-14.

Ogink, N.W.M., J.M.G. Hol, J. Mosquera en H.M. Vermeer, 2005. Aanpassingen meetprotocol emissiemetingen in de veehouderij. A&F-rapport, Wageningen.

RIVM en CBS (2001). Milieucompendium 2001: het milieu in cijfers. Centraal Bureau voor de Statistiek CBS), Voorburg/Heerlen en Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven.

Rijnen, M.M.J.A., 2003. Energetic utilization of dietary fiber in pigs. PhD-thesis Wageningen University, Wageningen, ISBN 90-5808-866-9, 160pp.

Safley, L. M., M. E. Casada, J.W. Woodbury and K.F. Roos (1992). Global methane emissions from livestock and poultry manure. Epa/400/1-91/048. U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C. February 1992.

Sibbesen, E. and Lind, A.M., 1993. Loss of nitrous oxide from animal manure in dungheaps. *Acta Agric. Scand. Sect.B, Soil Plant Sci.* 43, 16-20.

Sommer, S.G., S.O. Pedersen and H.T. Sogaard, 2001. Greenhouse gas emission from stored livestock slurry. *Journal of Environmental Quality* 29: 744-751.

Sommer, S.G., S.O. Petersen and H.B. Møller. 2004. Algorithms for calculating methane and nitrous oxide emissions from manure management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 69: 143– 154.

Staatscourant, 2005. Herplaatsing Wijziging Regeling ammoniak en Veehouderij. 10 augustus 2005, nr 153, pag. 9, Den Haag.

Timmerman, M., A.I.J. Hoofs and A.V. van Wagenberg. 2003. Ammonia emission from four systems for group housed sows. Pp. 122-128 in *Swine Housings II Proceedings of the 12-15 October 2003 Conference (Research Triangle Park, North Carolina USA)*

Van Amstel, A.R., Swart, R.J., Frol, M.S., Beck, J.P., Bouwman, A.F. and Van der Hoek, K.W., 1993. Methane, the other greenhouse gas. Research and policy in the Netherlands. RIVM Report 481507001.

Van der Hoek, K.W. and M.W. van Schijndel, 2005. Methane and nitrous oxide emissions from animal manure management, including an overview of emissions 1990 - 2003. Background document for the Dutch National Inventory Report. RIVM report 680.125.002. Bilthoven, the Netherlands. (in preparation).

Van Ouwkerk, E. N. J. (1999). ANIPRO: Klimaat- en energiesimulatiesoftware voor stallen. IMAG-Nota V99-109, Wageningen, 89 pp.

Van Ouwkerk, E.N.J. 1999. Gebruik van drijvende warmtewisselaars in mestkelders van varkensstallen in combinatie met een warmtepomp. Nota V 99-100, IMAG-DLO, Wageningen

Van Wagenberg, A.V., A.J.A. Aarnink en M. Timmerman. 2001. Haalbaarheidsstudie naar de toepassing van warmtepompen in de varkenshouderij. Intern rapport 471, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.

Van Wagenberg, A.V., M.T.J. de Leeuw, H. Gunnink en H. Altena. 2004. Nieuwe meetmethode voor emissies uit stallen met buitenuitloop. Animal Sciences Group, Rapportage opdrachtgever: SenterNovem ROB rapport 0375-01-01-02-2004.

Van Zeeland, A.J.A.M. 1997. Schuine wanden in het mestkanaal van een vleesvarkensstal. Proefverslag P 4.22, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen

Wathes, C.M., J.B. Jones, H.H. Kristensen, E.K.M Jones and A.J.F. Webster. 2002. Aversion of pigs and domestic fowl to atmospheric ammonia. Transactions of the ASAE 45(5): 1605 – 1610.

Wilkerson, V.A., Casper, D.P., Mertens, D.R. and Tyrrell, H.F., 1994. Evaluation of several methane production equations for dairy cows. In Energy metabolism of farm animals (ed. J.F. Aguilera). EAAP Publication no. 76, C.S.I.C., Publishing Service, Granada, Spain.

www.infomil.nl. Schakel tussen milieubeleid en uitvoering, Ministerie van VROM, SenterNovem, Den Haag.

Samenvatting

In het Kyoto-protocol is vastgesteld dat Nederland in 2010 de emissie van broeikasgassen t.o.v. 1990 met 6% terug moet brengen. Het Subsidieprogramma ROB (Reductie Overige Broeikasgassen) heeft als doel de uitstoot van de broeikasgassen (behalve CO₂) met minimaal 8 Mton CO₂-equivalenten te verminderen. In dit kader wordt ook gekeken naar mogelijkheden van emissiereductie van methaan binnen de veehouderij. Koelen van mest lijkt in deze zin een aantrekkelijke optie omdat deze maatregel al is geïmplementeerd in de praktijk vanwege de reducerende werking op de ammoniakemissie. In deze studie is een literatuuronderzoek naar mestkoeling en methaan uitgevoerd, is de potentiële methaanemissie-reductie door mestkoeling in Nederland theoretisch vastgesteld en is een aanzet gegeven voor een meetprotocol voor methaanemissie uit varkensstallen op basis van een analyse van beschikbare datasets.

Het literatuuronderzoek laat zien dat de methaanemissie uit stallen door een veelheid aan factoren beïnvloed wordt, en het een wezenlijk ander proces betreft dan ammoniakemissie. Van de totale methaanemissie uit varkensmest is in de conventionele situatie 32% afkomstig uit de stal. Volgens berekeningen wordt door mestkoeling in vleesvarkensstallen met 6°C koelen en de huidige marktpenetratie van 5%, de methaanemissie uit varkensstallen gereduceerd met 0,03 Mton CO₂ eq (0.36% van de nationale doelstelling). Potentieel, dus bij een marktpenetratie van 100%, zou 0,53 Mton (6,6 % van de nationale doelstelling) gerealiseerd kunnen worden, gegeven de huidige varkensstapel.

Aan de hand van beschikbare datasets met (semi)-continue metingen konden elementen van de meetstrategie nader geanalyseerd worden. Het bleek dat 24 uurgemiddelden (daggemiddelden) van methaanconcentratie en ventilatiedebiet gebruikt kunnen worden, en dat zes meetdagen per jaar nodig zijn, evenredig verdeeld over de groeifasen, om een goede schatting te geven van de methaanemissie per jaar. De datasets lieten geen statistische analyse toe op seizoenen en bedrijven. Op basis van ervaringen met ammoniakemissiecijfers wordt geadviseerd dat op minimaal vier bedrijven gemeten dient te worden en dat meetpunten evenredig over de seizoenen verdeeld dienen te worden.

De datasets van methaanemissie waren afkomstig uit een vleesvarkensstal met frequente mestverwijdering (IC-V systeem). Uit de analyse bleek dat het grootste gedeelte van de methaanemissie endogeen moest zijn, dus door de dieren zelf geproduceerd en nauwelijks afkomstig uit de mest. Dit impliceert dat systemen met frequente mestverwijdering een goede optie zijn om de methaanemissie uit stallen te verminderen. Aangezien verwacht mag worden dat de opslag van mest buiten de stal met lagere temperaturen gepaard gaat, zal netto een lagere emissie uit mestopslag bereikt kunnen worden.

Bij beschrijving van een protocol dient aandacht te zijn voor de omstandigheden waaronder wordt gemeten: de landbouwkundige randvoorwaarden. Deze zijn al eens vastgelegd voor het huidige ammoniakprotocol en kunnen een leidraad zijn voor het methaanprotocol. Bij het methaanprotocol dient daarnaast ook de hoeveelheid mest die opgeslagen is in de stal in beeld gebracht te worden evenals de momenten van lediging van de put, de mate van lediging en eventuele reiniging van de mestkelder tussen productieronden. Bij de uitwerking van de protocollen dient besloten te worden wat de eenheid moet zijn waarin methaanemissie wordt uitgedrukt. Dit legt namelijk eisen op aan het protocol. Het rapport geeft mogelijke alternatieven aan.

Op basis van in dit rapport beschreven nieuwe kennis t.a.v. de meetstrategie, op basis van modelberekeningen en op basis van bestaande kennis omtrent emissieprotocollen van ammoniak zijn drie varianten van een meetprotocol verkend: Variant 1, modelberekeningen; Variant 2, intensief meten aan één stal; Variant 3, extensief meten aan meerdere stallen. De betrouwbaarheid van Variant 1 moet nog vastgesteld worden door validatie-metingen, de voorkeur voor Variant 2 of 3 hangt af van de doelstelling van het meten. In het rapport is een grove kostenraming per variant gegeven. Om een definitief protocol op te stellen met strakke omschrijvingen van randvoorwaarden en gekwantificeerde eisen, is voor alle varianten nog aanvullend onderzoek nodig.

Bijlage: Beoordelingsrichtlijn, 1996

BEOORDELINGSRICHTLIJN
EMISSIE-ARME STALSYSTEMEN

UITGAVE MAART 1996

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Beoordelingsrichtlijn in het kader van de groen label stallen	2
1. Meettechnische randvoorwaarden	2
2. Landbouwkundige randvoorwaarden	3
3. Overige randvoorwaarden	4
4. Meetperiodes per diercategorie	5
5. Omrekening meetgegevens naar ammoniakemissie per dierplaats per jaar	6
6. Drempelwaarden ammoniakemissie voor groen label	6
TABEL 1 Meettechnische randvoorwaarden en te registreren gegevens	8
TABEL 2.1 Landbouwkundige randvoorwaarden en te registreren gegevens rundveehouderij	9
TABEL 2.2 Landbouwkundige randvoorwaarden en te registreren gegevens varkenshouderij	11
TABEL 2.3 Landbouwkundige randvoorwaarden en te registreren gegevens pluimveehouderij	12
TABEL 3 Meetperiodes per diercategorie t.b.v. Meetprotocol	14
TABEL 4 Drempelwaarden ammoniakemissie voor groen label	15
BIJLAGE 1.1 Landbouwkundige randvoorwaarden rundveehouderij MELKVEEHOUDERIJ	16
BIJLAGE 1.2 Landbouwkundige randvoorwaarden rundveehouderij VLEESKALVEREN (WITVLEES)	17
BIJLAGE 1.3 Landbouwkundige randvoorwaarden rundveehouderij VLEESSTIEREN	18
BIJLAGE 2.1 Landbouwkundige randvoorwaarden varkenshouderij GESPEENDE BIGGEN	19
BIJLAGE 2.2 Landbouwkundige randvoorwaarden varkenshouderij KRAAMZEUGEN	20
BIJLAGE 2.3 Landbouwkundige randvoorwaarden varkenshouderij GUSTE EN DRAGENDE ZEUGEN	21
BIJLAGE 2.4 Landbouwkundige randvoorwaarden varkenshouderij VLEESVARKENS	22
BIJLAGE 3.1 Landbouwkundige randvoorwaarden pluimveehouderij LEGHENNEN	23
BIJLAGE 3.2 Landbouwkundige randvoorwaarden pluimveehouderij VLEESKUIKENOUDERDIEREN	24
BIJLAGE 3.3 Landbouwkundige randvoorwaarden pluimveehouderij VLEESKUIKENS	25
BIJLAGE 3.4 Landbouwkundige randvoorwaarden pluimveehouderij VLEESKALKOENEN	26
BIJLAGE 4 Ammoniakemissie metingen aan mechanisch geventileerde stallen	27
BIJLAGE 4.1 Meting mbv een NO _x -analyser gecombineerd met een NH ₃ -converter ..	27
BIJLAGE 4.2 Meting mbv een Infra-rood Fotoakoestische gasmonitor	33

Voorwoord

Deze beoordelingsrichtlijn is het document aan de hand waarvan het bestuur van de Stichting Groen Label aanvragen voor de toekenning van een Groen Label zal beoordelen. De beoordelingsrichtlijn is op verzoek van het bestuur van de Stichting Groen Label (in oprichting) samengesteld door de heren K.W. van der Hoek (RIVM), C.G.J. Leijen, H.J.M. Hendriks, W. Scherphof, A.M. van de Weerdhof (allen IKC-Veehouderij), F. Jansen (Landbouwschap) en J. Oosthoek (IMAG-DLO).

