

Opties voor reductie van fijn stof emissie uit de veehouderij

A.J.A. Aarnink (A&F)

K.W. van der Hoek (RIVM)

Colofon

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van VROM.

De auteurs zijn werkzaam bij Agrotechnology and Food Innovations (A&F) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

Titel	Opties voor reductie van fijn stof emissie uit de veehouderij
Auteur(s)	A.J.A. Aarnink & K.W. van der Hoek
A&F nummer	Rapport 289
RIVM nummer	680.500.001
ISBN-nummer	90-6754-852-9
Publicatiedatum	December 2004
OPD-code	630.53811.01
Goedgekeurd door	N.W.M. Ogink

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.

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

The Ministry of VROM of NL has to report to the EU how they are going to fulfill the maximum standards on concentrations of fine dust (PM10) in the ambient air. For this purpose a table was made with reduction options for livestock production, which contributes for approximately 20% to total emission of fine dust in NL. Advantages and disadvantages of different options are described, e.g. reducing fine dust by adding oil or fat to the diet, air scrubbers, air filters, oil and water spraying and measures in animal housing design. Spraying with oil or water is the most cost effective method to reduce emissions of fine dust. However, these systems need to be tested before they can be widely introduced. Low dust emissions need to become one of the requirements of sustainable animal production systems.

Keywords: fine dust, PM10, emission, reduction options, livestock production

Inhoudsopgave

Abstract	3
1 Inleiding	5
2 Methoden	7
3 Resultaten	8
3.1 Voer	8
3.2 Luchtwassers	9
3.3 Filters	10
3.4 Sproeien olie of water	11
3.5 Huisvestingsmaatregelen	12
3.6 Optietabel	14
4 Discussie	22
4.1 Voer	22
4.2 Luchtwassers	22
4.3 Filters	22
4.4 Sproeien olie of water	23
4.5 Huisvestingsmaatregelen	23
4.6 Tot slot	24
5 Conclusies	25
Literatuur	26
Samenvatting	30

1 Inleiding

Uit verschillende publicaties is bekend dat fijn stof (PM10¹) gezondheidsproblemen en vroegtijdige sterfte kan veroorzaken bij de mens. Recent onderzoek (Fischer, 2001) toont aan dat in Nederland jaarlijks ca. 2000 vroegtijdige sterfgevallen zijn geassocieerd met luchtverontreiniging (fijn stof). Het is op dit moment nog onduidelijk welke componenten binnen het fijn stof hiervoor verantwoordelijk zijn.

De laatste jaren is ook vrij veel onderzoek gedaan naar de effecten van stof op de gezondheid van de veehouder. Longproblemen blijken duidelijk meer voor te komen in de agrarische sector, met name bij veehouders, dan bij andere beroepsgroepen (Bongers et al., 1987). Er werd aangetoond dat inademing van (organisch) stof aandoeningen aan de luchtwegen en aan de longen veroorzaakt (Donham et al., 1984, Dosman et al., 1997, Preller en Vogelzang, 1993). Recent onderzoek wijst er op dat aan stof gehechte endotoxinen waarschijnlijk belangrijk bijdragen aan longproblemen bij veehouders (Preller, 1995, Vogelzang, 1999).

Grenswaarden voor fijn stof zijn vastgelegd in Europese wetgeving, de zogenaamde ‘eerste dochterrichtlijn luchtkwaliteit’ (Breugel et al., 2001). Deze normen zijn voor 2005:

- Jaargemiddeld: max. 40 µg/m³
- Daggemiddeld: max. 50 µg/m³ met 35 overschrijdingen.

De huidige gemeten jaargemiddelde concentraties liggen voor Nederland rond de 35 µg/m³. In 1998 zijn 61 en in 1999 48 overschrijdingen gemeten van 50 µg/m³. Op dit moment is het aantal overschrijdingen op sommige plaatsen in Nederland nog steeds te hoog en de verwachting is dat Nederland niet aan de norm per 1 januari 2005 kan voldoen. Vanaf 2010 is het voorstel om de norm nog flink te verzwaren. Vanaf dat jaar wordt een maximale jaargemiddelde norm voorgesteld van 20 µg/m³ met maximaal 7 overschrijdingen van 50 µg/m³. De verwachting is dat deze normen niet haalbaar zijn in Nederland.

De totale emissie van fijn stof in Nederland bedroeg in het jaar 2000 ca. 50 Kton. Hiervan was ca. 10 Kton ofwel 20% afkomstig uit de landbouw (Chardon en Van der Hoek, 2002). Het voorgaande getal is exclusief de bijdrage van winderosie. Van de fijn stof emissie uit de landbouw is het overgrote deel afkomstig van stallen (9,3 Kton in jaar 1998; Chardon en Van der Hoek, 2002). Pluimvee- en varkensstallen, met een bijdrage van 8,39 Kton, zijn veruit de grootste bron van stofemissies. Er zijn ontwikkelingen gaande in de huisvesting van dieren die eerder leiden tot een verhoging dan tot een verlaging van de stofemissie (welzijnsvriendelijke strosystemen in de varkenshouderij; voliëresystemen in de pluimveehouderij; meer dichte vloer in de

¹ Fijn stof is stof dat voor het merendeel bestaat uit deeltjes met een aërodynamische diameter kleiner dan 10 µm. Dit stof wordt aangeduid als PM10. De aërodynamische diameter van een deeltje is de diameter van een bolvormig deeltje met een dichtheid van 1 kg/m³ dat dezelfde valsnelheid heeft als het betreffende deeltje.

varkenshouderij). Met name de omschakeling van batterij naar scharrel-/volièresystemen zal een flinke impact hebben op de stofemissie, met een toename in stofemissie die een factor 10 hoger ligt (Chardon en Van der Hoek, 2002) .

Het Ministerie van VROM moet eind van dit jaar (2004) rapporteren aan de EU hoe Nederland de komende jaren denkt te kunnen voldoen aan de gestelde normen. Hiervoor is inzicht nodig in de mogelijkheden voor reductie van de fijn stof emissie. In dit rapport zijn de belangrijkste opties voor reductie van fijn stof emissie uit de veehouderij op een rij gezet. In een optietabel zijn schattingen gegeven van de reducties en van de kosten per kg fijn stof reductie en per gemiddeld aanwezig dier. Aangezien gezondheidseffecten vooral lijken te worden veroorzaakt door deeltjes kleiner dan $2,5 \mu\text{m}$, is tevens aangegeven of het effect van de optie op de emissie van $\text{PM}_{2,5}$ kleiner, vergelijkbaar of groter is dan het effect op PM_{10} . Gezien de relatief grote bijdrage van de varkens- en pluimveehouderij aan de totale fijn stof emissie, wordt hieraan in dit rapport de meeste aandacht gegeven.

2 Methoden

Op basis van bestaande (wetenschappelijke) kennis zijn de mogelijkheden aangegeven om de stofemissie uit de veehouderij te reduceren. In samenwerking met RIVM is een tabel gemaakt met reductie opties waarin de laatste stand van kennis is opgenomen. In de tabel is een schatting gemaakt van de kosten van de verschillende reducerende opties per kg reductie in fijn stof. Daarnaast is aangegeven of deze maatregelen ook andere positieve dan wel negatieve effecten sorteren. Verder is op basis van het werkingsmechanisme van de optie een inschatting gemaakt van het effect op de emissie van PM2.5.

In de optietabel zijn mogelijkheden van stofreductie via luchtreiniging, als ook via bijvoorbeeld aanpassingen van voer of stalsystemen opgenomen. Voor het bepalen van de reductiemogelijkheden is de huidige tabel met emissiefactoren voor fijn stof, zoals beschreven door Chardon en Van der Hoek (2002) gebruikt als referentiesituatie.

3 Resultaten

In Tabel 1 zijn de belangrijkste opties weergegeven die op dit moment beschikbaar zijn om de stofemissie uit stallen te beperken. In de volgende paragrafen worden de verschillende opties besproken, mede op basis van de kennis die beschikbaar is uit de (internationale) literatuur.

3.1 Voer

Ten aanzien van het voer hebben zich de afgelopen 10 jaar (sinds de referentiemetingen zijn uitgevoerd, Groot Koerkamp et al., 1996) een aantal ontwikkelingen voorgedaan in de varkens- en pluimveehouderij.

- Ontwikkelingen in de varkenshouderij:
 - 1) Ontwikkeling naar meer brijvoersystemen met voeding van bijproducten.
 - 2) Vervanging tapioca door granen in het voer.
 - 3) Energiewaarde voer van biggen en vleesvarkens is toegenomen.
 - 4) Energiewaarde voer van guste en dragende zeugen is afgenomen.
 - 5) Dierlijke vetten worden vervangen door plantaardige vetten.

De resultaten ten aanzien van brijvoer zijn niet altijd eenduidig (Pearson en Sharples, 1995), maar in het algemeen wordt bij brijvoer op basis van mengvoer een lagere stofconcentratie gevonden dan bij droog gepelleteerd voer (Baekbo, 1989, Zeitler et al., 1987). Uit ervaring blijkt echter dat brijvoer op basis van bijproducten meer stof geeft dan droogvoer of brijvoer op basis van mengvoer. Verschillende onderzoekers toonden aan dat meel een duidelijk hogere stofconcentratie geeft dan pellets (Li et al., 1992, Li et al., 1993, Zeitler et al., 1987). In de varkenshouderij in Nederland wordt echter (vrijwel) geen meel meer gevoerd. In het algemeen kan gezegd worden dat het voorkomen van vermorsing van voer erg belangrijk is om stofproductie uit het voer te voorkomen, zowel voor droog- als voor brijvoer. Voor droogvoer is de manier van uitdoseren belangrijk: gebruik van een sleepketting of vijzel (meer stof bij gebruik vijzel), de valhoogte en het al dan niet afsluiten van de voorraadbak rond de valpijp (wordt nog weinig gedaan).

