



Overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken

Geactualiseerde versie 2017

J. Mosquera, A.J.A. Aarnink, H. Ellen, H.J.C. van Dooren, R.A. van Emous,
J. van Harn, N.W.M. Ogink



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken

Geactualiseerde versie 2017

J. Mosquera, A.J.A. Aarnink, H. Ellen, H.J.C. van Dooren, R.A. van Emous, J. van Harn, N.W.M. Ogink

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Mest Milieu en Klimaat' (projectnummer BO-20-004-022)

Wageningen Livestock Research
Wageningen, oktober 2017

Rapport 645

J. Mosquera, A.J.A. Aarnink, H. Ellen, H.J.C. van Dooren, R.A. van Emous, J. van Harn, N.W.M. Ogink, 2017. *Overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken. Geactualiseerde versie 2017*. Wageningen, Wageningen Livestock Research, Livestock Research Rapport 645.

Samenvatting

Dit rapport geeft een overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken. Naast bestaande huisvestingsmaatregelen (opgenomen in de Rav) worden mogelijke (nog niet in de Rav opgenomen) huisvestingsmaatregelen, en voer- en managementmaatregelen besproken. Dit document is gericht op de diercategorieën rundvee (melkvee en vleeskalveren), varkens (vleesvarkens, biggen, kraamzeugen, guste en drachtige zeugen) en pluimvee (leghennen, vleeskuikens, vleeskuikenouderdieren).

Summary

This report gives an overview of measures to reduce ammonia emissions from livestock farming systems. In addition to existing housing measures (as published in the Rav), other (not yet approved in the Rav) housing measures, as well as feed and management measures are discussed. This document focusses on the animal categories cattle (dairy cattle and veal calves), pigs (farrowing sows, piglets, fattening pigs, sows and her piglets) and poultry (laying hens, broiler chickens, broiler breeders).

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/427311> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

© 2017 Wageningen Livestock Research

Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wur.nl/livestock-research. Wageningen Livestock Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



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

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
	Summary	8
1	Inleiding	9
2	Ammoniakemissie: processen en factoren	10
	2.1 Processen en sleutelfactoren	10
	2.2 Ammoniakreductie maatregelen	12
3	Maatregelen voor melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar en vrouwelijk jongvee tot 2 jaar	14
	3.1 Huisvestingsmaatregelen	14
	3.1.1 Beschikbare maatregelen bijlage 1 (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)	14
	3.1.2 Overige huisvestingsmaatregelen (voor zover niet opgenomen in Bijlage 1 van Rav)	23
	3.2 Voer- en managementmaatregelen	27
	3.2.1 Beschikbare maatregelen bijlage 2 (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)	27
	3.2.2 Overige voer- en managementmaatregelen (niet opgenomen in bijlage 2 van Rav)	28
4	Maatregelen voor vleeskalveren tot circa 8 maanden	30
	4.1 Huisvestingsmaatregelen	30
	4.1.1 Beschikbare maatregelen (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)	30
	4.1.2 Mogelijke maatregelen (nog niet in Rav opgenomen)	32
	4.2 Voer- en managementmaatregelen	32
5	Maatregelen voor varkens	33
	5.1 Huisvestingsmaatregelen	33
	5.1.1 Beschikbare maatregelen (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)	33
	5.1.2 Mogelijke maatregelen (nog niet opgenomen in Bijlage 1 van de Rav)	46
	5.2 Voer- en managementmaatregelen	47
	5.2.1 Beschikbare maatregelen bijlage 2 (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)	47
	5.2.2 Overige voer- en managementmaatregelen (niet opgenomen in bijlage 2 van Rav)	48
6	Maatregelen voor kippen	51
	6.1 Huisvestingsmaatregelen	51
	6.1.1 Beschikbare maatregelen (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)	51
	6.1.2 Mogelijke maatregelen (nog niet opgenomen in Bijlage 1 van de Rav)	63
	6.2 Voer- en managementmaatregelen	63
	6.2.1 Beschikbare maatregelen bijlage 2 (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)	63
	6.2.2 Overige voer- en managementmaatregelen (niet opgenomen in bijlage 2 van Rav)	64
	Literatuur	71

Woord vooraf

In 2013 is door Wageningen Livestock Research een rapport uitgebracht met een overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken (Smits et al., 2013). Dit document, gericht op maatregelen bij de diercategorieën melkvee, vleesvarkens, leghennen en vleeskuikens, werd gezien als een groeidocument waarin maatregelen toegevoegd of verwijderd konden worden.

In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit is dit document door Wageningen Livestock Research bijgewerkt. Nieuw ten opzichte van Smits et al., 2013 zijn maatregelen die van toepassing zijn bij vleeskalveren, biggen, kraamzeugen, guste en drachtige zeugen en vleeskuikenouderdieren.

Mede namens de co-auteurs,

Julio Mosquera
Projectleider

Samenvatting

In 2013 is door Wageningen Livestock Research binnen het project Proeftuin Natura 2000 Overijssel een rapport uitgebracht met een overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken (Smits et al., 2013). Dit document, gericht op maatregelen bij de diercategorieën melkvee, vleesvarkens, leghennen en vleeskuikens, wordt gezien als een groeidocument waarin maatregelen toegevoegd of verwijderd kunnen worden.

In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit is dit document door Wageningen Livestock Research geactualiseerd en uitgebreid. Bij de actualisering is uitgegaan van de meest actuele versies van de bijlages met emissiearme stalmaatregelen in de Regeling ammoniak en veehouderij (april 2017, Staatscourant nr. 20218). Nieuw ten opzichte van de eerder opgenomen categorieën in Smits et al., 2013 zijn maatregelen die van toepassing zijn j vleeskalveren, biggen, kraamzeugen, guste en drachtige zeugen en vleeskuikenouderdieren.

Summary

In 2013, Wageningen Livestock Research submitted a report within the "Proeftuin Natura 2000 Overijssel" project, listing measures to reduce ammonia emissions from livestock farming (Smits et al., 2013). This document, focusing on measures for the animal categories dairy cattle, fattening pigs, laying hens and broilers, is considered as a dynamic document in which measures could be added or removed.

Wageningen Livestock Research has updated and extended this document, as commissioned by the Ministry of Economic Affairs. Additional to the previously reported animal categories in Smits et al. (2013), are measures that apply to meat calves, piglets, sows, and broiler breeders.

1 Inleiding

Een te hoge uitstoot van ammoniak uit de veehouderij bedreigt de biodiversiteit van natuurgebieden. Binnen de kaders van Europese regelgeving wordt in Nederland de uitstoot van ammoniak zowel op landelijk niveau, in de vorm van een emissieplafond (NEC-richtlijn), als regionaal niveau gereguleerd (Natura 2000 richtlijn). Sedert een geruim aantal jaren wordt gewerkt aan de ontwikkeling en implementatie van emissiearme technieken voor stallen en mestaanwending om daarmee binnen de grenzen van het ammoniak-emissieplafond te blijven. De beschikbare emissiearme staltechnieken staan opgenomen in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav). Meer recent is er enkele jaren geleden de zogenoemde Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) opgezet om op regionale schaal zowel het bereiken van de doelstelling van Natura 2000 als bedrijfseconomisch ontwikkelingsperspectief voor nabij liggende veehouderijbedrijven mogelijk te maken. Naast de inzet van emissiearme stalsystemen kunnen binnen PAS ook emissiearme voer- en managementmaatregelen en aanvullende kleine technische maatregelen op veehouderijbedrijven worden ingezet. Voor de ontwikkeling en met name de praktijkimplementatie van deze maatregelen is in 2013 in Overijssel het project Proeftuin Natura 2000 Overijssel opgestart.

Bij de start van het Proeftuin Natura 2000 project in 2013 was er behoefte aan het op een rij te zetten van wat reeds bekend en beschikbaar is op het gebied van ammoniakemissiereductie. Hiervoor is een inventarisatie gemaakt van de ammoniakemissie reducerende maatregelen voor melkvee, vleesvarkens, leghennen en vleeskuikens (Smits e.a., 2013). Het doel van onderhavige studie is om dit rapport te actualiseren en uit te breiden. Bij de actualisering is uitgegaan van de Rav-versie van april 2017 (Staatscourant nr. 20218). Nieuw ten opzichte Smits et al., 2013 zijn maatregelen die van toepassing zijn bij vleeskalveren, biggen, kraamzeugen, guste en drachtige zeugen en vleeskuikenouderdieren.

In het rapport worden eerst de belangrijkste factoren benoemd die de vervluchtiging van ammoniak kunnen beïnvloeden (Hoofdstuk 2). Daarna worden zowel de beschikbare maatregelen (opgenomen in de Regeling ammoniak en veehouderij) als maatregelen die nog in onderzoek zijn, beschreven voor melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar (Hoofdstuk 3), vleeskalveren (Hoofdstuk 4), varkens (Hoofdstuk 5; vleesvarkens, biggen en zeugen), en kippen (Hoofdstuk 6; leghennen inclusief opfok, vleeskuikens, en voor (groot-) ouderdieren van vleeskuikens inclusief opfok).

2 Ammoniakemissie: processen en factoren

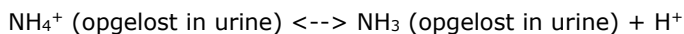
2.1 Processen en sleutelfactoren

Slechts een deel van de door dieren geconsumeerde stikstof, vooral in de vorm van eiwit, wordt benut door het dier voor lichaamsonderhoud en productie van dierlijke producten (melk, eieren, vlees). De rest wordt uitgescheiden als feces en urine (Figuur 2.1; Tamminga, 1992). Een hoger gehalte aan stikstof in het voer betekent meestal hogere gehalten aan stikstof in feces en urine en dit verhoogt de ammoniakvervluchtiging. Maatregelen met als doel het stikstofgehalte in het voer te reduceren (voermaatregelen) of de ammonium/ammoniak-concentratie in de mest te verminderen (concentratieverlaging mest, bijvoorbeeld door het verdunnen van mest) zijn daardoor mogelijke opties om de ammoniakemissie terug te dringen.

Het grootste deel (>70%) van de uitgescheiden N in urine is ureum-N (rundvee en varkens; Tamminga, 1992; Aarnink e.a., 1995) of urinezuur (pluimvee; Groot Koerkamp, 1994). Ammoniak (NH₃) wordt voor een klein deel als zodanig uitgescheiden in urine en feces, maar het overgrote deel wordt geproduceerd door omzetting van ureum of urinezuur, en verder wordt nog een klein deel geproduceerd door omzetting van organisch gebonden stikstof tijdens het proces van anaerobe vergisting in de mestopslag binnen of buiten de stal. De snelheid van omzetting van ureum en urinezuur is mede afhankelijk van de aanwezigheid van enzymen. Voor de omzetting van ureum bijvoorbeeld is het enzym urease nodig. Dit enzym komt o.a. voor in de feces.

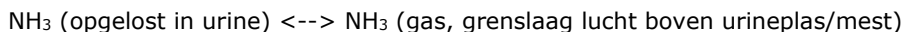
De omzetting van ureum naar ammoniak is een proces van meestal maar enkele uren (Olesen en Sommer, 1993; Elzing en Monteny, 1997; Beline e.a., 1998; Bussink en Oenema, 1998). Een mogelijkheid om de omzetting van ureum in NH₃ te beperken is door ervoor te zorgen dat mest met daarin aanwezige urease en urine niet in contact komen, bijvoorbeeld door de urine separaat en snel naar de onderliggende mestkelder af te voeren, en/of door mest frequent te verwijderen. Hierbij moet worden bedacht dat aan het oppervlak van een vloer ook veel urease-activiteit aanwezig kan zijn, vooral bij ruwe vloeren (Braam & Swierstra, 1999).

Na de omzetting van ureum naar ammoniak, blijft deze voor het merendeel in de oplossing (in de urine) in de vorm van ammonium. Dit ammonium (NH₄⁺) is in evenwicht met ammoniak (NH₃):



Een mogelijkheid om de vervluchtiging van NH₃ tegen te gaan in dit stadium is door het evenwicht tussen NH₃ en ammonium richting ammonium te schuiven, bijvoorbeeld door het verlagen van de pH en/of temperatuur van mest en urine.