Het bestuur van de Stichting Groen Label heeft op 25 november 1992 aan de ministers unaniem advies uitgebracht over de beoordelingsrichtlijn en de drempelwaarden. De ministers van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij hebben op 7 januari 1993 de beoordelingsrichtlijn voor Groen Label stallen vastgesteld.

In maart 1996 is de beoordelingsrichtlijn op een aantal punten aangepast. Het betreft voornamelijk aanpassingen bij de landbouwkundige randvoorwaarden waaraan de metingen moeten voldoen en de opname van een nieuwe meetmethode voor de ammoniakconcentratie (bijlage 4.2).

Beoordelingsrichtlijn in het kader van de groen label stallen

Deze beoordelingsrichtlijn is het document aan de hand waarvan het bestuur van de Stichting Groen Label aanvragen toetst die bij haar binnen komen om aan een stalsysteem een groen label toe te kennen. Het bestuur kan deze toetsing delegeren naar de Commissie van Advies Groen Label.

Bij de beoordelingsprocedure die het bestuur van de Stichting Groen Label toepast spelen 2 documenten een belangrijke rol:

- aanvraagdocument met ondermeer een beschrijving van het stalsysteem,
- meetrapport met ondermeer een beschrijving van het meetsysteem en de meetgegevens.

Deze beoordelingsrichtlijn is als volgt opgebouwd:

1. Meettechnische randvoorwaarden
2. Landbouwkundige randvoorwaarden
3. Overige randvoorwaarden
4. Meetperiodes per diercategorie
5. Omrekening meetgegevens naar ammoniakemissie per dierplaats per jaar
6. Drempelwaarden ammoniakemissie voor groen label

In deze beoordelingsrichtlijn wordt dezelfde volgorde van diercategorieën aangehouden als in de Uitvoeringsregeling Interimwet Ammoniak en veehouderij 1994.

1. Meettechnische randvoorwaarden

Het meten van de ammoniakemissie van een stal bestaat uit het meten van de hoeveelheid lucht die in een bepaalde tijd de stal verlaat en het meten van de gemiddelde ammoniakconcentratie in die lucht. Uitgangspunt bij de hoeveelheid lucht is dat alle lucht via de

ventilator wordt afgevoerd.

De werkgroep 'Meetmethoden ammoniakemissie uit stallen' heeft in 1993 een overzicht gepresenteerd van toepasbare methoden om ventilatiedebieten betrouwbaar te meten, en van toepasbare methoden om ammoniakconcentraties betrouwbaar te meten. De methoden die de DLO-stalmeetploeg gebruikt voor meting van ventilatiedebiet en ammoniakconcentratie kunnen als norm worden beschouwd, met dien verstande dat voor de meting van de ammoniakconcentratie een alternatieve meetmethode gehanteerd kan worden (infra-rood fotoakoestische gasmonitor).

Het onderzoek naar meetmethodes voor op natuurlijke wijze geventileerde stallen is zover gevorderd dat in het stalseizoen 1994/1995 een aantal meetmethoden vergeleken is op een melkveehouderijbedrijf. Zodra is gebleken dat deze methode algemeen toepasbaar is volgt opname als bijlage in de beoordelingsrichtlijn.

De meettechnische randvoorwaarden zijn in tabel 1 weergegeven. Als algemene eis geldt dat een stal na nieuwbouw of verbouw minimaal 2 maanden in gebruik moet zijn geweest, voordat met ammoniakemissie metingen gestart kan worden. Het meetrapport dient de data van nieuwbouw of verbouw en van eerste opleg daarna te bevatten. Op deze manier wordt het effect van een schone, nog niet eerder gebruikte stal geëlimineerd.

Het ventilatiesysteem en de methode van debietmeting dienen in het meetrapport beschreven te worden. Bij de DLO-stalmeetploeg is in de ventilatiekokers onder de stalventilator een meetventilator geplaatst. De meetventilator geeft per omwenteling een aantal pulsen af, welke continu geregistreerd worden.

De methode van meting van NH_3 -concentratie en temperatuur dient eveneens in het meetrapport beschreven te worden. De NH_3 -concentratie in de uitgeworpen stallucht kan verminderd worden met de NH_3 -concentratie van de ingaande lucht. Het verschil is immers de bijdrage van de gemeten stal. De DLO-stalmeetploeg maakt gebruik van een NO_x -monitor (monitor labs nitrogen oxides analyser). Om condensvorming van ammoniak in de teflonslangen te voorkomen, worden alle slangen met verwarmingslint en isolatiemateriaal omwikkeld. Bijlage 4.1 bevat een beschrijving van de apparatuur die de DLO-stalmeetploeg gebruikt. In bijlage 4.2 wordt een beschrijving gegeven van een meetmethode voor ammoniakconcentratie met behulp van een infra-rood fotoakoestische gasmonitor.

2. Landbouwkundige randvoorwaarden

Landbouwhuisdieren kunnen op uiteenlopende wijze gehuisvest en gevoed worden. Enerzijds wordt het ammoniakemissie-arme karakter van een stal sterk bepaald door het huisvestings- en mestbehandelingssysteem. Anderzijds hebben ook factoren als ventilatiedebiet per dier, staltemperatuur, voersamenstelling, technische kengetallen, enz. invloed op de ammoniakemissie.

In de tabellen 2.1, 2.2 en 2.3 worden de randvoorwaarden aangegeven waaronder de dieren in de te meten stal gehouden moeten worden. Naast deze landbouwkundige randvoorwaarden dient er nog een aantal gegevens geregistreerd te worden en in het meetrapport opgenomen te worden. Deze gegevens hebben betrekking op de inrichting, het klimaat in de stal, de voeding van de dieren, de dierlijke produktie en op gezondheid/hygiëne. De

tabellen geven de onderwerpen aan, een getalsmatige uitwerking vindt plaats in de bijlagen 1, 2 en 3.

Om voor de praktijk representatieve meetresultaten te verkrijgen zijn er eisen gesteld met betrekking tot het aantal dieren en de hokbezetting. In de bijlagen 1, 2 en 3 is per diercategorie het minimum aantal dieren aangegeven die in de te meten stal aanwezig moeten zijn. Bij het begin van de mestperiode dient de bezettingsgraad van de stal minstens 90% te zijn.

Aangezien uitval van dieren de hokbezetting verlaagt is het maximaal toegestane uitvalspercentage onder de landbouwkundige randvoorwaarden expliciet vermeld. Het werkelijke uitvalspercentage gedurende de meetperiode dient in het meetrapport vermeld te worden.

De bijlagen 1, 2 en 3 zijn voor een deel gebaseerd op KWIN 1994 - 1995 (Kwantitatieve informatie veehouderij 1994 - 1995, publikatie van het IKC-Veehouderij). Bij de volgende KWIN publikatie worden de relevante gegevens in de bijlagen 1, 2 en 3 hieraan aangepast.

Vanzelfsprekend dient het gehele huisvestings- en mestbehandelingssysteem beschreven te worden in het aanvraagdocument. Met name dient nauwkeurig aangegeven te worden waarop het emissie-arme karakter berust en hoe dit gecontroleerd kan worden.

3. Overige randvoorwaarden

Onder overige randvoorwaarden worden in deze beoordelingsrichtlijn verstaan: welzijn van dieren, gezondheid van dieren, bedrijfszekerheid en inpasbaarheid, externe veiligheid en andere milieu-beleidsaspecten.

Het welzijn van dieren wordt door de wetgever vertaald in meetbare grootheden als minimale oppervlakte per dier, enz. Het huidig beleid wordt in de bijlagen 1, 2 en 3 vermeld.

De bedrijfszekerheid van een emissie-arm huisvestingssysteem gedurende de meetperiode moet in het meetrapport vermeld worden.

Het aanvraagdocument moet tevens informatie bevatten over:

- bedrijfszekerheid (storingsgevoeligheid, slijtvastheid, enz.)
- bedrijfsinpasbaarheid (praktisch hanteerbaar in de bedrijfsvoering, flexibel, passen in het normale bedrijfsmanagement)
- externe veiligheid (uit- of bijwerking van de installaties en/of emissiereducerende processen op mens, dier en omgeving)
- andere milieu-beleidsaspecten:
 - * andere emissies dan ammoniak (zoals het vrijkomen van N₂O)
 - * energieverbruik
 - * waterverbruik
 - * toevoegmiddelen (o.a. ook spoelmiddelen)
 - * invloed op kwaliteit en volume van de mest.

4. Meetperiodes per diercategorie

Als voldaan is aan de meettechnische randvoorwaarden en de dieren onder de aangegeven landbouwkundige randvoorwaarden worden gehouden, dient nog de periode aangegeven te worden waarin de ammoniak-emissie gemeten moet worden.

In het algemeen zal de emissie in de zomer hoger zijn dan in de winter en daarnaast is het ook mogelijk dat de emissie aan het einde van een mestperiode hoger is dan aan het begin. Per diercategorie zijn hier uitzonderingen op.

In tabel 3 zijn voor de verschillende diercategorieën de perioden aangegeven wanneer de ammoniak-emissie gemeten moet worden. Deze perioden zijn zodanig gekozen dat enerzijds niet langer gemeten wordt dan strikt nodig is en anderzijds dat met de verkregen meetgegevens toch een representatief jaarrond beeld wordt verkregen.

Bij het opstellen van tabel 3 is de volgende filosofie gevolgd.

In het algemeen is ervan uitgegaan dat gedurende 2 opeenvolgende mest rondes (opfokrondes) gemeten moet worden, waarvan de één een oplegdatum heeft die in het tweede kwartaal valt. Voor opfokzeugen, vleesvarkens, opfokhennen, ouderdieren van vleesrassen in opfok en vleeskalkoenen die allen een cyclus van ongeveer 4 maanden kennen, wordt op deze wijze zowel een zomer- als een winterperiode in beschouwing genomen.

Voor vleeskalveren zijn ook 2 opeenvolgende mest rondes genomen. Aangezien dit bijna een jaar meten betekent en omdat er momenteel geen meetcijfers beschikbaar zijn, kan later op basis van alsdan verkregen meetresultaten eventueel besloten worden met een kortere meetperiode te volstaan.

Voor diercategorieën met zeer korte mest rondes geldt een iets andere regeling. Vleeskui-kens en vleeseenden, met beide een mestperiode van ongeveer 6 à 7 weken, dienen gedurende 2 mestperiodes gemeten te worden. Één van deze mestperiodes dient volledig in de periode tussen 1 juni en 1 september te liggen. De andere mestperiode moet volledig in de periode tussen 1 oktober en 1 januari liggen.

Voor diercategorieën met een cyclus van een jaar of langer zou de formule van 2 opeenvolgende mest rondes (produktierondes) betekenen dat langer dan een jaar gemeten moet worden. Voor vleesstieren, melkgeiten, leghennen, pelsdieren en konijnen is in tabel 3 de vereiste meetperiode aangegeven. Voor melkgeiten en pelsdieren wordt (analoog aan vleeskalveren) uitgegaan van jaarrondmetingen, waarbij later op basis van meetresultaten eventueel kortere meetperiodes mogelijk zijn.

Voor de zeugenhouderij is een onderscheid gemaakt tussen biggenopfok, kraamzeugen en guste/dragende zeugen. Bij biggenopfok en bij kraamzeugen dienen metingen uitgevoerd te worden gedurende 2 opfok- cq kraamperiodes, waarvan één periode moet liggen tussen 1 juni en 1 september. Voor guste/dragende zeugen gelden overeenkomstige meetperiodes van een maand om een representatief, jaarrond beeld te krijgen.

Voor diercategorieën met een stal- en een weideperiode wordt natuurlijk alleen in de stalperiode gemeten. Voor rundvee gedurende de volledige periode van 1 december tot 1 april en voor schapen gedurende een periode van 3 maanden tijdens de stalperiode.

