

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 584

Emissies uit de biologische veehouderij: processen en factoren

Augustus 2012



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

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

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2012

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

Aansprakelijkheid

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

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

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



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

Abstract

Organic farming places greater demands on animal welfare, for example by requiring the use of straw and more space available to the animals in the animal house as well as outdoors. There is still little known on the environmental impacts of the organic livestock production. The aim of this research was to make an inventory of the processes and factors that might play a role in the emissions of ammonia, methane, nitrous oxide, smell and fine dust from the organic-production livestock.

Keywords

Organic farming, ammonia, odour, greenhouse gases, particulate matter

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

J. Mosquera
J.M.G. Hol
C.M. Groenestein

Titel

Emissies uit de biologische veehouderij: processen en factoren

Rapport 584

Samenvatting

De biologische veehouderij stelt hogere eisen aan het dierenwelzijn door bijvoorbeeld strogebruik te verplichten en door meer stal- en uitloopruimte beschikbaar te stellen aan de dieren. Over de milieueffecten van de biologische veehouderij is echter nog weinig bekend. Doel van dit onderzoek was om een inventarisatie te maken van de processen en factoren die een rol spelen bij de emissies van ammoniak, methaan, lachgas, geur en fijn stof uit de biologische veehouderij.

Trefwoorden

Biologische veehouderij, ammoniak, geur, broeikasgassen, fijn stof



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Rapport 584

Emissies uit de biologische veehouderij: processen en factoren

J. Mosquera

J.M.G. Hol

C.M. Groenestein

Augustus 2012

Voorwoord

In de biologische veehouderij worden dieren gehouden waarbij gestreefd wordt om kringlopen van nutriënten gesloten te houden en om preventief bij te dragen aan gezondheid en welzijn van de dieren. Er is echter weinig informatie beschikbaar over de gasvormige emissies die optreden tijdens het houden van biologisch gehouden dieren. Dit werd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie geïnventariseerd. Hierbij wordt uitgegaan van de processen en factoren die de gasvormige emissies beïnvloeden.

Dr. J. Mosquera
Projectleider
Wageningen UR Livestock Research

Samenvatting

In de biologische veehouderij wordt geproduceerd met oog voor een gezond ecosysteem waarbij het streven is om kringlopen van nutriënten gesloten te houden en preventief bij te dragen aan de gezondheid en het welzijn van de dieren. Vanuit dit beginsel worden hoge eisen gesteld aan de stalrichting om het dierenwelzijn te borgen en het vermijden van het gebruik van kunstmatige middelen als kunstmest, chemische bestrijdingsmiddelen, voeradditieven en medicijnen. Over gasvormige emissies die tijdens dit proces optreden is echter nog weinig bekend. Doel van dit onderzoek is om inzicht te verschaffen in de processen en factoren die een rol spelen bij de emissies van ammoniak (NH₃), methaan (CH₄), lachgas (N₂O), geur en fijn stof uit de biologische veehouderij (rundvee, varkens, pluimvee).

Als referentie is uitgegaan van de reguliere houderij. Er is geïnventariseerd waar biologische houderijsystemen zich onderscheiden van reguliere houderijsystemen. Vervolgens is gekeken hoe deze onderscheidende aspecten van invloed zijn op de emissies van ammoniak, methaan, lachgas, geur en fijn stof. In de tabel is dit samenvattend weergegeven.

Verschillen tussen reguliere en biologische huisvestingsystemen en het effect op gasvormige emissies en fijn stof. + is meer emissie; 0 is gelijke emissie; - is minder emissie; ? is onbekend

	NH ₃	CH ₄	N ₂ O	geur	Fijn stof
Groter met mest bevuild oppervlak	+	0	0	+	+
Meer gebruik van stro/strooisel*	+/-	+	+	+/-	+/-
Minder voer efficiëntie	+	+	+	0	0
Minder antibioticum**	+?	+?	+?	+?	0
Minder overige medicijnen**	?	?	?	?	0?

*: Over het algemeen zal risico van emissies toenemen, of dat daadwerkelijk gebeurt hangt af van mest- en stromanagement.

** : Effecten van medicijnen zijn niet bekend, eventuele positieve effecten van antibioticum op emissies zijn gebaseerd op effect van vermeerderde microbiële activiteit en biochemische processen in mest.

Summary

Organic farming aims to produce within a healthy ecosystem, recycling nutrients and contributing to preventive health and animal welfare. Organic farming places high demands to ensure animal welfare and avoid the use of artificial inputs such as fertilizers, pesticides, feed additives and medicines. Gaseous emissions occurring during organic livestock production and are harmful to the environment are still poorly understood. The aim of this research was to create understanding of the processes and factors that might play a role in the emissions of ammonia (NH₃), methane (CH₄), nitrous oxide (N₂O), odour and fine dust from the organic-production livestock (cattle, pigs, poultry).

Conventional farming is used as reference system. First of all, differences between organic and conventional farming were identified. Then, the effect of these specific differential factors on the emissions of ammonia, methane, nitrous oxide, odour and dust was investigated. The results of this analysis are summarized in the table below.

Differences between organic and conventional farming systems and their effect on the emissions of NH₃, CH₄, N₂O, odour and dust. +: higher emission; 0: no effect; -: lower emission; ?: unknown effect

	NH ₃	CH ₄	N ₂ O	Odour	Dust
Larger floor area covered with manure	+	0	0	+	+
More use of litter *	+/-	+	+	+/-	+/-
Lower feed efficiency	+	+	+	0	0
Less use of antibiotics**	+?	+?	+?	+?	0
Less use of other medicines**	?	?	?	?	0?

*: In general, a higher risk for increased emissions. However, this is strongly influenced by the manure and straw management applied.

** : The effects of medicines are still unknown, potential positive effects (increase in emissions) due to use of antibiotics is related to higher microbial activity in the manure.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Emissiebepalende processen en factoren	2
2.1	Processen	2
2.1.1	Ammoniak	2
2.1.2	Overige broeikasgassen	2
2.1.3	Geur	3
2.1.4	Fijn stof	3
2.2	Emissiebepalende factoren	3
2.2.1	Dierfactoren	4
2.2.2	Mesteigenschappen	5
2.2.3	Omgevingsfactoren	6
2.2.4	Gewas- en bodemeigenschappen	6
3	Biologische veehouderij	8
3.1	Rundvee-, schapen- en geitenhouderij	8
3.2	Varkenshouderij	8
3.3	Pluimvee	9
4	Verwachte effecten op de emissies bij biologische systemen	10
4.1	Strogebruik	10
4.2	Meer stal- en uitloopruimte	11
4.3	Voer- en productiegegevens	11
4.4	Medicijngebruik	12
5	Toepasbaarheid stalsystemen in de biologische veehouderij.....	13
6	Conclusies	14
	Literatuur	15
	Bijlage A Toepasbaarheid Rav-systemen in de biologische veehouderij.....	20

1 Inleiding

In de biologische veehouderij wordt geproduceerd met oog voor een gezond ecosysteem waarbij het streven is om kringlopen van nutriënten gesloten te houden en preventief bij te dragen aan de gezondheid en het welzijn van de dieren. Vanuit dit beginsel worden hoge eisen gesteld aan de stalinrichting om het dierenwelzijn te borgen en het vermijden van het gebruik van kunstmatige middelen als kunstmest, chemische bestrijdingsmiddelen, voeradditieven en medicijnen. Over gasvormige emissies die tijdens dit proces optreden en die schadelijk zijn voor het milieu is echter nog weinig bekend. Doel van dit onderzoek was om een inventarisatie te maken van de processen en factoren die een rol spelen bij de emissies van ammoniak, methaan, lachgas, geur en fijn stof uit de biologische veehouderij (rundvee, varkens, pluimvee). Hierbij is de reguliere houderij als referentie gehanteerd.

De processen en factoren die voor de emissie van belang zijn worden in hoofdstuk 2 weergegeven. In hoofdstuk 3 worden de belangrijkste eisen (SKAL-regels) voor het houden van biologische herkauwers, varkens en pluimvee gepresenteerd. De verschillen met de reguliere veehouderij worden aan de hand van de processen en factoren (tabel 1) belicht. Op basis hiervan wordt inzichtelijk gemaakt wat emissietechnisch belangrijke aandachtspunten zijn in de biologische veehouderij (hoofdstuk 4).

2 Emissiebepalende processen en factoren

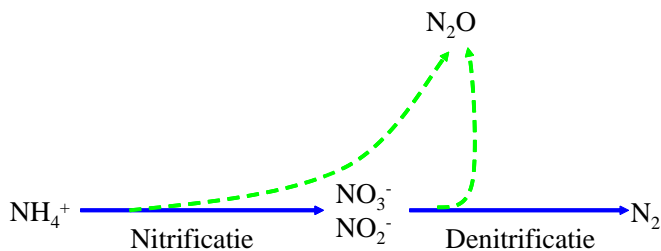
2.1 Processen

2.1.1 Ammoniak

Ammoniak (NH_3) wordt voornamelijk geproduceerd bij de omzetting van de stikstof in de uitgescheiden urine en faeces in ammonium (NH_4^+). Het merendeel is afkomstig van ureum uit de urine in geval van zoogdieren en urinezuur bij pluimvee. De omzetting van ureum vindt snel plaats, binnen enkele uren kan de ureumvoorraad uitgeput zijn (Elzing and Monteny, 1997a,b). Urinezuur breekt echter minder snel af dan ureum (Groot Koerkamp e.a., 1998). Faeces bevatten vooral organisch gebonden stikstofverbindingen die nog langzamer mineraliseren dan urinezuur. De belangrijkste bronnen van ammoniakemissie uit de landbouw zijn stallen en het toedienen van mest, samen verantwoordelijk voor 80% van de totale uitstoot (Velthof e.a., 2009). De overige 20 % komt uit buitenopslag, door beweiding en het toedienen van kunstmest.

2.1.2 Overige broeikasgassen

Lachgas (N_2O) wordt voornamelijk geproduceerd via de microbiële processen nitrificatie en denitrificatie (Figuur 1). Bij nitrificatie wordt onder zuurstofrijke omstandigheden ammoniumstikstof ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) omgezet in nitraat/nitriet ($\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-$). Bij denitrificatie wordt NO_3^- onder zuurstofarme omstandigheden omgezet in N_2 . Wanneer de omstandigheden suboptimaal zijn zullen de processen niet compleet verlopen waardoor de vluchtige tussenproducten N_2O en NO kunnen ontstaan en emitteren. Voor een optimale situatie is behalve een optimale zuurstofvoorziening ook voldoende koolstof (C) nodig als energiebron voor de micro-organismen. Wanneer C en/of zuurstof niet aanwezig zijn zal de nitrificatie niet verlopen en kan derhalve ook geen denitrificatie optreden.



Figuur 1 N_2O -productie via de processen nitrificatie en denitrificatie

De belangrijkste bronnen van lachgas uit de landbouw (Maas e.a., 2009) zijn directe emissies uit de bodem na het toedienen van dierlijke mest/kunstmest (52%), en indirecte emissies veroorzaakt door N uitspoeling en ammoniak-depositie (33%). De rest komt uit emissies tijdens de opslag van dierlijke mest (natte en droge mest; 9% van alle lachgas emissies uit de landbouw) en mestproductie in de weide (6%).

Methaan (CH_4) ontstaat uit mest, maar ook in het dier zelf (endogene productie). Bij eenmagige dieren wordt het gevormd door fermentatie in de dikke darm. Bij herkauwers zitten er methanogene bacteriën in de pens. Methaan wordt door deze bacteriën gevormd door afbraak van organische stof onder anaerobe omstandigheden. De hoeveelheid endogeen methaan is afhankelijk van de diersoort en de rantsoensamenstelling.

Circa 75% van de totale uitstoot van methaan uit de landbouw wordt veroorzaakt door pens- en darmfermentatie, de rest komt uit mestopslagen. In gedropte faeces tijdens beweiden kunnen anaerobe omstandigheden optreden waardoor methaan productie optreedt. Deze emissies zijn echter laag. Tijdens toedienen zijn anaerobe zones in de mest verwaarloosbaar en derhalve ook de methaan-emissie (Chadwick e.a., 1997, 2000).

2.1.3 Geur

De geurhinder, die wordt veroorzaakt door landbouwactiviteiten, speelt een steeds belangrijkere rol in de wet- en regelgeving. De landbouwsector is, samen met de industrie en het wegverkeer, een belangrijke bron van geurhinder in Nederland (VROM, 1998). Geur wordt veroorzaakt door een scala aan chemische componenten. De belangrijkste in de veehouderij zijn sulfiden, vluchtige vetzuren fenolen en indolen (Hobbs e.a., 1998; Koziel e.a., 2006; Le e.a., 2005a). Geurhinder in de landbouw wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door twee bronnen, namelijk het toedienen van dierlijke mest en het vrijkomen van geur uit de stallen (Jong e.a., 2000). De geuremissie van voer en van mest tijdens buitenopslag kan worden verwaarloosd.