Grondstoffen hebben ook een belangrijke invloed op de stofproductie uit mengvoer. Uit onderzoek van Jones en Parnell (1985) blijkt dat maïs minder stoffig is dan tarwe en sojabonen. Uit onderzoek van Thaler et al. (2002) blijkt dat gerst meer stof genereert dan maïs. De laagste stofproductie kwam in dat onderzoek van maïs met een hoog oliegehalte. Uit ervaring blijkt dat tapioca meer stof geeft dan granen. Granen bevatten van nature meer vet. Daar staat tegenover dat in het verleden bij gebruik van tapioca extra vet aan het mengvoer werd toegevoegd. Het overall effect op de stofproductie uit voer als gevolg van deze verschuiving van tapioca naar granen is moeilijk aan te geven. Meer onderzoek is nodig om het effect van grondstoffen in mengvoer in de stal te kwantificeren.

De energiewaarde van mengvoer voor groeiende varkens (biggen en vleesvarkens) is de laatste 10 jaar wat toegenomen, met name in het midden en het oosten van het land. Dit betekent dat het voer een hoger vetgehalte heeft gekregen. Meer vet betekent een lagere stofproductie. Bij guste en dragende zeugen is de energiewaarde van het voer de laatste 10 jaar niet toegenomen, zelfs eerder afgenomen (welzijnsvoer). Het vetgehalte in deze voeders is echter vrijwel gelijk gebleven. De verwachting is daarom dat de stofemissie als gevolg van veranderingen in het voer bij guste en dragende zeugen vrijwel gelijk is gebleven.

Uit oogpunt van voedselveiligheid (BSE) worden de laatste jaren de dierlijke vetten steeds meer vervangen door plantaardige. De harde vetsoorten (dierlijk vet, palmolievetzuren) lijken het stof in het voer iets minder te binden dan de zachte vetsoorten (soja-, maïs-, koolzaadolie).

- Ontwikkelingen in de pluimveehouderij:
 - 1) Vervanging tapioca door granen in het voer.
 - 2) Dierlijke vetten worden vervangen door plantaardige vetten.

Evenals in de varkenshouderij is ook in de pluimveehouderij een tendens naar vervanging van tapioca door granen als belangrijkste grondstof in het mengvoer. Ook worden de dierlijke vetten in het voer steeds meer vervangen door plantaardige vetten. Het voorgaande heeft het vetgehalte van het voer echter niet of nauwelijks beïnvloed. In mengvoer voor vleeskuikens is het vetgehalte relatief hoog (9 à 10%, waarvan 6 à 8% extra is toegevoegd). Uit onderzoek van Aarnink et al. (1999) blijkt dat het voer bij vleeskuikens ook slechts een geringe bijdrage levert aan het totaal stof. Bij leghennen is het aandeel voerstof waarschijnlijk beduidend groter, met name in de stroloze systemen. Leghennen krijgen vooral meel gevoerd. Zoals bij de varkens al is aangegeven, geeft meel meer stof dan brok. Het vetgehalte in leghennenvoer is relatief laag (2 à 3%). Uit financieel en voertechisch oogpunt is het niet te verwachten dat er over wordt gestapt van meel naar brok of naar hogere gehalten vet in het voer.

3.2 Luchtwassers

Luchtwassers worden in de Nederlandse veehouderij toegepast om de ammoniak- en/of de geuremissie uit stallen te reduceren. De exploitatiekosten (incl. investeringen) van luchtwassers zijn vrij hoog, daarom worden ze tot nu toe alleen toegepast als andere, goedkopere methoden onvoldoende reductie geven van emissies van ammoniak en/of geur.

Een luchtwasser bestaat uit een reactor die gevuld is met een pakkingsmateriaal. Het pakkingsmateriaal heeft een hoge porositeit en een hoog specifiek oppervlak. Door dit zogenaamde filterbed of gepakt bed wordt in het algemeen van onder naar boven ('tegenstroomprincipe') lucht gepompt. Tegelijkertijd wordt periodiek of continu een waterige oplossing over het filterbed gesproeid (wasvloeistof), waardoor een intensief contact tussen lucht-

en waterfase wordt verkregen. De wasvloeistof wordt in het algemeen gerecirculeerd om het watergebruik en/of chemicaliëngebruik te verminderen.

Als gevolg van het contact tussen luchtstroom en wasvloeistof, gaan goed oplosbare componenten uit de lucht in oplossing in de vloeistof en worden vaste delen (stofdeeltjes) uit de luchtstroom gewassen. In de vloeistof wordt de component gebonden of (bio)chemisch omgezet naar andere verbindingen. Om accumulatie van de component en van zijn eventuele afbraakproducten te voorkomen moeten deze uit het systeem worden afgevoerd. Deze afvoer kan plaatsvinden als gasvormige verbinding in de uitgaande luchtstroom of als opgeloste verbinding die het systeem verlaat door het spuien van een deel van de wasvloeistof. Na het spuien van de wasvloeistof dient deze aangevuld te worden. Daarnaast moet de wasser regelmatig worden aangevuld met water als gevolg van verdamping. In een wasser wordt in het algemeen gebruik gemaakt van een kunststof dragermateriaal om inklinking van het pakkingsmateriaal te voorkomen en een goede waterafvoer te garanderen (Melse en Willers, 2004).

Het principe van de biowasser, of het biotricklingfilter, is gebaseerd op de aanwezigheid van micro-organismen in het systeem die in staat zijn een aantal componenten af te breken. Ammoniak kan zo worden omgezet naar nitriet (NO_2^-) en nitraat (NO_3^-), al dan niet gevolgd door omzetting tot stikstofgas (N_2). Een aantal geurverbindingen zal worden afgebroken tot water, CO_2 en sulfaat (Melse en Willers, 2004).

Het principe van een chemische wasser is dat ammoniak uit de lucht wordt gewassen met behulp van zuur. In de praktijk wordt als zuur veelal zwavelzuur (H_2SO_4) gebruikt. De zuurdosering wordt gestuurd met behulp een pH-meting van het recirculatiewater. De frequentie waarmee water gespuid wordt, wordt geregeld op grond van een meting van de geleidbaarheid van de wasvloeistof welke een maat is voor de hoeveelheid ammoniakzout die gevormd is (Melse en Willers, 2004).

Voor het wassen van stof uit de lucht maakt het waarschijnlijk weinig uit of er een bacteriemassa of zuur aanwezig is in het systeem. Het wassend effect wordt vooral door het water gerealiseerd. Uit oogpunt van stofemissie zou het wassen met alleen water dus kunnen volstaan. Tegen geringe extra kosten zijn echter ook de emissies van ammoniak en/of geur belangrijk terug te dringen.

3.3 Filters

Er is een grote verscheidenheid aan stoffilters verkrijgbaar, van groffilters die vooral de grotere stofdeeltjes ($> 10 \mu\text{m}$) wegvangen tot fijnfilters, die ook een deel van het fijnstof ($< 10 \mu\text{m}$) wegvangen tot absoluutfilters die ook hele kleine deeltjes tegenhouden, zoals bacteriën en virussen. Hoe fijner de filters hoe groter de drukval over het systeem en de hoger de energiekosten voor ventilatie. Bij een absoluutfiltersysteem worden filterpakketten opgebouwd van grof naar fijn. Hierbij moeten de goedkopere grovere filters vaker vervangen worden dan de duurere absoluutfilters.

Uit een overzichtsverhaal van Owen (1982) blijkt dat een droogfiltersysteem met interne recirculatie van de lucht op dat moment de meest kostenefficiënte manier was om de stofconcentratie in de stal te verlagen. In experimenten waarin recirculatie filters met een gemiddelde effectiviteit (voor stofverwijdering) werden toegepast werd een verlaging van de stofconcentratie gevonden van 50-60%. Het filter zelf verwijderde het stof met een rendement van meer dan 99%. In verschillende experimenten met gebruik van stoffilters werd een betere groei of gezondheid van de dieren geconstateerd (Carpenter en Fryer, 1990). Volgens Carpenter (1986) verwijderen medium efficiënte filters ook een groot deel van de micro-organismen. Echter, filters met een hogere efficiëntie zijn nodig om ziektekiemen volledig te kunnen verwijderen.

Een andere mogelijke techniek voor reiniging van lucht van deeltjes is het gebruik van elektrostatische filters. Een elektrostatisch filter gebruikt elektrisch geladen polypropyleen en poly-urethaan filtermateriaal dat deeltjes aantrekt. De elektrische lading ontstaat door de geforceerde luchtstroom door het filter. Het voordeel van elektrostatische filters ten opzichte van gewone filters is dat de drukval over het filter veel kleiner kan zijn om een zelfde reinigende werking te hebben. De investeringskosten van dit systeem zijn op dit moment echter nog te hoog om dit systeem in de veehouderij toe te passen (voor vleesvarkens ca. € 1200,- per dierplaats).