Bij al deze meetperiodes geldt als aanvullende voorwaarde dat van minimaal 80% van elke aangegeven meetperiode ook daadwerkelijk meetgegevens beschikbaar dienen te zijn. Zijn door technische storingen aan meetapparatuur, stalinrichting of anderszins gedurende meer dan 20% van de meetperiode geen meetgegevens beschikbaar, dan vervalt daardoor de gehele meetperiode.

Bij een meetperiode waarbij gedurende minder dan 20% van de tijd geen meetgegevens beschikbaar zijn, worden de ontbrekende meetgegevens door het bestuur van de Stichting Groen Label zo goed mogelijk geschat.

5. Omrekening meetgegevens naar ammoniakemissie per dierplaats per jaar

In tabel 1 is reeds aangegeven dat zowel het ventilatiedebiet als de NH_3 -concentratie als uurgemiddelde geregistreerd worden. Vermenigvuldiging levert vervolgens de NH_3 -emissie per uur. In het meetrapport dienen de gesommeerde etmaalemissies te worden gepresenteerd.

Op basis van de gegevens in het meetrapport berekent het bestuur van de Stichting Groen Label de jaarlijkse NH_3 -emissie per dierplaats, waarbij rekening gehouden wordt met de leegstand tussen twee opeenvolgende mest rondes.

Voor de varkenshouderij wordt deze leegstandsperiode vastgesteld op 10% van de mestperiode, met uitzondering van guste/dragende zeugen waarvoor 5% leegstand wordt gehanteerd. Bij vleesvarkens en gespeende biggen eindigt de meetperiode op het moment dat minder dan de helft van het aantal varkens nog aanwezig is. De aanvang van de meetperiode bij kraamzeugen inclusief biggen tot spenen mag niet eerder starten dan maximaal 5 dagen voor de gemiddelde werpdatum (indien nodig achteraf corrigeren), maar niet later dan de dag dat de eerste zeug gebigd heeft. De speenleeftijd van elke individuele big moet minimaal 3 weken zijn. In de eindsituatie moet nog minimaal 85% van de kraamzeugen, waarmee in het begin van de meetperiode gestart is, aanwezig zijn.

Voor de rundveehouderij en voor de pluimveehouderij wordt de leegstandsperiode vastgesteld op 14 dagen per ronde, met uitzondering van melkvee, jongvee, afmesten van vleesstieren, schapen, melkgeiten, pelsdieren en konijnen. Voor deze met name genoemde diercategorieën wordt niet met leegstand gerekend. Voor ouderdieren van vleesrassen en scharrelkippen wordt gerekend met een leegstandsperiode van 4 weken per ronde.

Voor melkvee, jongvee en schapen wordt de emissie berekend voor een stalperiode van respectievelijk 190, 190 en 90 dagen.

Bij de berekening wordt de gemeten NH_3 -emissie van een stal betrokken op het aantal dieren dat aanwezig was aan het einde van de mestperiode dan wel meetperiode.

6. Drempelwaarden ammoniakemissie voor groen label

Een stalsysteem krijgt een groen label als de NH_3 -emissie per dierplaats per jaar lager is dan de drempelwaarde. De NH_3 -emissie dient gemeten te zijn volgens deze beoordelingsrichtlijn. In tabel 4 is voor een aantal diercategorieën de drempelwaarde voor een groen label vermeld.

In de rundveehouderij heeft onderzoek aangetoond dat zowel door technieken als door stalontwerp (verkleining van het met mest besmeurd oppervlak) een reductie van de NH_3 -emissie verkregen wordt. De drempelwaarde in tabel 4 voor melk- en kalfkoeien van 4,4 kg NH_3 per stalperiode van oktober tot mei is gebaseerd op een loopstal met een hellende, niet-gecoate vloer met giergoot of een loopstal met een roostervloer; beiden uitgevoerd met een spoelsysteem. Hierbij dient minimaal om de 2 uur te worden gespoeld met ten minste 10 liter ammoniakvrije vloeistof per m^2 vloeroppervlak per etmaal.

Een alternatief is een loopstal met een hellende, gecoate vloer met giergoot, met als aanvullende voorwaarde een totaal met mest besmeurd oppervlak van maximaal 3 m^2 per koe.

Stalsystemen voor rundvee, waarin andere dan bovenstaande technieken worden toegepast om de NH_3 -emissie te verminderen, kunnen ook in aanmerking komen voor een Groen Label. Uiteraard moet ook bij deze rundveestallen aantoonbaar worden gemaakt, dat de NH_3 -emissie per dierplaats per jaar lager is dan de drempelwaarde.

De drempelwaarde voor vleesvarkens is gebaseerd op resultaten uit onderzoek.

Voor de zeugenhouderij is een opsplitsing gemaakt in: biggenopfok, kraamzeugen inclusief biggen tot spenen en in guste en dragende zeugen. De reden hiervoor is dat deze subcategorieën in afzonderlijke stallen worden gehuisvest, die elk emissie-arm uitgevoerd kunnen worden. De drempelwaarden zijn ook hier gebaseerd op onderzoek.

De huisvesting van opfokzeugen komt overeen met die van vleesvarkens, vandaar dat voor opfokzeugen dezelfde drempelwaarde gekozen is.

De drempelwaarde voor opfokhennen en leghennen is gebaseerd op reeds bestaande stalsystemen die thans al in de Uitvoeringsregeling Interimwet Ammoniak en veehouderij 1994 zijn opgenomen. Dit geldt ook voor pelsdieren.

De drempelwaarde voor vleeskuikens is gebaseerd op resultaten uit onderzoek.

Tabel 4 laat zien dat voor een aantal diercategorieën nog geen drempelwaarden zijn ingevuld. Zodra resultaten uit het onderzoek beschikbaar zijn, worden ook voor deze diercategorieën drempelwaarden aangegeven.

Het bestuur van de Stichting Groen Label kan overwegen aanvragen voor een groen label voor stalsystemen of technieken (cq onderdelen van stalsystemen die effect hebben op de reductie van de ammoniak-emissie) waarover elders reeds betrouwbare meetgegevens voorhanden zijn, zonder een nieuw meetrapport in behandeling te nemen.

Als aan een mechanisch geventileerde emissie-arme stal een groen label is toegekend, kan het bestuur van de Stichting Groen Label overwegen aan een overeenkomstige, op natuurlijke wijze geventileerde stal eveneens een groen label toe te kennen. Zodra er meetmethoden zijn voor op natuurlijke wijze geventileerde stallen geldt dit ook omgekeerd.

TABEL 1 Meettechnische randvoorwaarden en te registreren gegevens

Meettechnische randvoorwaarden	Te registreren gegevens
ALGEMEEN	
<ul style="list-style-type: none">- de stal moet minimaal 2 maanden in gebruik zijn geweest, vóórdat de metingen gestart kunnen worden	<ul style="list-style-type: none">- datum nieuwbouw of verbouw- datum eerste opleg daarna
VENTILATIE	
<ul style="list-style-type: none">- mechanisch geventileerde stallen: afvoer van alle stallucht via de ventilatoren- volautomatische debietmeting- natuurlijk geventileerde stallen: nog geen methode beschikbaar	<ul style="list-style-type: none">- beschrijving ventilatiesysteem en debietmeting- ventilatiedebiet per uur middelen
CONCENTRATIE	
<ul style="list-style-type: none">- volautomatische meting van NH_3 concentratie en temperatuur van zowel ingaande lucht als van de naar buiten geventileerde stallucht	<ul style="list-style-type: none">- NH_3 concentratie en temperatuur per uur middelen

De NH_3 emissie berekenen op basis van uurgemiddelde ventilatiedebiet en NH_3 concentratie. Daggemiddelde emissie berekenen op basis van de uuremissies en per dag registreren. De periode van een uur is een minimumeis. Het is ook toegestaan dat bij elke concentratiemeting de emissie wordt berekend over de voorliggende periode met het gemiddelde debiet over die periode. Op basis van deze emissies over korte periodes wordt dan de uurgemiddelde emissie berekend. Deze laatste manier is normaal gebruikelijk.

TABEL 2.1 Landbouwkundige randvoorwaarden en te registreren gegevens rundveehouderij**MELKVEEHOUDERIJ****Landbouwkundige randvoorwaarden****Te registreren gegevens****1. INRICHTING**

- oppervlak per dier
- aantal dieren
- omschrijving staluitvoering
- idem mestbehandelingssysteem

2. KLIMAAT

- ventilatieniveaus

- zie tabel 1, onderdelen VENTILATIE en CONCENTRATIE

3. VOEDING

- min. 50% van het ruwvoer moet grassilage zijn (op ds basis)

- samenstelling krachtvoer
- samenstelling ruwvoer
- voerverbruik

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

- melkproductie
- vet/eiwitgehalte melk

5. GEZONDHEID/HYGIËNE**6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN**

VLEESVEE**Landbouwkundige randvoorwaarden****Te registreren gegevens****1. INRICHTING**

- | | |
|----------------------|--------------------------------|
| - oppervlak per dier | - aantal dieren |
| | - omschrijving staluitvoering |
| | - idem mestbehandelingssysteem |

2. KLIMAAT

- | | |
|---------------------|---|
| - ventilatieniveaus | - zie tabel 1, onderdelen VENTILATIE en
CONCENTRATIE |
|---------------------|---|

3. VOEDING

- | | |
|-------------------|----------------------------|
| - groei per dag | - samenstelling krachtvoer |
| - voederconversie | - samenstelling ruwvoer |
| | - voerverbruik |

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

- | | |
|---------------------------|----------------------------------|
| - opleg- of startgewicht | - begin en eind productieperiode |
| - eind- of aflevergewicht | |

5. GEZONDHEID/HYGIËNE

- | | |
|--------------------------------|--|
| - oppervlak per dier (welzijn) | - reiniging/ontsmetting: middelen en tijdstippen |
| - uitval | |

6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN

TABEL 2.2 Landbouwkundige randvoorwaarden en te registreren gegevens varkenshouderij

VARKENSHOUDERIJ

Landbouwkundige randvoorwaarden	Te registreren gegevens
1. INRICHTING	
- oppervlak per dier	- aantal dieren - omschrijving staluitvoering - idem mestbehandelingssysteem
2. KLIMAAT	
- temperatuurtrajecten	- zie tabel 1, onderdelen VENTILATIE en CONCENTRATIE
3. VOEDING	
- standaard krachtvoer - groei per dag - voederconversie	- samenstelling krachtvoer - voerverbruik (schema) - voermethode (brij/droogvoer) - methode waterversprekking
4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE	
- opleg- of startgewicht - eind- of aflevergewicht	- begin en eind productieperiode - aantal biggen per zeug
5. GEZONDHEID/HYGIËNE	
- oppervlak per dier (welzijn) - uitval	- reiniging/ontsmetting: middelen en tijdstippen
6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN	

TABEL 2.3 Landbouwkundige randvoorwaarden en te registreren gegevens pluimveehouderij

LEGHENNEN	
Landbouwkundige randvoorwaarden	Te registreren gegevens
1. INRICHTING	
- oppervlak per leghen in de kooi	- aantal dieren
- aantal hennen per m ² staloppervlak	- omschrijving staluitvoering
	- idem mestbehandelingsstelsel
2. KLIMAAT	
- temperatuurtrajecten	- zie tabel 1, onderdelen VENTILATIE en CONCENTRATIE
	- ventilatie via mestdroging
3. VOEDING	
- standaard krachtvoer	- samenstelling krachtvoer
- kg voer per kg ei	- voerverbruik per dag
- voederconversie	- hoeveelheid drinkwater
	- water/voer verhouding
4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE	
- aantal eieren per gemiddeld aanwezige hen	- begin en eind produktieperiode
5. GEZONDHEID/HYGIËNE	
- oppervlak per dier (welzijn)	
- uitval	
6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN	

VLEESKUIKENS/VLEESKALKOENEN/VLEESEENDEN**Landbouwkundige randvoorwaarden****Te registreren gegevens****1. INRICHTING**