De opgeloste NH₃ is in evenwicht met NH₃ in de lucht, de grenslaag net boven de urineplas/mest:

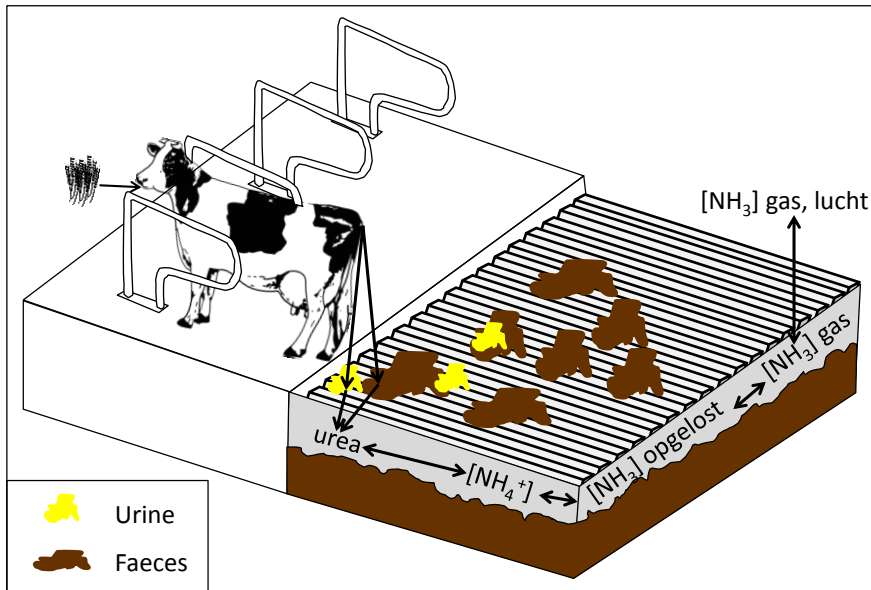


Vervolgens kan de ammoniak in de grenslaag naar de bulk lucht vervluchtigen via diffusie:



Dit proces is afhankelijk van het verschil in concentratie tussen NH₃ in het mest/urinemengsel en in de onderste luchtlaag. Een mogelijke optie om de ammoniakemissie in dit stadium te reduceren is door bijvoorbeeld de luchtbeweging langs het emitterende mestoppervlak te reduceren. Aangezien in stallen met mestkelders, de mestkelder ook een bron van NH₃ is, is beperking van de luchtuitwisseling tussen de stal en de mestkelder ook een optie om vervluchtiging van NH₃ te reduceren. In het verlengde hiervan ligt de strategie om het emissieproces zoveel mogelijk naar de mestkelder te

verplaatsen door de geloosde urine zoveel mogelijk direct af te voeren van de vloer naar mestkelder. Dit kan door vloertypes met een hoog afvoerend vermogen toe te passen.



Figuur 2.1. Proces van ammoniakemissie uit stallen

Tabel 2.1 geeft de sleutelfactoren weer die van invloed zijn op de emissie van NH_3 uit urine/mest.

Tabel 2.1

Sleutelfactoren die de emissie van NH_3 uit de stal (inclusief mestopslag) kunnen beïnvloeden.

+: toename van emissie; -: afname van emissie; 0: geen relevant effect, steeds bij een toename van de sleutelfactor. Bron: Groenestein (2006)

	Effect op NH_3 -emissie
Dierfactoren	
Leeftijd/Gewicht dieren	+
Hoeveelheid en eiwitgehalte voer	+
pH van de mest, beïnvloed door voersamenstelling	+
Watergebruik	-
Mesteigenschappen (inclusief urine)	
Mestsamenstelling	
NH_4^+ -concentratie	+
pH	+
Mestoppervlakte	+
Opslagduur mest	0
Mesttemperatuur	+
Omgeving	
Lucht-/windsnelheid	+
Temperatuur	+
Urease-activiteit	-

Ad1. Dierfactoren.

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 over het algemeen tot een hogere emissie van NH_3 leiden. Daarnaast hebben zwaardere dieren in het algemeen een hogere urine en mestproductie en dit vergroot vaak het emitterend oppervlak van de vloer.

De voersamenstelling heeft effect op de mestsamenstelling en kan daarmee een effect hebben op de emissie van NH_3 . Wanneer het voer veel eiwit bevat, zal de N-uitscheiding en daarmee de excretie van ureum / urinezuur toenemen. Dit kan vervolgens leiden tot een hogere emissie van NH_3 (zie

Mesteigenschappen). Echter, als dit gepaard gaat met evenredig meer waterconsumptie, zal de concentratie van N in de mest niet toenemen.

Ad2. Mesteigenschappen

Een hoger ammoniumgehalte in de mest zal tot een hogere ammoniakemissie leiden. Door de pH van de mest omlaag te brengen (bijvoorbeeld door aanzuren van mest of door verzurende componenten toe te voegen aan het voer) zal de ammoniakemissie lager zijn.

De mestoppervlakte heeft een effect op de NH₃-emissie bij zowel huisvesting (stal) als opslag (buiten de stal). De vervluchtiging van NH₃ neemt toe naarmate de met mest besmeurde oppervlakte toeneemt. Bij beweiding kunnen echter, ondanks de grotere besmeurde oppervlaktes, de ammoniakemissies lager zijn wanneer de urine snel in de bodem kan draineren.

Er zijn tot nu toe nog geen aanwijzingen dat de opslagperiode van de mest invloed heeft op de emissie van NH₃.

De omzettingen in de mest die leiden tot emissie van NH₃ zijn chemische en biochemische 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 Omgevingsfactoren). De effecten van mesttemperatuur op de emissies zijn dus direct.

Ad3. Omgevingsfactoren

De vervluchtiging van NH₃ neemt toe naarmate de luchtsnelheid langs het emitterend oppervlak toeneemt. De temperatuur heeft een positieve invloed op alle biochemische processen. Dit betekent dat de emissies hoger zullen zijn bij hogere temperaturen. Daarnaast zal een hogere staltemperatuur (wanneer de andere omstandigheden gelijk blijven) tot een hogere luchtsnelheid (toename van ventilatie) leiden, met als gevolg in het algemeen hogere emissies.

2.2 Ammoniakreductie maatregelen

In Hoofdstuk 2.1 zijn de processen en factoren beschreven die de vervluchtiging van NH₃ kunnen beïnvloeden. Maatregelen om de emissie van NH₃ te reduceren kunnen in twee groepen worden ingedeeld: voer- en managementmaatregelen en huisvestingsmaatregelen. Ook in de meeste huisvestingsmaatregelen zitten aspecten die met management te maken hebben maar de maatregelen hebben overwegend betrekking op de huisvesting van de dieren.

1. Voer- en managementmaatregelen. Het voer is een bepalende factor voor de samenstelling van de geproduceerde mest en urine. Hogere stikstofgehalten in het voer geven in het algemeen een hogere ammoniakvervluchtiging. De samenstelling van de mest en urine kan beïnvloed worden door middel van:
 - 1.1. Verlaging van de pH van de urine/mengmest.
 - 1.2. Verlaging van de N-concentratie in urine.

2. Huisvestingsmaatregelen.
 - 2.1. Verlagen van de ammoniumconcentratie van urine en mengmest.
 - 2.2. De afbraak van ureum/urinezuur reduceren of uitstellen. Ammonium (NH₄-N) wordt voor een klein deel als zodanig uitgescheiden in urine en feces, maar het overgrote deel wordt geproduceerd door omzetting van ureum of urinezuur, en verder wordt nog een klein deel geproduceerd door omzetting van organisch gebonden stikstof in de mengmest. De snelheid van omzetting van ureum en urinezuur is mede afhankelijk van de aanwezigheid van enzymen. Door het contact tussen mest en urine te beperken zou de vervluchtiging van ammoniak gereduceerd kunnen worden. De afbraaksnelheid van ureum/urinezuur kan gereduceerd worden door:
 - 2.2.1. zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (voorkomt emissie vanaf de vloer).

-
- 2.2.2. Toepassen van ureaseremmers of voorkomen dat urease wordt gevormd door het afdoden van bacteriën.
 - 2.2.3. Drogen van mest (bij pluimvee).
 - 2.3. Het beïnvloeden van de chemische processen waarbij NH_3 en ammonium gevormd worden. Ammonium in de urine en mest is in evenwicht met ammoniak (opgelost in de urine). Door het evenwicht tussen NH_3 en ammonium richting ammonium te schuiven kan de vervluchtiging van NH_3 worden beperkt. Dit kan bijvoorbeeld door:
 - 2.3.1. Verlagen van de temperatuur van urine/mest.
 - 2.3.2. Verlagen van de pH van urine/mest.
 - 2.4. De vervluchtiging van NH_3 uit urine/mest beperken. De opgeloste ammoniak is in evenwicht met gasvormig ammoniak in de grenslaag, die in contact is met het mest- en urinemengsel, en kan door diffusie vervluchtigen naar de bulk lucht. De uiteindelijke vervluchtiging van ammoniak is een proces dat afhankelijk is van het verschil in concentratie tussen ammoniak in het mest- en urinemengsel en in de onderste luchtlaag boven de mest. Er zijn verschillende manieren om dit tegen te gaan:
 - 2.4.1. De luchtuitwisseling tussen de ruimte boven de vloer (stal) en de mestkelder te beperken. Aangezien de mestkelder een belangrijke bron is van ammoniakemissie, is beperking van de luchtuitwisseling tussen de stal en de mestkelder een optie om vervluchtiging van ammoniak te reduceren.
 - 2.4.2. Reductie van het met urine/mest besmeurde oppervlak. De mestoppervlakte heeft een direct effect op de emissies van ammoniak uit huisvestingssystemen (Aarnink e.a., 2007; Monteny, 2000). De productie van ammoniak neemt toe naarmate het met urine/mest besmeurde oppervlak toeneemt. Door de emitterende oppervlakte te reduceren wordt de emissie van ammoniak verminderd.
 - 2.4.3. De luchtsnelheid over het emitterend oppervlak verminderen. Dat kan door het ventilatieniveau van de hele stal te reduceren of de luchtbeweging in de mestkelder te verkleinen (zie ook 2.4.1.). Met name in natuurlijk geventileerde stallen wordt vaak meer geventileerd dan noodzakelijk is vanuit het oogpunt van dierenwelzijn en – gezondheid (afvoer van warmte, vocht en schadelijke gassen). Over het algemeen leidt een hoger ventilatieniveau tot hogere ammoniakemissies (Smits en Huis in 't Veld, 2006). Door onder bepaalde omstandigheden de ventilatie te beperken kan daardoor de emissie van ammoniak verminderd worden.
 - 2.5. End-of-pipe technieken. Luchtwassers worden in combinatie met mechanische ventilatie toegepast om ervoor te zorgen dat alle stallucht door de wasser gaat. Bij chemische luchtwassers wordt de ammoniak in de stallucht gebonden aan het zuur die aan de was-vloeistof wordt toegevoegd, met als gevolg een reductie van de ammoniakemissie uit de stal. Bij een goed functionerende luchtwasser is sprake van een stabiel rendement. Bij biologische luchtwassers worden micro-organismen in het waswater en in het filterpakket ingezet om de ammoniakemissie uit de uitgaande stallucht te verminderen. Aangezien de activiteit van de micro-organismen afhankelijk is van een aantal factoren (zoals bijvoorbeeld temperatuur), is het rendement van biologische wassers minder stabiel dan bij chemische wassers. Bij gecombineerde luchtwassers worden deze was-technieken in een aantal stappen gecombineerd.

3 Maatregelen voor melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar en vrouwelijk jongvee tot 2 jaar

In dit hoofdstuk worden de maatregelen die genomen kunnen worden bij melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar en bij vrouwelijk jongvee tot 2 jaar besproken. Het gaat daarbij om de Rav-categorieën A1 en A3. Allereerst worden de huisvestingsmaatregelen die opgenomen zijn in de Regeling ammoniak en veehouderij besproken, daarna volgen de overige huisvestingsmaatregelen en tenslotte de voer- en managementmaatregelen.

3.1 Huisvestingsmaatregelen

3.1.1 Beschikbare maatregelen bijlage 1 (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)

In bijlage 1 van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) zijn huisvestingsmaatregelen opgenomen die verschillende emissiereductieprincipes beschreven in Hoofdstuk 2.2 combineren. De twee belangrijkste emissiereductieprincipes die in de huisvestingsmaatregelen in de Rav worden toegepast zijn snelle en zo volledig mogelijk afvoer van geloosde urine naar de kelder en het beperken van de luchtuitwisseling tussen kelder en stal.