3.4 Sproeien olie of water

In de afgelopen 15 jaar is internationaal veel onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om stof in stallen te reduceren via het sproeien van een olie-emulsie in water. Deze methode blijkt zeer effectief te zijn om stof in stallen te reduceren tegen relatief geringe kosten. Bij een goed ontwerp kunnen reducties van 90% bereikt worden. Bij het maken van een systeemontwerp is het volgende belangrijk (Takai en Pedersen, 1999):

- De olieconcentratie moet tenminste 20% zijn. Met deze concentratie wordt de relatieve luchtvochtigheid in de stal slechts licht verhoogd (< 2%).
- Oliedruppels moeten groter zijn dan 150 µm. De druppels moeten namelijk vlug op de vloer vallen i.v.m. de effectiviteit en i.v.m. een eventueel nadelig effect van kleine oliedruppels op de longgezondheid.
- In het algemeen kunnen alle soorten plantaardige oliën worden gebruikt. Alhoewel hierbij enkele opmerkingen zijn te maken:
 - Het is niet nodig om gezuiverde olie te gebruiken, echter de olie moet wel vrij zijn van deeltjes.
 - Olie met een sterke geur is minder geschikt i.v.m. het mogelijke effect op het diergedrag.
 - Olie met een laag Jodium gehalte moet worden gebruikt.
- Het stofbindend effect van de olie is langdurig (meerdere dagen). De sproei-strategie kan daarop worden afgestemd.

De olie lijkt geen nadelig effect te hebben op de gezondheid van dier en mens. Bij het sproeien van raapzaadolie was de verandering in longfunctie tijdens het wegen van varkens nihil, terwijl deze in de controlegroep duidelijk minder werd. Het lagere stofgehalte had geen effect op de productie van de varkens (Takai et al., 1995).

Een alternatief systeem voor het toedienen van olie werd ontwikkeld door Osman et al. (1999). In dit systeem werd stof gereduceerd door raapzaadolie direct over de varkens te sproeien. Twee systemen werden getest: 1) een roller die olie sproeide tijdens het vreten van de varkens; 2) een schuurborstel die olie aanbracht tijdens het schuren van de varkens. De roller reduceerde inhaleerbaar en respirabel stof met respectievelijk 83 en 63%. De schuurborstel met resp. 37 en 41%. Bij de roller werd 10 ml olie per varken per dag gebruikt. Dit is ongeveer 2x zoveel als bij het sproeien van olie in de stallucht werd toegepast (Lemay et al., 2000). Bij de schuurborstel was dit 4,5 ml/dag.

De kosten van het oliesysteem worden voor een deel bepaald door de extra arbeid die nodig is voor het schoonmaken van de hokken.

Het sproeien met water om op deze manier stof te reduceren laat wat wisselende resultaten zien. Water verdampt vrij snel en er is dan ook een veel grotere hoeveelheid water nodig dan de olie-emulsie om een vergelijkbaar effect te bewerkstelligen. Het gevaar bestaat dan tevens dat de luchtvochtigheid in de stal te hoog wordt en/of het strooisel dat eventueel wordt gebruikt te nat wordt. Meer onderzoek is nodig om dit systeem te optimaliseren.

3.5 Huisvestingsmaatregelen

In de afgelopen 10 jaar zijn een aantal ontwikkelingen geweest die de stofemissie sindsdien mogelijk hebben veranderd:

- Ontwikkelingen in de varkenshouderij:
 - 1) Het aandeel roostervloer in hokken is kleiner geworden vanwege de nieuwe welzijnswetgeving.
 - 2) Hellende dichte vloeren zijn deels vervangen door bolle dichte vloeren met een extra rooster voor in het hok.
 - 3) Betonnen roosters zijn deels vervangen door metalen of kunststof roosters.
 - 4) Ontwikkeling naar welzijnsvriendelijke systemen met gebruik van stro(oisel).

Roostervloeren kunnen een belangrijk deel van het stof verwijderen. Stof wat door de roosters naar de mestkelder dwarrelt wordt namelijk door dieractiviteit niet opnieuw in de lucht gebracht. Het verkleinen van het aandeel roostervloer vergroot daarmee de stofemissie uit varkensstallen. Daarentegen zijn veel hellende vloeren bij nieuwbouw of verbouw vervangen door bolle vloeren. Bij bolle vloeren kan het gesedimenteerd stof naar twee zijden worden afgevoerd. Deze trend zorgt daarmee voor een verlaging van de stofemissie. Ook zijn betonnen roosters vervangen door

metalen of kunststof roosters. De doorlaat van deze laatste roosters zijn beduidend beter dan bij gebruik van betonnen roosters. Stof op de roostervloer zal daardoor eerder worden afgevoerd, maar wat nog belangrijker is, feces worden sneller afgevoerd en zullen daardoor minder verstoffen. Guingand (1999) vond in een biggenafdeling met kunststofroosters ca. 50% lagere stofconcentratie als in een afdeling met betonnen roosters.

Uit onderzoek van Banhazi en Cargill (1999) blijkt dat hokbevuiling een heel belangrijke invloed had op de concentraties van totaal en respirabel stof in de stal. Hokbevuiling wordt vooral veroorzaakt door een verkeerde hokinrichting en door hoge temperaturen. De laatste jaren is hierin een sterke verbetering opgetreden in de Nederlandse varkenshouderij. Met name de ontwikkeling naar gebruik van bolle vloeren, het gebruik van smalle diepe hokken en het gebruik van goed doorlatende roosters hebben bijgedragen aan een verbetering van de hygiëne in het hok.

De laatste jaren is een sterke ontwikkeling gaande naar meer diervriendelijke huisvestingssystemen. Een aantal bedrijven is overgeschakeld naar biologische productie. Alhoewel dit aantal zich op dit moment stabiliseert en nog geen 1% uitmaakt van de totale varkensproductie in Nederland, is het streven van het Ministerie van LNV er op gericht dat in het jaar 2010 10% van de landbouw biologisch is (Dossier Biologische landbouw, Ministerie van LNV). Ze speelt daarmee in op de toenemende belangstelling en eisen van de consument ten aanzien van productkwaliteit en de wijze waarop het product tot stand is gekomen (Nota Voedsel en Groen, Dossier Bevorderen voedselveiligheid en Dossier Verbeteren dierwelzijn van het Ministerie van LNV).

Zeugen moeten in Nederland vanaf 2008 in groepen worden gehuisvest. Een systeem waarbij zeugen op stro worden gehouden blijkt voor veel varkenshouders een aantrekkelijk alternatief te zijn. Stallen met stro blijken in het algemeen echter een hogere stofconcentratie en –emissie te hebben dan stallen zonder stro (Aarnink et al., 2004a, Baekbo, 1989, Baekbo en Wolstrup, 1989, Banhazi en Cargill, 1999). Echter in systemen waarin een dik pak stro of strooisel wordt gebruikt blijkt de stofconcentratie relatief laag te zijn (CIGR-working group No 13 "Climatization Environmental Control in Animal Housing", 1994). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het feit dat in een dik pakket stro het gesedimenteerde stof naar onderen dwarrelt in het stropakket. In de onderste lagen is het stro in het algemeen vochtig en deze lagen binden vervolgens dit stof, waardoor het bij activiteit van de dieren niet opnieuw in de lucht terechtkomt. Om stofproductie bij gebruik van stro te beperken zijn drie zaken van belang:

- 1) het hebben van een dik pakket stro(ooisel), zoals hiervoor genoemd;
- 2) het regelmatig afvoeren van oud/vervuild stro en verversen met nieuw stro;
- 3) het verstrekken van kwalitatief goed stro, dat vooraf ontstof is.

- Ontwikkelingen in de pluimveehouderij:

- 1) Ontwikkeling naar welzijnsvriendelijke systemen met gebruik van stro(oisel).

Evenals in de varkenshouderij is ook in de pluimveehouderij een ontwikkeling gaande naar meer welzijnsvriendelijke systemen. De legbatterijen worden op termijn (2012) volledig verboden in de EU. Pluimveehouders moeten daarom op zoek naar alternatieven. Verrijkte kooien, volière en scharreelsystemen zijn alternatieven voor de legbatterij. In deze systemen is strooisel verplicht, evenals in systemen voor biologische productie. Deze ontwikkelingen kunnen een belangrijke verhoging van de stofemissie uit stallen voor leghennen geven in de komende jaren.

In systemen met stro kan de stofemissie worden beperkt door een goede keuze van het stro(oisel). Uit onderzoek van Gustafsson en Von Wachenfelt (2004) blijkt dat in een leghennenstal houtkrullen en kleikorrels duidelijk lagere stofconcentraties gaven dan gehakseld stro, heide of gravel. In onderzoek van Aarnink et al. (2004b) blijkt uit een laboratorium experiment dat houtkrullen en vlasstro beduidend minder stof geven dan stro afkomstig van tarwe, gerst, rogge of hennep. De stofproductie van de laatste strosoorten was vergelijkbaar.

- Ontwikkelingen in de rundveehouderij:

- 1) Ontwikkeling naar welzijnsvriendelijke systemen met vloeren die beter beloopbaar zijn voor melkvee.
- 2) Ontwikkeling naar biologische productie.

Vanwege de vele klauwproblemen die zich voordoen bij melkvee zal er een tendens zijn naar het gebruik van alternatieve vloertypen. Zachte vloeren met een rubberen toplaag zijn een optie. Ook strostallen zijn een optie om klauwproblemen bij rundvee te verminderen (Somers, 2004). Of op middellange termijn strostallen ook hun intrede doen in de Nederlandse melkveehouderij is moeilijk te voorspellen. In Duitsland zijn strostallen voor rundvee vrij normaal. Uit Duits onderzoek blijkt dat een effectieve manier om stofproductie in strostallen voor melkvee te beperken is door stro in een voermenger te mengen met water (Hinz et al., 1999). Op deze manier kon stof tijdens het stro verstrekken met 92% en endotoxinen met 96% worden gereduceerd. Er werd geen negatief effect van het natmaken van het stro op de kwaliteit van het stro en op de gezondheid van de dieren geconstateerd.