2.1.4 Fijn stof

Fijn stof bestaat uit deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 10 μm . Dit stof wordt aangeduid als PM10 (PM; Particulate Matter). Hieronder vallen ook deeltjes met een diameter kleiner dan 2,5 μm (zeer fijn stof, PM2,5). PM10, en met name PM2,5 kunnen gezondheidsproblemen veroorzaken (Buringh en Opperhuizen, 2002; Brunekreef en Holgate, 2002; Donham e.a., 1984; Fischer, 2001; Mechler e.a., 2002; Preller en Vogelzang, 1993; Von Essen e.a., 2005). In het algemeen geldt dat hoe kleiner de deeltjes des te schadelijker ze zijn, omdat ze dieper in de longen kunnen doordringen. Bronnen van fijn stof in de veehouderij zijn vooral het voer (Curtis e.a., 1975; Heber e.a., 1988), het dier (zoals huidschilfers en veren), de mest en het strooisel (Mankell e.a., 1995). Van de stofemissie door het landbouwbedrijf komt 95% uit de stallen (vooral pluimvee- en varkensstallen). Stof uit de mestopslag buiten en het toedienen van dunne mest op het land worden verwaarloosd. Het zij opgemerkt dat fijn stof emissie bij het uitrijden van gedroogde pluimveemest of andere vaste mest wel kan optreden, er is echter nog geen onderzoek naar verricht.

2.2 Emissiebepalende factoren

De factoren die de vorming en vervluchtiging van ammoniak, methaan, lachgas, geur en fijn stof (PM10, PM2,5) beïnvloeden kunnen per component verschillen. Dit is al eerder beschreven door Groenestein (2006), Ellen e.a. (2007), Groenestein e.a. (2010) en Mosquera en Hol (2010). Zij presenteerden onderstaande tabel om te illustreren welke factoren van belang zijn bij de processen die leiden tot de vorming en de vervluchtiging van de gasvormige componenten en fijn stof.

Tabel 1 Sleutelfactoren die de emissie van NH₃, CH₄, N₂O, geur en fijn stof kunnen beïnvloeden uit stal, opslag en toediening (uit Aarnink, 1997; Jun e.a., 1999; Monteny, 2000; Ogink, mondelinge mededeling; Aarnink, mondelinge mededeling; Groenestein e.a., 2010). +: toename van emissie; -: afname van emissie; 0: geen relevant effect wanneer de sleutelfactor toeneemt; *: effect afhankelijk van de aanwezigheid of soort sleutelfactor. Een cijfer in de kolom voor pH duidt op een optimale pH.

	NH ₃	N ₂ O	CH ₄	Geur	Fijn stof
Dierfactoren					
Leeftijd dieren	+	+	+	+	+
Hoeveelheid en samenstelling voer	+	+	+	+/-	+
Watergebruik	-	0	0	+	0
Mesteigenschappen					
Mestsamenstelling					
NH ₄ ⁺ -concentratie	+	+	-	0	0
pH	+	6	7	+/-	0
Organische stof concentratie	0	0	+	0	0
Drogestofgehalte	0/+	0	-	0	+
C/N-ratio	-	+	+	+	0
O ₂ -concentratie	+	+/-	-	+/-	0
Mestoppervlakte	+	0	0	+	0
Leeftijd mest / Opslagtijd	0	+	+	0	0
Mesttemperatuur	+	+	+	+	0
Omgevingsfactoren					
Stal, opslag en toediening					
Lucht-/windsnelheid	+	0	0	+	+
Temperatuur binnenlucht	+	+	+	+	+
Temperatuur buitenlucht	+	+	+	+	+
Toediening					
Zonnestraling	+	0	0	0	0
Regenval	-	+	0	0	0/-
Luchtvochtigheid	0/-	0	0	0	0
Gewas en bodemeigenschappen					
Gewas	*	*	0	0	0
Grondsoort en -structuur	0	*	0	0	0
Infiltratiesnelheid	-	+	0	0	0
Bodemvochtgehalte	0/+	+	0	0	0

2.2.1 Dierfactoren

Een toename van de leeftijd van de dieren resulteert in een toenemende emissiebron. Voor stof gaat dat om voer, mest, huidschilfers en veren, waardoor de stofproductie ook zal toenemen (Aarnink en Ellen, 2006). Een toename van de mestproductie resulteert ook in hogere emissies van ammoniak, lachgas, methaan en geur uit de stal, en hogere ammoniak-, lachgas- en methaan-emissies uit buitenopslag en tijdens beweiding. Hogere ammoniak en lachgas-emissie na toediening zullen in de praktijk niet tot uitdrukking komen door de gelimiteerd hoeveelheid mest die uitgereden mag worden in verband met de nitraatrichtlijn. Methaan-emissies is bij uitrijden verwaarloosbaar vanwege de aerobe omstandigheden. Wanneer een toename van de dierlijke massa gepaard gaat met een groter (mest)oppervlak zal de emissie van ammoniak hoger worden (zie 3.6.2 Mesteigenschappen). Een toename van de dierlijke massa in de stal resulteert in een stijging van de dierlijke warmteproductie, met als gevolg een hogere staltemperatuur of een hogere ventilatie om de gewenste staltemperatuur te handhaven. Dit zal leiden tot een hogere emissie van ammoniak, lachgas, methaan, geur en fijn stof uit de stal (zie 2.2.3 Omgevingsfactoren).

De hoeveelheid voer en de voersamenstelling hebben een effect op de emissies van fijn stof uit de stal, door de emissie van het voer zelf (Aarnink en Ellen, 2006). Cambra-López (2010) toonde aan dat mest de belangrijkste bron van fijn stof emissies uit de stal is. Voersamenstelling heeft ook een effect op de emissies van methaan uit het dier: een hogere ruw celstofgehalte van het voer zal leiden tot een lagere verteerbaarheid van de organische stof, waardoor de endogene methaan-emissie zal

toenemen (Crutzen e.a., 1986; Rijnen, 2003). Voersamenstelling heeft effect op de mest samenstelling en daarmee een effect op de emissies van ammoniak, lachgas, methaan, geur en fijn stof (zie 2.2.2 Mesteigenschappen). Wanneer het voer veel eiwit bevat, zal de N- en TAN-excretie toenemen. Dit kan leiden tot een hogere emissie van ammoniak en lachgas bij de huisvesting, opslag en toediening van mest. Echter, als dit gepaard gaat met evenredig meer waterconsumptie, dan zal de concentratie van N in de mest en daardoor de emissies niet toenemen (Muck en Steenhuis, 1981; Elzing en Monteny, 1997a,b). Methaan-, lachgas, en fijn stofemissies worden niet beïnvloed door het waterverbruik.

2.2.2 Mesteigenschappen

Een hoger ammoniumgehalte in de mest zal leiden tot een hogere ammoniakemissie bij huisvesting, opslag en toediening. Door de pH van de mest omlaag te brengen (<7, bijvoorbeeld door verzuren van mest of door de toevoeging van ruwe celstof aan het voer) zullen de ammoniakemissies bij zowel huisvesting, als bij opslag en toediening lager zijn. Huijsmans e.a. (2001, 2003) vonden geen effect van het drogestofgehalte van drijfmest op de emissie na toediening van mest voor het in Nederland uitgevoerde onderzoek. Sogaard e.a. (2002) vonden wel een effect bij analyse van Europese data: een hoger drogestofgehalte leidde toen tot een hogere ammoniakemissie.

De activiteit van de microbiële populatie in de mest die verantwoordelijk is voor de vorming van lachgas en methaan is afhankelijk van de concentratie aan (minerale) stikstof en organische stof, de pH, de drogestofgehalte en de beschikbaarheid van zuurstof in de mest (Jun e.a., 1999; Groenestein, 2006). De beschikbaarheid van meer ammonium (NH_4^+) in de mest zal leiden tot hogere emissies van lachgas (ammonium wordt door de microbiële populatie in de mest als substraat gebruikt voor lachgas-productie) en lagere emissies van methaan (methaan-productie wordt geremd door de aanwezigheid van ammoniak) bij opslag en toediening. De optimale pH voor lachgas-productie ligt tussen 6-7, voor methaan tussen 7-8. De concentratie aan organische stof in de mest is vooral van invloed op de methaan-emissie. Het zuurstofgehalte in de mest heeft een effect op de productie van lachgas en methaan in de mest. Methaan wordt onder anaerobe omstandigheden gevormd, voor lachgas zijn aerobe omstandigheden nodig voor nitrificatie, en zuurstofarme omstandigheden voor denitrificatie.

Geur wordt vooral geproduceerd door microbiële omzettingen van mestcomponenten onder anaerobe omstandigheden. Voor geur zijn factoren zoals pH, C/N ratio en de beschikbaarheid van zuurstof van belang.

Voor fijn stof is alleen het drogestofgehalte van de mest van belang voor de emissie. Een hoger drogestofgehalte, in combinatie met andere factoren zoals dieractiviteit of ventilatiedebiet, zal over het algemeen leiden tot hogere emissies.

Mestoppervlakte heeft een effect op de emissies van ammoniak bij zowel huisvesting als opslag, beweiding en toediening. De productie van ammoniak bij huisvesting, opslag en toediening neemt toe naarmate het met mest besmeurde oppervlak toeneemt. Echter, bij beweiding kunnen de ammoniakemissies lager zijn wanneer mest en urine niet bij elkaar terecht komen. De emissies van lachgas en methaan zijn gerelateerd aan het mestoppervlak voor vaste mest omdat door een vergroot contactoppervlak tussen lucht en vaste mest meer zuurstof (O_2) beschikbaar kan komen voor de productie van lachgas (N_2O). Deze aerobe omstandigheden zullen de emissie van methaan verlagen. Voor drijfmest is het mestoppervlak niet van belang voor de emissies van methaan en lachgas aangezien deze gassen niet oplosbaar zijn en chemische evenwichten tussen vloeistof- en gasfase geen rol van betekenis hebben. Een toenemend drijfmestoppervlak zal de emissie van fijn stof niet beïnvloeden. Wanneer strooiselmest over een groter oppervlak verspreid wordt kan door luchtbeweging meer fijn stof in de lucht komen. Geuremissie en mestoppervlakte zijn positief gecorreleerd.

De leeftijd of opslagtijd van de mest heeft een effect op de emissie van lachgas en methaan omdat in oudere mest langer microbiële activiteit aanwezig is en er dus meer microben aanwezig die lachgas en methaan kunnen produceren. Leeftijd op opslagtijd van de mest heeft in die zin geen invloed op de emissies van ammoniak, geur en fijn stof. Hierbij wordt er van uit gegaan dat de bron van ammoniak, geur en fijnstof niet in beperkend mate aanwezig is.

De omzettingen in de mest die leiden tot emissies van ammoniak, lachgas, methaan en geur zijn chemische en biologische processen. Over het algemeen verlopen deze processen sneller bij een verhoging van de (mest-) temperatuur. De mesttemperatuur is afhankelijk van de lichaamstemperatuur van het dier, maar vooral ook van de temperatuur van de omgeving (zie 2.2.3 Omgevingsfactoren). De effecten van mesttemperatuur op de emissies zijn dus indirect. Fijn stof-emissies worden niet beïnvloed door mesttemperatuur

2.2.3 Omgevingsfactoren

De productie van ammoniak en geurstoffen neemt toe naarmate de luchtsnelheid langs de emitterende oppervlakte toeneemt. Dit is van belang niet alleen bij huisvesting, maar ook tijdens opslag (vaste mest) en toediening. De productie van lachgas en methaan wordt niet beïnvloed door de luchtsnelheid langs de emitterende oppervlakte. Lachgas en methaan zijn niet oplosbaar in water en daardoor niet afhankelijk van een evenwicht tussen waterfase en luchtfase. Echter, wanneer meer luchtbeweging resulteert in een grotere beschikbaarheid van zuurstof voor microben in de mest, kan dit leiden tot een hogere lachgas-emissie en lagere methaan-emissie. Over het algemeen leidt een hogere luchtsnelheid tot meer opdwarring of het niet neerslaan van fijn stof, en dus meer fijn stof-emissie.

De temperatuur heeft een positieve invloed op alle biologische processen. Dit betekent dat de emissies hoger zullen zijn bij hogere omgevingstemperaturen (Muck en Steenhuis, 1981; Elzing en Monteny, 1997a,b; Generemont en Cellier, 1997; Huijsmans e.a., 2001, 2003; Sogaard e.a., 2002; Bussink e.a., 1994; Le e.a., 2005b; Verdoes en Ogink, 1997). Temperatuur heeft geen effect op de emissie van fijn stof, maar kan indirect de emissies van fijn stof beïnvloeden omdat een hogere staltemperatuur zal leiden tot een hogere luchtsnelheid (toename van ventilatie). Daarnaast kan door een grotere luchtsnelheid het drogestofgehalte van de mest toenemen, waardoor stofdeeltjes makkelijker in de lucht zullen komen of niet neerslaan (Aarnink en Ellen, 2006).

Meer zonnestraling zal de emissie van ammoniak na toediening laten toenemen, terwijl een hogere luchtvochtigheid juist de emissie van ammoniak na toediening kan beperken. Zonnestraling en luchtvochtigheid hebben geen effect op de emissies van lachgas, methaan, geur en fijn stof na toediening van mest. Deze effecten kunnen ook van toepassing zijn op onafgedekte mest, maar dat is niet onderzocht. Regenval kan er voor zorgen dat de mest (na toediening) makkelijker in de bodem infiltreert, waardoor de emissie van ammoniak zal afnemen en de risico of hogere lachgas-emissies (meer N in de bodem beschikbaar voor nitrificatie/denitrificatie) zal toenemen. Door de regen kunnen stofdeeltjes makkelijker neerslaan.