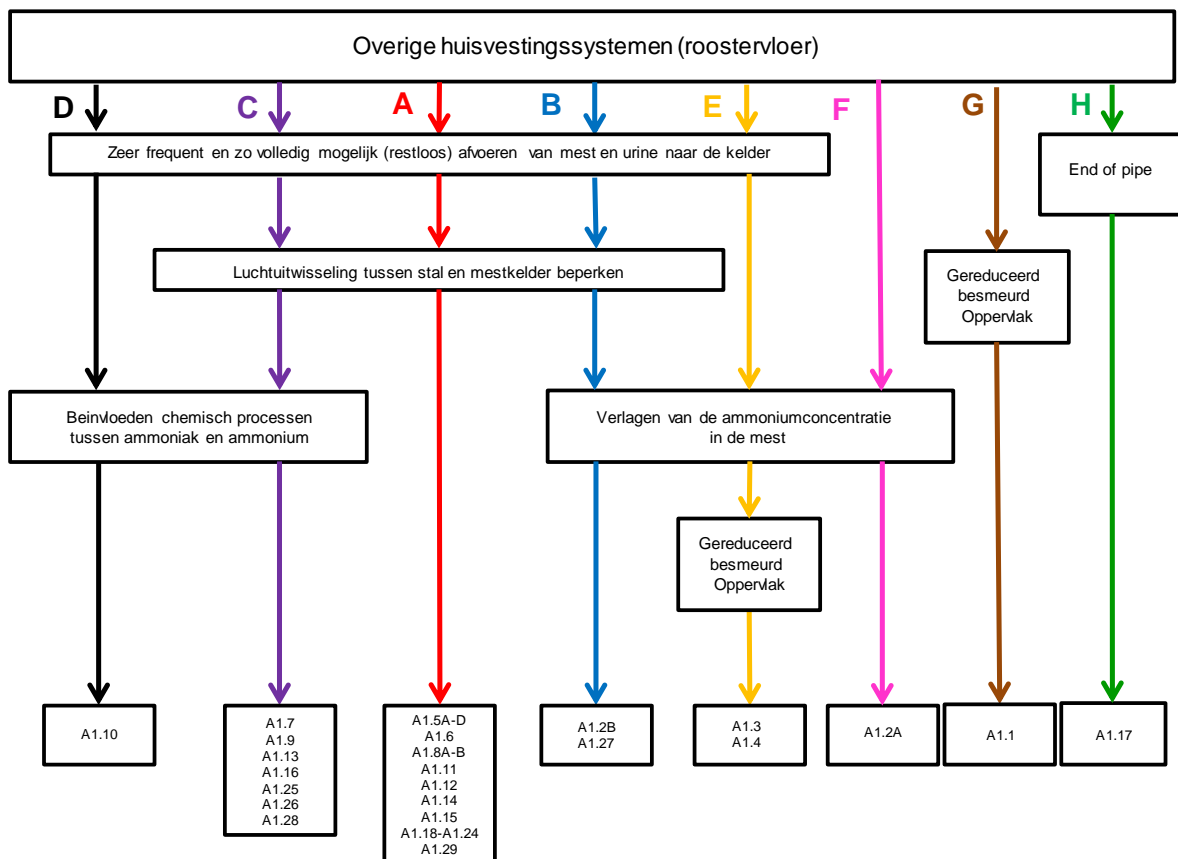
Het snel volledig afvoeren van urine kan door gebruik te maken van een hellende vloer maar ook door een vlakke vloer te voorzien van (hellende) profilering. Het achterliggende idee daarbij is dat de urine zich verzamelt in de profilering en via deze profilering naar de dichtstbijzijnde mestspleet of perforatie stroomt en zo wordt afgevoerd naar de kelder of mestafstort. Dit principe kan ook in de roosterbalken van betonroosters worden toegepast. Door frequent schuiven van de vloer kan dit proces versneld worden.

Het beperken van de luchtuitwisseling tussen kelder en vloer wordt gerealiseerd door in plaats van een roostervloer een dichte loopvloer te gebruiken. Daarmee wordt het uitwisselingsoppervlak tussen kelder en stal ten opzicht van een betonnen roostervloer aanzienlijk verminderd. Met het afdichten van de eventuele resterende mestspelen door een klep op flap die wel de mest en de urine doorlaat wordt de luchtuitwisseling nog verder beperkt. Deze kleppen of flappen kunnen ook toegepast worden in de roosterspleten.

Van de 29 stalbeschrijvingen (Staatscourant nr. 20218, april 2017) die in de categorie A1 van de bijlage van de Rav zijn opgenomen bevatten 3 beschrijvingen (A1.2, A1.5 en A1.8) verschillende uitvoeringsvarianten (aangegeven met een letter) die onderling iets van elkaar verschillen in de (combinatie van) toegepaste reductieprincipes. Hierdoor ontstaan in totaal 34 maatregelen die in deze paragraaf verder worden beschreven. Van deze 34 maatregelen zijn er 18 die alleen bovengenoemde reductieprincipes toepassen (snel afvoeren en luchtuitwisseling beperken). Van de overige 14 passen er 8 nog een derde reductieprincipe toe, namelijk het verlagen van de ammoniakconcentratie in de mest door te spoelen (2 maatregelen) en het beïnvloeden van de chemische reacties door het toepassen van een ander materiaal (7 maatregelen). Vervolgens zijn er nog 3 maatregelen die alleen het snel afvoeren van urine combineren met het verlagen van de ammoniumconcentratie, het verschuiven van het chemische evenwicht of het reduceren van het besmeurd oppervlak. De laatste 3 maatregelen stellen maar één reductieprincipe centraal, namelijk de reductie van het besmeurde oppervlak, verlagen van de ammoniumconcentratie of het toepassen van een end-of-pipe techniek.

Op basis van deze indeling kunnen de emissiereducerende maatregelen verder beschreven worden. De indeling van de emissiearme huisvestingssystemen in de Rav naar gebruikte (combinaties van) emissiereductieprincipes is hieronder samengevat en schematisch weergegeven in Figuur 3.1:

- A. Zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met een reductie van de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder (2.4.1).
- B. Zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met een reductie van de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder (2.4.1) en het verlagen van de ammoniumconcentratie van het mest- en urinemengsel (2.1).
- C. Zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met een reductie van de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder (2.4.1) en het verschuiven van het chemisch evenwicht tussen ammoniak en ammonium (2.3).
- D. Zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met het verschuiven van het chemisch evenwicht tussen ammoniak en ammonium (2.3).
- E. Zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met het verlagen van de ammoniumconcentratie van het mest- en urinemengsel (2.1) en reductie van het met mest en urine besmeurde oppervlak (2.4.2).
- F. Verlagen van de ammoniumconcentratie van het mest- en urinemengsel (2.1)
- G. Reductie van het met mest en urine besmeurde oppervlak (2.4.2).
- H. Reiniging van de stallucht door middel van een chemische wasser in combinatie met mechanische ventilatie (2.5).



Figuur 3.1 Overzicht van beschikbare huisvestingssystemen en bijbehorende Rav-nummers

Aangezien in de meest actuele versies van de bijlages met emissiearme stalmaatregelen in de Regeling ammoniak en veehouderij (april 2017, Staatscourant nr. 20218) geen aparte maximale emissiewaarde voor ammoniak voor melkvee met beweiding is opgenomen, zullen in dit rapport alleen de effecten van de verschillende maatregelen op de ammoniakemissie bij permanent opstallen worden weergegeven. Het generieke effect van beweiding wordt later besproken.

3.1.1.1 Combinatie A: zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met een beperking van de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder (2.4.1).

Status maatregel in Rav

In de Rav zijn 18 maatregelen opgenomen die deze twee principes combineren. Beperking van het contact tussen mest en urine wordt gerealiseerd door de urine snel naar de onderliggende mestkelder af te voeren door middel van geprofileerde vloeren (gleuven/sleuven) en door mest en urine frequent van de vloer te verwijderen door middel van een mestschuif. Deze systemen kunnen worden ingedeeld in zeven groepen, afhankelijk van de manier waarop de systemen de urine afvoeren en de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder beperken:

- A1. Een geprofileerde vlakke vloer. De vloerplaten zijn niet aangrenzend gelegd, wat resulteert in open spleten/sleuven voor de afvoer van de urine naar de onderliggende kelder.
- A2. Een geprofileerde vlakke vloer. De vloerplaten zijn niet aangrenzend gelegd, wat resulteert in spleten/sleuven voor de afvoer van de urine naar de onderliggende kelder. Deze spleten zijn afgesloten door middel van afdichtflappen of -kleppen om de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder verder te beperken.
- A3. Een geprofileerde vlakke vloer. De vloerplaten zijn aangrenzend gelegd maar hebben perforaties voor de afvoer van urine naar de onderliggende kelder.
- A4. Een geprofileerde vlakke vloer. De vloerplaten zijn aangrenzend gelegd. De ontbrekende perforaties dienen te worden gecompenseerd door frequenter mestschuiven.
- A5. Een geprofileerde hellende vloer (2-3%). De vloerplaten zijn niet aangrenzend gelegd, wat resulteert in open spleten/sleuven voor de afvoer van de urine naar de onderliggende kelder.
- A6. Een geprofileerde hellende vloer (2-3%). De vloerplaten zijn aangrenzend gelegd en zijn voorzien van een centrale gierafvoerbuïs en mestschuif.
- A7. Een geprofileerde roostervloer waarbij de roosterspleten zijn afgesloten door middel van afdichtflappen of -kleppen om de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder te beperken.

In Tabel 3.1 t/m 3.7 wordt een overzicht gegeven van deze systemen, inclusief beschikbare BWL-nummers en toegekende emissiefactoren voor permanent opstallen.

Tabel 3.1

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe A1: geprofileerde vlakke vloer, de vloerplaten zijn niet aangrenzend gelegd, wat resulteert in open spleten/sleuven voor de afvoer van de urine naar de onderliggende kelder.

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.11 ^(*)	11,8	Ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende sleuven, regelmatige mestafstorten en met een vingerschuif	BWL 2010.32
A1.12 ^(*)	12,2	Ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende sleuven, regelmatige mestafstorten en mestschuif	BWL 2010.33

(*) Voor dit systeem is een voorlopige emissiefactor vastgesteld als bedoeld in de Beleidsregels voorlopige emissiefactoren Regeling ammoniak en veehouderij.

Tabel 3.2

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe A2: geprofileerde vlakke vloer, de vloerplaten zijn niet aangrenzend gelegd, wat resulteert in spleten/sleuven voor de afvoer van de urine naar de onderliggende kelder. Deze spleten zijn afgesloten door middel van afdichtflappen of -kleppen om de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder verder te beperken.

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.14	7,0	Ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende sleuven, regelmatige mestafstorten voorzien van afdichtflappen, met mestschuif	BWL 2010.35
A1.15 ^(*)	10,3	Ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende sleuven, regelmatige mestafstorten voorzien van afdichtflappen en met mestschuif	BWL 2010.36
A1.21	7,0	Ligboxenstal met vloer met hellende langsgroeven, V-vormige dwarsgroeven, regelmatige mestafstorten voorzien van afdichtflappen, en mestschuif	BWL 2013.01
A1.23	6,0	Ligboxenstal met geprofileerde vloerplaten met sterk hellende langssleuven met urineafvoergat en hellende dwarsgroeven, aangesloten gelegd of gescheiden door mestafstorten voorzien van emissiereductiekleppen, met mestschuif	BLW 2013.04
A1.24 ^(*)	9,1	Ligboxenstal met vloer met geperforeerde, sterk hellende langssleuven, de vloerplaten aaneengesloten gelegd of gescheiden door mestafstorten voorzien van afdichtflappen, met mestschuif	BLW 2013.05

^(*) Voor dit systeem is een voorlopige emissiefactor vastgesteld als bedoeld in de Beleidsregels voorlopige emissiefactoren Regeling ammoniak en veehouderij.

Tabel 3.3

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe A3: geprofileerde vlakke vloer, de vloerplaten zijn aangrenzend gelegd maar hebben perforaties voor de afvoer van urine naar de onderliggende kelder.

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.5A	11,8	Loopstal met sleufvloer en mestschuif	BWL 2010.24
A1.8A	11,8	Ligboxenstal met sleufvloer met noppen en mestschuif	BWL 2010.14
A1.20 ^(*)	10,1	Ligboxenstal met vloer voorzien van perforaties en hellende profilering en mestschuif	BWL 2012.08

^(*) Voor dit systeem is een voorlopige emissiefactor vastgesteld als bedoeld in de Beleidsregels voorlopige emissiefactoren Regeling ammoniak en veehouderij.

Tabel 3.4

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe A4: geprofileerde vlakke vloer, de vloerplaten zijn aangrenzend gelegd. De ontbrekende perforaties worden gecompenseerd door de verplichting frequenter mest te schuiven.

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.5B-D	11,8	Loopstal met sleufvloer en mestschuif	BWL 2010.24
A1.8B	11,8	Ligboxenstal met sleufvloer met noppen en mestschuif	BWL 2010.14
A1.22	11,0	Ligboxenstal met sleufvloer en in de doorsteken, wachtruimte en doorlopen een roostervloer met bolle rubber toplaag voorzien van afdichtflappen in de roosterspleten	BWL 2013.03

Tabel 3.5

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe A5: geprofileerde hellende vloer (2-3%), de vloerplaten zijn niet aangrenzend gelegd, wat resulteert in open spleten/sleuven voor de afvoer van de urine naar de onderliggende kelder.

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.6	11,0	Ligboxenstal met dichte hellende vloer, met profilering, met snelle gierafvoer met mestschuif	BWL 2009.11

Tabel 3.6

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe A6: geprofileerde hellende vloer (2-3%), de vloerplaten zijn aangrenzend gelegd.

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.16 ^(*)	11,7	Ligboxenstal met V-vormige vloer van gietasfalt in combinatie met een gierafvoerbuis en met mestschuif	BWL 2012.01
A1.18	8,0	Ligboxenstal met V-vormige vloer van geprofileerde vloerelementen in combinatie met gierafvoerbuis en met mestschuif	BWL 2012.04
A1.29 ^(*)	9,9	Ligboxenstal met geprofileerde hellende vloer met holtes voor gieropvang en –afvoer aan de zijkant en met mestschuif	BWL 2015.06

^(*) Voor dit systeem is een voorlopige emissiefactor vastgesteld als bedoeld in de Beleidsregels voorlopige emissiefactoren Regeling ammoniak en veehouderij.

Tabel 3.7

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe A7: geprofileerde roostervloer waarbij de roosterspleten zijn afgesloten door middel van afdichtflappen of –kleppen om de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder te beperken.

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.13	7,0	Ligboxenstal met roostervloer voorzien van cassettes in de roosterspleten en mestschuif	BWL 2010.34
A1.19 ^(*)	11,0	Ligboxenstal met roostervloer met hellende groeven met afdichtflappen in de roosterspleten en met mestschuif	BWL 2012.05

^(*) Voor dit systeem is een voorlopige emissiefactor vastgesteld als bedoeld in de Beleidsregels voorlopige emissiefactoren Regeling ammoniak en veehouderij.