In de biologische melk- en vleesveehouderij wordt relatief veel gebruik gemaakt van potstallen. In een eerder onderzoek vonden Hinz et al. (1998) dat een stal met een hellende vloer met stro een hogere stofconcentratie had dan een stal met een dikke laag stro, zoals in de potstal.

3.6 Optietabel

Op basis van de uitgebreide literatuurstudie is een tabel samengesteld met de meest perspectiefvolle opties die op dit moment beschikbaar zijn om de stofemissie uit stallen te

reduceren. In Tabel 1 wordt deze optietabel gegeven. De basis voor de verschillende getallen in de tabel zijn in de voetnoot van de tabel vermeld.

Uit de tabel komen de volgende zaken naar voren:

- Het voerspoor is een relatief dure optie om fijn stof te reduceren uit varkensstallen. Daarnaast is het effect op de totale stofemissie ook vrij beperkt (maximale reductie ca. 30% van de stofemissie uit varkensstallen, ofwel 0,93 kton/jaar).
- De wassers, met name de chemische wasser en de water wasser, zijn relatief goedkope opties om fijn stof emissie uit stallen te reduceren. Het effect op de emissie is ook groot, namelijk ca. 90% reductie van de stofemissie. Dit komt overeen met een maximum te bereiken reductie van 7,5 kton/jaar.
- De kosten van een medium filter zijn vergelijkbaar met die van een chemische wasser. Het medium filter geeft echter nog een iets grotere reductie van de stofemissie (95%). Het voordeel van een chemische wasser is echter dat het tevens ammoniak voor een belangrijk deel uit de lucht wast.
- De kosten van een absoluut filter liggen wat hoger dan van een medium filter. Het absoluut filter haalt echter al het stof uit de lucht. Daarnaast heeft dit filter als voordeel dat het tevens de micro-organismen (bacteriën, virussen) uit de lucht haalt.
- De goedkoopste oplossing voor reductie van stofemissie uit stallen is het sproeien van olie of water. Een belangrijk extra voordeel van deze systemen is dat het tevens de luchtkwaliteit in de stal positief beïnvloedt. Dit in tegenstelling tot de zogenaamde end of pipe oplossingen als de wassers en de filters. De kosten van olie sproeien zijn bij varkens lager dan de kosten voor het sproeien met water. Bij pluimvee is dit bij de strooiselsystemen juist andersom. De reden hiervoor is dat het gesproeide water het mestvolume bij de varkens verhoogt, waardoor de kosten voor afzet van de mest toenemen. Bij pluimvee is verondersteld dat alle water wat gespreeid wordt ook weer verdampt en geen extra toename geeft van de hoeveelheid mest. Daarnaast neemt het aandeel van de oliekosten in de totale kosten belangrijk toe bij hoge stofconcentraties, zoals in de strooiselsystemen.
- Maatregelen zijn het meest effectief in scharrelstallen voor leghennen en in stallen voor vleeskuikens. Dit zijn de stallen met de hoogste stofconcentraties in de stal. Deze stallen hebben ook een groot aandeel in de totale emissie van PM10 in de veehouderij.
- Ontwikkelingen in de veehouderij, met name a.g.v. eisen op het gebied van dierenwelzijn en milieu (ammoniak en geur), kunnen ook leiden tot geheel nieuwe stalconcepten zoals de stal met een dik pakket stro voor guste en dragende zeugen. Deze nieuwe ontwikkelingen leiden tot andere stofemissies. Op basis van het beperkte onderzoek wat op dit gebied is uitgevoerd, is de verwachting dat de stofemissie uit het hiervoor genoemde stalsysteem voor zeugen duidelijk lager zal zijn dan uit een traditionele stal.

Tabel 1. Optietabel voor reductie van fijn stof (PM10) uit stallen.

Optie	Diercategorieën	PM10 emissie 1)	Reductie PM10		Totale kosten		Investeringskosten	Effect PM2,5 5)	Opmerkingen
		Ton/jaar	%	Ton/jaar	€/kg PM10 reductie 2)	€/(jaar. g.a.d.) 3)	€/dier-plaats		
Zachte plantaardige oliën toevoegen aan voer: 6)	Vleesvarkens	2010	15%	300	240	11	0	= 4)	Hogere percentages dan 2% toevoeging zijn ongewenst i.v.m. de kwaliteit van het spek van het varken. Daarnaast ligt een reductie van 30% al redelijk dicht bij het maximum wat bereikt kan worden via het voer (Aarnink et al., 2004a, c).
			30%	600	380	35	0		
	Zeugen incl. biggen	1090	15%	165	262	25	0		
			30%	330	276	52	0		
Dierlijk vet of harde plantaardige oliën toevoegen aan voer: 6)	Vleesvarkens	2010	10%	200	140	4,5	0	= 4)	Het is niet de verwachting dat meer dan 2% vet aan het voer toegevoegd zal worden, zeker niet bij zeugen. Bij vleesvarkens en biggen is dit misschien nog wel mogelijk. De verwachting is dat dan een extra 10% reductie bereikt kan worden voor deze categorieën varkens.
			20%	400	315	19	0		
	Zeugen incl. biggen	1090	10%	110	188	12	0		
			20%	220	209	26	0		
Biowasser	Vleesvarkens	2010	90%	1810	90	25	52	= 11)	Alleen geschikt voor mechanisch geventileerde stallen (> 90% van varkens- en pluimveestallen). Reduceert ammoniak met ca. 70% en geur met ca. 50%. 12)
	Zeugen incl. biggen	1090	11)	980	130	73	155		
	Leghennen scharrel	1670		1505	30	1,7	3,9		
	Leghennen batterij	135		120	365	1,7	3,9		
	Vleeskuikens	3475		3130	21	1,2	2,4		
Chemische wasser	Vleesvarkens	2010	90%	1810	45	13	42	= 11)	Alleen geschikt voor mechanisch geventileerde stallen (> 90% van varkens- en pluimveestallen). Reduceert ammoniak met ca. 95% en geur met ca. 30%. 12)
	Zeugen incl. biggen	1090	11)	980	65	36	125		
	Leghennen scharrel	1670		1505	15	0,9	3,1		
	Leghennen batterij	135		120	180	0,9	3,1		
	Vleeskuikens	3475		3130	11	0,6	1,9		
Water wasser	Vleesvarkens	2010	90%	1810	40	11	42	= 11)	Alleen geschikt voor mechanisch geventileerde stallen (> 90% van varkens- en pluimveestallen). Reduceert ammoniak en geur met ca. 25%. 11)
	Zeugen incl. biggen	1090	11)	980	55	31	125		
	Leghennen scharrel	1670		1505	13	0,7	3,1		
	Leghennen batterij	135		120	155	0,7	3,1		
	Vleeskuikens	3475		3130	9	0,5	1,9		

Optie	Diercategorieën	PM10 emissie 1)	Reductie PM10		Totale kosten		Investeringskosten	Effect PM2,5 5)	Opmerkingen
		Ton/jaar	%	Ton/jaar	€/kg PM10 reductie 2)	€/jaar. g.a.d.) 3)	€/dierplaats		
Medium filter	Vleesvarkens	2010	95%	1910	45	13	80	< 22)	Alleen geschikt voor mechanisch geventileerde stallen (> 90% van varkens- en pluimveestallen). Haalt stofgebonden ammoniak en geur uit de lucht.
	Zeugen incl. biggen	1090	13)	1035	65	38	235		
	Leghennen scharrel	1670		1585	15	0,9	5,8		
	Leghennen batterij	135		130	175	0,9	5,8		
	Vleeskuikens	3475		3300	10	0,6	3,6		
Absoluut filter	Vleesvarkens	2010	100%	2010	60	19	100	=	Alleen geschikt voor mechanisch geventileerde stallen (> 90% van varkens- en pluimveestallen). Haalt stofgebonden ammoniak en geur uit de lucht. Voorkomt tevens verspreiding van ziektekiemen.
	Zeugen incl. biggen	1090	11)	1090	85	53	300		
	Leghennen scharrel	1670		1670	20	1,2	7,4		
	Leghennen batterij	135		135	230	1,2	7,4		
	Vleeskuikens	3475		3475	15	1,0	4,5		
Olie sproeien	Vleesvarkens	2010	90%	1810	9,5	2,6	11	= 23)	Reduceert ammoniak en geur met ca. 25%. 20)
	Zeugen incl. biggen	1090	14)	980	13	7,2	45		
	Leghennen scharrel	1670		1505	5,5	0,3	0,60		
	Leghennen batterij	135		120	15	0,07	0,60		
	Vleeskuikens	3475		3130	6,0	0,4	0,45		
Water sproeien	Vleesvarkens	2010	50%	1005	11,5	1,8	11	= 23)	Reduceert ammoniak en geur bij varkens met ca. 25%. 21) Bij pluimvee kan de ammoniak en geuremissie toenemen a.g.v. een hoger vochtgehalte van het strooisel.
	Zeugen incl. biggen	1090	16)	545	17	5,3	45		
	Leghennen scharrel	1670		835	2,2	0,07	0,60		
	Leghennen batterij	135		68	20	0,05	0,60		
	Vleeskuikens	3480		1740	2,1	0,1	0,45		
Dikke laag stro of diepstrooisel	Guste en dragende zeugen	300	50%	150	p.m. 19)	p.m. 19)	p.m. 19)	< 24)	Gebruik van een dikke laag stro of diepstrooisel betekent dat de veehouder kiest voor een geheel ander stalsysteem.