- aantal dieren per m²

- aantal dieren
- omschrijving staluitvoering
- idem mestbehandelingssysteem

2. KLIMAAT

- temperatuurtrajecten

- zie tabel 1, onderdelen VENTILATIE en CONCENTRATIE
- verwarmingssysteem

3. VOEDING

- standaard krachtvoer
- groei per dag
- voederconversie

- samenstelling krachtvoer
- voerverbruik
- water/voer verhouding

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

- eind- of aflevergewicht

- begin en eind produktieperiode

5. GEZONDHEID/HYGIËNE

- oppervlak per dier (welzijn)
- uitval

- reinigings-/ontsmettingsmiddel

6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN

TABEL 3 Meetperiodes per diercategorie t.b.v. Meetprotocol

DIERCATEGORIE	MEETPERIODE
melk- en kalfkoeien	- volledige periode 1 december tot 1 april
vrouwelijk jongvee tot ca 2 jaar	- zie melk- en kalfkoeien
vleeskalveren	- 2 opeenvolgende mest rondes (voorlopig: op basis van meetresultaten eventueel aanpassen)
vleesstieren	- 1 periode van 6 maand - deze periode moet beginnen in de maand januari of de maand juli
schapen	- 1 periode van 3 maand gedurende de stalperiode
melkgeiten	- 1 periode van 12 maand (voorlopig: op basis van meetresultaten eventueel aanpassen)
opfokzeugen	- zie vleesvarkens
biggenopfok	- 2 opfokperiodes - één periode moet liggen tussen 1 juni en 1 september
kraamzeugen	- 2 kraamperiodes - één periode moet liggen tussen 1 juni en 1 september
guste/dragende zeugen	- 2 periodes van elk 1 maand - één maand moet liggen tussen 1 juni en 1 september
vleesvarkens	- 2 opeenvolgende mest rondes - de oplegdatum van één van de beide rondes moet in het 2de kwartaal liggen
opfokhennen	- 2 opeenvolgende opfokperiodes - de oplegdatum van één van de beide periodes moet in het 2de kwartaal liggen
leghennen	- 2 periodes van elk 2 maanden - één periode moet liggen tussen 1 juni en 1 september, de andere tussen 1 oktober en 1 januari
ouderdieren van vleesrassen	- zie opfokhennen (ouderdieren in opfok) - zie leghennen (ouderdieren)
vleeskuikens	- 2 mestperiodes - één mestperiode moet liggen tussen 1 juni en 1 september, de andere tussen 1 oktober en 1 januari
vleeskalkoenen	- 2 opeenvolgende mest rondes - de oplegdatum van één van de beide rondes moet in het 2de kwartaal liggen
vleeseenden	- 2 mestperiodes - één mestperiode moet liggen tussen 1 juni en 1 september, de andere tussen 1 oktober en 1 januari
pelsdieren	- 1 periode van 12 maand (voorlopig: op basis van meetresultaten eventueel aanpassen)
konijnen	- 2 periodes van elk 2 maanden - één periode moet liggen tussen 1 juni en 1 september

TABEL 4 Drempelwaarden ammoniakemissie voor groen label
aangegeven in kg NH₃ per dierplaats per jaar

DIERCATEGORIE	DREMPELWAARDE	OPMERKINGEN
melk- en kalfkoeien	4,4	stalperiode
vrouw. jongvee tot ca 2 jaar		stalperiode
vleeskalveren		
vleesstieren		
schapen		stalperiode
melkgeiten		
opfokzeugen	1,5	zie vleesvarkens
biggenopfok	0,3	
kraamzeugen	4,0	
guste/dragende zeugen	2,5	
vleesvarkens	1,5	
opfokhennen droge mest	0,020	zie hoofdstuk 6
opfokhennen natte mest	0,020	zie hoofdstuk 6
leghennen droge mest	0,035	zie hoofdstuk 6
leghennen natte mest	0,035	zie hoofdstuk 6
ouderdieren vleesrassen <19 wk		
ouderdieren vleesrassen >19 wk	0,30	
vleeskuikens	0,015	
vleeskalkoenen		
vleeseenden		
pelsdieren	0,25	zie hoofdstuk 6
konijnen		
paarden		
pony's		

N.B. Deze tabel wordt regelmatig gewijzigd door het toevoegen of aanpassen van drempelwaarden. Wijzigingen worden in de Staatscourant gepubliceerd.

BIJLAGE 1.1 Landbouwkundige randvoorwaarden rundveehouderij**MELKVEEHOUDERIJ****1. INRICHTING**

Niet van toepassing.

2. KLIMAAT

Het ventilatiedebiet van mechanisch geventileerde stallen dient gemiddeld over de gehele periode 300 - 600 m³/koe/uur te bedragen.

3. VOEDING

Het ruwvoerrantsoen moet voor minimaal 50% (op droge stofbasis) uit grassilage bestaan. Gangbare standaard krachtvoerders naar behoefte.

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

De gemiddelde melkgift dient minimaal te zijn 20 kg meetmelk/lacterende koe/dag.

5. GEZONDHEID/HYGIËNE

Niet van toepassing.

6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN

De meting dient uitgevoerd te worden bij een groep die bestaat uit minimaal 30 koeien, waarvan maximaal 25% droogstaand.

BIJLAGE 1.2 Landbouwkundige randvoorwaarden rundveehouderij**VLEESKALVEREN (WITVLEES)****1. INRICHTING**

Conform Besluit 576, houdende regelen ter zake van het houden en huisvesten van kalveren (kalverenbesluit). De kalveren tot 8 weken mogen in éénlingboxen zijn gehuisvest met een lengte van 130 cm en een breedte van 0,8 maal de schofthoogte. Boven 8 weken moeten de éénlingboxen een breedte hebben van 81 cm en een lengte van 180 cm, danwel groepshuisvesting waarbij ze tenminste moeten beschikken over 1,5 m² aan loop/ligruimte.

2. KLIMAAT

Het gemiddelde ventilatiedebiet dient te zijn 0,5 - 1,0 m³/kg lichaamsgewicht/uur.

3. VOEDING

De dieren moeten gevoerd worden met melkpoeder waarvan het ruw-eiwit gehalte ligt tussen 180 en 240 gram per kg poeder.

De voeding dient gericht te zijn op de produktie van witvlees.

De dieren dienen gemiddeld de volgende groei te hebben:

leeftijd 0 - 12 weken 800 - 1000 gram/dag

leeftijd 12 - 22/27 weken 1000 - 1300 gram/dag

leeftijd 0 - 22/27 weken 1000 - 1150 gram/dag

De voederconversie over de gehele periode van 0 tot 22/27 weken dient 1,7 - 2,1 te bedragen.

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

Het begingewicht van de kalveren dient 40 - 45 kg te bedragen en het eindgewicht bij 22/27 weken 210 - 260 kg.

5. GEZONDHEID/HYGIËNE

Het uitvalspercentage moet kleiner dan of gelijk zijn aan 5% van het aantal dieren die bij het begin van de mestperiode aanwezig waren.

6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN

De meting dient uitgevoerd te worden bij een koppel die bestaat uit minimaal 40 dieren.

BIJLAGE 1.3 Landbouwkundige randvoorwaarden rundveehouderij**VLEESSTIEREN****1. INRICHTING**

Het oppervlak per stier in de afmeststal moet liggen tussen 1,5 en 1,8 m². Het aantal stieren dient evenredig over de leeftijdscategorieën verdeeld te zijn, met als gemiddelde leeftijd 10 - 12 maand.

2. KLIMAAT

Het gemiddelde ventilatiedebiet dient te zijn 0,5 - 1,0 m³/kg lichaamsgewicht/uur.

3. VOEDING

De dieren moeten gevoerd worden met snijmais als basis in het rantsoen en minimaal 2 kg stierenbrok per stier per dag.

Het ruw-eiwit gehalte in het rantsoen moet in de volgende range liggen:

125 - 185 gram per kg droge stof

De dieren dienen gemiddeld de volgende groei te hebben:

leeftijd 5 - 9 maanden 1000 - 1200 gram/dier/dag

leeftijd 9 - 16 maanden 1000 - 1400 gram/dier/dag

De voederconversie is voor vleesstieren niet van toepassing.

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

Het begingewicht dient minimaal 150 kg te bedragen en het levend eindgewicht 550 - 700 kg.

5. GEZONDHEID/HYGIËNE

Het uitvalspercentage moet kleiner dan of gelijk zijn aan 5% van het aantal dieren die bij het begin van de mestperiode aanwezig waren.

6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN

De meting dient uitgevoerd te worden bij een koppel die bestaat uit minimaal 50 dieren.

BIJLAGE 2.1 Landbouwkundige randvoorwaarden varkenshouderij**GESPEENDE BIGGEN****1. INRICHTING**

Volgens het varkensbesluit geldt de volgende minimum oppervlakte (volledig rooster is toegestaan): tot 30 kg 0,30 m² netto per dier.

2. KLIMAAT

De varkens moeten gehouden worden bij een temperatuur die gelijk of hoger is dan de ondergrens van de thermo-neutrale zône (volgens Sterrenburg en van Ouwerkerk). De minimum staltemperatuur bedraagt:

gewicht in kg	7	9	11	14	18	23
temperatuur in C	23	21	19	18	17	16

3. VOEDING

De varkens moeten gevoerd worden volgens de gangbare standaard voeders. Het ruw-eiwit gehalte en de energiewaarde moeten in de volgende range liggen:

biggen speenvoer	175 - 200 gram ruw eiwit per kg voer
babybiggenvoer	170 - 190 gram ruw eiwit per kg voer
biggen speenvoer	1,10 - 1,20 energiewaarde (EW)
babybiggenvoer	1,07 - 1,13 energiewaarde (EW)

De hoeveelheden voer die per dag aan de varkens verstrekt dienen te worden, moeten overeenkomstig zijn met de voerschema's van het Centraal Veevoederbureau.

De dieren dienen gemiddeld een groei te hebben die minimaal 350 gram per dag is.

De voederconversie is voor deze beoordelingsrichtlijn niet van toepassing.

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

De varkens dienen een startgewicht te hebben die ligt in een range van 8 en 13 kg gemiddeld voor de koppel, waarbij tevens 80% van de individuele dieren ook binnen dit gewichtstraject moet vallen.

De varkens dienen een eindgewicht te hebben die ligt in een range van 22 en 28 kg gemiddeld gewicht voor de koppel, waarbij tevens 80% van de individuele dieren ook binnen dit gewichtstraject moet vallen.

5. GEZONDHEID/HYGIËNE

Het uitvalspercentage moet kleiner dan of gelijk zijn aan 5% van het aantal dieren die bij het begin van de opfokperiode aanwezig waren.

6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN

De meting dient uitgevoerd te worden bij een afdelingsgrootte die bestaat uit minimaal 50 dieren.

BIJLAGE 2.2 Landbouwkundige randvoorwaarden varkenshouderij**KRAAMZEUGEN****1. INRICHTING**

Volgens het varkensbesluit zijn geen minimum oppervlakte-eisen gesteld voor het huisvesten van kraamzeugen. Echter op grond van de gangbare huisvestingssystemen kan een minimum oppervlakte worden aangegeven van 2,5 m² totaal netto per kraamzeug, inclusief de ruimte voor de bijbehorende biggen.

2. KLIMAAT

De kraamzeugen moeten gehouden worden bij een temperatuur die gelijk of hoger is dan de ondergrens van de thermo-neutrale zône volgens Sterrenburg en van Ouwerkerk. Deze bedraagt:

eerste week	18 C
na 1 week tot spenen	16 C

3. VOEDING

De kraamzeugen moeten gevoerd worden volgens de gangbare standaard voeders. Het ruw-eiwit gehalte en de energiewaarde moeten in de volgende range liggen:

standaardzeugenvoer	140 - 160 gram ruw eiwit per kg voer
lacto-zeugenvoer	150 - 170 gram ruw eiwit per kg voer
standaardzeugenvoer	0,97 - 1,00 energiewaarde (EW)
lacto-zeugenvoer	1,03 - 1,06 energiewaarde (EW)

De hoeveelheden die per dag aan de varkens verstrekt dienen te worden, moeten overeenkomstig zijn met de voerschema's van het Centraal Veevoederbureau. Het voeradvies luidt 1% van het lichaamsgewicht van de zeug, aangevuld met een halve kg voer per big. Omdat het aantal biggen mede bepalend is voor de hoogte van de voergift voor de zeug is een grenswaarde voor de minimum voergift niet voor alle kraamzeugen generiek te geven. Gesteld kan echter worden dat de voergift voor deze categorie zeugen gemiddeld niet lager dan 5 kg per zeug dient te zijn. Een range voor de groei per dag en de voederconversie is voor kraamzeugen niet van toepassing.