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

De emissiefactoren van de huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe A geven een emissiereductie van 6-54% voor permanent opstallen ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (13 kg per dierplaats per jaar). Het betreft echter meestal nog voorlopige emissiefactoren, die herzien zullen worden op basis van metingen. Voor de huisvestingssystemen die al gemeten zijn, lag de emissiereductie tussen de 9 en 54%. Voor de voorlopige emissiefactoren lag de emissiereductie tussen 6 en 30%.

Een ruime meerderheid van de beschikbare Rav maatregelen bevindt zich in deze categorie. Binnen de categorie is er veel variatie in de uitvoering. Vaak gaat het hier om kleine details in het ontwerp van de profilering waarvan het effect op de ammoniakemissie nog niet is vastgesteld. Alle maatregelen schrijven een mestschuif voor die meestal minimaal 1 keer per uur of 1 keer per 2 uur de vloer moet schoonschuiven. Ook een mestrobot is in veel gevallen toegestaan. Aan de uitvoering of effectiviteit van de mestschuif worden echter geen eisen gesteld.

3.1.1.2 Maatregel B: zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met een reductie van de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder (2.4.1) en het verlagen van de ammoniumconcentratie van de mest/urinemengsel (2.1).

Status maatregel in Regeling ammoniak en veehouderij (Rav)

In de Rav zijn twee huisvestingssystemen opgenomen die deze reductieprincipes combineren (Tabel 3.8).

Tabel 3.8

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe B: zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met een reductie van de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder (2.4.1) en het verlagen van de ammoniumconcentratie van de mest/urinemengsel (2.1).

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.2B	10,2	Loopstal met hellende vloer en giergoot met spoelsysteem	BWL 2001.28
A1.27 ^(*)	10,3	Ligboxenstal met roostervloer met hellende groeven voorzien van afdichtkleppen in de roosterspleten, met mestschuif en vernevelsysteem	BWL 2014.02

^(*) Voor dit systeem is een voorlopige emissiefactor vastgesteld als bedoeld in de Beleidsregels voorlopige emissiefactoren Regeling ammoniak en veehouderij.

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

De emissiefactoren van de huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe B geven een emissiereductie van 21-22% voor permanent opstallen ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (13 kg per dierplaats per jaar). De hoeveelheid water die gebruikt wordt voor het spoelen van de vloer verschilt bij de hier opgenomen maatregelen. In maatregel A1.2 wordt 10 liter per m² per dag voorgeschreven verdeelt over minimaal 12 keer. In A1.27 wordt 10 liter per koe per dag voorgeschreven en is geen aanwijzing gegeven voor het aantal spoelbeurten.

3.1.1.3 Maatregel C: zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met een reductie van de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder (2.4.1) en het verschuiven van het chemisch evenwicht tussen ammoniak en ammonium (2.3).

Status maatregel in Regeling ammoniak en veehouderij (Rav)

In de Rav zijn huisvestingssystemen opgenomen die deze principes combineren (Tabel 3.9).

Tabel 3.9

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe C: zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met een reductie van de luchtuitwisseling tussen stal en mestkelder (2.4.1) en het verschuiven van het chemisch evenwicht tussen ammoniak en ammonium (2.3).

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.7(**)	11,0	Ligboxenstal met dichte hellende vloer, met rubbertoplaag, met snelle gierafvoer met mestschuif	BWL 2009.22
A1.9(**)	6,0	Ligboxenstal met roostervloer voorzien van een bolle rubber topplaat en afdichtflappen in de roosterspleten, met mestschuif	BWL 2010.30
A1.25(*)(**)	10,3	Ligboxenstal met vlakke vloer, voorzien van geprofileerde rubber matten met een hellend profiel naar regelmatige mestafstorten voorzien van afdichtflappen, met mestschuif	BWL 2013.06
A1.26(*)(**)	9,6	Ligboxenstal met hellende V-vormige vloer, voorzien van geprofileerde rubber matten, met centrale giergoot en mestschuif	BWL 2013.07
A1.28(*)(**)	7,7	Ligboxenstal met roostervloer, voorzien van rubber matten en composiet nokken met een hellend profiel, kunststofcassettes met kleppen in de roosterspleten en met mestschuif	BWL 2015.05

(*) Voor dit systeem is een voorlopige emissiefactor vastgesteld als bedoeld in de Beleidsregels voorlopige emissiefactoren Regeling ammoniak en veehouderij.

(**) Rubberen materialen zouden een lagere pH geven

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

De emissiefactoren van de huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe C geven een emissiereductie van 15-54% voor permanent opstallen ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (13 kg per dierplaats per jaar). Het betreft zowel huisvestingssystemen die gemeten zijn, als systemen met voorlopige emissiefactoren, die herzien zullen worden op basis van metingen. Voor de huisvestingssystemen die al gemeten zijn, lag de emissiereductie tussen de 15 en 54%. Voor de voorlopige emissiefactoren lag de emissiereductie tussen 10 en 26%.

3.1.1.4 Maatregel D: zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met het verschuiven van het chemisch evenwicht tussen ammoniak en ammonium (2.3).

Status maatregel in Regeling ammoniak en veehouderij (Rav)

In de Rav is één huisvestingssysteem opgenomen die deze reductie principes combineert (Tabel 3.10).

Tabel 3.10

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe D: zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met het verschuiven van het chemisch evenwicht tussen ammoniak en ammonium (2.3).

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.10	7,0	Ligboxenstal met roostervloer voorzien van een bolle rubber topplaat, met mestschuif	BWL 2010.31

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

De emissiefactor van het huisvestingssysteem in de Rav gebaseerd op reductieprincipe D geeft een emissiereductie van 46% voor permanent opstallen ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (13 kg per dierplaats per jaar).

3.1.1.5 Maatregel E: zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met het verlagen van de ammoniumconcentratie van de mest/urinmengsel (2.1) en reductie van de met mest/urine besmeurde oppervlak (2.4.2).

Status maatregel in Regeling ammoniak en veehouderij (Rav)

In de Rav zijn twee huisvestingssysteem voor melkvee opgenomen die deze reductie principes combineert (Tabel 3.11).

Tabel 3.11

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe E: zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met het verlagen van de ammoniumconcentratie van de mest/urinmengsel (2.1) en reductie van de met mest/urine besmeurde oppervlak (2.4.2).

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.3	10,2	Loopstal met hellende vloer en giergoot; max. 3 m ² mestbesmeurd oppervlak per koe	BB 93.03.003
A1.4	9,2	Loopstal met hellende vloer en spoelsysteem; max. 3,75 m ² mestbesmeurd oppervlak per koe	BB 94.02.015

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

De emissiefactor van dit huisvestingssysteem in de Rav geeft een emissiereductie van 22-29% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen met permanent opstallen (13 kg per dierplaats per jaar). Het besmeurde oppervlak mag in A1.3 maximaal 3,0 m² per dier zijn en in A1.4 maximaal 3,75 m² per dier. Dit is veel minder dan de huidige praktijk en het aangegeven maximum in andere stalmaatregelen (5,5 m² per dier).

3.1.1.6 Maatregel F: het verlagen van de ammoniumconcentratie van het mest en urinmengsel (2.1)

Status maatregel in Regeling ammoniak en veehouderij (Rav)

In de Rav is één huisvestingssysteem voor melkvee opgenomen die dit principe gebruikt (Tabel 3.12).

Tabel 3.12

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe F: het verlagen van de ammoniumconcentratie van het mest en urinmengsel (2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.2A	10,2	Loopstal met roostervloer met spoelsysteem	BWL 2001.28

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

De emissiefactor van dit huisvestingssysteem geeft een emissiereductie van 22% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen met permanent opstallen (13 kg per dierplaats per

jaar). Minimale hoeveelheid water is 10 liter per m² per dag dat 1 keer per 2 uur toegediend moet worden.

3.1.1.7 Maatregel G: reductie van de met mest/urine besmeurde oppervlak (2.4.2).

Status maatregel in Regeling ammoniak en veehouderij (Rav)

In de Rav is één huisvestingssysteem voor melkvee opgenomen die dit principe gebruikt (Tabel 3.13).

Tabel 3.13

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe G: reductie van de met mest/urine besmeurde oppervlak (2.4.2).

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.1	5,7	Grupstal met drijfmest, emitterend mestoppervlak van grup en kelder max. 1,2 m ² per koe	BB 93.06.009

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

De emissiefactor van dit huisvestingssysteem in de Rav geeft een emissiereductie van 56% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen met permanent opstallen (13 kg per dierplaats per jaar). In Nederland worden nog slechts sporadisch nieuwe grupstallen gebouwd.

3.1.1.8 Maatregel H: reiniging van de stallucht door middel van een chemische wasser in combinatie met mechanische ventilatie (2.5).

Status maatregel in Regeling ammoniak en veehouderij (Rav)

In de Rav is één huisvestingssysteem voor melkvee opgenomen die dit principe gebruikt (Tabel 3.14).

Tabel 3.14

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe H: reiniging van de stallucht door middel van een chemische wasser in combinatie met mechanische ventilatie (2.5).

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A1.17 ^(*)	5,1	Mechanisch geventileerde stal met een chemisch luchtwassysteem	BWL 2012.02

^(*) Voor dit systeem is een voorlopige emissiefactor vastgesteld als bedoeld in de Beleidsregels voorlopige emissiefactoren Regeling ammoniak en veehouderij.

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

De emissiefactor van dit huisvestingssysteem in de Rav geeft een emissiereductie van 61% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen met permanent opstallen (13 kg per dierplaats per jaar). Dit betreft nog een voorlopige emissiefactor, die herzien zal worden op basis van metingen.

3.1.2 Overige huisvestingsmaatregelen (voor zover niet opgenomen in Bijlage 1 van Rav)

In deze paragraaf worden huisvestingsmaatregelen gepresenteerd die nog niet zijn opgenomen in bijlage 1 van de Rav. Het betreft maatregelen die nog in onderzoek zijn, of als optie voor emissiereductie binnen Proeftuin Natura 2000 zijn voorgedragen.

3.1.2.1 Vloeren

Er is bij melkvee in het verleden veel onderzoek gedaan naar alternatieve vloeren, zoals toepassing van rubber, (giet)asfalt en composieten. Dit onderzoek had enerzijds als doelstelling de ammoniakemissie te beperken, maar anderzijds de beloopbaarheid van de vloeren te verbeteren. Door vloerfabrikanten en veehouders wordt vrijwel continue gewerkt aan de ontwikkeling van diverse nieuwe vloervarianten. Veelal betreft het variaties op de principes die bij eerdere emissiearme vloeren zijn toegepast.

3.1.2.2 Verdunnen van mest met water

Deze maatregel maakt gebruik van de emissiereductieprincipe 2.1 (Hoofdstuk 2.2). Door de mest te verdunnen daalt de ammoniumconcentratie, waardoor de emissie van NH_3 wordt gereduceerd. Verdunnen van mest met water kan door een laag water in de mestkelder toe te voegen, en/of door de roosters met water te spoelen.

De mate van verdunning bepaalt de verwachte emissiereductie van deze maatregel. Theoretisch is de relatie tussen de ammoniumconcentratie in de mest en de ammoniakemissie recht evenredig. Dit betekent dat bij een halvering van de ammoniumconcentratie in de mest de NH_3 -emissie uit de mest met 50% vermindert. Door een lege kelder voor de helft te vullen met water is de verwachting dat de emissiereductie in de kelder hoger dan 50% zal zijn. Dit komt doordat voor een groot deel van de opslagperiode de verdunning meer dan 50% is. Met name aan het begin zal de reductie hoog zijn, aangezien in de kelder veel water en weinig mest zit. Nadeel van deze maatregel is dat het mestvolume fors toeneemt, zodat de mestopslag groter moet zijn en er meer mest moet worden toegediend. In een overschotsituatie zal een groter volume mest moeten worden afgevoerd. In ligboxenstallen voor melkvee komt ca. 30-50% van de ammoniakemissie uit de mestkelder en 50-70% vanaf de roostervloer. Verdunnen van de mest met water is daarom veel effectiever als gelijktijdig de roosters worden gespoeld. Metingen laten echter geen eenduidige relatie zien tussen de hoeveelheid water die gebruik wordt voor het spoelen van de roosters en de NH_3 -emissiereductie. De Boer e.a. (1994) vond een reductie van 0-13% bij een watergebruik van 50-110 liter per koe per dag, en Bleijenberg e.a. (1994) een reductie van 17-28% bij een watergebruik van 17-47 liter per koe per dag. Echter, Kant en Jagtenberg (1995) vonden geen of weinig emissiereductie bij een gebruik van 25 liter per koe per dag, en zelfs een toename in emissie bij een watergebruik van 12 liter per koe per dag. Voor een dichte vloer met helling leidt het spoelen van de loopvloeren tot een hogere NH_3 -emissiereductie. Kant e.a. (1992) vond een emissiereductie van 50% bij een watergebruik van 25-50 liter per koe per dag, Huis in 't Veld e.a. (1994) een emissiereductie van 28-34% bij een watergebruik van 20-50 liter per koe per dag.