- 1) Emissiecijfers uit rapport Chardon en Van der Hoek (2002). Deze emissies zijn gebaseerd op het aantal dieren in het jaar 1998 (Chardon en Van der Hoek, 2002) en metingen in de periode september 1993 tot november 1995 (Groot Koerkamp et al., 1996):

Diercategorie	Aantal dieren
Vleesvarkens	6.591.246
Fokzeugen	1.760.154
Legpluimvee, totaal	52.700.287
• Scharrelstal	27.404.149
• Mestbandbatterij	25.296.138
Vleespluimvee	53.477.941

- 2) Bij deze berekeningen is uitgegaan van de fijn stof concentraties en ventilatiedebieten zoals aangegeven in onderstaande tabel. Deze gegevens zijn ontleend aan Groot Koerkamp et al. (1996). Hierbij is de fijn stof concentratie berekend door de totaal stof concentratie te vermenigvuldigen met de factor 0,45 (Chardon en Van der Hoek, 2002).

Diercategorie	PM10 (mg/m ³)	Ventilatie (m ³ /(uur.dier))
Vleesvarkens	1,26	31
Biggen	1,53	13
Guste en dragende zeugen	0,495	58
Legpluimvee		
• Scharrelstal	3,78	2.3
• Mestbandbatterij	0,306	2.3
Vleespluimvee	5,31	1.4

Een verhoudingsfactor van 2,63 is gebruikt voor de verhouding van het aantal biggen t.o.v. het aantal zeugen (inclusief opfokzeugen) (Anonymous, 2004).

- 3) g.a.d. = gemiddeld aanwezig dier. Bij zeugen is hierbij ook het aantal opfokzeugen meegeteld.
- 4) Takai et al. (1996) vonden vergelijkbare reducties voor totaal stof en respirabel stof bij toevoeging van 4% dierlijk vet aan het voer.
- 5) Effect van de optie op emissie van PM_{2,5} vergeleken met de emissie van PM₁₀, gebaseerd op een beredeneerde schatting. ‘=’ is vergelijkbare reductie; ‘<’ is lagere reductie; ‘>’ is grotere reductie.
- 6) De kosten zijn berekend met het lineair optimaliseringsprogramma Bestmix van Fa. Ofida b.v. (België). De grondstofprijzen waren geldig voor de periode van sept. – dec. 2004. Het uitgangsvvoer was als volgt:
- Vleesvarkens: een voeder met een energiewaarde (EW) van 1,05. Dit voer heeft een vetgehalte van ca. 4,7%. Hiervan is 2,45% vet uit de grondstoffen en 2,25% toegevoegde palmolievetzuren (hard plantaardig vet).
 - Biggen: een voeder met een EW van 1,10, een vetgehalte van 3,2%, waarvan 0,93% toegevoegde sojaolie (zacht plantaardig vet).
 - Zeugen: een voeder met een EW van 1,03, een vetgehalte van 3,7%, waarvan 1,33% sojaolie toegevoegd.
- 7) Deze reducties zijn gebaseerd op de volgende informatie uit de literatuur:

- a. Heber en Martin (1988) vonden bij toevoeging van 1% soja olie een reductie van 29,6% in een labopstelling, waar alleen het effect op stofemissie vanaf het voer werd gemeten. Bij een bijdrage van voer aan stof in de stal van 50%, betekent dit een reductie van ca. 15% stof in de stal.
 - b. Thaler en Pohl (1999) en Thaler et al. (1999) vonden bij vleesvarkens reducties van respectievelijk 40 en 37% wanneer maïs met een hoger oliegehalte aan het voer was toegevoegd. De olieconcentratie was 3% hoger dan in het referentievoer.
 - c. In voorgaande onderzoeken bestond het voer voor ca. 75% uit maïs en voor 20% uit sojameel. Dit voer heeft een vetgehalte van ca. 3,9%. Op basis van informatie uit de hiervoor genoemde onderzoeken veronderstellen we een reductie van 15% en 30% bij een toevoeging van 1% en 2% zachte plantaardige olie, respectievelijk. Toevoeging van meer olie geeft een hogere reductie tot een maximum van ca. 50% bij toevoeging van 5% olie (Gore et al., 1986). Het maximum reductiepercentage komt overeen met het aandeel van voer aan de totale stofproductie in de stal. Toevoeging van meer dan 2% olie is ongewenst, aangezien dit een zachter spek bij het varken geeft. Mankell et al. (1995) vonden in een labopstelling reducties van respectievelijk 88 en 97% bij toevoeging van 1 en 3% sojaolie aan het voer. Deze hoge gemeten reducties kunnen waarschijnlijk verklaard worden door een zeer stoffig basisvoer en/of door de manier waarop het stof is gegenereerd en gemeten.
- 8) Deze reducties zijn gebaseerd op de volgende informatie uit de literatuur:
- a. Heber en Martin (1988) vonden bij toevoeging van 1% dierlijk vet een reductie van 17,7% in een labopstelling, waar alleen het effect op stofemissie vanaf het voer werd gemeten. Bij een bijdrage van voer aan stof in de stal van 50%, betekent dit een reductie van ca. 10% stof in de stal.
 - b. Chiba et al. (1985) vonden een reductie van 21% bij toevoeging van 2,5% dierlijk vet en van ca. 50% bij toevoeging van 5% dierlijk vet aan voer van vleesvarkens.
 - c. Takai et al. (1996) vonden een reductie van ca. 40% bij een toevoeging van 4% dierlijk vet.
 - d. In voorgaande onderzoeken (alleen in het onderzoek van Takai et al. (1996) is geen voersamenstelling gegeven) bestond het voer voor ca. 75% uit maïs en voor 20% uit sojameel. Dit voer heeft een vetgehalte van ca. 3,9%. Op basis van de gegevens in de verschillende onderzoeken veronderstellen we een recht evenredig verloop van de reductie met de hoeveelheid toegevoegd vet. Dit betekent een reductie van 10% bij elke % extra vet toevoeging. Het is niet de verwachting dat meer dan 2% extra vet aan het voer toegevoegd zal gaan worden (t.o.v. het basisvoer waaraan al een bepaalde hoeveelheid vet is toegevoegd; zie punt 6).
- 9) Uit oogpunt van voedselveiligheid (BSE) worden de laatste jaren dierlijke vetten steeds meer vervangen door plantaardige. De harde vetsoorten (dierlijk vet, palmolievetzuren) lijken het stof in het voer iets minder te binden dan de zachte vetsoorten (soja-, maïs-, koolzaadolie).

- 10) Extra kosten van het voer gebaseerd op informatie van Vereniging Voorlichting Mengvoederindustrie (VVM, Deventer). Toevoeging van vet veroorzaakt ook aanpassingen van andere grondstoffen. Daarom zijn de kosten niet recht evenredig met de toevoeging, maar nemen de kosten exponentieel toe.
- 11) Informatie uit rapport Aarnink et al. (2004c). De stofreducties zijn in dit onderzoek gemeten bij een chemische wasser en een water wasser. Het is niet zeker of een biowasser eenzelfde reductie geeft. In het onderzoek van Aarnink et al. (2004c) kwam wel naar voren dat de concentratie kiemen in de lucht die uit de wasser kwam hoger was dan van de lucht die de wasser inging.
- 12) Informatie uit rapport Melse en Willers (2004).
- 13) Informatie uit rapport Lommen (2004) en van Camfil b.v., Ede (NL). Dit filter wordt automatisch gereinigd. Filters moeten één maal per 5 jaar worden vervangen.
- 14) Volgens Lemay et al. (2000). Dit onderzoek is uitgevoerd bij vleesvarkens. Verondersteld is dat bij de andere diercategorieën een zelfde reductie kan worden bereikt.
- 15) Volgens Lemay (2004). Verondersteld is dat de investeringskosten per m² gelijk zijn voor alle diersoorten en dat de hoeveelheid benodigde olie evenredig is met de totaal stof concentratie in de referentiestallen (Chardon en Van der Hoek, 2002). Gebruikte hoeveelheid olie per dag in een vleesvarkensstal: 5 mL/m² (Lemay, 2004). De kosten zijn exclusief de kosten voor extra benodigde arbeid om de hokken schoon te maken.
- 16) Volgens Gustafsson en Von Wachenfelt (2004). Dit onderzoek is uitgevoerd bij leghennen in een voliëresysteem. Verondersteld is dat bij de andere diercategorieën een zelfde reductie kan worden bereikt.
- 17) De installatiekosten zijn gelijk gehouden aan de kosten voor het oliesproeisysteem (Lemay, 2004). Bij varkens bestaan de extra kosten vooral uit de kosten van het water en de kosten als gevolg van een hogere mestproductie. Verondersteld is dat het mestvolume met 33% van het gebruikte water toeneemt (evenredig met het aandeel roostervloer in de stal). Aangehouden kosten voor afzet mest: 12 Euro/m³. Bij pluimvee zijn als extra kosten alleen de kosten van het gebruikte water gerekend. Verondersteld is dat het grootste deel van het gesproeide water verdampt uit het strooisel. Gebruikt water per dag in een voliëresysteem: 1 L/m² (Gustafsson en Von Wachenfelt, 2004). Voor de overige diercategorieën is het benodigde sproeiwater evenredig gesteld aan de PM10 concentraties in de referentiestallen (zie tabel onder punt 2).
- 18) Volgens CIGR-working group No 13 "Climatization Environmental Control in Animal Housing" (1994). Het effect van een dik strooiselpakket op stofemissie zal echter vooral ook samenhangen met het management van het stro.
- 19) De extra kosten zijn erg afhankelijk van de uitvoering van het gehele stalsysteem, maar de kosten zijn i.h.a. vergelijkbaar of geringer dan in andere stalsystemen voor zeugen.
- 20) Informatie uit Feddes et al. (1999) en Zhang (1999).
- 21) Schatting.
- 22) Een medium filter verwijdert vrijwel alle deeltjes groter dan 0,5 µm. Kleinere deeltjes worden minder goed afgevangen.