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

Een range voor startgewicht en eindgewicht is voor kraamzeugen niet van toepassing.

5. GEZONDHEID/HYGIËNE

Een uitvalspercentage is voor kraamzeugen niet van toepassing.

6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN

De meting dient uitgevoerd te worden bij een groepsgrootte die bestaat uit minimaal 6 dieren.

BIJLAGE 2.3 Landbouwkundige randvoorwaarden varkenshouderij**GUSTE EN DRAGENDE ZEUGEN****1. INRICHTING**

Volgens het varkensbesluit is de minimum oppervlakte-eis voor het huisvesten van guste en dragende zeugen 1 m²/zeug. Tevens is in dit besluit gesteld dat iedere zeug bij individuele huisvesting over een vrije ruimte moet kunnen beschikken van minimaal 2 meter lengte. Echter op grond van de gangbare huisvestingssystemen kan een minimum oppervlakte worden aangegeven van 1,2 m² totaal netto per zeug.

2. KLIMAAT

De zeugen moeten gehouden worden op een temperatuur die gelijk of hoger is dan de ondergrens van de thermo-neutrale zône volgens Sterrenburg en van Ouwerkerk. Deze bedraagt voor de gehele periode 15 C

3. VOEDING

De zeugen moeten gevoerd worden volgens de gangbare standaard voeders. Het ruw-eiwit gehalte en de energiewaarde moeten in de volgende range liggen:

standaardzeugenvoer	140 - 160 gram ruw eiwit per kg voer
zeugen-drachtvoer	125 - 145 gram ruw eiwit per kg voer
standaardzeugenvoer	0,97 - 1,00 energiewaarde (EW)
zeugen-drachtvoer	0,97 - 1,00 energiewaarde (EW)

De hoeveelheden die per dag aan de varkens verstrekt dienen te worden, moeten overeenkomstig zijn met de voerschema's van het Centraal Veevoederbureau. Gemiddeld dient aan deze categorie zeugen dagelijks minimaal 2,40 kg voer per zeug verstrekt te worden.

Een range voor de groei per dag en de voederconversie is voor deze zeugen niet van toepassing.

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

Een range voor startgewicht en eindgewicht is voor deze zeugen niet van toepassing.

5. GEZONDHEID/HYGIËNE

Een uitvalspercentage is voor deze zeugen niet van toepassing.

6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN

De meting dient uitgevoerd te worden bij een groepsgrootte die bestaat uit minimaal 20 dieren.

BIJLAGE 2.4 Landbouwkundige randvoorwaarden varkenshouderij**VLEESVARKENS****1. INRICHTING**

Volgens het varkensbesluit geldt de volgende minimum oppervlakte per dier. Omdat de vloer niet uit geheel rooster mag bestaan, is tevens het minimum oppervlak dichte vloer aangegeven.

Gemiddeld gewicht	minimum oppervlak	waarvan minimaal dicht
van 30 - 50 kg	0,50 m ²	0,20 m ²
van 50 - 85 kg	0,60 m ²	0,25 m ²
van 85 - 110 kg	0,70 m ²	0,30 m ²
meer dan 110 kg	1,00 m ²	0,40 m ²

Een vloer of een gedeelte daarvan, voorzien van gierdoorlatende openingen, wordt als dicht beschouwd indien:

- het totale oppervlakte aan gierdoorlatende opening niet meer dan 5% van de totale oppervlakte van het dichte deel van de vloer bedraagt, en
- de breedte van gierdoorlatende spleten ten hoogste 10 mm en de doorsnede van ronde gierdoorlatende openingen ten hoogste 20 mm bedraagt.

2. KLIMAAT

De varkens moeten gehouden worden bij een temperatuur die maximaal 2 graden Celsius onder de ondergrens van de thermo-neutrale zône mag liggen (volgens Sterrenburg en van Ouwerkerk). De minimum staltemperatuur bedraagt:

gewicht in kg	25	35	45	55	65	75	85	95	>95
temperatuur in C	18	16	15	13	12	10	8	8	8

3. VOEDING

De varkens moeten gevoerd worden volgens de gangbare standaard voeders.

Bij een 2-fase voersysteem moeten het ruw-eiwit gehalte per kg voer en de energiewaarde in de volgende range liggen:

startvoer	165 - 185 gram ruw eiwit	1,03 - 1,15 energiewaarde (ew)
vleesvarkensvoer	155 - 175 gram ruw eiwit	1,03 - 1,18 energiewaarde (ew)

bij een 3-fase voersysteem gelden de volgende ruw-eiwit gehalten en energiewaarden:

startvoer	165 - 185 gram ruw eiwit	1,03 - 1,15 energiewaarde (ew)
groeivoer	150 - 170 gram ruw eiwit	1,03 - 1,15 energiewaarde (ew)
afmestvoer	140 - 160 gram ruw eiwit	1,03 - 1,18 energiewaarde (ew)

De hoeveelheden voer die per dag aan de varkens verstrekt dienen te worden, moeten overeenkomstig zijn met de voerschema's van het Centraal Veevoederbureau. Hierbij geldt als minimum hoeveelheid de hoeveelheden die vermeld staan bij een gemiddelde groei van 700 gram per dag. De dieren dienen gemiddeld een groei te hebben die ligt in een range van 700 en 900 gram per dag. De varkens dienen gemiddeld een EW-conversie te hebben die ligt in een range van 2,75 en 3,20 EW-conversie.

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

De varkens dienen een startgewicht te hebben die ligt in een range van 22 en 28 kg gemiddeld voor de koppel, waarbij tevens 80% van de individuele dieren ook binnen dit gewichtstraject moet vallen.

De varkens dienen een eindgewicht te hebben die ligt in een range van 80 en 90 kg gemiddeld ge gewicht voor de koppel, waarbij tevens 80% van de individuele dieren ook binnen dit gewichtstraject moet vallen.

5. GEZONDHEID/HYGIËNE

Het uitvalspercentage moet kleiner dan of gelijk zijn aan 5% van het aantal dieren die bij het begin van de mestperiode aanwezig waren.

6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN

De meting dient uitgevoerd te worden bij een afdelingsgrootte die bestaat uit minimaal 50 dieren.

BIJLAGE 3.1 Landbouwkundige randvoorwaarden pluimveehouderij**LEGHENNEN****1. INRICHTING**

De leghennen dienen gehuisvest te worden volgens de EG-Richtlijn 1988, dat wil zeggen de oppervlakte bedraagt minimaal 450 cm²/hen en de voerbaklengte bedraagt minimaal 10 cm per hen.

2. KLIMAAT

De hennen dienen gehouden te worden bij een temperatuur van 20 - 25 C.

3. VOEDING

De hennen moeten gevoerd worden met gangbare standaard handelsvoerders.

Het voerverbruik per aanwezige hen vanaf 20 weken dient in de volgende range te liggen:

witte leghorn	103 - 121 gram per dag
middel zwaar	110 - 125 gram per dag
scharrelkippen (grondhuisvesting)	119 - 137 gram per dag

De voederconversie dient in de volgende range te liggen:

witte leghorn	2,04 - 2,37
middel zwaar	2,09 - 2,36
scharrelkippen (grondhuisvesting)	2,30 - 2,64

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

Het aantal eieren per opgehokte hen dient in de volgende range te liggen:

witte leghorn	320 - 335 stuks per legperiode (ca 410 dagen)
middel zwaar	305 - 315 stuks per legperiode (ca 395 dagen)
scharrelkippen (grondhuisvesting)	305 - 315 stuks per legperiode (ca 395 dagen)

Het gemiddeld eigewicht dient in de volgende range te liggen:

witte leghorn	58 - 65 gram
middel zwaar	61 - 66 gram
scharrelkippen (grondhuisvesting)	61 - 64 gram

5. GEZONDHEID/HYGIËNE

Het uitvalspercentage mag niet hoger zijn dan (per volledige productieperiode):

witte leghorn	6
middel zwaar	6
scharrelkippen (grondhuisvesting)	5

6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN

De meting dient uitgevoerd te worden bij een koppel die bestaat uit minimaal 500 dieren.

BIJLAGE 3.2 Landbouwkundige randvoorwaarden pluimveehouderij**VLEESKUIKENOUDERDIEREN****1. INRICHTING**

De bezetting dient te liggen tussen 5 en 8 dieren/m² (bij de opzet, dit is inclusief de hanen). Bij kooihuisvesting worden 9-11 dieren/m² kooioppervlak gehouden.

2. KLIMAAT

De ingestelde minimumtemperatuur in een vleeskuikenouderdierenstal dient 18 - 20 C te zijn.

3. VOEDING

De dieren moeten gevoerd worden met een gangbaar standaard handelsvoeder.

Het voerverbruik per aanwezig dier vanaf 22 weken dient in de volgende range te liggen (dit is inclusief graan): 150 - 170 gram per dag

Dit komt overeen met 40 - 45 kg per aanwezig dier vanaf 22 weken.

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

Het aantal broedeieren per 22-weekse hen dient in de volgende range te liggen: 140 - 160

5. GEZONDHEID/HYGIËNE

Het uitvalspercentage (inclusief selectie) per opgehokt dier mag niet meer bedragen dan:

hennen	15
hanen	40

6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN

De meting dient uitgevoerd te worden bij een koppel die bestaat uit minimaal 200 dieren.

BIJLAGE 3.3 Landbouwkundige randvoorwaarden pluimveehouderij**VLEESKUIKENS****1. INRICHTING**

De bezetting dient te zijn 22 - 25 opgehokte kuikens/m² staloppervlak (zonder uitladen), dit komt overeen met 35 - 45 kg levend gewicht/m² op 39 tot 45 dagen.

2. KLIMAAT

De vleeskuikens worden gehouden bij een begintemperatuur van 32 - 35 C, welke met 0,5 - 0,6 C per dag afgebouwd wordt tot circa 20 C.

3. VOEDING

De dieren moeten gevoerd worden met een standaard handelsvoeder.

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

De vleeskuikens dienen een eindgewicht te hebben van ca 1825 gram (range 1550 - 2200 gram) op een leeftijd van 43 dagen (range 39 - 45 dagen).

5. GEZONDHEID/HYGIËNE

Het uitvalspercentage mag niet hoger zijn dan 10% van het aantal dieren die bij het begin van de mestperiode aanwezig waren.

6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN

De meting dient uitgevoerd te worden bij een koppel die bestaat uit minimaal 1000 dieren.

BIJLAGE 3.4 Landbouwkundige randvoorwaarden pluimveehouderij**VLEESKALKOENEN****1. INRICHTING**

De bezetting moet liggen tussen de 4 - 4,5 dieren/m² (per bedrijf).

2. KLIMAAT

Het temperatuurverloop bij vleeskalkoenen is als volgt:

week 1	36 - 30 C onder de straler
	26 - 22 C staltemperatuur
week 2	24 C
week 3	23 C
week 4	22 C
week 5	20 C
week 6 en verder	15 - 18 C

3. VOEDING

De dieren moeten gevoerd worden met een gangbaar standaard handelsvoeder.

De hoeveelheid te verstrekken voer per dier per dag moet volgens de richtlijn van de fokkerijorganisatie geschieden.

De dieren dienen de volgende voederconversie te hebben:

hanen	2,4 - 3,0
hennen	2,4 - 2,8
gemiddeld	2,4 - 2,9

4. FOKKERIJ/REPRODUKTIE

De produktieperioden dienen als volgt te zijn:

hanen	19 - 21,5 weken
hennen	15,5 - 17 weken

De dieren dienen hierbij de volgende aflevergewichten te hebben:

hanen	16,5 - 20 kg
hennen	8,5 - 10 kg

5. GEZONDHEID/HYGIËNE

Het gemiddelde uitvalspercentage dient lager te zijn dan 10%.