Het sproeien van loopvloeren met water is opgenomen in de Rav onder A1.2, A1.4 en A1.27. Aan A1.4 is een oppervlaktebeperking gekoppeld van 3,75 m² besmeurd oppervlak per dier. Op dit moment zijn er systemen op de markt die ook de roosters kunnen spoelen met water (sproeisysteem op mestschuif, sproeisysteem op mestrobot). Voordeel is dat de hygiëne in de stal hierdoor kan verbeteren. Vooral de klauwen (en daardoor het ligbed) zullen schoner blijven. Mogelijk neemt ook het aantal vliegen en andere insecten af. Momenteel loopt er onderzoek om het effect van gebruik van water (spoelen) op de vloer of in de kelder vast te stellen. Dit onderzoek is gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en ZuivelNL en zal in de loop van 2018 afgerond worden.

3.1.2.3 Aanzuren mengmest

Deze maatregel maakt gebruik van de emissiereductieprincipe 2.3.2 (Hoofdstuk 2.2). Door de pH van de mest te verlagen wordt het chemisch evenwicht tussen NH_3 en ammonium richting ammonium verschoven, waardoor minder NH_3 wordt geëmitteerd.

Aanzuren van mest in de kelder is een optie die in het verleden op experimentele schaal is onderzocht in Nederland. Daarbij is salpeterzuur maar vooral zwavelzuur toegepast. Westreenen e.a. (1992) vond een emissiereductie van 35-42% uit de kelder door aanzuren van mest in de mestkelder. Van Lent (1995) en Van Lent e.a. (1995) vonden ook emissiereducties van 30% naar aanzuren van mest. Van Dooren en Blanken (2011) rapporteren een reductie van 42-76% in ammoniakemissie na aanzuren van mest met zwavelzuur. In Denemarken is gewerkt aan een praktisch, veilig en betrouwbaar functionerend systeem. Hier wordt in Nederland momenteel ook door de Deense fabrikant aan gewerkt in praktijkpilots. Het aanzuren van de mest in de mestkelder met zwavelzuur is in Denemarken voor melkvee een BBT (best beschikbare techniek). Voor melkveestallen is de vastgestelde emissiereductie in het BBT-document 50%. De Deense testresultaten bij melkvee (Zhang e.a., 2005) zijn verkregen op 1 meetlocatie waar met en zonder aanzuren in een stalsectie is gemeten. De procescontrole en registratie zijn geautomatiseerd en geschikt voor controle en handhaving. Veiligheid- en duurzaamheidsaspecten zullen verder aandacht moeten krijgen, bijvoorbeeld de risico's op H_2S -vorming en corrosie van materialen en de (mogelijk) aanwezige zuurresten in de mest en het effect hiervan op de bodem. Door gebruik van zwavelzuur neemt de zwavelaanvoer via drijfmest toe en daarmee het risico op hogere sulfaatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. De commissie van deskundigen meststoffenwet (CDM) verwacht dat de sulfaataanvoer naar landbouwgronden sterk zal toenemen als het aanzuren van drijfmest met zwavelzuur als emissiearme maatregel wordt toegestaan (CDM, 2014) en adviseert ook in te zetten op andere opties voor zwavelzuur. Alternatieve anorganische zuren als (zoutzuur, salpeterzuur of fosforzuur) zijn niet geschikt door hoge corrosiviteit of door negatieve effecten op stikstof- en fosfaatbalans. Door Bussink e.a. (2012 en 2014) zijn de mogelijkheden voor gebruik van organische zuren en het biologisch aanzuren uitgebreid onderzocht. Melse e.a. (2015) hebben de voor- en nadelen van verschillende vormen van aanzuren op een rij gezet en concluderen dat het aanzuren als zelfstandige techniek onvoldoende emissiereductie oplevert om te kunnen voldoen aan de toekomstige maximale emissiewaarde van 8,6 kg NH_3 per dierplaat per jaar. Het systeem van biologisch aanzuren is daarnaast nog niet praktijkrijp maar kan mogelijk wel economische aantrekkelijk zijn als de extra biogasopbrengst verzilverd kan worden.

3.1.2.4 Gebruik van drijvende ballen in de mestkelder

Deze maatregel maakt gebruik van de emissiereductieprincipe 2.4.2 (Hoofdstuk 2.2). Deze (balans)ballen zijn gemaakt van een gladde kunststof om ervoor te zorgen dat de mest zo min mogelijk aan de bal blijft hechten. Ze zijn voor de helft gevuld met water, en voor de andere helft met lucht. (Balans)ballen drijven op het mestoppervlak in de mestkelder met als doelstelling het verkleinen van het emitterend mest(kelder)oppervlak en daardoor de NH_3 -emissie uit de mestkelder te reduceren.

Evenals bij varkens (Mosquera e.a., 2009) is het gebruik van drijvende ballen in de mestkelder ook een optie bij melkvee (van Dooren e.a., 2008). Bij varkens wordt slechts een beperkt deel van het hok gebruikt voor mestgedrag. Melkvee bevult de gehele loopvloer met urine en mest. Daardoor zal ook een groot deel van de drijvende ballen in de mestkelder regelmatig voorzien worden van een vers laagje urine. Daarom zal het effect van drijvende ballen bij melkvee waarschijnlijk minder groot zijn dan bij varkens. Aangezien bij melkvee, in tegenstelling tot varkens, de meeste ammoniak vanaf de roostervloer emitteert, zal het effect van drijvende ballen bij melkvee waarschijnlijk ook om die reden lager zijn dan bij varkens. Voor varkens zijn drijvende ballen als additionele techniek opgenomen in de bijlage van de Rav onder nummer BWL 2010.01, met een NH_3 -emissiereductie van 29%. Voor melkvee zijn drijvende ballen nog niet opgenomen in de Rav.

3.1.2.5 Effectief schuiven

Deze maatregel maakt gebruik van het emissiereductieprincipe 2.2.2 (Hoofdstuk 2.2). De doelstelling is om het contact tussen mest en urine te beperken, waardoor de afbraak van ureum op de vloer wordt gereduceerd. Schuiven dient daarnaast om de maatregelen die genomen zijn om de urine snel af te voeren via groeven of sleuven zo goed mogelijk te laten functioneren. De loopvloer (roostervloer, dichte vloer) moet daarvoor frequent en schoon worden geschoven door middel van een mestschuif of mestrobot. Wanneer dit niet goed wordt uitgevoerd kan de mest in een dunne laag over een groter oppervlak worden uitgesmeerd, waardoor de emissie van NH₃ zelfs kan toenemen.

In een aantal systemen die opgenomen zijn in de Rav is gebruik van een mestschuif of mestrobot opgenomen. In deze beschrijvingen worden eisen gesteld aan de frequentie van schuiven, maar niet aan de kwaliteit van het schuiven. Naast frequentie van schuiven zijn er verschillende mogelijkheden om de kwaliteit van schuiven te verbeteren, onder andere: aanpassing van het schuifblad aan de uitvoering van de vloer, gebruik van (zachtere) rubber schuifbladen om het contact met de vloer te verbeteren, en gebruik van kleine hoeveelheden water om het vloeroppervlak te bevochtigen.

Hoewel de verwachting is dat effectief schuiven een extra NH₃-emissiereductie kan opleveren, is er nog niet voldoende informatie om het effect al te kunnen kwantificeren. Momenteel wordt in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en ZuivelNL onderzoek uitgevoerd naar het effect van vloerreiniging (waaronder schuiven) op de ammoniakemissie. Resultaten zijn naar verwachting in de loop van 2018 beschikbaar.

3.1.2.6 Koeling van de mest in de kelder

Deze maatregel maakt gebruik van het emissiereductieprincipe 2.3.1 (Hoofdstuk 2.2). Door het koelen van de mest worden de processen van ammoniakvorming en -emissie uit de mest geremd. Het koelen wordt uitgevoerd op verschillende manieren, onder andere door de mest te onttrekken.

Daarvoor wordt grondwater ingezet. Deze warmte zou daarna gebruikt kunnen worden om andere delen van de stal/boerderij te verwarmen. In de varkenshouderij zijn er verschillende uitvoeringen van dit systeem in de Rav opgenomen, met een NH₃-emissiereductie van 44-52% (vleesvarkens), 48% (drachtige zeugen), en 75% (biggen).

- Door gebruik te maken van een warmtewisselaar in de keldervloer waardoor warmte aan de mest onttrokken wordt. In de praktijk zijn een paar stallen uitgerust met dit (experimentele) systeem. Vooral nog ontbreken ervaringen en resultaten.
- Door gebruik te maken van koelelementen in de ventilatieopeningen, om de binnenkomende lucht te koelen en de staltemperatuur te verlagen. Er zijn geen resultaten bekend van emissiemetingen bij ventilatieluchtkoeling.

3.1.2.7 Ureaseremmers

Deze maatregel maakt gebruik van het emissiereductieprincipe 2.2.2 (Hoofdstuk 2.2). Door de activiteit van urease te beperken wordt de omzetting van ureum in ammoniak verminderd. Er kunnen verschillende methoden en middelen gebruikt worden voor de vermindering van de ureaseactiviteit. Ureaseremmers worden in Nederland nog niet (op grote schaal) toegepast en zijn niet opgenomen op de Rav lijst. Effectiviteit is nog niet aangetoond. Leinker e.a. (2007) rapporteren een vermindering van de vorming en emissie van ammoniak van 82-88% bij toepassing van een niet nader genoemd middel. Het is mogelijk dat de emissie alleen gedurende een korte tijd gereduceerd wordt, waardoor een continue toediening van ureaseremmers noodzakelijk is. Nog niet gepubliceerd onderzoek door Wageningen Livestock Research liet een reductiepotentieel van ongeveer 20% zien. Vervolgonderzoek door de Christian Albrechts Universiteit in Kiel (Duitsland) in samenwerking met Wageningen Livestock Research wordt momenteel uitgevoerd.

3.1.2.8 Kelderluchtbehandeling

Deze maatregel maakt gebruik van de emissiereductieprincipe 2.5 (Hoofdstuk 2.2) maar slechts voor een deel van de ventilatielucht. De ammoniakemissie uit (natuurlijk geventileerde) stallen wordt beperkt door een hoeveelheid lucht onder de roosters uit de mestkelder af te zuigen en met behulp van een chemisch luchtwassysteem van ammoniak te zuiveren. Voor het afvangen van de ammoniak wordt een chemisch luchtwassysteem met een verwijderingsrendement van ten minste 90 % ingezet. Voordeel van het systeem is dat de luchtkwaliteit in de stal verbeterd wordt doordat de dieren minder blootgesteld worden aan gassen uit de mestkelder. Economisch voordeel is dat de luchtwasser fors kleiner kan zijn dan bij luchtwassing van alle stallucht. Nadeel is dat de emissie van de stalvloer waarschijnlijk niet verminderd wordt. Verder moet er rekening mee worden gehouden dat de kelderlucht niet volledig afgezogen kan worden tenzij een grote onderdruk in de kelder zou worden aangehouden. Dit kan echter alleen gerealiseerd worden indien een relatief grote hoeveelheid lucht afgezogen zou worden, maar dan is geen sprake meer van een kleine luchtwasser. Tenslotte kan de emissie uit de kelder (gerekend voor de luchtwasser) stijgen door toename van de luchtbeweging in de kelder. Om de hiervoor genoemde redenen en vanwege het feit dat meer dan 50% van de ammoniakemissie van de vloer afkomstig is, zal de totale stalemissie naar verwachting slechts beperkt afnemen. Smits e.a. (2008) rapporteren een NH₃-emissiereductie tussen 30-45% bij toepassing van dit systeem bij vleeskalveren. Volgens modelberekeningen en een proof of principle (van Dooren en Smits, 2009) is voor melkvee een NH₃-emissiereductie tussen 15-45% te verwachten, afhankelijk van de precieze uitvoering van de kelderluchtbehandeling. In van Dooren en Smits (2007) wordt 25% emissiereductie voor ligboxenstallen ingeschat na toepassing van een wasser met 90% NH₃-verwijderingsrendement en 250 m³/h luchtafzuiging per dierplaats.

In de praktijk is minimaal één voorbeeld bekend waarbij een dergelijk systeem is toegepast bij melkvee (www.forfarmersinnovatiefonds.nl). Aan dit bedrijf is een bijzondere emissiefactor van 7,2 kg NH₃ per dierplaats per jaar toegekend. Metingen worden uitgevoerd om de emissie te bepalen.