2.2.4 Gewas- en bodemeigenschappen

Er zijn geen aanwijzingen dat gewas- en bodemeigenschappen een effect zou kunnen hebben op de emissies van geur en fijn stof bij toediening. Voor methaan zouden natte omstandigheden kunnen zorgen voor anaerobe plekken in de bodem waardoor de emissie van methaan bij toediening zou kunnen toenemen. De absolute niveaus zijn echter zeer laag ten opzichte van andere bronnen van methaan, en daardoor niet relevant.

De aanwezigheid en soort gewas heeft een effect op de emissies van ammoniak en lachgas bij toediening. Indien er geen gewas is om stikstof op te nemen na het toedienen van mest zullen de emissies van ammoniak en lachgas naar verwachting hoger zijn dan bij toediening op beteelde grond. Doordat grasland meer organische stof bevat dan bouwland zijn lachgas-emissies op grasland potentieel hoger dan op bouwland. Dit is echter ook afhankelijk van onder andere de mestsoort en de toedieningstechniek die toegepast wordt bij toediening. Toediening van varkensmest resulteert bijvoorbeeld in hogere lachgas-emissies dan toediening van rundveemest (Velthof e.a., 2003, 2010). Emissiearme toedieningstechnieken voor ammoniak resulteren in lagere ammoniak emissies, maar hogere lachgas-emissies (Velthof e.a., 2010). De huidige emissiefactor voor lachgas na het toedienen van KAS is lager dan bij toediening van dierlijke mest. In recente veldexperimenten (Velthof e.a., 2010) zijn echter hogere lachgas-emissies gerapporteerd bij toediening van KAS op grasland ten opzichte van toediening van dierlijke mest.

Huijsmans e.a. (2001, 2003) hebben geen effect kunnen aantonen van grondsoort op de emissies van ammoniak bij toediening. Voor lachgas is grondsoort wel van belang. Lachgas-emissies zijn bijvoorbeeld hoger op veen dan op zand en klei door de aanwezigheid van organische stof en natte omstandigheden, waardoor nitrificatie en denitrificatie worden gestimuleerd. Bodemstructuur heeft ook een effect op de emissies van lachgas na toediening doordat de infiltratiesnelheid en de mate van verdichting na grondbewerking kan beïnvloeden. De infiltratiesnelheid van de mest in de bodem kan de emissies van ammoniak en lachgas bij toediening beïnvloeden. Een hogere infiltratiesnelheid zal de emissie van ammoniak laten afnemen. De risico op lachgas-vorming is echter groter aangezien meer N in de bodem beschikbaar is voor nitrificatie/denitrificatie. Een hogere mate van verdichting zal de risico op lachgas-emissie bij toediening verhogen (Mosquera e.a., 2007).

Ammoniakemissie kan beïnvloed worden door de bodemvochtgehalte, hoewel het effect niet eenduidig is: Huijsmans e.a. (2001, 2003) vonden geen significant effect, terwijl Generemont en Cellier (1997) en Sogaard e.a. (2002) een hogere ammoniakemissie bij toediening onder natte omstandigheden (hoger bodemvochtgehalte) rapporteren. Lachgas-emissies nemen toe naarmate het bodemvochtgehalte toeneemt. Echter, wanneer een WFPS ("water filled pore space" oftewel watergevuuld poriënvolume) van 70-80% wordt bereikt zullen meer volledige anaerobe omstandigheden in de bodem plaatsvinden, waardoor de emissie van lachgas zal afnemen (Del Prado e.a., 2006).

3 Biologische veehouderij

Biologische bedrijven moeten aan een aantal eisen voldoen, zoals het niet gebruiken van chemische bestrijdingsmiddelen en kunstmest, voorschriften voor het gebruik van krachtvoer, geneesmiddelen en verschillende huisvestingeisen voor de dieren. De regelgeving voor biologische landbouw is vastgelegd in de Europese Verordening (EEG) nr. 834/2007 en 889/2008. In Nederland is stichting Skal verantwoordelijk voor de wettelijke regelgeving en de controle en certificering van biologische bedrijven. Hieronder worden per diercategorie de belangrijkste randvoorwaarden voor de biologische houderijsystemen samengevat (www.skal.nl).

3.1 Rundvee-, schapen- en geitenhouderij

Volgens de Skal-regels moeten dieren in de huisvesting van biologische rundvee, schapen en geiten een droge ligruimte hebben, die ingestrooid moet zijn met voldoende en droog strooisel van een natuurlijk materiaal. De hoeveelheid strooisel wordt verder niet gekwantificeerd. De dieren moeten voldoende oppervlakte aan binnenruimte beschikken om te kunnen liggen en bewegen en mesten (Tabel 2).

Tabel 2 Minimale oppervlakte aan binnenruimte voor de huisvesting van rundvee, schapen en geiten

Diercategorie	Binnenruimte (m ² per dier)
Melkkoe	6,0
Fokstier	10,0
Fok- / vleesrund tot 100 kg	1,5
Fok- / vleesrund tot 200 kg	2,5
Fok- / vleesrund tot 350 kg	4,0
Fok- / vleesrund meer dan 350 kg	5,0
Schaap/geit	1,5
Lam/jong	0,35

Een van de belangrijkste eisen voor het biologisch houden van rundvee, schapen en geiten is dat de dieren altijd vrije toegang moeten hebben tot een uitloop zolang de weers-, bodem- en gezondheidsomstandigheden dat toelaten. Daarnaast is weidegang verplicht, wanneer aantallen uren beweiden onderscheidend zijn dient dat ook meegenomen te worden. Stieren ouder dan één jaar hoeven niet beweid te worden, maar moeten wel minimaal 30 m² buitenruimte per stier hebben. Deze mag voor maximaal 75% mag worden overdekt.

Het dagrantsoen van rundvee, schapen en geiten moet voor minimaal 60% uit biologisch geteeld ruwvoer bestaan. Het is verboden om genetisch gemodificeerde producten en groeibevorderaars bij biologisch gehouden dieren te gebruiken. Het is niet toegestaan om preventief reguliere geneesmiddelen en antibiotica toe te passen.

3.2 Varkenshouderij

In de huisvesting van biologische varkens is strooiselgebruik verplicht. Daarnaast moeten de dieren over voldoende oppervlakte aan binnenruimte beschikken om te liggen en bewegen, maar ook mesten en wroeten. Alle varkens moeten in groepen gehouden worden, behalve zeugen in de laatste fase van de dracht en tijdens de zoogperiode.

Varkens moeten altijd gebruik kunnen maken van uitlopen in de open lucht zolang de dieren gezond zijn en de weersomstandigheden dat toelaten. De uitloop mag verhard zijn en voor maximaal 75% overdekt. Uitlopen moeten voldoende beschutting bieden tegen regen, wind, zon en extreme temperaturen. Weidegang voor varkens is niet verplicht. In de reglementen van Skal wordt echter aangegeven dat zeugen permanent de toegang moeten hebben tot een onverharde buitenuitloop (voorkeur voor weidegrond) van minimaal 40 m² per dier (maximaal 250 zeugen per ha; Ellen en Hoving, 2009).

Zowel voor de binnen- als voor de buitenruimte (exclusief weidegang) gelden voorgeschreven minimumruimtes. Deze worden in Tabel 3 weergegeven.

Tabel 3 Minimale oppervlakte aan binnenruimte voor de huisvesting van varkens

Diercategorie	Binnenruimte (m ² per dier)	Buitenruimte (m ² per dier)
Zogende zeugen met biggen tot 40 dagen oud	7,5	2,5
Biggen meer dan 40 dagen en tot 30 kg	0,6	0,4
Vleesvarkens tot 50 kg	0,8	0,6
Vleesvarkens tot 85 kg	1,1	0,8
Vleesvarkens tot 110 kg	1,3	1,0
Fokzeug	2,5	1,9
Fokbeer	6,0	8,0

Het verstrekken van biologisch geteelde ruwvoer is voor varkens verplicht. Het is toegestaan (tot en met 31-12-2011) om maximaal 5% krachtvoer (gangbaar geteeld) te gebruiken indien onvoldoende biologisch voer beschikbaar is. Het is alleen toegestaan om, naast biologisch voer, toevoegingsmiddelen te gebruiken die zijn opgenomen in bijlage V en VI van de EU-Verordening. Het is verboden om genetisch gemodificeerde producten en groeibevorderaars bij biologisch gehouden dieren te gebruiken. Het is niet toegestaan om preventief reguliere geneesmiddelen en antibiotica toe te passen.

3.3 Pluimvee

Volgens de Skal-regels moet bij biologisch pluimvee minimaal een derde van het leefoppervlak van de stal (binnenruimte) bestaan uit vaste bodem (verharde vloer op de begane grond), die bedekt moet zijn met strooisel. Het leefoppervlak mag worden vergroot door gebruik te maken van meer etages.

Pluimvee moet vrije toegang krijgen tot uitloop in de open lucht, zolang de weersomstandigheden dat toelaten. De dieren moeten gebruik kunnen maken van de gehele uitloop, die begroeid moet zijn, voorzien moet zijn van drink- en waterbakken, en schuilmogelijkheden moet bieden. De openingen in de stal richting de uitloop moeten een totale lengte hebben van 4 m per 100 m² beschikbare binnenleefruimte. De door Skal gestelde minimum oppervlakte voor de binnenruimte is:

- Leghennen: 6 dieren per m²
- Vleeskuikens, parelhoenders, eenden, kalkoenen en ganzen: 10 dieren per m² met een maximum van 21 kg levend gewicht per m²
- Opfokleghennen:
 - 0 tot 7 weken: 24 dieren per m²
 - 7 t/m 18 weken: 10 dieren per m²
 - Vanaf 19 weken (127^e dag): 6 dieren per m²

De minimale oppervlakte aan buitenruimte die de dieren moeten hebben, waarbij de mestaanvoernorm van 170 kg N niet mag worden overschreden is:

- 4 m² per (opfok-)leghen
- 4 m² per dier, voor vleeskuikens en parelhoenders
- 4,5 m² per eend
- 10 m² per kalkoen
- 15 m² per gans

Het verstrekken van biologisch geteelde ruwvoer is voor pluimvee verplicht. Het is toegestaan (tot en met 31-12-2011) om maximaal 5% krachtvoer (gangbaar geteeld) te gebruiken indien onvoldoende biologisch voer beschikbaar is. Het is alleen toegestaan om, naast biologisch voer, toevoegingsmiddelen te gebruiken die zijn opgenomen in bijlage V en VI van de EU-Verordening. Het is verboden om preventief reguliere geneesmiddelen en antibiotica toe te passen en genetisch gemodificeerde producten en groeibevorderaars bij biologisch gehouden dieren te gebruiken.

4 Verwachte effecten op de emissies bij biologische systemen

In hoofdstuk 2 zijn de belangrijkste processen en factoren beschreven die van invloed zijn op gasvormige emissies en fijn stof. In hoofdstuk 3 zijn de belangrijkste verschillen van de biologische veehouderij ten opzichte van de reguliere veehouderij weergegeven (op basis van de SKAL voorschriften). Dit hoofdstuk beschrijft wat dit betekent voor de emissies van ammoniak, methaan, lachgas, geur en fijn stof vanuit biologische systemen ten opzichte van die van regulier.

4.1 Strogebruik

Groenestein (2006) inventariseerde diverse managementaspecten die van belang zijn voor de emissie: hoeveelheid strooisel, type/kwaliteit strooisel, locatie van strooiselbed, diepte van het strooiselbed, frequentie van stro toevoegen, het al dan niet keren van het strooiselbed, het al dan niet regelmatig verwijderen van (strooisel)mest.

Het gebruik van strooisel bij biologische productiesystemen kan leiden tot hogere lachgas-emissies. Dit wordt veroorzaakt door de beschikbaarheid van zuurstof in vaste mest en van koolstof als energiebron in strooisel, waardoor de risico van lachgas-productie bij vaste (strooisel)mest hoger is dan bij drijfmest (zie ook Tabel 1). Dit wordt bevestigd door de gerapporteerde lachgas-emissies uit verschillende huisvestingssystemen voor varkens (Aarnink e.a., 2001, 2004; Ahlgrimm e.a., 1999; Delcourt e.a., 2001; Dohler, 1993; Dourmad e.a., 2009; Groenestein, 2006; Groenestein en van Faassen, 1996; Hesse, 1999; Hol en Groot Koerkamp, 1999; Hoy e.a., 1997; Kaiser, 1999; Nicks e.a., 2004; Philippe e.a., 2007a,b; Stein, 1999; Thelosen e.a., 1993): tussen 0,06-0,97 g lachgas per dier per dag voor systemen zonder strooisel en tussen 0,15-11,35 g per dier per dag voor systemen met strooisel. Uit deze studies blijkt dat strooiselsystemen met stro meestal minder lachgas emitteren dan systemen met alternatieve strooiselmateriaal (zaagsel, houtkrullen). Lachgas-emissies bij varkens zijn in dezelfde orde van grootte dan de lachgas-emissies voor melkvee uit potstallen (0,0-5,0 g N₂O per dag per dier; Amon et al, 1998; Groenestein en Reitsma, 1993; Groenestein en Huis in 't Veld, 1994; Mosquera et al, 2005a). Volgens de IPCC (IPCC, 2006) is de emissiefactor voor lachgas uit vaste mest (0,02 kg N₂O-N per kg N in de mest) een factor 10 hoger dan voor dunne mest (0,002 kg N₂O-N per kg N in de mest).