- 23) De verwachting is dat het sproeien van olie of water een vergelijkbaar effect heeft voor kleine als voor grote deeltjes. Hierover zijn echter geen gegevens uit de literatuur.
- 24) De verwachting is dat het effect op de kleine deeltjes wat geringer zal zijn a.g.v. het feit dat de kleine deeltjes minder snel neerslaan in het strobed.

4 Discussie

In de optietabel (Tabel 1) worden verschillende mogelijkheden genoemd om de stofemissie uit stallen te reduceren. Het meest opvallende in deze tabel is dat er grote verschillen zijn in de kosten per kg PM10 reductie van de verschillende opties. Daarnaast komt naar voren dat de kosten van een zelfde optie tussen de verschillende diercategorieën sterk kunnen verschillen. In de volgende paragrafen worden de verschillende opties die genoemd zijn in Tabel 1 achtereenvolgens bediscussieerd.

4.1 Voer

Het bestrijden van emissies bij de bron heeft in het algemeen de voorkeur boven end of pipe oplossingen, aangezien dan niet alleen de emissie uit de stal wordt beperkt, maar tevens de concentratie in de stal wordt verlaagd. Zoals in de inleiding reeds is aangegeven hebben veehouders, met name varkens- en pluimveehouders, veel problemen met de longgezondheid. Het voerspoor lijkt echter vooralsnog niet erg kostenefficiënt om de stofproductie en –emissie te beperken. Hierbij moet worden bedacht dat prijzen van voedergrondstoffen vrij sterk kunnen variëren van jaar tot jaar. Perspectieven kunnen zich in die zin ook wijzigen.

4.2 Luchtwassers

Zoals hiervoor reeds is aangegeven hebben luchtwassers als nadeel dat ze de stofconcentratie in de stal niet verlagen. Het voordeel van luchtwassers is echter dat ze ook de emissie van ammoniak en geur beperken. In de praktijk worden luchtwassers daarom al regelmatig toegepast. De vermindering van de stofemissie is dan een extra voordeel van het gebruik van luchtwassers. Recent is aangetoond dat chemische luchtwassers ook goed gebruikt kunnen worden voor desinfectie van de uitgaande stallucht (Aarnink et al., 2004c). Dit kan in de toekomst een belangrijke reden worden om chemische wassers meer toe te gaan passen. Op dit moment wordt onderzoek gedaan om aan te tonen in hoeverre stof een rol speelt bij de verspreiding van ziektekiemen zoals vogelpest en varkenspest. Luchtwassers zijn ongeschikt voor interne luchtzuivering in de stal, aangezien de luchtvochtigheid dan te hoog wordt.

4.3 Filters

Filters zijn in allerlei soorten en maten te verkrijgen. Het filtersysteem dat opgevoerd is in Tabel 1 maakt de filters automatisch regelmatig schoon. Dit brengt een hogere investering met zich mee, maar voor de langere termijn zijn de totale exploitatiekosten geringer. De kosten van het medium filter zijn vergelijkbaar met die voor een chemische wasser per kg reductie in PM10 emissie. Het filter haalt tevens de stofgebonden ammoniak en geur uit de lucht. Op dit moment is nog onbekend hoeveel ammoniak en geur er aan stof gebonden is. Ruwe berekeningen laten zien dat dit voor ammoniak verwaarloosbaar is. Voor geur kan dit echter een substantieel deel van de geuremissie zijn (Hoff et al., 1997, Wang et al., 1998). Interne recirculatie van de lucht door een stoffilter is een optie om de stofconcentratie in de stal, en daarmee de emissie, te verlagen. Echter een vrij grote luchtstroom is nodig om een redelijke stofreductie (ca. 50%) te bewerkstelligen

(Carpenter en Fryer, 1990). Dit geeft extra energiekosten en de effectiviteit is geringer dan bij filtratie van de uitgaande lucht.

4.4 Sproeien olie of water

Het sproeien met olie of water lijkt op dit moment de belangrijkste optie te zijn om, puur gericht op stof, de concentratie in de stal te verminderen en de stofemissie belangrijk te reduceren. De kosten voor deze systemen zijn belangrijk lager dan van de overige reducerende systemen. Er moeten echter een paar kanttekeningen worden gemaakt bij deze systemen:

- Bij de kosten van het oliesproeisysteem zijn niet de kosten inbegrepen van extra arbeid voor het schoonmaken van de stallen. Uit mondelinge mededelingen blijkt dat dit één van de knelpunten is bij het gebruik van dit systeem.
- Het toedienen van de olie is erg belangrijk. De druppels mogen niet te klein zijn, om te voorkomen dat de olie te lang in de lucht blijft zweven en zelf een veroorzaker wordt van longproblemen bij mens en dier.
- Het sproeien van water is nog slechts zeer summier getest. Belangrijk bij introductie van dit systeem is om eerst goed te kijken naar eventuele neven effecten, zoals effecten op de ammoniak- en geuremissie en op de luchtvochtigheid in de stal. Van strooiselsystemen in de pluimveehouderij is bekend dat de ammoniakemissie sterk gerelateerd is aan het drogestofgehalte van het strooisel. Daarbij geldt in het algemeen hoe droger het strooisel hoe lager de emissie (Groot Koerkamp, 1998).

De sproeisystemen van olie en water zullen daarom eerst nog uitgebreid getest moeten worden voordat deze breed in de praktijk geïmplementeerd kunnen worden.

4.5 Huisvestingsmaatregelen

De intensieve veehouderij moet de komende jaren een belangrijke slag maken richting duurzame en maatschappelijk geaccepteerde productie van vlees en eieren. Belangrijke aandachtspunten hierbij zijn dierenwelzijn en milieu. Om aan de verschillende eisen te kunnen voldoen worden nieuwe stalconcepten ontwikkeld (Anonymous, 2003, Wageningen UR projectteam Houden van Hennen, 2004). Belangrijk bij de ontwikkeling van deze nieuwe stalconcepten is dat ook voor stof ontwerpeisen worden geformuleerd. Een goed voorbeeld van een stal dat tegemoet komt aan een heel aantal eisen is de strostal voor guste en dragende zeugen. Deze stal voldoet aan de eisen die gesteld worden vanuit dierenwelzijn en heeft tevens een lage ammoniak- en geuremissie (Groenestein et al., 1999, Ogink en Lens, 2001). Ook de stofconcentratie en –emissie lijken in deze stal lager te zijn dan in conventionele stallen zonder stro. De lage stofconcentratie in deze stallen lijkt vooral veroorzaakt te worden door het feit dat er weinig secundair stof opdwarrelt uit het dikke pakket stro. Het geproduceerde stof verdwijnt naar onderen, waar het gebonden wordt in de vochtige onderste lagen.

Het voorgaande biedt wellicht ook perspectieven voor andere diercategorieën, in de varkenshouderij, maar wellicht ook in de pluimveehouderij. Bij het testen van deze systemen zal stof integraal moeten worden meegenomen als één van de te toetsen variabelen.

4.6 Tot slot

In dit rapport zijn verschillende opties aangegeven om de emissie van fijn stof uit stallen te reduceren. Veel veehouders (varkens- en pluimveehouders) onderkennen het probleem van hoge stofconcentraties in stallen. Stallen zijn op dit moment waarschijnlijk één van de minst aantrekkelijke werkplekken, vooral vanwege de slechte luchtkwaliteit veroorzaakt door hoge stofconcentraties. Oplossingen voor het stofprobleem moeten zich daarom niet alleen richten op de reductie van de emissie van fijn stof, maar tevens op het verbeteren van de luchtkwaliteit en daarmee van de kwaliteit van de werkomgeving, in de stallen. Ook uit oogpunt van diergezondheid is het verbeteren van de luchtkwaliteit een belangrijk aandachtspunt.