6. MINIMUM AANTAL AANWEZIGE DIEREN

De meting dient uitgevoerd te worden bij een koppel die bestaat uit minimaal 150 stuks (50% hanen/50% hennen).

BIJLAGE 4 Ammoniakemissie metingen aan mechanisch geventileerde stallen

zie ook het rapport van de werkgroep 'Meetmethoden ammoniakemissie uit stallen', zoals aangegeven in hoofdstuk 1.

BIJLAGE 4.1 Meting mbv een NO_x-analyser gecombineerd met een NH₃-converter**Algemeen**

Voor het bepalen van een ammoniakemissie is het noodzakelijk zowel ammoniakconcentratie als ventilatie-debiet te registreren. Beide metingen behoeven de nodige aandacht. De ammoniakconcentratiemeting wordt uitgevoerd met een NO_x-analyser gecombineerd met een NH₃-converter. De te analyseren stallucht wordt d.m.v. een kleppensysteem en een verwarmde monsternaleiding naar de centraal geplaatste analyzer gevoerd.

Voor het meten van het ventilatie-debiet wordt gebruik gemaakt van commercieel verkrijgbare 'meetventilatoren', dit zijn een groot formaat anemometers met een diameter gelijk aan de diameter van de ventilatiekoker.

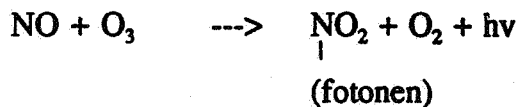
Hieronder volgt een beschrijving van het werkingsprincipe van de gebruikte apparatuur.

Ammoniakconverter

De ammoniakconverter werkt bij ca. 775 °C, het katalytisch actieve materiaal is roestvaststaal. De ammoniakconverter zet zowel NO₂ als NH₃ vrijwel kwantitatief om in NO. De in de stallucht aanwezige andere oxideerbare N-verbindingen (o.a. methylamine) worden vrijwel kwantitatief omgezet in NO. De concentraties van deze verbindingen zijn naar schatting 1 % van de NH₃-concentratie in de stallucht. Met deze mogelijke foutenbron wordt verder geen rekening gehouden.

NO_x-Analyser

De meting van de NO_x-analyser is gebaseerd op de reactie tussen O₃ en NO (zie ook NEN 2039). Tijdens deze reactie wordt NO₂ gevormd en er komen fotonen vrij. De ozon wordt in de analyzer geproduceerd d.m.v. een ozongenerator. Doordat in de reactiekamer een overmaat aan O₃ aanwezig is, is de reactiesnelheid van de reactie:



proportioneel met de NO-concentratie in de reactiekamer.

De fotonenstroom is sterk afhankelijk van druk en temperatuur in de reactiekamer. Zijn druk en temperatuur in de reactiekamer constant dan is de fotonenstroom rechtevenredig met de NO₂-productie en dus met de NO-concentratie in de aangezogen lucht.

Door een hoog vacuüm in de reactiekamers te handhaven en de temperatuur van de reactiekamers op ongeveer 50 °C te houden wordt aan deze voorwaarden voldaan. De fotonenstroom wordt versterkt m.b.v. een PMT (photo multiplier tube), deze PMT wordt gekoeld d.m.v. een peltier-element om een laag ruisniveau te verkrijgen.

NO_x-analyzers voeren continu of semicontinu zowel NO als NO_x concentratiemetingen uit. Voor het NO_x-signaal wordt gebruik gemaakt van een molybdeen converter die NO₂ omzet in NO. De analyzer registreert een NO_x-signaal (NO + NO₂) en een NO-signaal, het verschil tussen beide signalen is de NO₂-concentratie.

Voor stalmetingen, waar NH₃-concentraties hoger dan 10 ppm regelmatig voorkomen, is een NO_x-analyser met een maximumbereik van 0 - 50 ppm een goede keus.

In figuur 1 is ter illustratie het stroomschema opgenomen van een NO_x -analyzer met twee separate meetkamers en een NH_3 -converter in het NO -kanaal. Analyzers met één meetkamer waar tussen geschakeld wordt voor een NO - of een NO_x -meting zijn ook mogelijk.

Combinatie NH_3 -Converter + NO_x -Analyzer

Door een NH_3 -converter in het NO -kanaal van een NO_x -analyzer op te nemen kunnen NH_3 -concentraties continu of semi-continu worden geregistreerd. Dit 'NO-kanaal' registreert de ($\text{NH}_3 + \text{NO}_x$)-concentratie, het andere registreert de NO_x -concentratie. Het verschil tussen beide kanalen is de NH_3 -concentratie.

Bij het bemonsteren van luchtstromen met daarin NH_3 -concentraties op ppm niveau vindt een snelle vervuiling van de reactiekamer in het NO_x -kanaal plaats. Hierdoor was het soms binnen een week niet meer mogelijk een correcte verschilmeting uit te voeren. Door deze vervuiling, met waarschijnlijk ammoniumnitraat en/of -nitriet kristallen, is het uitvoeren van een goede verschilmeting onder deze condities niet mogelijk. Effectief werd daardoor slechts het NH_3/NO_x -kanaal gebruikt voor de ammoniakmeting. Omdat NO_x -concentraties in agrarische gebieden verwaarloosbaar zijn t.o.v. de NH_3 -concentraties in stallen levert dit verder geen problemen op. Van dit feit kan gebruik worden gemaakt door beide kanalen als NH_3 -meetkanaal te benutten.

Meetventilator

Het klimaat in mechanische geventileerde stallen voor met name mestvarkens wordt steeds nauwkeuriger beheerst. Daarbij is een nauwkeurige sturing van het ventilatiedebiet essentieel. In de praktijk worden stallen steeds vaker uitgerust met systemen waarbij een klimaatcomputer m.b.v. een zgn. 'meetventilator' de stalventilatie stuurt. Deze 'meetventilator' is een groot formaat anemometer met een diameter gelijk aan de diameter van de ventilatiekoker.

Voor de ventilatiedebietmetingen wordt gebruik gemaakt van deze 'meetventilatoren'. Teneinde een zo correct mogelijke kalibratie van deze meetventilatoren te verkrijgen wordt hiervoor een exacte kopie van de in de stal geplaatste ventilatiekoker plus ventilator en meetventilator gebruikt.

De kalibratie vindt plaats in de windtunnel opstelling op het IMAG die ontworpen is voor het testen van o.a. stalventilatoren. Deze testopstelling is gebouwd volgens NEN-norm 1048-11. Het debiet door de windtunnel wordt gemeten d.m.v. een meetflens en gecorrigeerd voor temperatuur en druk.

In de drukkamer waarin de ventilatiekoker wordt geplaatst kan m.b.v. extra ventilatoren en een smoorkegel een onder- of overdruk worden ingesteld. De kalibratie van de meetventilator bestaat uit het meten van de frequentie van de meetventilator bij een aantal drukken in de drukkamer (-30, -20, 0, 20 en 30 Pa) en 9 verschillende debieten van de stalventilator (20 - 100%).

Hierna wordt de relatie tussen debietmeting met de meetflens en de frequentie van de meetventilator vastgesteld. Uit alle metingen tot dusver uitgevoerd met een flinke variatie in typen meetventilatoren blijkt dat een rechte lijn door de meetpunten kan worden getrokken die onafhankelijk is van de onder- en/of overdruk in de drukkamer.

Wanneer het ventilatiedebiet minder dan ca. 10% van de maximum ventilatie bedraagt kan de gemeten relatie tussen debiet en frequentie sterk af gaan wijken van een rechte lijn. In de praktijk wordt de ventilatie in stallen altijd geregeld tussen 20% à 30% en 100%. In dit ventilatiebereik is er een recht verband tussen frequentie van de meetventilator en gemeten debiet. Uit de metingen is verder gebleken dat het plaatsen van de meetventilator voor de stalventilator de beste resultaten oplevert.

Bij deze kalibratiemethode wordt geen rekening gehouden met variaties in het ventilatiedebiet en de vertraagde reactie van de meetventilator op deze variaties. Deze invloed is moeilijk te kwantificeren. Maar het is niet waarschijnlijk dat deze een grote invloed heeft op de meting. Via de ventilatiekoker moet bij voorkeur een vrije ongehinderde uitstroming mogelijk zijn. Het is noodzakelijk meetventilatoren te kalibreren in een ventilatiekoker overeenkomstig de werkelijke situatie. Uit deze kalibratie zal blijken of eventueel in de koker aanwezige obstructies problemen veroorzaken.

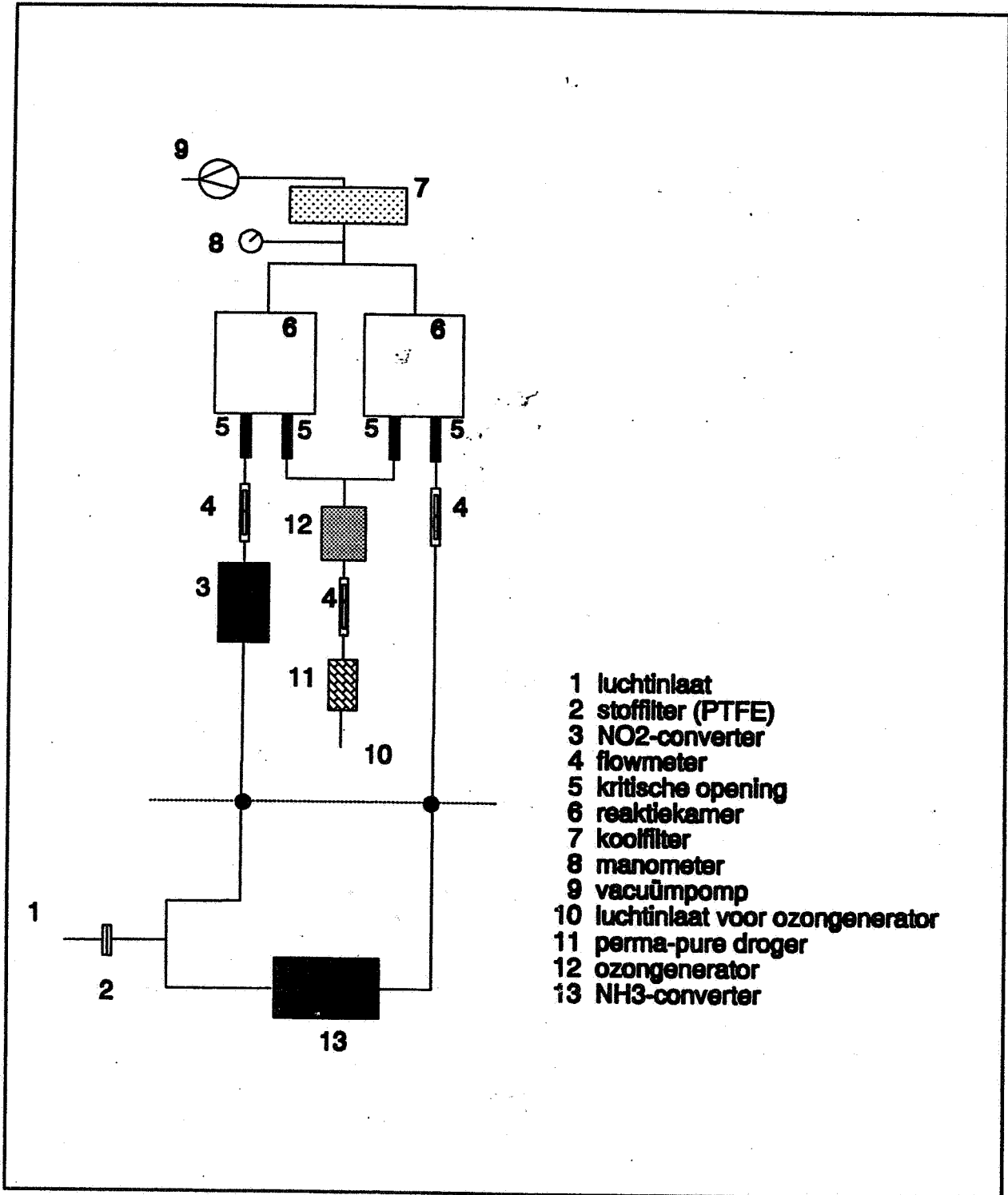


Fig 1 Stroomschema NO_x-analyzer

Monstername- en meetprocedure

Een meetopstelling bestaat uit:

- NO_x-analyser,
- één of meerdere NH₃-converters,
- meetventilatoren,
- signaalkabels,
- verwarmde (verwarmingslint 10-13 W/m) geïsoleerde teflon (FEP) monsternameslang,
- kleppensysteem als multiplexer tussen analyzer en monsternameslang,
- een bypasspomp,
- luchtvochtigheid- en/of temperatuursensoren,
- datalogger voor klepsturing en registratie meetwaarden.