De gerapporteerde methaan-emissies uit strooiselsystemen voor varkens lag tussen 1,9-39,0 g per dier per dag (Aarnink e.a., 2001, 2004; Ahlgrimm e.a., 1999; Delcourt e.a., 2001; Dourmad e.a., 2009; Groenestein, 2006; Hol en Groot Koerkamp, 1999; Kaiser, 1999; Nicks e.a., 2004; Philippe e.a., 2007a,b) en zijn lager dan de IPCC waarden van 4-55 g per dier per dag. De emissies uit strooiselsystemen voor varkens zijn veel lager dan de emissies voor melkvee uit potstallen, deze lagen tussen 0,2-2,8 kg methaan per dier per dag (Amon et al., 2001; Groenestein en Reitsma, 1993; Groenestein en Huis in 't Veld, 1994; Mosquera et al., 2005a). Dit wordt deels verklaard door de endogene methaan-productie in de pens van de koeien. Daarnaast constateerde Groenestein (2006) dat ook de methaan-emissie uit het strooisel bij varkens lager was. Dit verklaarde zij door het wroeten- en foerageergedrag van varkens (koeien wroeten niet), Hierdoor ontstaat extra beluchting van de toplaag van het strooiselpakket waardoor een deel van de methaan die gevormd is in de onderste (anaerobe) lagen van het strooiselpakket kan oxideren in de bovenste lagen (Groenestein, 2006; Szantos et al., 2007).

De gerapporteerde ammoniakemissie bij strooiselsystemen voor varkens lag tussen 3,12 en 13,6 g per dier per dag oftewel 1,0 tot 4,5 kg per dier per jaar (Aarnink e.a., 2001, 2004; Delcourt e.a., 2001; Dourmad e.a., 2009; Groenestein, 2006; Groenestein en van Faassen, 1996; Hol en Groot Koerkamp, 1999; Hoy e.a., 1997; Kaiser, 1999; Nicks e.a., 2004; Philippe e.a., 2007a,b; Thelosen e.a., 1993). Deze resultaten geven geen aanleiding te veronderstellen dat ammoniakemissie van strooiselsystemen hoger of lager zou zijn dan bij traditionele systemen. Dezelfde conclusies kunnen worden getrokken voor melkvee. Gerapporteerde emissies uit potstallen voor melkvee varieerden tussen 7,5 en 85,5 g/dag per dier (Amon e.a., 1998; Groenestein en Reitsma, 1993; Groot Koerkamp e.a., 1998; Mosquera e.a., 2005a; Seipelt e.a., 1999). Voor ligboxenstallen varieerde de emissie tussen 6,7 en 57,3 g/dag per dier (Groot Koerkamp e.a., 1998; Jungbluth e.a., 2001; Kroodsma e.a., 1993; Scholten en Huis in 't Veld, 1997; Seipelt e.a., 1999).

Er is weinig bekend over het effect van strooisel op de emissies van fijn stof en geur. In het onderzoek van Dourmad e.a. (2009) werd een hogere fijn stof emissie gemeten bij een biologische stal met zaagselbed vergeleken met een traditionele stal met volledige roostervloer. Berry e.a. (2005) vonden ook hogere emissies van PM10 bij een biologische vleesvarkensstal met uitloop ten opzichte van een traditionele stal. Ogink en Lens (2001) rapporteerden een reductie van de geuremissie van 68% voor een diepstrooiselsysteem voor zeugen in vergelijking met een drijfmestsysteem waarin zeugen individueel gehuisvest waren. Dourmad e.a. (2009) vonden een lagere geuremissie bij een biologische stal met zaagselbed vergeleken met een traditionele stal met volledige roostervloer. Aarnink en van der Hoek (2004) stelde dat in diepstrooiselsystemen de stofemissie met 50% gereduceerd zou zijn omdat het enigszins vochtige oppervlak de stofdeeltjes vasthoudt.

In de biologische veehouderij is het gebruikelijk om gecomposteerde dierlijke mest als meststof te gebruiken. Bij het composteren kunnen emissies optreden van ammoniak, lachgas, methaan en geur, afhankelijk van management tijdens composteren die een gevolg heeft voor de mate van beluchting. Mosquera e.a. (2005b) vonden zeer lage methaan-emissies na het opslaan van de potstalmest buiten de stal. Het niveau van de methaanemissie uit de mestopslag was vergelijkbaar met resultaten gerapporteerd bij Sommer *et al.* (1998) en Husted (1994). Lachgas-emissies uit de mestopslag waren verwaarloosbaar. Ammoniakemissies waren alleen gedurende de eerste uren na het storten van de mest (pot) hoog. Huijsmans e.a. (2007) vonden, op basis van een literatuuronderzoek naar de emissies van vaste mest na toediening, geen aanleiding om verschillende ammoniakemissies te veronderstellen na het toedienen van mest uit een biologisch of uit een gangbaar bedrijf.

4.2 Meer stal- en uitloopruimte

Het biologische productiesysteem investeert meer in dierenwelzijn, onder andere door extra stal- en uitloopruimte. Meer stalruimte kan in een grotere (bevuilde) mestoppervlakte resulteren, waardoor de risico op hogere ammoniakemissies toeneemt. Door de uitloopmogelijkheden neemt de kans op hogere ammoniak- en broeikasgasemissies ook toe. Ivanova *et al.* (2006, 2008) hebben de ammoniakemissie bij drie biologische bedrijven met vleesvarkens en drie biologische bedrijven met zeugen gemeten. Vleesvarkens en zeugen hadden vrije toegang tot een verharde uitloop. De zeugen hadden een uitloop met weide. De emissies uit de uitloop waren voor vleesvarkens hoger en voor dragende zeugen lager dan de emissies uit de stal. Keck e.a. (2004) en Berry e.a. (2005) hebben de ammoniakemissies vergeleken van conventionele varkenshuisvesting met roostervloer, en de huisvesting van varkens in stallen met een uitloop. De ammoniakemissies waren een factor twee tot drie hoger in het huisvestingssysteem met uitloop dan in het traditionele systeem. Sommer e.a. (2001) vonden ook hoge ammoniakemissies bij biologische gehuisveste (met weidegang) dragende zeugen.

Weidegang wordt als positief beoordeeld voor het welzijn van dieren. Bij melkvee is vastgesteld dat weidegang een lagere emissie geeft dan wanneer diezelfde mest in de stal terecht komt (Velthof *etal.*, 2009). Echter, het mesten en urineren in de weide kan de kans op uitspoeling van mineralen in de verhoges. Bij hoge dierbezetting en wanneer de mest niet evenredig over het hele oppervlak terecht komt, kan lokaal meer stikstof dan 170 kg N per ha per jaar terecht komen. Dit is bij uitlopen van varkens en pluimvee waargenomen (Ivanova e.a., 2006, 2008; Williams e.a., 2000). De uitspoeling van mineralen neemt toe als mest en urine terechtkomt op plaatsen waar helemaal geen gras groeit, of wanneer buiten het groeiseizoen ook weidegang wordt toegepast (er is dan geen gewas dat de mineralen kan gebruiken). Dit betekent dat er een aan oppervlakte gerelateerde grens is tussen wat weidegang is en wat een uitloop. Waar die grens zit is nog niet bekend.

4.3 Voer- en productiegegevens

Dalgaard *et al.* (1998) vonden voor biologische bedrijven een lagere N-efficiëntie en een hogere N-overschot per kg vlees t.o.v. gangbare bedrijven. Tamminga e.a. (2000) concluderen dat de N-excreties van biologische dieren eerder hoger dan lager zijn dan die van regulier gehouden dieren. Olesen *et al.* (2006) kwamen op basis van model berekeningen voor 7 gangbare en 8 biologische melkveebedrijven tot hogere broeikasgasemissies voor biologische bedrijven t.o.v. gangbare bedrijven voor een vergelijkbare N-efficiëntie. Dit werd verklaard door het grotere aandeel ruwvoer in de rantsoenen op de biologische bedrijven, met als gevolg een relatief hoge methaanemissie. Volgens Botermans e.a. (2010) en Olsson e.a. (2007) zijn de ammoniakemissies bij biologische varkensbedrijven een factor vier hoger dan bij traditionele bedrijven. Dit kan verklaard worden door het hogere eiwitgehalte van het voer en een grotere met mest bevuilde oppervlakte bij de biologische

bedrijven. Briene e.a. (2008) vonden 33% hogere fijn stof emissies bij biologische vleeskuikens ten opzichte van reguliere. Dit werd verklaard doordat biologische vleeskuikens langzamer groeien en een hoger slachtgewicht hebben.

4.4 Medicijngebruik

Voor alle biologisch gehouden dieren geldt dat het niet is toegestaan om preventief reguliere geneesmiddelen en antibiotica toe te passen. Bij gebruik van medicijnen en antibioticum komt een aanzienlijk deel ongebruikt in de mest terecht. Het effect hiervan op emissies is niet bekend. Wel bestaat de veronderstelling dat het gebruik van antibiotica kan leiden tot verminderde microbiële activiteit in de mest omdat van het oraal toegediende antibioticum 90% in de mest terecht komt. Dit zou theoretisch betekenen dat verminderd antibioticumgebruik in de biologische veehouderij meer emissies van ammoniak, lachgas, methaan en geur zou kunnen opleveren dan in de reguliere veehouderij. Of dit praktisch ook tot uitdrukking komt is niet bekend. Wanneer microbiële activiteit overvloedig aanwezig is, hoeft het niet remmend te werken op de processen die ammoniak, lachgas, methaan en geur produceren. Een vermeerdering van de al overvloedige microbiële activiteit door afwezigheid van antibioticum hoeft dan geen effect te hebben. Dit aspect verdient nader onderzoek.

5 Toepasbaarheid stalsystemen in de biologische veehouderij

Bij de beoordeling of systemen uit bijlage 1 van de Rav geschikt zijn voor de biologische veehouderij zijn we uitgegaan van de huisvestingsnormen en voorwaarden die Skal hanteert. Hieronder worden de belangrijkste aspecten toegelicht. In Bijlage 1 wordt voor alle Rav-stalsystemen voor rundvee, schapen en geiten, varkens en pluimvee aangegeven of deze geschikt zijn voor de biologische veehouderij.

1. In stallen moet ruimschoots daglicht en natuurlijke ventilatie aanwezig zijn. Zeer strikt genomen vallen emissiebeperkende systemen die gekoppeld zijn aan mechanische ventilatie daarmee af. Skal hanteert als regel dat mechanische ventilatie wel is toegestaan, ter ondersteuning van de natuurlijke ventilatie.
2. Toepassing luchtwassers. Luchtwassers (gekoppeld aan mechanische ventilatie) kunnen worden toegepast zolang de basis voor de stalventilatie natuurlijke ventilatie is. De vraag is dan of het nog zinvol is om een luchtwasser te gebruiken. De spuistroom uit een luchtwasser wordt door Skal gedefinieerd als een kunstmeststof en mag niet gebruikt worden in de biologische landbouw. Deze dient derhalve buiten de biologische landbouw te worden afgezet.
3. Gebruik toeslagstoffen aan de mest of in het voer. Mestverrijking met bijvoorbeeld zuren of formaline om kelderemissies te reduceren, is niet toegestaan in de biologische landbouw. Hetzelfde geldt voor het gebruik van kunstmatige additieven aan het voer.
4. Melkvee: hier ligt de eis dat de koeien tenminste 6 m² stalruimte ter beschikking moeten hebben, waarvan maximaal 50 % uitgevoerd met roosters. Een gewone ligboxenstal komt hierdoor niet in aanmerking. Er is feitelijk een te klein aandeel dichte vloer (box = 1.15 x 2.20). De meeste ligboxenstallen hebben 4 - 4,5 m² roostervloer. Dit betekent dat tenminste eenzelfde aandeel dichte vloer tegenover moet staan. Dit wordt in de praktijk soms opgelost door een stuk roostervloer (bijvoorbeeld achter het voerhek) dicht te maken, zodat een bestaande ligboxenstal toch kan voldoen.
5. Melkvee: wens vanuit de sector is om meer te bewegen richting ingestrooide stallen (potstal / vrijloopstal). Hiervan is nog geen emissiearme variant beschikbaar. Biologische bedrijven moeten weidegang toepassen. Hierdoor vallen ze automatisch onder A 1.100.1. en voldoen aan Besluit Huisvesting.
6. Melkvee: er zijn in Nederland al een aantal biologische melkveebedrijven die dichte vloeren toepassen, waaronder emissiearme (helling- en sleufvloer). Daarnaast kan gesteld worden dat op basis van het lagere productieniveau en het lagere ureumgehalte van de melk, de stikstof-excretie van biologische melkkoeien lager is, waar je ook een gunstig effect op ammoniakemissie van mag veronderstellen.
7. Vleeskalveren: de huisvesting van biologische vleeskalveren moet bestaan uit een binnenruimte en een buitenuitloop. De binnenruimte zal in de regel natuurlijk geventileerd worden. Toepassing van mechanische ventilatie op de binnenruimte is in theorie denkbaar maar niet praktisch gezien de uitloop.
8. Schapen en geiten: stallen voor biologische schapen en geiten wijken, los van de uitloop, niet wezenlijk af van die van reguliere schapen en geiten. Voor de stal kan biologisch hier aansluiten bij de (eventuele) ontwikkelingen in de gangbare veehouderij.
9. Varkens: biologische varkens moeten over een binnen- en buitenruimte beschikken. De buitenuitloop mag gedeeltelijk overdekt zijn. In de binnenruimte wordt stro in grote hoeveelheden toegepast. Drijfmestssystemen zijn daardoor niet aan de orde. De meeste mest wordt op de verharde buitenuitloop geproduceerd. Deze is vaak gedeeltelijk, soms geheel, van betonroosters met een drijfmestkanaal voorzien. De huidige Rav-beschrijvingen sluiten het toepassen van een buitenuitloop niet uit.
10. Varkens: Er zijn op dit moment geen biologische varkensbedrijven die een emissiearme techniek toepassen. Biologische bedrijven hoeven niet te voldoen aan de emissie-eisen van Besluit huisvesting. Een beperkt aantal emissiearme technieken is in potentie toepasbaar op biologische varkensbedrijven.
11. Pluimvee: scharrel- en volièresystemen met buitenuitloop worden al toegepast in de biologische veehouderij, met als grootste verschil de lagere dierbezetting ten opzichte van de reguliere pluimveehouderij.