5 Conclusies

Uit dit rapport kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Het sproeien met olie of water is de meest kosteneffectieve methode om de emissie van fijn stof te reduceren uit varkens- en pluimveestallen. Het voordeel van deze systemen is tevens dat het de luchtkwaliteit in de stal verbetert. Deze systemen zullen echter eerst uitgebreid moeten worden getest voordat ze breed kunnen worden geïmplementeerd.
2. Luchtwassers zijn zeer effectief om de emissie van fijn stof te reduceren. Wordt dit systeem alleen toegepast voor het reduceren van de fijn stof emissie, dan zijn de wassers beduidend duurder dan de hiervoor genoemde optie van sproeien met olie of water. Het voordeel van luchtwassers is echter dat ze ook de emissie van ammoniak (en geur) belangrijk reduceren. Om die reden worden luchtwassers al toegepast in de praktijk. Een nadeel van luchtwassers is dat ze niets doen aan de luchtkwaliteit in de stal.
3. Nieuwe maatschappelijk geaccepteerde veehouderijssystemen moeten zorgen voor integrale oplossingen van milieu- en welzijnsproblemen. Als stof als één van de belangrijke ontwerpeisen wordt meegenomen, biedt dit perspectief om de stofemissie te reduceren en de luchtkwaliteit in de stal te verbeteren. De strostal voor guste- en dragende zeugen is een voorbeeld van zo'n systeem.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., Roelofs, P.F.M.M., Ellen, H., Gunnink, H., 1999. Dust sources in animal houses. In: Proceedings Int. Symp. on Dust Control in Animal Production Facilities, 30 May - 2 June. Danish Institute of Agricultural Sciences, Aarhus, Denmark, pp. 34-40.
- Aarnink, A.J.A., Stockhofe-Zurwieden, N., Wagemans, M.J.M., 2004a. Dust in different housing systems for growing-finishing pigs. In: Engineering the Future, AgEng conference, Leuven, Belgium, session 22.
- Aarnink, A.J.A., Wagemans, M.J.M., Simonse, L., Corver, F., 2004b. Effect van strooiselsoort op de stofproductie. Rapport in druk, Agrotechnology and Food Innovations, Wageningen.
- Aarnink, A.J.A., Landman, W.J.M., Melse, R.W., De Gijzel, P., Thuy, H.T.T., Fabri, T., 2004c. Voorkomen van verspreiding van ziektekiemen en milieu-emissies via luchtreiniging. Rapport 059, Agrotechnology and Food Innovations, Wageningen, pp. 63.
- Anonymous, 2003. Programma Nieuwe Veehouderijsystemen 2003, Wending naar duurzaamheid. Wageningen UR, Wageningen, Lelystad, Den Haag.
- Anonymous, 2004. Handboek voor de Varkenshouderij. Praktijkonderzoek Veehouderij, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Baekbo, P., 1989. Air quality and pig herd health (in Danish). PhD thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
- Baekbo, P., Wolstrup, J., 1989. Aerosol sampling in pig fattening units. In: C.M. Wathes and J.M. Randall (Eds.), Aerosol Sampling in Animal Houses, Proceedings of a Workshop, Commission of the European Communities, Luxembourg, p. 27-32.
- Banhazi, T., Cargill, C., 1999. Survey of pig sheds in Australia - preliminary results. In: Proceedings Int. Symp. on Dust Control in Animal Production Facilities, 30 May - 2 June. Danish Institute of Agricultural Sciences, Aarhus, Denmark, pp. 76-82.
- Bongers, P., Houthuijs, D., Remijn, B., Brouwer, R., Biersteker, K., 1987. Lung function and respiratory symptoms in pig farmers. *British Journal of Industrial Medicine* 44: 819-823.
- Breugel, P.B., Visser, H., Buringh, E., 2001. Bronnen van fijn stof. Modellen en metingen dicht bij elkaar gebracht. *Het Dossier*, pp. 2-5.
- Carpenter, G.A., 1986. Dust in livestock buildings Review of some aspects. *J. agric. Engng. Res.* 33:227-241.
- Carpenter, G.A., Fryer, J.T., 1990. Air filtration in a piggery: filter design and dust mass balance. *J. agric. Engng Res.* 46: 171-186.
- Chardon, W.J., Van der Hoek, K.W., 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw. Rapport 682, Alterra / RIVM, Wageningen, pp. 35.
- Chiba, L.I., Peo Jr, E.R., Lewis, A.J., Brumm, M.C., Fritschen, R.D., Crenshaw, J.B., 1985. Effect of dietary fat on pig performance and dust levels in modified open-front and environmentally regulated confinement buildings. *J. Anim. Sci.* 61, 763-781.
- CIGR-working group No 13 "Climatization Environmental Control in Animal Housing", 1994. Aerial environment in animal housing. Concentrations in and emissions from farm buildings. CIGR-rapport Report Series No. 94.1, CEMAGREF, Groupement de Rennes, Rennes Cedex, France, 116 pp.
- Donham, K.J., Zavala, D.C., Merchant, J.A., 1984. Respiratory symptoms and lung function among workers in swine confinement buildings: a cross-sectional epidemiological study. *Archives of Environmental Health* Vol. 39(no. 2): 96-101.
- Dosman, J.A., Senthilselvan, A., Barber, E., Kirychuk, S., Rhodes, C., Holfeld, L., Zhang, Y., Cormier, Y., Hurst, T., 1997. Lung function measurements in swine confinement workers: longitudinal decline, shift change, environmental intervention. In: Proceedings

- of the Fifth International Symposium on Livestock Environment, p. 15-16, ASAE, St. Joseph Mich., USA.
- Feddes, J., Qu, G., Leonard, J., Coleman, R., 1999. Control of dust and odour emissions using sprinkled canola oil in pig barns. In: Proceedings Int. Symp. on Dust Control in Animal Production Facilities, 30 May - 2 June. Danish Institute of Agricultural Sciences, Aarhus, Denmark, pp. 265-270.
- Fischer, P., 2001. Epidemiologie PM - nadruk op "acute" risico's (heranalyse mortaliteit; inzichten morbiditeit). Symposium Vereniging van Milieukundigen (VVM) Recente ontwikkelingen in de kennis omtrent fijn stof, Dec. 2001, Utrecht.
- Gore, A.M., Kornegay, E.T., Viet, H.P., Collins, E.R., 1986. Soybean oil effects on nursery air quality and pig performance. ASAE paper 86-4040, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich.
- Groenestein, C.M., Gunnink, H., Hol, J.M.G., 1999. Milieuaspecten van een groepshuisvestingssysteem voor zeugen met voerstations en stro. Rapport 99-06, IMAG Wageningen, 32 pp.
- Groot Koerkamp, P.W.G., 1998. Ammonia emission from aviary housing systems for laying hens. PhD Thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 161 pp.
- Groot Koerkamp, P.W.G., Uenk, G.H., Drost, H., 1996. De uitstoot van respirabelstof door de Nederlandse veehouderij. Rapport 96-10, Instituut voor Milieu- en Agritechniek, pp. 36.
- Guinand, N., 1999. Dust concentration in piggeries: influence of season, age of pigs, type of floor and feed presentation in farrowing, post-weaning and finishing rooms. In: Proceedings Int. Symp. on Dust Control in Animal Production Facilities, 30 May - 2 June. Danish Institute of Agricultural Sciences, Aarhus, Denmark, pp. 69-75.
- Gustafsson, G., Von Wachenfelt, E., 2004. Dust in floor housing systems for laying hens. In: Engineering the Future, AgEng conference, Leuven, Belgium, session 22.
- Heber, A.J., Martin, C.R., 1988. Effect of additives on aerodynamic segregation of dust from swine feed. Trans. ASAE 31(2): 558-563.
- Hinz, T., Sonnenberg, H., Hartung, J., 1998. Air quality in a straw bedded sloped floor housing system for heifers. In: Conference Proceedings by ASAE of the Fourth International Dairy Housing Conference. ASAE, St. Joseph Mich., St. Louis, Missouri/USA, pp. 185-192.
- Hinz, T., Sonnenberg, H., Hartung, J., Linke, S., Schilf, J., 1999. Dust reduction when littering a cattle house. In: Proceedings Int. Symp. on Dust Control in Animal Production Facilities, 30 May - 2 June. Danish Institute of Agricultural Sciences, Aarhus, Denmark, pp. 329-334.
- Hoff, S.J., Bundy, D.S., Li, X.W., 1997. Dust effects on odor and odor compounds. In: J.A.M. Voermans and G.J. Monteny, Proceedings of the International Symposium on Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities, p. 101-110 NVTL Rosmalen, The Netherlands.
- Jones, D.D., Parnell, C.B., 1985. Dust suppression characteristics of corn, wheat and soybeans treated with mineral oil additives. ASAE Paper No. 85-3558, ASAE, St. Joseph, Mich.
- Lemay, S.P., 2004. Personal communication., Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), Centre de recherche, 120 A, chemin du Roy, Deschambault (Québec), G0A 1S0, Canada.
- Lemay, S.P., Chenard, L., Barber, E.M., Fengler, R., 2000. Optimization of a sprinkling system using undiluted canola oil for dust control in pig buildings. In: Proceedings on the 2nd International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich., Des Moines, Iowa, pp. 337-344.