3.1.2.9 ACNV

Deze maatregel maakt gebruik van de emissiereductieprincipe 2.4.3 (Hoofdstuk 2.2). Automatisch gecontroleerde natuurlijke ventilatie (ACNV) kan er enerzijds voor zorgen dat de ventilatie niet beperkt wordt bij hoge temperaturen en lage windsnelheden (om geen hittestress in de hand te werken). Anderzijds kan hiermee de emissie beperkt worden door bij hogere windsnelheden de luchtsnelheid in de stal te beperken. Veiligheid van het oprolmechanisme van gordijnen (afscherming en snelheid van bewegen) is een belangrijke randvoorwaarde. ACNV wordt ook in veel proefstallen met een emissiearme vloer toegepast. ACNV was tot 2012 onderdeel van de Maatlat Duurzame Veehouderij (MDV) in combinatie met andere maatregelen. Voor de combinatie ACNV + dakisolatie werd een NH₃-emissiereductie van 15% toegepast. Voor ACNV alleen werd een reductie van 10% toegepast zolang het systeem niet is gemeten. Door Mosquera et al 2016 zijn case-control emissiemetingen gedaan op twee praktijkbedrijven. Uit de metingen was geen emissievermindering door gebruik van ACNV af te leiden. Uit eerdere metingen op één van de twee locaties bleek wel een positief verband tussen ventilatiedebiet en ammoniakemissie. Om een emissiereductie van 10% te realiseren moet het ventilatiedebiet met minstens 25% afnemen. Het effect op het ventilatiedebiet als gevolg van het inschakelen van het ACNV-systeem was echter niet significant. Dit was vooral te wijten aan het geringe verschil in gordijnstand tussen de situatie met en zonder ACNV. Tijdens de metingen zonder ACNV (referentie) was aan de veehouder gevraagd de gordijnen naar eigen inzicht in te stellen. Mogelijk dat door de ervaring met het ACNV systeem de eigen norm van de veehouder wat betreft optimale gordijnstand al was beïnvloed. Mosquera et al. (2016) bevelen aan de relatie tussen ventilatiedebiet en ammoniakemissie verder te onderbouwen en als uitgangspunt te nemen voor aanpassing van deze maatregel. Voor de Proeftuin Natura 2000 waren deze resultaten aanleiding om deze maatregel alleen nog in combinatie met een geïsoleerd dak te erkennen en daar een reductie van 10% aan toe te kennen.

3.1.2.10 Dakisolatie

Deze maatregel maakt gebruik van de emissiereductieprincipe 2.3.1 (Hoofdstuk 2.2). Door toepassing van dakisolatie wordt de directe warmte-instraling overdag, met name in de zomer, aanzienlijk

bepikt. Het gevolg hiervan is een lagere staltemperatuur en dit geeft een reductie van de ammoniakemissie. Deze maatregel is ook toepasbaar in bestaande stallen. Dakisolatie komt ook het dierwelzijn en de productie ten goede omdat het aantal uren met hittestress in de stal wordt beperkt. Dakisolatie wordt ook als onderdeel van veel proefstallen met een emissiearme vloer toegepast. Dakisolatie was tot 2012 onderdeel van de Maatlat Duurzame Veehouderij (MDV) in combinatie met andere maatregelen. Voor de combinatie ACNV + dakisolatie werd een NH₃-emissiereductie van 15% toegepast. Voor dakisolatie alleen werd een reductie van 2-5% ingeschat. Omdat deze verschillen te klein om betrouwbaar vast te kunnen stellen is verdere onderbouwing lastig. Voor de Proeftuin Natura 2000 is dit reden geweest deze maatregel alleen nog in combinatie met ACNV te erkennen en daar een reductie van 10% aan toe te kennen.

3.1.2.11 Ligboxenstal zonder mestopslag en frequente mestafvoer

De ammoniakemissie wordt gereduceerd door kelderemissie uit te sluiten en de mest buiten de stal emissiearm op te slaan. Doordat er geen mestopslag in de stal is, wordt de ammoniakemissie uit de mestkelder voorkomen. Voordeel van het systeem is verder dat de luchtkwaliteit in de stal verbeterd wordt doordat de dieren niet meer blootgesteld worden aan gassen uit de mestkelder.

3.2 Voer- en managementmaatregelen

Sinds publicatie van bijlage 2 bij de Regeling ammoniak en veehouderij zijn voor melkvee twee voer- en managementmaatregelen beschikbaar die in het kader van het Programma Aanpak Stikstof (PAS) toegepast kunnen worden. Het gaat om beweiding gedurende tenminste 720 uur per kalenderjaar en om emissiearm voeren uitgedrukt in een melkureumgetal van ten hoogste 19 mg per 100 ml.

3.2.1 Beschikbare maatregelen bijlage 2 (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)

3.2.1.1 Verlaging eiwitgehalte (voermaatregel)

Rantsoenmaatregelen ter beperking van de N-uitscheiding met urine (U) of feces (F) zijn door Tamminga e.a. (2009) kort beschreven. In Tabel 3.15 zijn deze maatregelen weergegeven.

Tabel 3.15

Rantsoenmaatregelen ter beperking N uitscheiding met urine (U) of feces (F)
(naar Tamminga e.a., 2009)

Maatregel
U: verlagen RE gehalte rantsoen
U: verhogen van benutting van verteerde ruw eiwit (eiwitvastlegging in melk en/of vlees)
U: verhogen microbiële eiwitproductie in pens
U: verminderen onnodige N verliezen in pens (minder N uitscheiding in urine)
U: vastleggen verteerd voereiwit in dikke darm
F: Optimaliseren van de pensfermentatie;
F: Verbeteren van de verteerbaarheid van het rantsoen zodat minder voer (minder eiwit) nodig is voor productie
F: Optimaliseren van het rantsoen voor maximale melkproductie;
F: Energieaanbod aan de koe verhogen door afstemmen koolhydraat- en eiwit aanbod waardoor op hetzelfde rantsoen meer melkeiwit wordt geproduceerd.

Voor de melkveehouderij lijkt op dit moment vooral het verlagen van het eiwitgehalte van het voer perspectief te bieden voor een verlaging van de ammoniakemissie. Daarbij geldt wel de randvoorwaarde dat de voorziening van energie en darm verteerbaar eiwit voldoende moet zijn, zodat de melk(eiwit)productie op peil blijft. Op veel melkveebedrijven is de eiwitvoorziening nog ruim boven de behoefte. Er is al veel onderzoek gedaan naar de effecten van eiwitgehalte in het voer op de ammoniakemissie bij melkvee (Frank en Swensson, 2002), ook onder Nederlandse omstandigheden (Smits e.a., 1997; Van Duinkerken e.a., 2005). Het eiwitgehalte van het rantsoen en het tankmelk-

ureumgehalte zijn belangrijke parameters om de emissie te sturen en te monitoren. Naar beide parameters is al vrij uitgebreid onderzoek gedaan. De mogelijkheden om de eiwitvoeding en – benutting via het melkureumgehalte goed te sturen en de factoren die variaties in melkureumgehaltes veroorzaken is nader onderzocht in een promotieonderzoek (Spek e.a., 2013). Op basis van analyse van de relatie tussen melkureum en ammoniakemissie in praktijkdata door Ogink et al. (2014) is een PAS maatregel geformuleerd waarbij veehouders 10% reductie van de ammoniakemissie mogen inrekenen als het gemiddelde ureumgehalte van de melk in de afgelopen drie kalenderjaren gemiddeld 19 mg per 100 ml tankmelk of lager is geweest.

Naast het melkureum (dat een maat is voor de stikstofexcretie van de dieren) is ook de stikstofconcentratie in de urine van invloed op de ammoniakemissie. Lopend onderzoek door Wageningen Livestock Research moet beide relaties vaststellen en komen tot praktische borgingsparameters.

3.2.1.2 Meer weidegang (managementmaatregel)

Bij weidegang neemt de ammoniakemissie uit de stal af doordat tijdens de weidegang geen verse urine wordt toegevoegd en de bestaande bronnen uitgeput raken. De snelheid waarmee dat gebeurt hangt af van de bijdrage van vloer en kelder aan de ammoniakemissie. Op basis van analyse van de relatie tussen melkureum en ammoniakemissie in praktijkdata door Ogink et al. (2014) is een PAS maatregel geformuleerd waarbij veehouders 5% reductie van de ammoniakemissie mogen inrekenen als er minstens 720 uur weidegang per kalenderjaar wordt toegepast. Aanvullend experimenteel onderzoek door Wageningen Livestock Research moet de snelheid vaststellen waarmee de stalemissie per uur weidegang afneemt.

3.2.2 Overige voer- en managementmaatregelen (niet opgenomen in bijlage 2 van Rav)

Naast binnen PAS erkende voer-en managementmaatregelen zijn er nog meer maatregelen denkbaar die (nog) niet zijn opgenomen in de bijlage 2 van de Rav.

3.2.2.1 Minder jongvee (managementmaatregel)

Vrouwelijk jongvee tot 2 jaar valt in de Rav onder een aparte categorie (A3) met een emissiefactor van 4,4 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Minder jongvee leidt direct tot minder N-excretie en een lagere ammoniakemissie op bedrijfsniveau. Jongvee is ook nog eens minder efficiënt in het vastleggen van stikstof dan melkvee. Wordt door melkvee ongeveer 75% van de opgenomen stikstof niet vastgelegd, bij jongvee is dat 85% tot 95%. Minder jongvee houden kan op een aantal manieren worden gerealiseerd:

1. Afvoeren overtollig jongvee;
2. Hogere melkproductie per koe bij gelijkblijvend bedrijfsproductie;
3. Verhogen levensduur van veestapel.

Ad 1. Hoewel de N-excretie door overtollige jongvee dat wordt afgevoerd wel wordt afgewenteld naar een ander bedrijf, neemt de N-excretie door jongvee op het afvoerende bedrijf af. Het gevolg van deze maatregel is een efficiëntere benutting van het voer voor melkproductie met minder verliezen van stikstof en ammoniak. Een nog hogere reductie is te behalen met het uitbesteden van jongvee. Voor bedrijven die nabij Natura 2000-gebieden liggen is dit een interessante optie, omdat zo ammoniakemissie wordt weggenomen van het bedrijf en verplaatst naar een opfokbedrijf.

Ad 2. Met een hogere productie per koe zijn minder dieren nodig om dezelfde hoeveelheid melk te produceren. Voor een gegeven melkproductie zijn dus minder koeien nodig en vervolgens ook minder jongvee ter vervanging van afgevoerd melkvee. De totale N-excretie wordt daarmee verlaagd. Bovendien produceren minder dieren minder mest en kunnen zij met een kleinere stal of een kleiner oppervlak toe. Al deze effecten geven een lagere ammoniakemissie.

Ad 3. Verduurzaming van de veestapel leidt tot een hogere levensproductie per koe. Dit wordt gerealiseerd door een optimale productie te combineren met betere vruchtbaarheid en een lagere ziekte-incidentie, waardoor het melkvee minder snel vervangen hoeft te worden en minder jongvee hoeft te worden aangehouden op het bedrijf om zieke en oudere melkkoeien te vervangen. Dit leidt tot een efficiëntere productie van de veestapel, minder N-excretie, en minder verliezen van stikstof in de vorm van ammoniak.

3.2.2.2 Toepassing van reductieopties voor melkvee in de huisvesting voor jongvee (managementmaatregel)

Jongvee valt onder een aparte Rav categorie (A3) met een emissiefactor van 4,4 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Het aandeel van jongvee aan de totale stalemissie is daarmee ongeveer 25%.

Voor vrouwelijk jongvee zijn echter nog geen emissiearme technieken opgenomen in bijlage 1 van de Rav. Veel van de emissie-reducerende technieken die voor melkkoeien in ligboxenstallen zijn opgenomen in de Rav, zijn ook toepasbaar bij vrouwelijk jongvee dat in ligboxsystemen wordt gehuisvest. Het werkingsprincipe is niet diercategorie- maar systeemafhankelijk, en kan voor elke maatregel teruggevonden worden in de stalbeschrijving die daarvan voor melkkoeien beschikbaar is. Er wordt aangenomen dat de maatregel bij jongvee even effectief is als bij melkvee, d.w.z. dat de ammoniakemissie in dezelfde mate wordt gereduceerd. Voor toepassing van deze maatregel is het nodig de categorie A3 op te splitsen in vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar en jongvee van 1 tot 2 jaar. In de mestwetgeving wordt deze onderverdeling al sinds jaar en dag toegepast en het is ook gerechtvaardigd om voor de ammoniakemissie ook te doen. Er is immers een verschil in N-excretie (en dus ook ammoniakemissie) tussen beide leeftijdscategorieën.

Om de bestaande emissiefactor te differentiëren naar leeftijdscategorie is gebruik gemaakt van de methodiek die in het nationaal emissiemodel voor de landbouw (NEMA) wordt gehanteerd. Benodigde gegevens zijn genomen uit Van Bruggen et al. (2014). Op basis van de TAN-excretie en met de richtlijn voor het aandeel dieren per leeftijdscategorie dat op een melkveebedrijf aanwezig is (0-1 jaar: 60%; 1-2 jaar:40%), is de emissiefactor 'gesplitst' in twee categorieën (zie Tabel 3.16).

Tabel 3.16

Afleiding emissiefactoren voor leeftijdscategorieën jongvee op basis van de methodiek die in het nationaal emissiemodel voor de landbouw (NEMA).

Leeftijd	In de stal	
	<1 jaar	1-2 jaar
N-excretie per dier per jaar (kg)	28,7	48,6
%-TAN	64	67
TAN excretie per dier per jaar	18,4	32,6
NH ₃ -N emissie als % van TAN excretie	11,4	11,4
NH ₃ -N emissie per dier per jaar	2,1	3,7
NH ₃ emissie per dier per jaar	2,5	4,5
Bezettingsgraad (%)	90	90
NH ₃ emissie in kg per dierplaats per jaar	2,3	4,1
Verhouding dierplaatsen	60%	40%
NH ₃ emissie (kg/dp/j) geschaald naar Rav	3,0	6,3

Wanneer voor jongvee nu een huisvestingssysteem uit de bijlage 1 van de Rav gekozen wordt kan de emissiereductie die geldig is voor melkvee toegepast worden op de berekende emissiefactor van de betreffende leeftijdscategorie.