6 Conclusies

Op basis van de processen en de factoren die een rol spelen bij de emissies en de omstandigheden in de biologische veehouderij kan gesteld worden dat de volgende aspecten meer aandacht behoeven wanneer emissies uit de biologische veehouderij beschouwd worden:

- Een groter met mest bevuild oppervlak door grotere beschikbaarheid van ruimte, zowel binnen als buiten, vergroot het risico op emissie van ammoniak en, bij beschikbaarheid van omzetbare koolstof (strooisel, bodem), ook van lachgas.
- Gebruik van strooisel maakt dat een C-bron beschikbaar is voor microbiologische activiteit en het creëert aerobe omstandigheden. Daarnaast kan strooisel een stof-bron vormen. Hiermee zijn stro- en mestmanagement belangrijke emissiebepalende factoren: hoeveelheid strooisel, type/kwaliteit strooisel, locatie van strooiselbed, diepte van het strooiselbed, frequentie van stro toevoegen, het al dan niet keren van het strooiselbed, het al dan niet regelmatig verwijderen van (strooisel)mest. Deze aspecten moeten zowel in de stal als tijdens opslag beschouwd worden.
- Over het algemeen is in de biologische veehouderij de voerefficiëntie lager en zullen relatief meer nutriënten (N) in de mest terecht komen die kunnen emitteren. Door een (vaak) hogere ruwe-celstof-opname zal bij de vertering de endogene methaanemissie hoger zijn. Het lagere productieniveau, en bijgevolg de lagere voergift, kan deze verhogende effecten compenseren. Het netto effect is niet bekend.
- Het effect van (het ontbreken van) reguliere medicijnen en antibioticum in de mest op emissies is niet bekend.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A. (1997). Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Aarnink, A.J.A. en K.W. van der Hoek (2004). Opties voor reductie van fijn stof emissie uit de veehouderij. A&F Report 289, RIVM Report 680500001.
- Aarnink, A.J.A. en H. Ellen (2006). Processen en factoren bij fijnstofemissie in de veehouderij. ASG rapport 11.
- Aarnink, A.J.A., A. Scheer, A.I.J. Hoofs, M.A.H.H. Smolders en D. Swierstra (2001). De Herculesstal voor vleesvarkens uitgetest onder semi-praktijkomstandigheden. IMAG Nota V 2001-61.
- Aarnink, A.J.A., M. Wagemans and G.M. Nijeboer (2004). Emissies uit een welzijnsvriendelijke stal voor vleesvarkens: het Canadian Bedding System. Agrotechnology & Food Innovations Rapport 084.
- Ahlgrim, H.J., J. Breford en W. Asendorf (1999). Emissions of methane and nitrous oxide from different forms of pig fattening. Non-CO₂ greenhouse gases: scientific understanding, control and implementation. Proceedings of the second international symposium. The Netherlands, Noordwijkerhout, pp. 191-192. 8-10 September 1999.
- Amon, B., T. Amon en J. Boxberger (1998). Investigation of the ammonia emissions from ghe agriculture in Austria for determination of potentials and possibilities of reduction. Forschungsprojekt Nr. L 883/94, Institut für Land, Umwelt- und Energietechnik der Universität für Bodenkultur, Vienna.
- Amon, B., Th. Amon, J. Boxberger en Ch. Alt (2001). Emissions of NH₃, N₂O and CH₄ from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (housing, manure storage, manure spreading). Nutrient Cycling in Agroecosystems 60, 103-113.
- Berry, N.R., K Zeyer, L. Emmenegger en M. Keck (2005). Emissionen von Staub (PM10) und Ammoniak (NH₃) aus traditionellen und neuen Stallsystemen mit Untersuchungen im Bereich der Mastschweinehaltung.
- Binkley, D. en D. Richter (1987). Nutrient cycles and H⁺ budgets of forest ecosystems. Advances in Ecological Research 16, 1-51.
- Bobbink, R., D. Boxman, E. Fremstad, G. Heil, A. Houdijk en J. Roelofs (1992). Critical loads for nitrogen eutrophication of terrestrial and wetland ecosystems based upon changes in vegetation and fauna. In Critical loads for nitrogen (eds. Grennfelt, P. and E. Thönelöf), p.41. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- Botermans, J., G. Gustafsson, K. Jeppsson, N. Brown en L. Rodhe (2010). Measures to reduce ammonia emissions in pig production – Review. Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Alnarp.
- Briene, M., K. Overmars, E. Buter, R. Abma, P. Sloot, J. Quist en L. Verbeek (2008). Maatschappelijke effecten van de intensieve veehouderij, een vergelijking van productiesystemen. Aequator Groen & Ruimte, Ecorys en Witteveen+Bos eindrapport.
- Brunekreef, B. en S.T. Holgate (2002). Air pollution and health. The Lancet 360, 1233-1242.
- Buringh, E. en A. Opperhuizen (2002). On health risks of ambient pm in the Netherlands. Executive summary. RIVM, Bilthoven.
- Bussink, D.W., J.F.M. Huijsmans en J.J.M.H. Ketelaars (1994). Ammonia volatilization from nitric-acid-treated cattle slurry, (surface) applied to grassland. Netherlands Journal of Agricultural Science 42: 293-309.
- Cambra-López, M (2010). Control of particulate matter emissions from poultry and pig houses. PhD thesis, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, Spain.
- Chadwick, D. R. en B.F. Pain (1997). Methane fluxes following slurry applications to grasslands soils: laboratory experiments. Agriculture, Ecosystems & Environment 63, 51-60.
- Chadwick, D. R., B.F. Pain en S.K.E. Brookman (2000). Nitrous oxide and methane emissions following application of animal manures to grassland. Journal of Environmental Quality 29, 277-287.
- Chardon, W. J. en K. W. Van der Hoek (2002). Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw. p 35. Alterra / RIVM, Wageningen.
- Crutzen, P. J., I. Aselmann en W. Seiler (1986). Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and humans. Tellus 38B, 271-284.
- Curtis, S.E., J.G. Drummond, D.J. Grunloh, P.B. Lynch en A.H. Jensen (1975). Relative and qualitative aspects of aerial bacteria and dust in swine houses. Journal of Animal Science 41 (5), 1512-1520.

- Dalgaard, T., N. Halberg en S. Kristensen (1998). Can organic farming help to reduce N-losses? Nutrient Cycling in Agroecosystems, 52, 277–287.
- Delcourt, M., M. Vandenheede, A. Desiron, M. Laitat, B. Canart en B. Nicks (2001). Emissions d'ammoniac, de protoxyde d'azote, de méthane, de gaz carbonique et de vapeur d'eau lors d'élevage de porcs charcutiers sur litière accumulée de sciure: quantification et corrélations ave le niveau d'activité des animaux. Ann. Méd. Vét. 145, 357-364.
- Del Prado, A., P. Merino, J.M. Estavillo, M. Pinto en C. Gonzalez-Murua (2006). N₂O and NO emissions from different N sources and under a range of soil water contents. Nutrient Cycling in Agroecosystems 74, 229-243.
- Döhler, H. (1993). The deep litter/compost system. An environmentally and animal friendly housing system. Landtechnik 48(3), 138-139.
- Donham, K.J., D.C. Zavala en J.A. Merchant (1984). Respiratory symptoms and lung function among workers in swine confinement buildings: a cross-sectional epidemiological study. Archives of Environmental Health 39(2), 96-101.
- Dourmad J. Y., M.H., P. Robin, N. Guingand, M.C. Meunier-Salaün en B. Lebret (2009). Influence of pig rearing system on animal performance and manure composition. Animal 3(4), 606-616.
- Ellen, H., C.M. Groenestein en M. Smits (2007). Emissies uit opslag van vaste mest. ASG Rapport 58.
- Ellen, H. en I.E. Hoving (2009). Milieuaspecten weidegang biologische zeugen. Wageningen UR Livestock Research Rapport 253.
- Elzing, A. en G.J. Monteny (1997). Ammonia emission in a scale model of a dairy-cow house. Transactions of the ASAE 40: 713-720.
- Elzing, A. en G.J. Monteny (1997b). Modeling and experimental determination of ammonia emission rates from a scale model dairy-cow house. Transactions of the ASAE 40, 721-726.
- Fischer, P (2001). Epidemiologie pm – nadruk op “acute” risico's (heranalyse mortaliteit; inzichten morbiditeit). In: Symposium Vereniging van Milieukundigen (VVM) 'Recente ontwikkelingen in de kennis omtrent fijn stof', December 2001, Utrecht.
- Flessa, H., R. Ruser, P. Dörsch, T. Kamp, M.A. Jimenez, J.C. Munch en F. Beese (2002). Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, N₂O) from two farming systems in southern Germany. Agriculture, Ecosystems and Environment 91, 175-189.
- Géneremont, S, en P. Cellier (1997). A mechanistic model for estimating ammonia volatilization from slurry applied to bare soil. Agricultural and Forest Meteorology 88, 145-167.
- Groenestein, C.M. (2006). Environmental aspects of improving sow welfare with group housing and straw bedding. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Groenestein, C.M. en H.G. Van Faassen (1996). Volatilization of ammonia, nitrous oxide and nitric oxide in deep-litter systems for fattening pigs. J. Agric. Eng. Res. 65, 269-274.
- Groenestein, C.M. en B. Reitsma (1993). Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen X: potstal voor melkvee. DLO-Rapport 93-1005.
- Groenestein, C.M. en J.W.H. Huis in 't Veld (1994). Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XV: potstal voor zoogkoeien. DLO-Rapport 94-1006.
- Groenestein, C.M., J.F.M. Huijsmans en R.L.M. Schils (2010). Emissies van broeikasgassen, ammoniak, fijn stof en geur in de mestketen. Wageningen UR Livestock Research Rapport 248.
- Groot Koerkamp, P.W.G., J.H.M. Metz, G.H. Uenk, V.R. Phillips, M.R. Holden, R.W. Sneath, J.L. Short, R.P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schröder, K.H. Linkert, S. Pedersen, H. Takai, J.O. Johnsen en C.M. Wathes (1998). Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. J. agric. Engng. Res. 70, 79-95.
- Heber, A.J., M. Stroik, J.L. Nelssen en D.A. Nichols (1988). Influence of environmental factors on concentrations and inorganic content of aerial dust in swine finishing buildings. Transactions of the ASAE 31 (3), 875-881.
- Heij, G.J., en T. Schneider (1991). Acidification research in the Netherlands. In Studies in Environmental Science 46 (eds. Heij, G.J. and Schneider, T.), pp. 3-24, Elsevier, Amsterdam.
- Heil, G.W. en M. Bruggink (1987). Competition for nutrients between *Calluna vulgaris* (L.) Hull and *Molinia caerulea* (L.) Moench. Oecologia 73, 105–107.
- Hesse, D. (1994). Comparison of different old and new fattening pig husbandries with focus on environment and animal welfare. In Proceedings XII World Congress on Agricultural Engineering, Mailand, 29 October – 1 September 1994.
- Hobbs, P.J., T.H. Misselbrook en B.F. Pain (1998). Emission rates of odorous compounds from pig slurries. J. Sci. Food. Agric. 77 (3), 341-348.
- Hol, J.M.G. en P.W.G. Groot Koerkamp (1999). Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLIV. Rondloopstal voor dragende zeugen met voerstation en strobed. IMAG Rapport 99-08.