In figuur 2 is een schema opgenomen waarin een aantal mogelijke systemen wordt getoond.

- ad I Het eerste meetsysteem met één centrale 3/8" teflonslang en kleppen op de ventilatiekamer heeft als groot nadeel de lange tijdsduur die nodig is om een evenwichtssituatie in deze slang te bereiken: dit betekende dat pas na 25 min een ammoniakconcentratiemeting kon worden uitgevoerd.
- ad II In het tweede meetsysteem heeft ieder meetpunt een eigen 1/4" teflonslang. De kleppen met bypasspomp zijn bij de analyzer geplaatst. Het voordeel van deze opstelling is dat er slechts in een stukje slang van ongeveer 1 m een evenwichtssituatie moet worden bereikt. Met dit systeem wordt ongeveer iedere 10 minuten een ammoniakconcentratiemeting uitgevoerd. De traagheid wordt veroorzaakt door de ammoniakconverter die deze tijd nodig heeft om het eindniveau te bereiken.
- ad III In het systeem zoals dat nu wordt geplaatst heeft ieder meetpunt een eigen 1/4" teflonslang en zijn de kleppen met bypasspomp bij de analyzer geplaatst. Maar nu wordt in iedere slang zo dicht mogelijk bij het monsternamepunt een NH₃-converter geplaatst. Hierdoor wordt door de slangen na de converter NO getransporteerd. De meetsnelheid van het systeem wordt nu bepaald door de NO_x-analyser. De analyzer is ingesteld op een lopend gemiddelde van 5 sec. Bij analyzers met twee gescheiden kanalen en meetkamers is het mogelijk iedere 60 sec 2 metingen uit te voeren.

Achtergrondmetingen zijn met systemen I en II niet goed mogelijk door de traagheid van de monsternameslang en/of NH₃-converter.

Tijdens transport van NO over grote afstanden door een monsternameslang kan een deel van de NO worden omgezet in NO₂. Daarom worden de NO₂-converters van de NO_x-analyser nog gewoon gebruikt. Uit testmetingen met een teflonslang van 350 m bleek geen verschil meetbaar tussen ammoniakconcentratie (10.3 ppm NH₃) voor en na de slang bij gebruik van de 'highcon' converter.

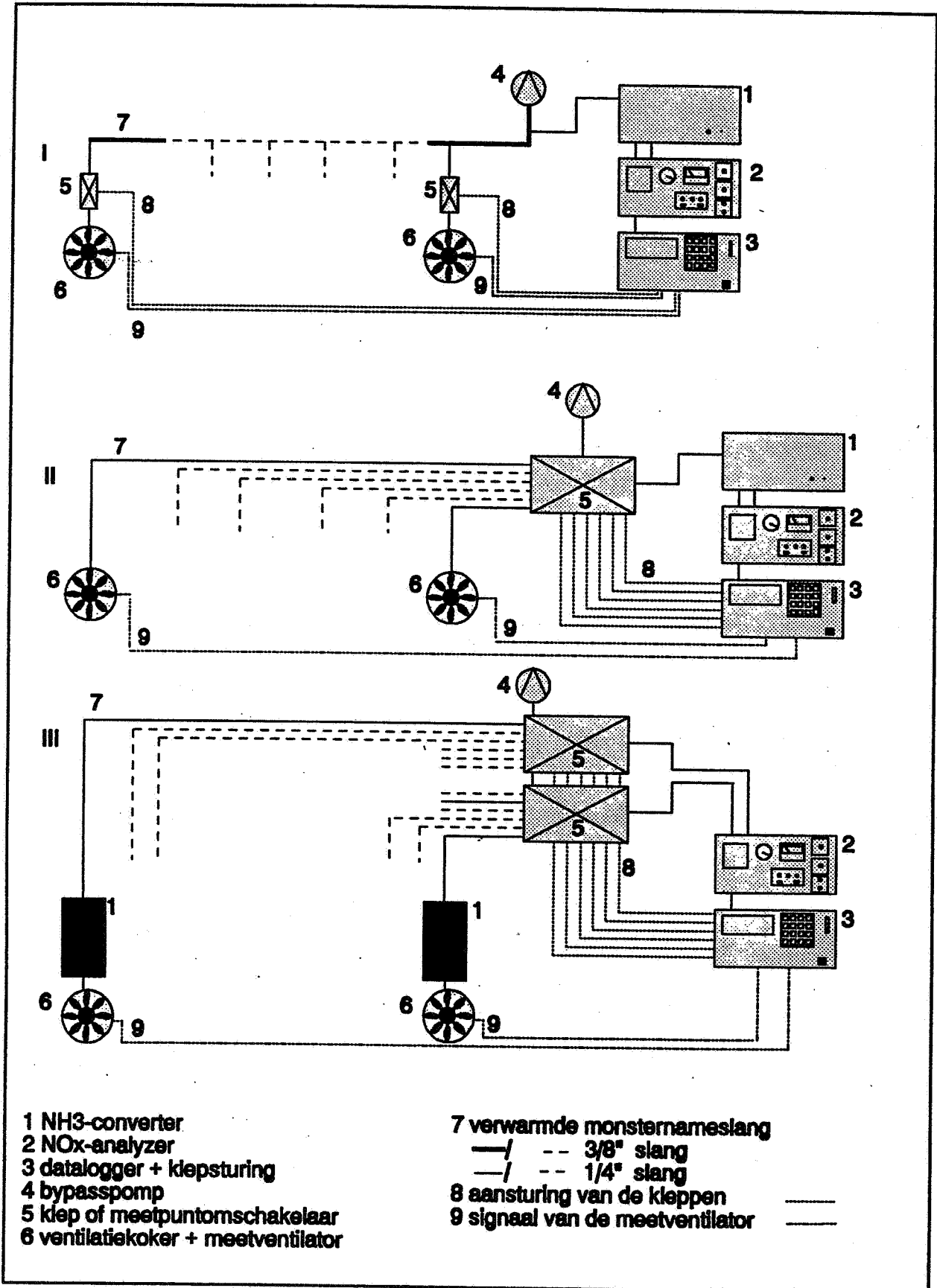


Fig 2 Ammoniakemissiemetopstellingen

Onderhoud

Om een goede werking van de apparatuur te kunnen garanderen moet de apparatuur regelmatig worden gekalibreerd. Verder is het noodzakelijk de apparatuur regelmatig te reinigen met name de flowmeters, de reactie-kamers, de roodfilters en de kritische openingen.

Ter controle van de metingen dienen de volgende werkzaamheden volgens een strak schema uitgevoerd te worden (dit is een voorlopige opsomming):

- a van de meetopstelling een logboek bijhouden,
 - b wekelijks kalibreren m.b.v. een kalibratiegas (± 40 ppm NO in N₂; 80% van de schaal),
 - c regelmatig, afhankelijk van de wekrapporten, de analyzer reinigen,
 - d lineariteit analyzer controleren,
 - e regelmatig de werking van de ammoniakconverter(s) controleren,
 - f werking NO₂-converter controleren,
 - g controle metingen in de stal.
- ad e Hiervoor kan een kalibratiegas, bijvoorbeeld 100 ppm NH₃ in N₂ worden gebruikt. Dit gas wordt verdund met perslucht tot een concentratiewaarde lager dan 50 ppm. Belangrijk hierbij is dat de perslucht niet te droog is, een dauwpunt van ca. 4° C is voldoende vochtig. Wanneer de perslucht een te laag dauwpunt heeft kan de efficiency van de NH₃-converter sterk afnemen.
- ad f De werking van een NO₂-converter kan gecontroleerd worden door m.b.v. een NO_x-generator het NO-ijkgas om te zetten in een mengsel van NO en NO₂.

De omzettingpercentages van de ammoniakconverter(s) moeten voor en na de metingen worden vastgesteld en in de rapportage worden opgenomen.

De meetventilator dient minimaal 1 keer per jaar te worden gekalibreerd, ijklijn en datum van kalibratie moeten worden vermeld.

Voor details van beide aspecten wordt verwezen naar:

- DLO-rapport "Meetmethoden ammoniakemissie uit stallen"
- IMAG-rapport "Handleiding meetmethode ammoniakemissie uit mechanisch geventileerde stallen".

BIJLAGE 4.2 Meting mbv een Infra-rood Fotoakoestische gasmonitor

Algemeen

Voor het bepalen van een ammoniak emissie is het noodzakelijk zowel ammoniak concentratie als ventilatiedebiet te registreren. Beide metingen behoeven de nodige aandacht. De ammoniakconcentratie meting wordt uitgevoerd met een Infra-rood Fotoakoestische gasmonitor. De te analyseren stallucht wordt d.m.v. een meerpuntsmonsternamesysteem en een verwarmde monsternamleiding naar de centraal geplaatste analyser gevoerd.

Voor het meten van het ventilatie debiet wordt gebruik gemaakt van commercieel verkrijgbare 'meet ventilatoren', dit zijn een groot formaat anemometers met een diameter gelijk aan de diameter van de ventilatiekoker.

Hieronder volgt een beschrijving van het werkingsprincipe van de gebruikte apparatuur.

Infra-rood Fotoakoestische gasmonitor

Het meetprincipe van een infra-rood analyser is gebaseerd op het gegeven dat gassen het vermogen hebben tot het absorberen van energie in de vorm van infra-rode straling. Het infra-rode licht passeert een optisch filter wat resulteert in een smalbandige infra-rood bron. Een mechanische chopper (modulator) pulseert het licht met een frequentie van 25 Hz voordat het licht, het in de meetcel opgesloten gasmonster, bereikt. De (temperatuur en) drukvariatie die door de absorptie van de gepulseerde infra-rode straling ontstaat, wordt gemeten door twee op de meetcel aanwezige microfoons. De gemeten intensiteit is een maat voor de aanwezige concentratie. De juiste optisch filters zijn in de filter carousel geïnstalleerd zodat selectief maximaal vijf componenten en water gemeten kunnen worden. Voor ammoniak wordt het filter UA 0976 gebruikt met een centrale golflengte van 10.6 μm en een bandbreedte van 7%. De detectielimiet van ammoniak op dit optische filter bedraagt 0.15 ppm.

De Multi-Gasmonitor compenseert voor de invloeden van temperatuur en waterdamp interferentie.

Waterdamp, wat bijna altijd aanwezig is in omgevingslucht, absorbeert infra-rood licht van nagenoeg iedere golflengte zodat onafhankelijk van het gebruikte optische filter, er altijd een bijdrage van water zal zijn in het akoestisch signaal. Een speciaal optisch filter is permanent in de analyser geïnstalleerd zodat bij elke meting, apart de waterdamp concentratie gemeten wordt. Op deze manier is het mogelijk voor de invloed van waterdamp op de meting te compenseren.

In figuur 1 is ter illustratie het meetprincipe van de Infra-rood Fotoakoestische analyser opgenomen.

Meetventilator

Het klimaat in mechanische geventileerde stallen voor met name mestvarkens wordt steeds nauwkeuriger beheerst. Daarbij is een nauwkeurige sturing van het ventilatie-debiet essentieel. In de praktijk worden stallen steeds vaker uitgerust met systemen waarbij een klimaatcomputer m.b.v. een zgn. "meetventilator" de stalventilatie stuurt.

Deze "meetventilator" is een groot formaat anemometer met een diameter gelijk aan de diameter van de ventilatiekoker.