4 Maatregelen voor vleeskalveren tot circa 8 maanden

4.1 Huisvestingsmaatregelen

4.1.1 Beschikbare maatregelen (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)

In de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) zijn huisvestingsmaatregelen opgenomen die verschillende emissiereductieprincipes beschreven in Hoofdstuk 2.2 combineren. De emissiearme huisvestingssystemen in de Rav kunnen worden ingedeeld in de volgende combinaties van emissiereductieprincipes:

- A. Zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met een reductie van het met mest besmeurde oppervlak (2.4.2)
- B. Nageschakelde technieken (2.5)

4.1.1.1 Maatregel A: zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met een reductie van het met mest besmeurde oppervlak (2.4.2)

Status maatregel in Rav

In de Rav is een huisvestingssysteem opgenomen die deze twee principes combineert. Het betreft een mechanisch geventileerde stal met hellende roostervloer in combinatie met hellende schijnvloer onder de roostervloer (Tabel 4.1).

Tabel 4.1

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe A: zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine naar de kelder (2.2.1) in combinatie met een reductie van het met mest besmeurde oppervlak (2.4.2)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
A4.7 ^(*)	1,8	Mechanisch geventileerde stal met hellende roostervloer in combinatie met hellende schijnvloer onder de roostervloer, bestemd voor het houden van rosé vleeskalveren	BWL 2012.09

^(*) Voor dit systeem is een voorlopige emissiefactor vastgesteld als bedoeld in de Beleidsregels voorlopige emissiefactoren Regeling ammoniak en veehouderij.

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

De emissiefactor van dit huisvestingssysteem in de Rav geeft een emissiereductie van 28% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen met permanent opstallen (2,5 kg per dierplaats per jaar). Dit betreft nog een voorlopige emissiefactor, die herzien zal worden op basis van metingen.

4.1.1.2 Maatregel B: nageschakelde technieken (2.5).

Status maatregel in Rav

In de Rav zijn voor vleeskalveren nageschakelde technieken beschikbaar in de vorm van chemische en biologische luchtwassers of biofilters (maatregel 2.5 in hoofdstuk 2.2). Voordeel van deze technieken is dat de emissiereductie hoog is. Nadelen van deze nageschakelde technieken zijn dat de luchtkwaliteit in de stal niet verbetert en het energieverbruik toeneemt. In de Rav zijn een aantal huisvestingssystemen opgenomen die deze maatregel toepassen. In Tabel 4.2 wordt een overzicht gegeven van deze systemen, inclusief beschikbare BWL-nummers en toegekende verwijderingsrendementen.

Tabel 4.2

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) gebaseerd op reductieprincipe B: nageschakelde technieken (proces 2.5)

Rav-code	Verwijderingsrendement [%]	Beschrijving	BWL-nummers
A4.2	70	Biologische wasser	BWL 2004.01 BWL 2006.02 BWL 2007.03 BWL 2008.01 BWL 2008.02 BWL 2008.03 BWL 2008.04 BWL 2008.05 BWL 2008.12 BWL 2009.13 BWL 2009.20 BWL 2009.21 BWL 2010.27 BWL 2010.28 BWL 2011.11 BWL 2011.12 BWL 2013.02
A4.6	80	Biologische wasser	BWL 2012.07
A4.3	70	Chemische wasser	BWL 2004.02 BWL 2005.01 BWL 2006.04 BWL 2006.05 BWL 2008.06 BWL 2008.07 BWL 2009.01 BWL 2010.25 BWL 2011.14 BWL 2014.01
A4.1	90	Chemische wasser	BWL 2013.08
A4.4	95	Chemische wasser	BWL 2007.05 BWL 2008.08 BWL 2008.09 BWL 2010.26
A4.5	70-90	Gecombineerde wasser	BWL 2006.14 BWL 2006.15 BWL 2007.01 BWL 2007.02 BWL 2009.12 BWL 2010.02 BWL 2011.07 BWL 2011.08

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

In de Rav zijn huisvestingssystemen met chemische luchtwassers opgenomen met een emissiereductie van 70-95% ten opzichte van de betreffende huisvestingssystemen waar geen luchtwasser toegepast wordt.

In de Rav zijn huisvestingssystemen met biologische luchtwassers opgenomen met een emissiereductie van 70-80% ten opzichte van de betreffende huisvestingssystemen waar geen luchtwasser toegepast wordt.

In de Rav zijn huisvestingssystemen met gecombineerde luchtwassers opgenomen met een emissiereductie van 70-90% ten opzichte van de betreffende huisvestingssystemen waar geen luchtwasser toegepast wordt.

4.1.2 Mogelijke maatregelen (nog niet in Rav opgenomen)

In dit hoofdstuk worden maatregelen gepresenteerd die nog niet zijn opgenomen in de bijlage van de Rav. Het betreft maatregelen die nog in onderzoek zijn, of als mogelijke emissiereductie optie binnen Proeftuin Natura2000 zijn voorgedragen. In het concept van het nieuwe Besluit emissiearme huisvestingssystemen landbouwdieren (Staatscourant nr. 24770, september 2014) wordt een aantal maatregelen voorgesteld met een geschatte emissiefactor. Deze worden in Tabel 4.3 weergegeven.

Tabel 4.3

Mogelijke (nog niet in Rav opgenomen) maatregelen (Staatscourant nr. 20218; april 2017)

Beschrijving	Geschatte emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]
Kelderluchtbehandeling	2,2
Koeling van mest	2,1
Koeling van mest met warmteterugwinning	2,5
Cassettes in roosterspleten (vergelijkbaar met A1.13)	2,7
V-vormige mestband (vergelijkbaar met D3.2.16)	1,8
Bolle rubber toplaag (vergelijkbaar met A1.10)	2,8
Bolle rubber toplaag en afdichtflappen in roosterspleten (vergelijkbaar met A1.9)	2,1

In 2013 is door Wageningen Livestock Research een onderzoeksproject opgestart om het effect van verschillende vloersoorten op de ammoniakemissie bij vleeskalveren te bepalen. Naast de referentie zijn de volgende vloersoorten meegenomen in dit onderzoek:

- Houten roostervloer
- Roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag zonder afdichtflappen in de roosterspleten (vergelijkbaar met A1.10)
- Roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag met afdichtflappen in de roosterspleten (vergelijkbaar met A1.9)
- Roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag (vergelijkbaar met A1.10) en V-vormige mestband

De resultaten van dit project zijn in Mosquera e.a. (2017) gerapporteerd.

4.2 Voer- en managementmaatregelen

Er zijn op dit moment voor vleeskalveren geen voer- en managementmaatregelen in bijlage 2 van de Regeling ammoniak en veehouderij opgenomen.

5 Maatregelen voor varkens

In dit hoofdstuk worden de maatregelen beschreven die toegepast (zouden kunnen) worden in de varkenshouderij. Dit betreft maatregelen voor biggen, kraamzeugen, guste en drachtige zeugen, en vleesvarkens.

5.1 Huisvestingsmaatregelen

5.1.1 Beschikbare maatregelen (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)

In de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) zijn huisvestingsmaatregelen opgenomen die zijn gebaseerd op één of meerdere emissiereductieprincipes beschreven in Hoofdstuk 2.2. De emissiearme huisvestingssystemen in de Rav kunnen worden ingedeeld in de volgende combinaties van emissiereductieprincipes:

- A. Zeer frequent en zo volledig mogelijk (restloos) afvoeren van mest en urine (2.2.1)
 - A1. Mest en urine in de stal scheiden
 - A2. Frequent verwijderen van mest uit de stal
- B. Verlagen van de temperatuur van de mest (2.3.1)
- C. Verlagen van de pH van de mest (2.3.2)
- D. Verlagen van de ammoniumconcentratie van de mest (2.1)
- E. Reductie van het met mest besmeurde oppervlak (2.4.2)
- F. Nageschakelde technieken (2.5)

5.1.1.1 Maatregel A1 (2.2.1): mest en urine in de stal scheiden.

Status maatregel in Rav

Door mest en urine in de stal te scheiden (primaire scheiding) kan de afbraaksnelheid van ureum worden gereduceerd door te voorkomen dat het in feces aanwezige enzym urease in contact komt met de ureum in urine. Hierdoor wordt de ammoniakemissie uit de stal aanmerkelijk verlaagd. In de Rav zijn een aantal huisvestingssystemen voor varkens opgenomen die deze maatregel toepassen. In Tabel 5.1 wordt een overzicht gegeven van deze systemen voor (A) vleesvarkens, (B) biggen, en (C) kraamzeugen, inclusief beschikbare BWL-nummers en toegekende emissiefactoren.

Tabel 5.1A

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor biggen gebaseerd op reductieprincipe A1: mest en urine in de stal scheiden

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.1.8	0,23	Gescheiden afvoer van mest en urine door middel van hellende mestband	BB 96.06.040

Tabel 5.1B

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor kraamzeugen gebaseerd op reductieprincipe A1: mest en urine in de stal scheiden

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.2.4	3,1	Mestschuif met gecoate, hellende keldervloer en giergoot	BB 94.06.019

Tabel 5.1C

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor vleesvarkens gebaseerd op reductieprincipe A1: mest en urine in de stal scheiden

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D3.2.16	1,1	Gescheiden afvoer van mest en urine door middel van een V-vormige mestband in het mestkanaal, met metalen driekant roosters op het mestkanaal	BWL 2008.11

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

Voor biggen geeft het huisvestingssysteem in de Rav gebaseerd op reductieprincipe A1 (mest en urine in de stal scheiden) een emissiereductie van 67% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,69 kg per dierplaats per jaar).

Voor kraamzeugen geeft het huisvestingssysteem in de Rav gebaseerd op reductieprincipe A1 (mest en urine in de stal scheiden) een emissiereductie van 63% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (8,3 kg per dierplaats per jaar).

Er zijn geen huisvestingssystemen in de Rav voor guste en drachtige zeugen gebaseerd op reductieprincipe A1 (mest en urine in de stal scheiden).

Voor vleesvarkens geeft het huisvestingssysteem met V-vormige mestband gebaseerd op reductieprincipe A1 (mest en urine in de stal scheiden) een emissiereductie van 63% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (3,0 kg per dierplaats per jaar).

Om bovenstaande reducties te realiseren is het belangrijk dat de mestband en de mestvloer waar de mestschuif overheen loopt heel glad worden uitgevoerd. Als dit ruw is of door gebruik ruw wordt, dan kunnen urease-producerende bacteriën zich hechten aan dit ruwe oppervlak (Braam & Swierstra, 1999).

5.1.1.2 Maatregel A2 (2.2.1): frequent verwijderen van mest uit de stal.

Status maatregel in Rav

Door mest frequent en compleet te verwijderen wordt het contact tussen mest en urine beperkt, en de afbraaksnelheid van ureum verminderd. Hierdoor wordt de ammoniakemissie uit de stal verlaagd. In de Rav zijn een aantal huisvestingssystemen voor varkens opgenomen die deze maatregel toepassen. In Tabel 5.2 wordt een overzicht gegeven van deze systemen voor (A) biggen, en (B) kraamzeugen, inclusief beschikbare BWL-nummers en toegekende emissiefactoren.

Tabel 5.2A

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor biggen gebaseerd op reductieprincipe A2: frequent verwijderen van mest uit de stal

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.1.1	0,20	vlakke gecoate keldervloer met tandheugelschuifstelsel	BB 93.03.001

Tabel 5.2B

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor kraamzeugen gebaseerd op reductieprincipe A2: frequent verwijderen van mest uit de stal

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.2.2	3,7	Kunststof schijnvloer met schuif onder de roosters	BB 94.02.014
D1.2.3	4,0	Vlakke, gecoate keldervloer met tandheugelschuifstelsel	BB 94.04.018

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

Voor biggen geeft het huisvestingssysteem in de Rav gebaseerd op reductieprincipe A2 (frequent verwijderen van mest uit de stal) een emissiereductie van 71% (hokoppervlakte >0,35m²) ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,69 kg per dierplaats per jaar voor hokoppervlakte >0,35 m²).

Voor kraamzeugen geven huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe A2 (frequent verwijderen van mest uit de stal) een emissiereductie van 52-55% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (8,3 kg per dierplaats per jaar).

Er zijn geen huisvestingssystemen in de Rav voor vleesvarkens en guste en drachtige zeugen gebaseerd op reductieprincipe A2 (frequent verwijderen van mest uit de stal).

Net als genoemd onder 5.1.1.1 is het voor deze maatregel ook zeer belangrijk dat de vloer heel glad wordt uitgevoerd om te voorkomen dat urease-producerende bacteriën zich kunnen hechten aan de vloer.