- Li, X., Owen, J.E., Pearson, C.C., 1992. Dust from animal feeds. In: Proceedings of the Seminar on the 2nd. Technical section of the CIGR: Energy and Environmental Aspects of Livestock Housing, Wroclaw, Poland.
- Li, X., Owen, J.E., Murdoch, A.J., Pearson, C.C., 1993. Respirable dust from animal feeds. In: Proceedings of International Livestock Environment Symposium IV, Warwick, England. ASAE, St. Joseph, Mich.
- Lommen, R., 2004. Geur-, stof- en ziektekiem emissie vanuit agrarische dierverblijven. Rapport Inno+ / Hendrix UTD, Boxmeer, pp. 78.
- Mankell, K.O., Janni, K.A., Walker, R.D., Wilson, M.E., Pettigrew, J.E., Jacobson, L.D., Wilcke, W.F., 1995. Dust suppression in swine feed using soybean oil. *Journal of Animal Science* 73, 981-985.
- Melse, R.W., Willers, H.C., 2004. Toepassing van luchtbehandelingstechnieken binnen de intensieve veehouderij. Fase 1: Techniek en kosten. Rapport 029, Agrotechnology and Food Innovations, Wageningen UR, Wageningen, pp. 45.
- Ogink, N.W.M., Lens, P.N., 2001. Geuremissie uit de veehouderij. Overzichtsrapportage 1996-1999. Rapport 2001-14, IMAG, Wageningen, 51 pp.
- Osman, S.P.L., Kay, R.M., Owen, J.E., 1999. Dust reduction in pig buildings using an applicator to spread oil directly onto pigs. In: Proceedings Int. Symp. on Dust Control in Animal Production Facilities, 30 May - 2 June. Danish Institute of Agricultural Sciences, Aarhus, Denmark, pp. 253-260.
- Owen, J.E., 1982. Dust - filtration solutions and their cost. *Farm Buildings and Engineering* 68, 19-23.
- Pearson, C.C., Sharples, T.J., 1995. Airborne dust concentrations in livestock buildings and the effect of feed (Review paper). *J. agric. Engng Res.* 60, 145-154.
- Preller, L., 1995. Respiratory health effects of pig farmers. Assessment of exposure and epidemiological studies of risk factors. PhD-thesis, Agricultural University Wageningen, 173 pp.
- Preller, L., Vogelzang, P., 1993. Gezondheid varkenshouder aan risico's blootgesteld! Rapport 93.001, Stichting Gezondheidsdienst voor dieren in Zuid-Nederland, Boxtel.
- Somers, J., 2004. Claw disorders and disturbed locomotion in dairy cows: the effect of floor systems and implications for animal welfare. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen.
- Takai, H., Pedersen, S., 1999. Design concept of oil sprayer for dust control in pig buildings. In: Proceedings Int. Symp. on Dust Control in Animal Production Facilities, 30 May - 2 June. Danish Institute of Agricultural Sciences, Aarhus, Denmark, pp. 279-285.
- Takai, H., Jacobson, L.D., Pedersen, S., 1996. Reduction of dust concentration and exposure in pig buildings by adding animal fat in feed. *J. agric. Engng Res.* 63, 113-120.
- Takai, H., Möller, F., Iversen, M., Jorsal, S.E., Bille-Hansen, V., 1995. Dust control in pig houses by spraying rapeseed oil. *Transactions of the ASAE* Vol. 38(5): 1513-1518.
- Thaler, R.C., Pohl, S.H., 1999. Comparison of normal corn and high oil corn (HOC) for growth performance, carcass characteristics, and dust control in swine grow-finish barns, *Animal Science* 9920.
<http://plantsci.sdstate.edu/Farm%20Reports/Beresford%201999/9920.pdf>.
- Thaler, R.C., Rops, B.D., Pohl, S.H., 1999. Effect of corn type (normal and high oil) and method of substitution on grow-finish pig performance, carcass characteristics, and dust production, *Animal Science* 9921.
<http://plantsci.sdstate.edu/Farm%20Reports/Beresford%201999/9921.pdf>.

- Thaler, R.C., Aarnink, A.J.A., Koch, K., Sauber, T.E., 2002. Effect of grain type, milling method, and diet form on dust production in a laboratory dust generator. *J. Anim. Sci.* Vol. 80 (Suppl. 1): 178.
- Vogelzang, P., 1999. Airway disease and risk factors in pig farmers. PhD-thesis Medical Science, Catholic University Nijmegen, The Netherlands, 135 pp.
- Wageningen UR projectteam Houden van Hennen, 2004. Houden van Hennen - op naar gelukkige kippen, trotse boeren en tevreden burgers. Wageningen UR, Wageningen - Lelystad, pp. 30 pp.
- Wang, X., Stroot, P.G., Zhang, Y., Riskowski, G.L., 1998. Odor carrying characteristics of dust from swine facilities. ASAE-paper 984068, ASAE St. Joseph Mich, 11 pp.
- Zeitler, M.H., König, M., Groth, W., 1987. Der einfluss von Futterform [melförmig, pelletiert, flüssig] und Jahreszeit auf die Konzentration und Korngrößenverteilung luftgetragener Staubpartikel in Mastschweineställen. *Deutsche Tierärztl. Wochenschrift* 94, 420-424.
- Zhang, Y., 1999. Engineering control of dust in animal facilities. In: *Proceedings Int. Symp. on Dust Control in Animal Production Facilities*, 30 May - 2 June. Danish Institute of Agricultural Sciences, Aarhus, Denmark, pp. 22-29.

Samenvatting

Het Ministerie van VROM moet eind van dit jaar (2004) rapporteren aan de EU hoe Nederland de komende jaren denkt te kunnen voldoen aan de gestelde normen ten aanzien van concentraties fijn stof (PM10) in de buitenlucht. Hiervoor is inzicht nodig in de mogelijkheden voor reductie van de fijn stof emissie. Samen met het RIVM is een optietabel opgesteld voor de veehouderij, die voor ongeveer 20% bijdraagt aan de totale emissie van fijn stof in Nederland. In de optietabel zijn voor de veehouderij de verschillende opties voor reductie aangegeven, met schattingen van de reducties en de kosten per kg fijn stof reductie.

In de optietabel zijn mogelijkheden van stofreductie via luchtreiniging, als ook via bijvoorbeeld aanpassingen van voer of stalsystemen opgenomen. Voor het bepalen van de reductiemogelijkheden is de huidige tabel met emissiefactoren voor fijn stof, zoals beschreven door Chardon en Van der Hoek (2002) gebruikt als referentiesituatie.

Uit de optietabel komen de volgende zaken naar voren:

- Het voerspoor is een relatief dure optie om fijn stof te reduceren uit varkensstallen. Daarnaast is het effect op de totale stofemissie ook vrij beperkt (maximale reductie ca. 30% van de stofemissie uit varkensstallen, ofwel 0,93 kton/jaar).
- De wassers, met name de chemische wasser en de water wasser, zijn relatief goedkope opties om fijn stof emissie uit stallen te reduceren. Het effect op de emissie is ook groot, namelijk ca. 90% reductie van de stofemissie. Dit komt overeen met een maximum te bereiken reductie van 7,5 kton/jaar).
- De kosten van een medium filter zijn vergelijkbaar met die van een chemische wasser. Het medium filter geeft echter nog een iets grotere reductie van de stofemissie (95%). Het voordeel van een chemische wasser is echter dat het tevens ammoniak voor een belangrijk deel uit de lucht wast.
- De goedkoopste oplossing voor reductie van stofemissie uit stallen is het sproeien van olie of water. Een belangrijk extra voordeel van deze systemen is dat het tevens de luchtkwaliteit in de stal verbetert. Dit in tegenstelling tot de zogenaamde end of pipe oplossingen als de wassers en de filters.
- Maatregelen zijn het meest effectief in scharrelstallen voor leghennen en in stallen voor vleeskuikens. Dit zijn de stallen met de hoogste stofconcentraties in de stal. Deze stallen hebben ook een groot aandeel in de totale emissie van PM10 in de veehouderij.
- Ontwikkelingen in de veehouderij, met name a.g.v. eisen op het gebied van dierenwelzijn en milieu (ammoniak en geur), kunnen ook leiden tot geheel nieuwe stalconcepten zoals de stal met een dik pakket stro voor guste en dragende zeugen. Op basis van het beperkte onderzoek wat op dit gebied is uitgevoerd, is de verwachting dat de stofemissie uit het hiervoor genoemde stalsysteem voor zeugen duidelijk lager zal zijn dan uit een traditionele stal.

Uit dit rapport kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het sproeien met olie of water is de meest kosteneffectieve methode om de emissie van fijn stof te reduceren uit varkens- en pluimveestallen. Het voordeel van deze systemen is tevens dat het de luchtkwaliteit in de stal verbetert. Deze systemen zullen echter eerst uitgebreid moeten worden getest voordat ze breed kunnen worden geïmplementeerd.
- Luchtwassers zijn zeer effectief om de emissie van fijn stof te reduceren. Wordt dit systeem alleen toegepast voor het reduceren van de fijn stof emissie, dan zijn de wassers beduidend duurder dan de hiervoor genoemde optie van sproeien met olie of water. Het voordeel van luchtwassers is echter dat ze ook de emissie van ammoniak (en geur) belangrijk reduceren. Om die reden worden luchtwassers al toegepast in de praktijk. Een nadeel van luchtwassers is dat ze niets doen aan de luchtkwaliteit in de stal.
- Nieuwe maatschappelijk geaccepteerde veehouderijsystemen moeten zorgen voor integrale oplossingen van milieu- en welzijnsproblemen. Als stof als één van de belangrijke ontwerpeisen wordt meegenomen, biedt dit perspectief om de stofemissie te reduceren en de luchtkwaliteit in de stal te verbeteren. De strostal voor guste- en dragende zeugen is een voorbeeld van zo'n systeem.

Dankbetuiging

De auteurs willen de volgende personen bedanken voor het verstrekken van informatie voor dit rapport:

- Dhr. J. Doppenberg en Dhr. G. Hulshof van Vereniging Voorlichting Mengvoederindustrie (VVM, Deventer).
- Dhr. A. de Ruyter van mengvoerbedrijf De Hoop in Zelhem.
- Dhr. M. Zoomer en Dhr. Sj. Willemsen van Camfil b.v. in Ede.
- Dhr. Stéphane P. Lemay, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), Centre de recherche, Deschambault (Québec), Canada
- Dhr. R.C. Thaler, Dept. Of Animal and Range Sciences, South Dakota State University, USA.

Het Ministerie van VROM, met als contactpersonen Dhr. K. Krijgsheld en Dhr. K. Sanders, wordt bedankt voor het initiëren en financieren van dit onderzoek.