Voor de ventilatiedebietmetingen wordt gebruik gemaakt van deze "meetventilatoren". Teneinde een zo correct mogelijke kalibratie van deze meetventilatoren te verkrijgen wordt hiervoor een exacte kopie van de in de stal geplaatste ventilatiekoker plus ventilator en meetventilator gebruikt.

Measurement System of the Multi-gas Monitor Type 1302

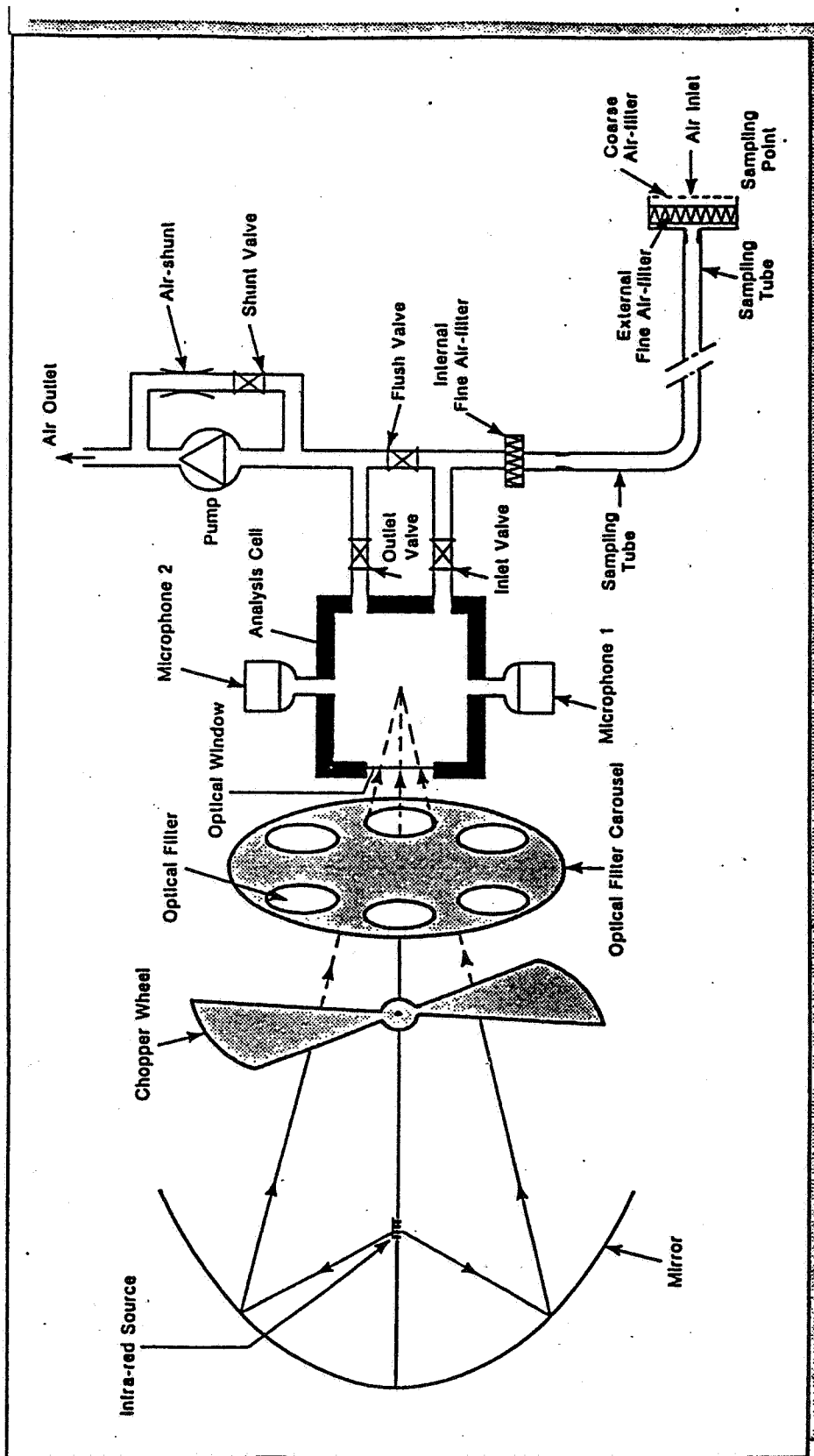


Fig. 1 Infra-rood fotoakoestische analyser

De kalibratie vindt plaats in de windtunnel opstelling op het IMAG die ontworpen is voor het testen van o.a. stalventilatoren. Deze testopstelling is gebouwd volgens NEN norm 1048-11. Het debiet door de windtunnel wordt gemeten d.m.v. een meetflens en gecorrigeerd voor temperatuur en druk.

In de drukkamer waarin de ventilatiekoker wordt geplaatst kan m.b.v. extra ventilatoren en een smoorkegel een onder- of overdruk worden ingesteld.

De kalibratie van de meetventilator bestaat uit het meten van de frequentie van de meetventilator bij een aantal drukken in de drukkamer (-30, -20, 0, 20 en 30 Pa) en 9 verschillende debieten van de stalventilator (20 - 100%).

Hierna wordt de relatie tussen debietmeting met de meetflens en de frequentie van de meetventilator vastgesteld. Uit alle metingen tot dusver uitgevoerd met een flinke variatie in typen meetventilatoren blijkt dat een rechte lijn door de meetpunten kan worden getrokken die onafhankelijk is van de onder- en/of overdruk in de drukkamer.

Wanneer het ventilatiedebiet minder dan ca. 10% van de maximum ventilatie bedraagt kan de gemeten relatie tussen debiet en frequentie sterk af gaan wijken van een rechte lijn. In de praktijk wordt de ventilatie in stallen altijd geregeld tussen 20% à 30% en 100%. In dit ventilatiebereik is er een recht verband tussen frequentie van de meetventilator en gemeten debiet. Uit de metingen is verder gebleken dat het plaatsen van de meetventilator voor de stalventilator de beste resultaten oplevert.

Bij deze kalibratiemethode wordt geen rekening gehouden met variaties in het ventilatiedebiet en de vertraagde reactie van de meetventilator op deze variaties. Deze invloed is moeilijk te kwantificeren. Maar het is niet waarschijnlijk dat deze een grote invloed heeft op de meting.

Via de ventilatiekoker moet bij voorkeur een vrije ongehinderde uitstroming mogelijk zijn. Het is noodzakelijk meetventilatoren te kalibreren in een ventilatiekoker overeenkomstig de werkelijke situatie. Uit deze kalibratie zal blijken of eventueel in de koker aanwezige obstructies problemen veroorzaken.

Monstername en meetprocedure

Een meetopstelling bestaat uit:

- Infra-rood Fotoakoestische analyser
- meetventilatoren
- signaalkabels
- verwarmde geïsoleerde teflon monsternameslang
- kleppensysteem als multiplexer tussen analyser en monsternameslang
- temperatuursensoren
- computer voor klepsturing en registratie meetwaarden

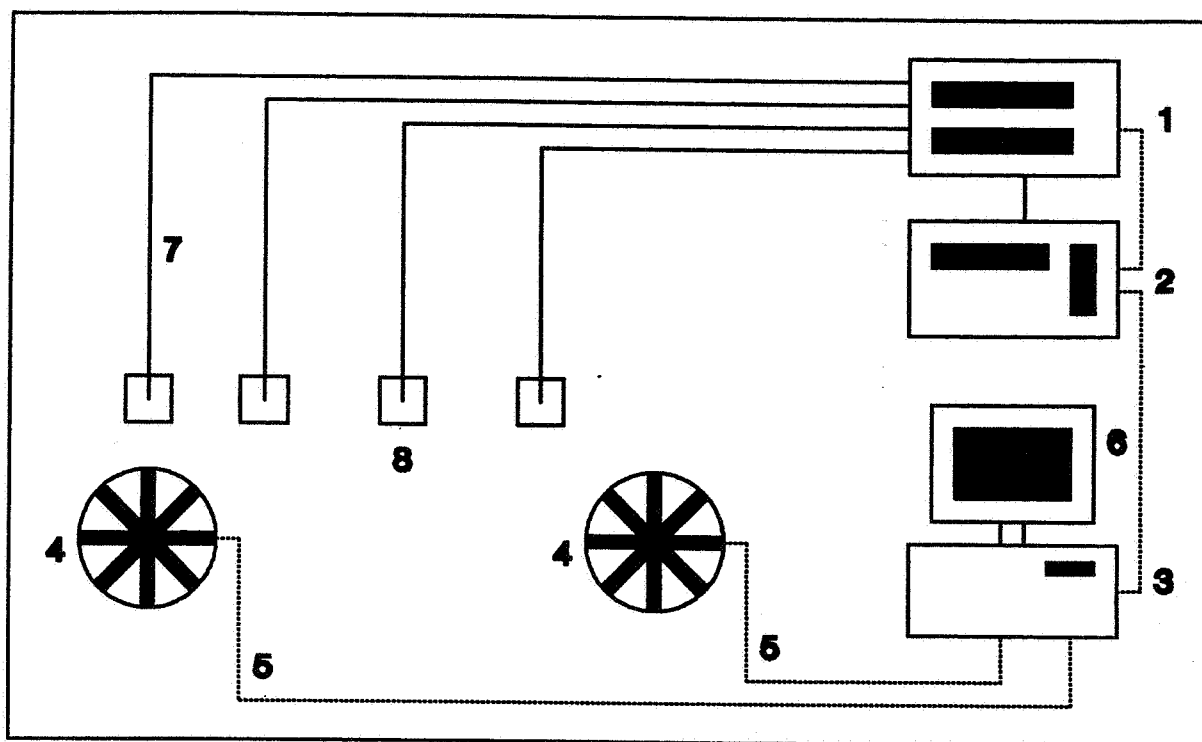
In figuur 2 is een schema opgenomen waarin een mogelijk systeem wordt getoond.

Onderhoud

Om een goede werking van de apparatuur te kunnen garanderen moet de apparatuur regelmatig worden gecontroleerd/gekalibreerd. Verder is het noodzakelijk de stoffilters regelmatig te vervangen.

Ter controle van de metingen dienen de volgende werkzaamheden volgens een strak schema uitgevoerd te worden (dit is een voorlopige opsomming):

- a van de meetopstelling een logboek bijhouden,
- b twee wekelijks controleren van de kalibratie m.b.v. een nat-chemische controlemeting, van zowel stallucht als de ingaande lucht;
- c eens in de drie maanden daadwerkelijk kalibreren van de meetapparatuur (nulpunt-, vocht interferentie- en NH_3 span kalibratie),
- d regelmatig vervangen of reinigen van de stoffilters.



- 1 multiplexer
 2 NH₃ analyser
 3 computer
 4 ventilatiekoker + meetventilator
 5 signaal van de meetventilator
 6 signaal analyser + aansturing multiplexer
 7 verwarmde monsternameslang
 8 stoffilters

Fig. 2 Ammoniakemissiemetopstelling

- ad b Het controleren van de meetwaarden kan gebeuren door gelijktijdig aan de metingen van de analyser, het monstergas door middel van de nat-chemische methode te analyseren en de meetwaarden te vergelijken met de waarden van de analyser.
- ad c Voor de kalibratie kunnen de volgende ijkgasen gebruikt worden:
- nulpunt, N₂ 5.0
 - vocht interferentie, N₂ 5.0 bevochtigd d.m.v Nafion tubing of een wasfles.
 - NH₃ spankalibratie, bijvoorbeeld 100 ppm NH₃ in N₂ waarbij voor en na de kalibratie de juiste concentratie NH₃ wordt vastgesteld d.m.v. de impinger methode.

De resultaten van de twee wekelijkse controle metingen dienen in de rapportage te worden opgenomen.

De meetventilator dient minimaal 1 keer per jaar te worden gekalibreerd, ijklijn en datum van kalibratie moeten worden vermeld.

Voor details van beide aspecten wordt verwezen naar:

- DLO-rapport "Meetmethoden ammoniakemissie uit stallen"
- IMAG-rapport "Handleiding meetmethode ammoniakemissie uit mechanisch geventileerde stallen".