- Hoy, S., K. Müller and R. Willig (1997). Ammoniak- und Lachgasemissionen. Auswirkungen verschiedener Tierhaltungssysteme für Mastschweine. *Landtechnik* 52(1), 40-41.
- Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol en M.M.W.B. Hendriks (2001). Effect of application technique, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to grassland. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 49, 323-342.
- Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol en G.D. Vermeulen (2003). Effect of application method, manure characteristics, atmosphere and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to arable land. *Atmospheric Environment* 37, 3669-3680.
- Huijsmans, J.F.M., J. Mosquera en J.M.G. Hol (2007). Ammoniakemissie bij het uitrijden van vaste mest. Deskstudie. PRI Rapport 155.
- Husted, S. (1994). Seasonal variation in methane emission from stored slurry and solid manures. *J. Environ. Qual.* 23, 585-592.
- IPCC (1996). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Ivanova-Peneva, S.G., A.J.A. Aarnink en M.W.A. Verstegen (2006). Ammonia and mineral losses on Dutch organic farms with pregnant sows. *Biosystems Engineering* 93(2), 221-235.
- Ivanova-Peneva, S.G., A.J.A. Aarnink en M.W.A. Verstegen (2008). Ammonia emissions from organic housing systems with fattening pigs. *Biosystems Engineering* 99, 412-422.
- Jong, de, R.G., J.H.M. Steenbekkers en H. Vos (2000). Hinder en andere zelf-gerapporteerde effecten van milieuverontreiniging in Nederland, Inventarisatie Verstoringen 1998. TNO-PG, Delft, Netherlands.
- Jun, P., M. Gibbs en K. Gaffney (1999). Methane and nitrous oxide emissions from livestock manure. Background report for expert group meeting on good practice in inventory preparation for agricultural sources of methane and nitrous oxide. 24-26 February, Wageningen, The Netherlands.
- Jungbluth, T., G. Brose en E. Hartung (2001). Environmental Technology in Cattle and Milking Cow Production. In Proceedings of the "International Symposium on Animal Production and Environmental Issues", pp. 132-146. Chile, 25-27 July 2001.
- Kaiser, S. (1999). Analyse und Bewertung eines Zweiraumkompoststalls für Mastschweine unter besonderer Berücksichtigung der gasförmigen Stoffströme. Ph.D. Thesis, University of Göttingen, Germany.
- Keck, M., Z. Kerstin en E. Lukas (2004). Emissions of NH₃ and PM10 from closed housing and housing combined with open exercise yards for growing-finishing pigs. *Proceedings of AgEng 2004*, Leuven, p. 6, 12-16 September 2004.
- Koziel, J.A., L. Cai, D.W. Wright en S.J. Hoff (2006). Solid-phase microextraction as a novel air sampling technology for improved, GC-olfactometry-based assessment of livestock odors. *Journal of Chromatographic Science* 44, 451-457.
- Kroodsmma, W., J.W.H. Huis in 't Veld en R. Scholtens (1993). Ammonia emission and its reduction from cubicle houses by flushing. *Livestock Production Science* 35, 293-302.
- Le, P.D., A.J.A. Aarnink, N.W.M. Ogink, P.M. Becker en M.W.A. Verstegen (2005a). Odour from animal production facilities: its relationship to diet. *Nutrition Research Reviews* 18 (1), 3-30.
- Le, P.D., A.J.A. Aarnink, N.W.M. Ogink en M.W.A. Verstegen (2005b). Effects of environmental factors on odor emission from pig manure. *Transaction of the ASAE* 48 (2), 757-765.
- Maas, C.W.M. van der , P.W.H.G. Coenen, P.J. Zijlema, L.J. Brandes, K. Baas, G. van den Berghe, G.J. van den Born, B. Guis, G. Geilenkirchen, R. te Molder, D.S. Nijdam, J.G.J. Olivier, C.J. Peek, M.W. van Schijndel en S.M. van der Sluis (2009). Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2007. National Inventory Report 2009, MNP, Bilthoven, The Netherlands.
- Mankell, K.O., K.A. Janni, R.D. Walker, M.E. Wilson, J.E. Pettigrew, L.D. Jacobson en W.F. Wilcke (1995). Dust suppression in swine feed using soybean oil. *Journal of Animal Science* 73 (4), 981-985.
- Mechler, R., M. Amann en W. Schöpp (2002). A methodology to estimate changes in statistical life expectancy due to the control of particulate matter air pollution. Interim Report IR-02-035, International Institute for Applied Systems Analysis, Austria.
- Monteny, G.J. (2000). Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol en J.W.H. Huis in 't Veld (2005a). Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee. I. Stal. *Agrotechnology & Food Innovations Rapport* 324.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol en J.W.H. Huis in 't Veld (2005b). Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee. II. Mestopslag buiten de stal. *Agrotechnology & Food Innovations Rapport* 325.

- Mosquera, J., J.M.G. Hol, C. Rappoldt en J. Dolfing (2007). Precise soil management as a tool to reduct CH₄ and N₂O emissions from agricultural soils. ASG Report 28.
- Mosquera, J. en J.M.G. Hol (2010). Emissiefactoren methaan, lachgas en PM_{2,5} voor stalsystemen, inclusief toelichting. Wageningen UR Livestock Research Rapport (in druk).
- Muck, R.E. en T.S. Steenhuis (1981). Nitrogen losses in free stall dairy barns. In: Livestock Waste: A renewable resource p. 406-409. ASAE, St. Joseph, Michigan.
- Nicks, B., M. Laitat, F. Farnir, M. Vandenheede, A. Désiron, C. Verhaeghe en B. Canart (2004). Gaseous emissions from deep-litter pens with straw or sawdust for fattening pigs. *Animal Science* 78, 99-107.
- Ogink, N.W.M. en P.N. Lens (2001). Geuremissie uit de veehouderij. Overzichtsrapportage 1996-1999. IMAG Rapport 2001-14.
- Olesen, J.E., K. Schelde, A. Weiske, M.R. Weisbjerg, W.A.H. Asman en J. Djurhuus (2006). Modelling greenhouse gas emissions from European conventional and organic dairy farms. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112, 207-220.
- Olsson, A., K.J., J. Boterman, M. Andersson, H. von Wachenfelt, G. Svensson en J. Svendsen (2007). Organic growing-finishing pig production. Part 2. Production, animal health, welfare, function and environment. Swedish University of Agricultural Sciences Department of Agricultural Biosystems and Technology, Alnarp.
- PBL (2009). Milieucompendium 2009.
- Philippe, F.X., M. Laitat, B. Canart, M. Vandenheede en B. Nicks (2007a). Gaseous emissions during the fattening of pigs kept either on fully slatted floors or on straw flow. *Animal* 1(10), 1515-1523.
- Philippe, F.X., M. Laitat, B. Canart, M. Vandenheede en B. Nicks (2007b). Comparison of ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs, kept either on fully slatted floor or on deep litter. *Livestock Science* 111, 144-152.
- Preller, L. en P. Vogelzang (1993). Gezondheid varkenshouder aan risico's blootgesteld!. Rapport 93.001, Stichting Gezondheidsdienst voor dieren in Zuid-Nederland.
- Rijnen, M.M.J.A. (2003). Energetic utilization of dietary fiber in pigs. Thesis Wageningen University, ISBN 90-5808-866-9, Wageningen, NL, 160 pp.
- Scholtens, R. en Huis in 't Veld, J.W.H. (1997). Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVI: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met betonroosters voor melkvee. DLO-Rapport 97-1006.
- Schulze, E.D., W. de Vries, M. Hauhs, K. Rosén, L. Rasmussen, S.O. Tamm en J. Nilsson (1989). Critical loads for nitrogen deposition on forest ecosystems. *Water, Air, and Soil Pollution* 48, 451-456.
- Seipelt, F., Ross, A., Steffens, G. en van den Weghe, H. (1999). Monitoring of gaseous emissions from naturally ventilated dairy houses using the tracer gas technique using the rate-of-decay method. In Proceedings of the International Conference "Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming", pp. 69-74. Germany, 9-10 March 1999.
- Søgaard, H.T., S.G. Sommer, N.J. Hutchings, J.F.M. Huijsmans, D.W. Bussink en F. Nicholson (2002). Ammonia volatilization from field-applied animal manure-the ALFAM model. *Atmospheric Environment* 36, 3309-3319.
- Sommer, S.G., P. Dahl, H.B. Rom en H.B. Møller (1998). Emission of ammonia, nitrous oxide, methane and carbon dioxide during composting of deep litter. In "8th International Conference on Management Strategies for Organic Waste Use in Agriculture". France, 26-29 May 1998.
- Sommer, S.G., H.T. Søgaard, H.B. Møller en S. Morsing (2001). Ammonia volatilization from sows on grassland. *Atmospheric Environment* 35 (11), 2023-2032.
- Stein, M. (1999). Are alternatively housed pigs ecologically friendly? www.agrar.de/aktuell.
- Szanto, G.L., H.V.M. Hamelers, W.H. Rulkens en A.H.M. Veeken (2007). NH₃, N₂O and CH₄ emissions during passively aerated composting of straw-rich pig manure. *Bioresource Technology* 98, 2659-2670
- Taminga, S., A.W. Jongbloed, M. Van Eerd, H.F.M. Aarts, F. Mandersloot, N.J.P. Hoogervorst en H. Westhoek (2000). De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren. Rapport ID-Lelystad 00-204R.
- Thelosen, J.G.M., B.P. Heitlager en J.A.M. Voermans (1993). Nitrogen balances of two deep litter systems for finishing pigs. In Proceedings of the First International Symposium on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences (eds. Verstegen, M.W.A., L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen and J.H.M. Metz), pp. 318-323, Wageningen, The Netherlands.
- Van Breemen, N. en H.F.G. van Dijk (1988). Ecosystem effects of atmospheric deposition of nitrogen in the Netherlands. *Environmental Pollution* 54, 249-274.

- Van Dam, D., H.F. van Dobben, C.F.J. ter Braak en T. de Wit (1986). Air pollution as a possible cause for the decline of some phanerogamic species in the Netherlands. *Vegetatio* 65, 47–52.
- Velthof, G.L., P.J. Kuikman en O. Oenema (2003). Nitrous oxide emission from animal manures applied to soil under controlled conditions. *Biology and Fertility of Soils* 37, 221-230.
- Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen en J.F.M. Huijsmans (2009). Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland. WOt-rapport 70.
- Velthof, G.L. J. Mosquera, J. Huis in 't Veld en E. Hummelink (2010). Effect of manure application technique on nitrous oxide emission from agricultural soils. Alterra report 1992.
- Verdoes, N. en N.W.M. Ogink (1997). Odour emission from pig houses with low ammonia emission. Proceedings of the international symposium Ammonia and odour control from animal production facilities (J. A. M. Voermans & G. J. Monteny eds), Vinkeloord, NL, p. 317-325.
- Von Essen, S.G., C.I. Andersen en L.M. Smith (2005). Organic dust toxic syndrome: a noninfectious febrile illness after exposure to the hog barn environment. *Journal of Swine Health and Production* 13, 273-276.
- VROM (1998). Nationaal Milieubeleidsplan 3. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.
- Williams, J.R., B.J. Chambers, A.R. Hartley, S. Ellis, en H.J. Guisse (2000). Nitrogen losses from outdoor pig farming systems. *Soil use and management* 16(4), 237-243.
- Yamulki, S. (2006). Effect of straw addition on nitrous oxide and methane emissions from stored farmyard manures. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112, 140-145.

Bijlage A Toepasbaarheid Rav-systemen in de biologische veehouderij

Rav-code	Categorie	Geschikt voor biologisch
Hoofdcategorie A: Rundvee		
A 1	Diercategorie melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar	
A 1.1	Grupstal met drijfmest, emitterend mestoppervlak van grup en kelder max. 1,2 m ² per koe	n
A 1.2	Loopstal met hellende vloer en giergoot of met roostervloer; beide met spoelsysteem	
A 1.2.1	Beweiden	j ¹⁾
A 1.2.2	Permanent opstallen	n
A 1.3	Loopstal met hellende vloer en gier-goot; max. 3 m ² mestbesmeurd oppervlak per koe	
A 1.3.1	Beweiden	n
A 1.3.2	Permanent opstallen	n
A 1.4	Loopstal met hellende vloer en spoelsysteem; max. 3,75 m ² mestbesmeurd oppervlak per koe	
A 1.4.1	Beweiden	j ¹⁾
A 1.4.2	Permanent opstallen	n
A 1.5	Loopstal met sleufvloer en mestschuif	
A 1.5.1	Beweiden	j ¹⁾
A 1.5.2	Permanent opstallen	n
A 1.6	Ligboxenstal met dichte hellende vloer, met profilering, met snelle gierafvoer met mestschuif	
A 1.6.1	Beweiden	j ¹⁾
A 1.6.2	Permanent opstallen	n
A 1.7	Ligboxenstal met dichte hellende vloer, met rubbertoplaag, met snelle gierafvoer met mestschuif	
A 1.7.1	Beweiden	j ¹⁾
A 1.7.2	Permanent opstallen	n
A 1.8	Ligboxenstal met sleufvloer met noppen en mestschuif	
A 1.8.1	Beweiden	j ¹⁾
A 1.8.2	Permanent opstallen	n
A 1.100	Overige huisvestingssystemen	
A 1.100.1	Beweiden	j
A 1.100.2	Permanent opstallen	n
A 2	Diercategorie zoogkoeien ouder dan 2 jaar	j
A 3	Diercategorie vrouwelijk jongvee tot 2 jaar	j
A 4	Diercategorie vleeskalveren tot 8 maanden	
A 4.1	Mechanisch geventileerde stal met een chemisch luchtwassysteem met 90% emissiereductie	n
A 4.2	Mechanisch geventileerde stal met een biologisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	n
A 4.100	Overige huisvestingssystemen	j
A 5	Diercategorie vleesstierkalveren tot 6 maanden	j
A 6	Diercategorie vleesstieren en overig vleesvee van 6 tot 24 maanden (roodvleesproductie)	j
A 7	Diercategorie fokstieren en overig rundvee ouder dan 2 jaar	j
Hoofdcategorie B: Schapen		
B 1	Diercategorie schapen ouder dan 1 jaar, inclusief lammeren tot 45 kg	j
Hoofdcategorie C: Geiten		
C 1	Diercategorie geiten ouder dan 1 jaar	j
C 2	Diercategorie opfokgeiten van 61 dagen tot en met één jaar	j
C 3	Diercategorie opfokgeiten en afmestlammeren tot en met 60 dagen	j

Toepasbaarheid Rav-systemen in de biologische veehouderij (vervolg)

Rav-code	Categorie	Geschied voor biologisch
D1.1. Diercategorie biggenopfok (gespeende biggen)		
D 1.1.1	Vlakke gecoate keldervloer met tandheugelschuifstelsysteem	
D 1.1.1.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.1.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	n ²⁾
D 1.1.2	Spoelgotensysteem met dunne mest en gedeeltelijk roostervloer	
D 1.1.2.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.2.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	n ²⁾
D 1.1.3	Mestopvang in water in combinatie met een mestafvoersysteem	
D 1.1.3.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.3.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	n
D 1.1.4	Ondiepe mestkelders met water- en mestkanaal	
D 1.1.4.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.4.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	n
D 1.1.5	Halfrooster met verkleind mestoppervlak (max. 60% van het totale hokoppervlak bestaat uit een roostervloer)	
D 1.1.5.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.5.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	j
D 1.1.6	Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof (volledig roostervloer)	
D 1.1.6.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.6.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	n
D 1.1.7	Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof (gedeeltelijk roostervloer)	
D 1.1.7.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.7.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	n
D 1.1.8	Gescheiden afvoer van mest en urine door middel van hellende mestband	
D 1.1.8.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.8.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	j
D 1.1.9	Biologisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	
D 1.1.9.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.9.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	j ³⁾
D 1.1.10	Chemisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	
D 1.1.10.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.10.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	j ³⁾
D 1.1.11	Koeldekstelsysteem (150% koeloppervlak)	
D 1.1.11.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.11.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	n
D 1.1.12	Opfokhok met schuine putwand	
D 1.1.12.1	emitterend mestoppervlak maximaal 0,07 m ² , ongeacht groepsgrootte	n
D 1.1.12.2	emitterend mestoppervlak groter dan 0,07 m ² , echter kleiner dan 0,10 m ² , en in kleine groepen, tot 30 biggen, gehuisvest	n
D 1.1.12.3	hokoppervlak groter dan 0,35 m ² , emitterend mestoppervlak groter dan 0,07 m ² , echter kleiner dan 0,10 m ² , in grote groepen, vanaf 30 biggen, gehuisvest	n
D 1.1.13	Volledig rooster met water- en mestkanalen, eventueel voorzien van schuine putwand(en), emitterend mestoppervlak kleiner dan 0,10 m ²	n
D 1.1.14	Chemisch luchtwassysteem 95% emissiereductie	
D 1.1.14.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.14.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	j ³⁾

Toepasbaarheid Rav-systemen in de biologische veehouderij (vervolg)

Rav-code	Categorie	Geschied voor biologisch
D 1.1.15	Luchtwassystemen anders dan biologisch of chemisch	
D 1.1.15.1	Gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met chemische wasser (lamellenfilter) en waterwasser	
D 1.1.15.1.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.15.1.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	j ³⁾
D 1.1.15.2	Gecombineerd luchtwassysteem 70% emissiereductie met waterwasser, chemische wasser en biofilter	
D 1.1.15.2.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.15.2.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	j ³⁾
D 1.1.15.3	Gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met waterwasser, chemische wasser en biofilter	
D 1.1.15.3.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.15.3.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	j ³⁾
D 1.1.15.4	Gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met watergordijn en biologische wasser	
D 1.1.15.4.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.15.4.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	j ³⁾
D 1.1.100	Overige huisvestingssystemen	
D 1.1.100.1	hokoppervlak maximaal 0,35 m ²	n
D 1.1.100.2	hokoppervlak groter dan 0,35 m ²	j
D1.2. Diercategorie kraamzeugen (incl. biggen tot spenen)		
D 1.2.1	Spoelgotensysteem, spoelen met dunne mest	n
D 1.2.2	Kunststof schijnvloer met schuif onder de roosters	j
D 1.2.3	Vlakke, gecoate keldervloer met tandheugelschuifstelsysteem	j
D 1.2.4	Mestschuif met gecoate, hellende keldervloer en giergoot	j
D 1.2.5	Mestgoot met mestafvoersysteem	n
D 1.2.6	Ondiepe mestkelders met mest- en waterkanaal	n
D 1.2.7	Kraamopfokhok met hellende plaat	n
D 1.2.8	Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof	n
D 1.2.9	Schuiven in mestgoot	n ²⁾
D 1.2.10	Biologisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	j ³⁾
D 1.2.11	Chemisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	j ³⁾
D 1.2.12	Koeldekstelsysteem (150% koeloppervlak)	n
D 1.2.13	Mestpan onder kraamhok	n
D 1.2.14	Mestpan met water- en mestkanaal onder kraamhok	n
D 1.2.15	Chemisch luchtwassysteem 95% emissiereductie	j ³⁾
D 1.2.16	Waterkanaal in combinatie met een afgescheiden mestkanaal of mestbak	n
D 1.2.17	Luchtwassystemen anders dan biologisch of chemisch	
D 1.2.17.1	gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met chemische wasser (lamellenfilter) en waterwasser	j ³⁾
D 1.2.17.2	gecombineerd luchtwassysteem 70% emissiereductie met waterwasser, chemische wasser en biofilter	j ³⁾
D 1.2.17.3	gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met waterwasser, chemische wasser en biofilter	j ³⁾
D 1.2.17.4	gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met watergordijn en biologische wasser	j ³⁾
D 1.2.100	Overige huisvestingssystemen	j

Toepasbaarheid Rav-systemen in de biologische veehouderij (vervolg)

Rav-code	Categorie	Geschikt voor biologisch
D1.3. Diercategorie guste en dragende zeugen		
D 1.3.1	Smalle ondiepe mestkanalen met metalen driekantroostervloer en rioleringsysteem (alleen toepasbaar bij individuele huisvesting)	n
D 1.3.2	Mestgoot met combinatierooster en frequente mestafvoer (alleen toepasbaar bij individuele huisvesting)	n
D 1.3.3	Spoelgotensysteem met dunne mest (Groen Label bij groepshuisvesting)	n ²⁾
D 1.3.4	Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof (Groen Label bij groepshuisvesting)	n
D 1.3.5	Schuiven in mestgoot (alleen toepasbaar bij individuele huisvesting)	n
D 1.3.6	Biologisch luchtwassysteem 70% emissiereductie bij individuele en groepshuisvesting	j ³⁾
D 1.3.7	Chemisch luchtwassysteem 70% emissiereductie bij individuele en groepshuisvesting	j ³⁾
D 1.3.8	Koeldeksysteem	
D 1.3.8.1	115% koeloppervlak (Groen Label bij individuele huisvesting en groepshuisvesting)	n
D 1.3.8.2	135% koeloppervlak (Groen Label bij individuele huisvesting en groepshuisvesting)	n
D 1.3.9	Groepshuisvestingsstelsel met voerligboxen of zeugvoerstations, zonder strobed, met schuine putwanden in het mestkanaal	
D 1.3.9.1	met metalen driekantroosters	n
D 1.3.9.2	roosters anders dan metalen driekant	n
D 1.3.10	Rondloopstal met zeugvoerstation en strobed	j
D 1.3.11	Chemisch luchtwassysteem 95% emissiereductie (bij individuele en groepshuisvesting)	j ³⁾
D 1.3.12	Luchtwassystemen anders dan biologisch of chemisch	
D 1.3.12.1	gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met chemische water (lamellenfilter) en waterwater	j ³⁾
D 1.3.12.2	gecombineerd luchtwassysteem 70% emissiereductie met waterwater, chemische water en biofilter	j ³⁾
D 1.3.12.3	gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met waterwater, chemische water en biofilter	j ³⁾
D 1.3.12.4	gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met watergordijn en biologische water	j ³⁾
D 1.3.100	Overige huisvestingsstelsels, groepshuisvesting	j
D 1.3.101	Overige huisvestingsstelsels, individuele huisvesting	n
D2. Diercategorie dekberen, 7 maanden en ouder		
D 2.1	Biologisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	
	Luchtwassysteem met een korte verblijfstijd	j ³⁾
	Luchtwassysteem met een lange verblijfstijd	j ³⁾
D 2.2	Chemisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	j ³⁾
D 2.3	Chemisch luchtwassysteem 95% emissiereductie	j ³⁾
D 2.4	Luchtwassystemen anders dan biologisch of chemisch	
D 2.4.1	gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met chemische water (lamellenfilter) en waterwater	j ³⁾
D 2.4.2	gecombineerd luchtwassysteem 70% emissiereductie met waterwater, chemische water en biofilter	j ³⁾
D 2.4.3	gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met waterwater, chemische water en biofilter	j ³⁾
D 2.4.4	gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met watergordijn en biologische water	j ³⁾
D 2.100	Overige huisvestingsstelsels	j

Toepasbaarheid Rav-systemen in de biologische veehouderij (vervolg)

Rav-code	Categorie	Geschied voor biologisch
D3. Diercategorie vleesvarkens, opfokberen van ca. 25 kg tot 7 maanden, opfokzeugen van ca. 25 kg tot eerste dekking		
D 3.1	Volledig roostervloer	
D 3.1.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.1.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	n
D 3.2	Gedeeltelijk roostervloer	
D 3.2.1	gehele dierplaats onderkelderd zonder stankafsluiter	
D 3.2.1.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.1.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	n
D 3.2.2	mestopvang in en spoelen met NH ₃ -arme vloeistof (inclusief aanzuren)	
D 3.2.2.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.2.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	j
D 3.2.3	koeldekstelsysteem met metalen driekantroostervloer (170% koeloppervlak)	
D 3.2.3.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.3.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	n
D 3.2.4	mestopvang in met formaldehyde behandelde mestvloeistof in combinatie met metalen driekantroostervloer	
D 3.2.4.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.4.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	n
D 3.2.5	mestopvang in water in combinatie met metalen driekantroostervloer	
D 3.2.5.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.5.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	n
D 3.2.6	koeldekstelsysteem (200% koeloppervlak)	
D 3.2.6.1	met metalen roostervloer	
D 3.2.6.1.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.6.1.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	n
D 3.2.6.2	met roostervloer anders dan metaal	
D 3.2.6.2.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.6.2.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	n
D 3.2.7	mestkelders met (water- en) mestkanaal; mestkanaal met schuine putwand	
D 3.2.7.1	met metalen driekantroosters op het mestkanaal	
D 3.2.7.1.1	emitterend mestoppervlak maximaal 0,18 m ²	n
D 3.2.7.1.2	emitterend mestoppervlak groter dan 0,18 m ² , maar kleiner dan 0,27 m ²	n
D 3.2.7.2	met roosters anders dan metalen driekant op het mestkanaal	
D 3.2.7.2.1	emitterend mestoppervlak maximaal 0,18 m ²	n
D 3.2.7.2.2	emitterend mestoppervlak groter dan 0,18 m ² , maar kleiner dan 0,27 m ²	n
D 3.2.8	biologisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	
D 3.2.8.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.8.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	j ³⁾
D 3.2.9	chemisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	
D 3.2.9.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.9.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	j ³⁾
D 3.2.10	bollevloerhok met betonnen morsrooster en metalen driekantrooster	
D 3.2.10.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.10.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	n
D 3.2.11	hok met gescheiden mestkanalen	
D 3.2.11.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.11.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	n ²⁾

Toepasbaarheid Rav-systemen in de biologische veehouderij (vervolg)

Rav-code	Categorie	Geschied voor biologisch
D 3.2.12	hok met gescheiden mestkanalen	
D 3.2.12.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.12.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	n ²⁾
D 3.2.13	spoelgotensysteem met metalen driekantroosters	
D 3.2.13.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.13.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	n
D 3.2.14	chemisch luchtwassysteem 95% emissiereductie	
D 3.2.14.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.14.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	j ³⁾
D 3.2.15	luchtwassystemen anders dan biologisch of chemisch	
D 3.2.15.1	gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met chemische wasser (lamellenfilter) en waterwasser	
D 3.2.15.1.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.15.1.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	j ³⁾
D 3.2.15.2	gecombineerd luchtwassysteem 70% emissiereductie met waterwasser, chemische wasser en biofilter	
D 3.2.15.2.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.15.2.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	j ³⁾
D 3.2.15.3	gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met waterwasser, chemische wasser en biofilter	
D 3.2.15.3.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.15.3.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	j ³⁾
D 3.2.15.4	gecombineerd luchtwassysteem 85% emissiereductie met watergordijn en biologische wasser	
D 3.2.15.4.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.15.4.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	j ³⁾
D 3.2.16	gescheiden afvoer van mest en urine door middel van een V-vormige mestband in het mestkanaal, met metalen driekant roosters op het mestkanaal	
D 3.2.16.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.2.16.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	j
D 3.3	scharrel vleesvarkens	
D 3.3.1	beddenstal met maximaal 0,14 m ² emitterend mestoppervlak per dier tot 50 kg levend gewicht en met maximaal 0,29 m ² emitterend mestoppervlak per dier vanaf 50 kg levend gewicht	j
D 3.3.2	overige huisvestingssystemen scharrel vleesvarkens	j
D 3.100	overige huisvestingssystemen	
D 3.100.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ²	n
D 3.100.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ²	n
D4. Additionele technieken		
D 4.1	Drijvende ballen in de mest 29% emissiereductie	---

Toepasbaarheid Rav-systemen in de biologische veehouderij (vervolg)

Rav-code	Categorie	Geschied voor biologisch
E1. Diercategorie opfokhennen en hanen van legrassen; jonger dan 18 weken		
E 1.1	Open mestopslag onder de batterij al dan niet voorzien van een mestschuif (flat-deck-kooien, trapkooien of compactkooien voor drijfmest)	n
E 1.2	Mestbandbatterij voor drijfmest met afvoer naar een gesloten opslag (minimaal 2 maal per week ontmesten)	n
E 1.3	Compactbatterij waarvan de drijfmest 2 maal daags door middel van mestschuiven en een centrale mestband afgevoerd wordt naar een gesloten opslag	n
E 1.4	Batterij met geforceerde mestdroging (kanalenstal)	n
E 1.5	Mestbandbatterij met geforceerde mestdroging	
E 1.5.1	mestbandbatterij voor vaste mest met geforceerde mestdroging	n
E 1.5.2	mestbandbatterij met geforceerde mestdroging, belucht met 0,4 m ³ lucht per opfokken per uur; mestafdraaien per vijf dagen, de mest heeft dan een droge stofgehalte van minimaal 55%	n
E 1.5.3	batterijhuisvesting volgens categorie E 1.5.1 met chemisch luchtwassysteem met 90% emissiereductie	n
E 1.5.4	batterijhuisvesting volgens categorie E 1.5.2 met chemisch luchtwassysteem met 90% emissiereductie	n
E 1.5.5	koloniehuisvesting met mestbandbeluchting (0,7 m ³ per dier per uur)	n
E 1.6	Batterijsysteem met mestbandbeluchting en bovenliggende droogtunnel	n
E 1.7	Grondhuisvesting (strooiselvloer, roostervloer)	j
E 1.8	Volièrehuisvesting	
E 1.8.1	opfokhuisvesting; minimaal 50% van de leefruimte is rooster, met daaronder een mestband. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien. Roosters minimaal in twee etages.	j
E 1.8.2	opfokhuisvesting; minimaal 65-70% van de leefruimte is rooster, met daaronder een mestband van 0,3 m ³ per dier per uur mestbeluchting. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien. Roosters minimaal in twee etages	j
E 1.8.3	45 - 55% van de leefruimte is rooster met daaronder een mestband met 0,1 m ³ per dier per uur beluchting. Mestbanden minimaal tweemaal per week afdraaien	j
E 1.8.4	30 - 35% van de leefruimte is rooster met daaronder een mestband met 0,4 m ³ per dier per uur beluchting. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien	j
E 1.8.5	55 - 60% van de leefruimte is rooster met daaronder een mestband met 0,4 m ³ per dier per uur beluchting. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien	j
E 1.9	Chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie	j ⁴⁾
E 1.10	Biologisch luchtwassysteem 70% ammoniakemissiereductie	j ⁴⁾
E 1.100	Overige huisvestingssystemen niet-batterijhuisvesting	j
E 1.101	Overige huisvestingssystemen batterijhuisvesting	n

Toepasbaarheid Rav-systemen in de biologische veehouderij (vervolg)

Rav-code	Categorie	Geschikt voor biologisch
E2. Diercategorie legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen		
E 2.1	Open mestopslag onder de batterij al dan niet voorzien van een mestschuif (flat-deck-kooien, trapkooien of compactkooien voor drijfmest)	n
E 2.2	Mestbandbatterij voor drijfmest met afvoer naar een gesloten opslag (minimaal 2 maal per week ontmesten)	n
E 2.3	Compactbatterij waarvan de drijfmest 2 maal daags door middel van mestschuiven en een centrale mestband afgevoerd wordt naar een gesloten opslag	n
E 2.4	Batterij met geforceerde mestdroging (dieppitstal of highrise-stal, kanalenstal)	n
E 2.5	Mestbandbatterij met geforceerde mestdroging	
E 2.5.1	mestbandbatterij voor vaste mest met geforceerde mestdroging	n
E 2.5.2	mestbandbatterij met geforceerde mestdroging, belucht met 0,7 m ³ lucht per dier per uur. Mestafdraaien per vijf dagen; de mest heeft dan een droge stofgehalte van minimaal 55%.	n
E 2.5.3	batterijhuisvesting volgens categorie E 2.5.1 met chemisch luchtwassysteem met 90% emissiereductie	n
E 2.5.4	batterijhuisvesting volgens categorie E 2.5.2 met chemisch luchtwassysteem met 90% emissiereductie	n
E 2.5.5	verrijkte kooien met mestbandbeluchting (0,7 m ³ per dier per uur)	n
E 2.5.6	koloniehuisvesting met mestbandbeluchting (0,7 m ³ per dier per uur)	n
E 2.6	Batterijsysteem met mestbandbeluchting en bovenliggende droogtunnel	n
E 2.7	Grondhuisvesting van legrassen (circa 1/3 strooiselvloer + circa 2/3 roostervloer)	j
E 2.8	Grondhuisvesting met beluchting onder gedeeltelijk verhoogde roostervloer (perfosysteem)	j
E 2.9	Grondhuisvesting met mestbeluchting via buizen onder de beun	j
E 2.10	Chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie	j ⁴⁾
E 2.11	Volièrehuisvesting	
E2.11.1	minimaal 50% van de leefruimte is rooster met daaronder een mestband. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien. Roosters in minimaal twee etages.	j
E2.11.2	50% van de leefruimte is rooster met daaronder een mestband met beluchting. Mestbanden minimaal tweemaal per week afdraaien. Roosters minimaal in twee etages.	j
E2.11.3	30-35 % van de leefruimte roosters met daaronder een mestband met 0,7 m ³ per dier per uur mestbeluchting. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien. Roosters minimaal in twee etages.	j
E2.11.4	55-60 % van de leefruimte roosters met daaronder een mestband met 0,7 m ³ per dier per uur mestbeluchting. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien. Roosters minimaal in twee etages.	j

Toepasbaarheid Rav-systemen in de biologische veehouderij (vervolg)

Rav-code	Categorie	Geschikt voor biologisch
E 2.12	Scharrelhuisvesting	
E 2.12.1	scharrelstal in twee verdiepingen met mestbanden onder de roosters (twee maal per week afdraaien), bezetting 9 dieren per m ²	n
E 2.12.2	scharrelhuisvesting met frequente mest- en strooiselverwijdering	j
E 2.13	Biologisch luchtwassysteem 70% ammoniakemissiereductie	j ⁽⁴⁾
E 2.100	Overige huisvestingssystemen niet-batterijhuisvesting	j
E 2.101	Overige huisvestingssystemen batterijhuisvesting	n
E3. Diercategorie (groot-)ouderdieren van vleeskuikens in opfok; jonger dan 19 weken		
E 3.1	Chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie	j ⁽⁴⁾
E 3.2	Biologisch luchtwassysteem 70% ammoniakemissiereductie	j ⁽⁴⁾
E 3.3	Stal met mixluchtventilatie	j
E 3.100	Overige huisvestings-systemen	j
E4. Diercategorie (groot-)ouderdieren van vleeskuikens		
E 4.1	Groepskooi voorzien van mestband en geforceerde mestdroging	n
E 4.2	Volièrehuisvesting met geforceerde mestdroging	j
E 4.3	Volièrehuisvesting met geforceerde mest- en strooiseldroging	j
E 4.4	Grondhuisvesting met mestbeluchting	
E 4.4.1	mestbeluchting van bovenaf	j
E 4.4.2	mestbeluchting met verticale slangen in de mest	j
E 4.4.3	grondhuisvesting met mestbeluchting via buizen onder de beun	j
E 4.5	Perfosysteem op gedeeltelijk verhoogde roostervloer	j
E 4.6	Chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie	j ⁽⁴⁾
E 4.7	Biologisch luchtwassysteem 70% ammoniakemissiereductie	j ⁽⁴⁾
E 4.8	Grondhuisvesting, mestbanden onder de roosters, mestbanden minimaal tweemaal per week afdraaien	j
E 4.100	Overige huisvestingssystemen	j
E5. Diercategorie vleeskuikens		
E 5.1	Zwevende vloer met strooiseldroging	j
E 5.2	Geperforeerde vloer met strooiseldroging	j
E 5.3	Etagesysteem met volledige roostervloer en mestbandbeluchting	n
E 5.4	Chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie	j ⁽⁴⁾
E 5.5	Grondhuisvesting met vloerverwarming en vloerkoeling	j
E 5.6	Vleeskuikenstal met mixluchtventilatie	j
E 5.7	Biologisch luchtwassysteem 70% ammoniakemissiereductie	j ⁽⁴⁾
E 5.8	Etagesysteem met mestband en strooiseldroging	n

Toepasbaarheid Rav-systemen in de biologische veehouderij (vervolg)

Rav-code	Categorie	Geschiedt voor biologisch
E 5.9	Uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens met aparte vervolghuisvesting	
E 5.9.1	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens in etages met vervolghuisvesting	
E 5.9.1.1	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 13 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting	
E 5.9.1.1.1	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 13 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E5.5 (grondhuisvesting met vloerverwarming en vloerkoeling)	j
E 5.9.1.1.2	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 13 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E5.6 (vleeskuikenstal met mixluchtventilatie)	j
E 5.9.1.1.3	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 13 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E5.8 (etagesysteem met mestband en strooiseldroging)	n
E 5.9.1.1.4	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 13 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E5.10 (stal met verwarmingssysteem met warmwaterheaters en ventilatoren)	j
E 5.9.1.1.100	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 13 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E5.100 (overige huisvestingsystemen)	j
E 5.9.1.2	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 19 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting	
E 5.9.1.2.1	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 19 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E5.5 (grondhuisvesting met vloerverwarming en vloerkoeling)	j
E 5.9.1.2.2	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 19 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E.5.6 (vleeskuikenstal met mixluchtventilatie)	j
E 5.9.1.2.3	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 19 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E.5.8 (etagesysteem met mestband en strooiseldroging)	n
E 5.9.1.2.4	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 19 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E 5.10 (stal met verwarmingssysteem met warmwaterheaters en ventilatoren)	j
E 5.9.1.2.100	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 19 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E.5.100 (overige huisvestingsystemen)	j
E 5.10	Stal met verwarmingssysteem met warmteheaters en ventilatoren	j
E 5.11	Warmtewisselaar met luchtmengsysteem voor droging strooisellaag	j
E 5.100	Overige huisvestingsystemen	j
E6. Additionele technieken voor mestbewerking en mestopslag		
E 6.1	Mestdroogsystemen met geperforeerde doek	j
E 6.2	Droogtunnel met oppervlakedroging (dichte banden)	j
E 6.3	Lucht uit een composteringsunit met chemische luchtwassing	j
E 6.4	Droogtunnel	j
E 6.4.1	droogtunnel met geperforeerde banden	j
E 6.4.2	droogtunnel met geperforeerde metalen platen	j
E 6.100	Overige opslag van mest	j
E7 Additionele technieken voor emissiereductie van fijn stof		
E 7.1	Oliefilmsysteem met drukleidingen	j
E 7.2	Ionisatiesysteem met negatieve coronadraden	j
E 7.3	Water luchtwassysteem	j ⁴⁾

Toepasbaarheid Rav-systemen in de biologische veehouderij (vervolg)

Rav-code	Categorie	Geschikt voor biologisch
Hoofdcategorie F: Kalkoenen		
F 1	Diercategorie ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok, tot 6 weken	
F 1.1	chemisch luchtwassysteem 90% NH ₃ -emissiereductie	j ⁴⁾
F 1.2	biologisch luchtwassysteem 70% NH ₃ -emissiereductie	j ⁴⁾
F 1.100	overige huisvestingsystemen	j
F 2	Diercategorie ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok; van 6 tot 30 weken	
F 2.1	chemisch luchtwassysteem 90% NH ₃ -emissiereductie	j ⁴⁾
F 2.2	biologisch luchtwassysteem 70% NH ₃ -emissiereductie	j ⁴⁾
F 2.100	overige huisvestingsystemen	j
F 3	Diercategorie ouderdieren van vleeskalkoenen van 30 weken en ouder	
F 3.1	chemisch luchtwassysteem 90% NH ₃ -emissiereductie	j ⁴⁾
F 3.2	biologisch luchtwassysteem 70% NH ₃ -emissiereductie	j ⁴⁾
F 3.100	overige huisvestingsystemen	j
F 4	Diercategorie vleeskalkoenen	
F 4.1	gedeeltelijk verhoogde strooiselvloer	j
F 4.2	chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie	j ⁴⁾
F 4.3	mechanisch geventileerde stal met frequente strooiselverwijdering	j ⁴⁾
F 4.4	biologisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	j ⁴⁾
F 4.100	overige huisvestingsystemen	j
F6	Additionele technieken voor emissiereductie van fijn stof	
F6.1	oliefilmsysteem met drukleidingen; 50% emissiereductie fijn stof	j
F6.2	water luchtwassysteem; 30% emissiereductie fijn stof	j ⁴⁾
Hoofdcategorie G: Eenden		
G 1	Diercategorie ouderdieren van vleeseenden tot 24 maanden	j
G 2	Diercategorie vleeseenden	
G 2.1	binnen mesten	j
G 2.2	buiten mesten (per afgeleverde eend)	j
G4	Additionele technieken voor emissiereductie van fijn stof	
G 4.1	Water luchtwassysteem 30% emissiereductie fijn stof	j ⁴⁾

Rav juni 2010; Staatscourant 2010 nr 9996

n: nee

j: ja

j¹⁾ Als de loopgangen zijn uitgevoerd met een dichte vloer is dit systeem toepasbaar in de biologische melkveehouderij

n²⁾ Nee, tenzij mestafvoer kan worden gewaarborgd

j³⁾ Als de binnenruimte mechanisch wordt geventileerd kan een luchtwassysteem worden toegepast

j⁴⁾ Ja, maar alleen met mechanische ventilatie