5.1.1.3 Maatregel B: verlaging van de temperatuur van de mest (2.3.1).

Status maatregel in Rav

Door de mest te koelen kan het chemisch evenwicht tussen NH₃ en ammonium richting ammonium worden geschoven en vervluchtigt de aanwezige NH₃ ook minder snel naar de lucht. Hierdoor wordt de ammoniakemissie uit de stal verlaagd. In de Rav zijn een aantal huisvestingssystemen voor varkens opgenomen die deze maatregel toepassen. In Tabel 5.3 wordt een overzicht gegeven van deze systemen voor (A) biggen, (B) kraamzeugen, (C) guste en drachtige zeugen, en (D) vleesvarkens, inclusief beschikbare BWL-nummers en toegekende emissiefactoren.

Tabel 5.3A

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor biggen gebaseerd op reductieprincipe B: verlaging van de temperatuur van de mest (2.3.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.1.11	0,17	Koeldekstelsel (150% koeloppervlak)	BWL 2010.12

Tabel 5.3B

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor kraamzeugen gebaseerd op reductieprincipe B: verlaging van de temperatuur van de mest (2.3.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.2.12	2,4	Koeldeksysteem (150% koeloppervlak)	BWL 2010.15

Tabel 5.3C

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor guste en drachtige zeugen gebaseerd op reductieprincipe B: verlaging van de temperatuur van de mest (2.3.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.3.8.1	2,2	Koeldeksysteem, 115% koeloppervlak (bij individuele huisvesting en groepshuisvesting)	BWL 2010.16
D1.3.8.2	2,2	Koeldeksysteem, 135% koeloppervlak (bij groepshuisvesting)	BWL 2010.17

Tabel 5.3D

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor vleesvarkens gebaseerd op reductieprincipe B: verlaging van de temperatuur van de mest (2.3.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D3.2.3	1,7	Koeldeksysteem met metalen driekantroostervloer (170% koeloppervlak)	BWL 2001.25
D3.2.6.1.1	1,5	Koeldeksysteem (200% koeloppervlak), met metalen roostervloer, emitterend mestoppervlak maximaal 0,8 m ²	BWL 2010.19
D3.2.6.1.2	1,2	Koeldeksysteem (200% koeloppervlak), met metalen roostervloer, emitterend mestoppervlak maximaal 0,5 m ²	BWL 2004.08
D3.2.6.2.1	1,6	Koeldeksysteem (200% koeloppervlak), met roostervloer anders dan metaal, emitterend mestoppervlak maximaal 0,6 m ²	BWL 2010.20
D3.2.6.2.2	2,4	Koeldeksysteem (200% koeloppervlak), met roostervloer anders dan metaal, emitterend mestoppervlak groter dan 0,6 m ² , doch kleiner dan 0,8 m ²	BWL 2001.01

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

Voor biggen geeft het huisvestingssysteem in de Rav gebaseerd op reductieprincipe B (verlaging van de temperatuur van de mest) een emissiereductie van 75% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,69 kg per dierplaats per jaar).

Voor kraamzeugen geeft het huisvestingssysteem in de Rav gebaseerd op reductieprincipe B (verlaging van de temperatuur van de mest) een emissiereductie van 71% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (8,3 kg per dierplaats per jaar).

Voor guste en drachtige zeugen geven huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe B (verlaging van de temperatuur van de mest) een emissiereductie van 48% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (4,2 kg per dierplaats per jaar).

Voor vleesvarkens geven huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe B (verlaging van de temperatuur van de mest) een emissiereductie van 20-60% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (3,0 kg per dierplaats per jaar).

5.1.1.4 Maatregel C: verlaging van de pH van de mest (2.3.2).

Status maatregel in Rav

Door de pH van de mest te verlagen wordt het chemisch evenwicht tussen NH₃ en ammonium richting ammonium geschoven. Hierdoor wordt de ammoniakemissie uit de stal verlaagd. In de Rav zijn een aantal huisvestingssystemen voor varkens opgenomen die deze maatregel toepassen. In Tabel 5.4 wordt een overzicht gegeven van deze systemen voor (A) biggen, (B) kraamzeugen, (C) guste en drachtige zeugen, en (D) vleesvarkens, inclusief beschikbare BWL-nummers en toegekende emissiefactoren.

Tabel 5.4A

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor biggen gebaseerd op reductieprincipe C: verlaging van de pH van de mest (2.3.2)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.1.6	0,18	Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof (volledig roostervloer)	BB 96.04.038
D1.1.7	0,25	Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof (gedeeltelijk roostervloer)	BB 96.04.038

Tabel 5.4B

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor kraamzeugen gebaseerd op reductieprincipe C: verlaging van de pH van de mest (2.3.2)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.2.8	3,1	Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof	BB 96.04.037

Tabel 5.4C

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor guste en drachtige zeugen gebaseerd op reductieprincipe C: verlaging van de pH van de mest (2.3.2)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.3.4	1,8	Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof (bij individuele huisvesting en groepshuisvesting)	BB 96.04.036

Tabel 5.4D

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor vleesvarkens gebaseerd op reductieprincipe C: verlaging van de pH van de mest (2.3.2)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D3.2.2	1,6	Mestopvang in en spoelen met NH ₃ -arme vloeistof (inclusief aanzuren)	BWL 2001.24
D3.2.4	1,0	Mestopvang in met formaldehyde behandelde mestvloeistof in combinatie met metalen driekantroostervloer	BB 95.02.025

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

Voor biggen geven huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe C (verlaging van de pH van de mest) een emissiereductie van 64-74% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,69 kg per dierplaats per jaar).

Voor kraamzeugen geeft het huisvestingssysteem in de Rav gebaseerd op reductieprincipe C (verlaging van de pH van de mest) een emissiereductie van 63% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (8,3 kg per dierplaats per jaar).

Voor guste en drachtige zeugen geeft het huisvestingssysteem in de Rav gebaseerd op reductieprincipe C (verlaging van de pH van de mest) een emissiereductie van 57% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (4,2 kg per dierplaats per jaar).

Voor vleesvarkens geven huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe C (verlaging van de pH van de mest) een emissiereductie van 47-67% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (3,0 kg per dierplaats per jaar), afhankelijk van de gebruikte vloeistof om de pH te verlagen.

5.1.1.5 Maatregel D: verlagen van de ammoniumconcentratie van de mest (2.1).

Status maatregel in Rav

Door de mest te verdunnen daalt de ammoniumconcentratie, waardoor de emissie van NH₃ wordt gereduceerd. In de Rav zijn een aantal huisvestingssystemen voor varkens opgenomen die deze maatregel toepassen. In Tabel 5.5 wordt een overzicht gegeven van deze systemen voor (A) biggen en (B) vleesvarkens, inclusief beschikbare BWL-nummers en toegekende emissiefactoren.

Tabel 5.5A

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor biggen gebaseerd op reductieprincipe D: verlagen van de ammoniumconcentratie van de mest (2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.1.3	0,15	Mestopvang in water in combinatie met een mestafvoersysteem	BWL 2006.07

Tabel 5.5B

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor vleesvarkens gebaseerd op reductieprincipe D: verlagen van de ammoniumconcentratie van de mest (2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D3.2.5	1,3	Mestopvang in water in combinatie met metalen driekant- roostervloer	BB 95.10.029

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

Voor biggen geeft het huisvestingssysteem in de Rav gebaseerd op reductieprincipe D (verlaging van de ammoniumconcentratie van de mest) een emissiereductie van 78% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,69 kg per dierplaats per jaar).

Er zijn geen huisvestingssystemen in de Rav voor kraamzeugen en guste en drachtige zeugen gebaseerd op reductieprincipe D (verlaging van de ammoniumconcentratie van de mest).

Voor vleesvarkens geeft het huisvestingssysteem in de Rav gebaseerd op reductieprincipe D (verlaging van de ammoniumconcentratie van de mest) een emissiereductie van 57% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (3,0 kg per dierplaats per jaar).

5.1.1.6 Maatregel E: reductie van het met mest besmeurde oppervlak (2.4.2).

Status maatregel in Rav

De emissie van ammoniak neemt toe naarmate het met mest besmeurde oppervlak toeneemt. Door dit oppervlak te reduceren wordt de ammoniakemissie uit de stal verlaagd. In de Rav zijn veel huisvestingssystemen voor varkens opgenomen die deze maatregel toepassen. In Tabel 5.6 wordt een overzicht gegeven van deze systemen voor (A) biggen, (B) kraamzeugen, (C) guste en drachtige zeugen en (D) vleesvarkens, inclusief beschikbare BWL-nummers en toegekende emissiefactoren.

Tabel 5.6A

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor biggen gebaseerd op reductieprincipe E: reductie van het met mest besmeurde oppervlak (2.4.2)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.1.2	0,24	Spoelgotensysteem met dunne mest en gedeeltelijk roostervloer	BB 94.06.021 BB 94.06.021
D1.1.4.1	0,26	Ondiepe mestkelders met water- en mestkanaal; oppervlak mestkanaal maximaal 0,13 m ² per big	BWL 2001.14
D1.1.4.2	0,33	Ondiepe mestkelders met water- en mestkanaal; oppervlak mestkanaal maximaal 0,19 m ² per big	BWL 2001.14
D1.1.5	0,39	Halfrooster met verkleind mestoppervlak (max. 60% van het totale hokoppervlak bestaat uit een roostervloer)	BWL 2001.16
D1.1.12.1	0,17	Opfokhok met schuine putwand, emitterend mestoppervlak maximaal 0,07 m ² , ongeacht groepsgrootte, met spoelgoten	BWL 2001.13
D1.1.12.2	0,21	Opfokhok met schuine putwand, emitterend mestoppervlak groter dan 0,07 m ² , echter kleiner dan 0,10 m ² , en in kleine groepen, tot 30 biggen, gehuisvest, met spoelgoten	BWL 2004.06
D1.1.12.3	0,18	Opfokhok met schuine putwand, 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, met spoelgoten	BB 99.06.072 BWL 2010.04
D1.1.13	0,20	Volledig rooster met water- en mestkanalen, eventueel voorzien van schuine putwand(en), emitterend mestoppervlak kleiner dan 0,10 m ²	BWL 2010.05

Tabel 5.6B

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor kraamzeugen gebaseerd op reductieprincipe E: reductie van het met mest besmeurde oppervlak (2.4.2)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.2.1	3,3	Spoelgotensysteem, spoelen met dunne mest	BB 93.11.012
D1.2.5	3,2	Mestgoot met mestafvoersysteem	BWL 2010.06
D1.2.6	4,0	Ondiepe mestkelders met mest- en waterkanaal	BB 95.12.032
D1.2.7	5,0	Kraamopfokhok met hellende plaat	BB 95.12.032
D1.2.9	2,5	Schuiven in mestgoot	BWL 2001.18
D1.2.13	2,9	Mestpan onder kraamhok	BWL 2006.08
D1.2.14	2,9	Mestpan met water- en mestkanaal onder kraamhok	BWL 2010.07
D1.2.16	2,9	Waterkanaal in combinatie met een afgescheiden mestkanaal of mestbak	BWL 2004.07

Tabel 5.6C

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor guste en drachtige zeugen gebaseerd op reductieprincipe E: reductie van het met mest besmeurde oppervlak (2.4.2)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.3.1	2,4	Smalle ondiepe mestkanalen met metalen driekantroostervloer en rioleringsstelsel (alleen toepasbaar bij individuele huisvesting)	BB 95.02.027
D1.3.2	1,8	Mestgoot met combinatierooster en frequente mestafvoer (alleen toepasbaar bij individuele huisvesting)	BB 95.06.028
D1.3.3	2,5	Spoelgotensysteem met dunne mest (bij individuele huisvesting en groepshuisvesting)	BB 95.10.030
D1.3.5	2,2	Schuiven in mestgoot (alleen toepasbaar bij individuele huisvesting)	BWL 2001.19
D1.3.9.1	2,3	Groepshuisvestingssysteem met voerligboxen of zeugvoerstations, zonder strobed, met schuine putwanden in het mestkanaal, met metalen driekantroosters	BWL 2010.08
D1.3.9.2	2,5	Groepshuisvestingssysteem met voerligboxen of zeugvoerstations, zonder strobed, met schuine putwanden in het mestkanaal, roosters anders dan metalen driekant	BWL 2006.09
D1.3.10	2,6	Rondloopstal met zeugvoerstation en strobed	BWL 2010.09

Tabel 5.6D

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor vleesvarkens gebaseerd op reductieprincipe E: reductie van het met mest besmeurde oppervlak (2.4.2)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D3.2.7.1.1	1,0	Mestkelders met (water- en) mestkanaal; mestkanaal met schuine putwand, met metalen driekantroosters op het mestkanaal; emitterend mestoppervlak maximaal 0,18 m ² per varken	BB 97.07.056 BWL 2004.03
D3.2.7.1.2	1,4	Mestkelders met (water- en) mestkanaal; mestkanaal met schuine putwand, met metalen driekantroosters op het mestkanaal; emitterend mestoppervlak groter dan 0,18 m ² , maar kleiner dan 0,27 m ²	BB 97.07.056 BWL 2004.04
D3.2.7.2.1	1,5	Mestkelders met (water- en) mestkanaal; mestkanaal met schuine putwand, met roosters anders dan metalen driekant op het mestkanaal; emitterend mestoppervlak maximaal 0,18 m ² per varken	BWL 2004.05
D3.2.7.2.2	1,9	Mestkelders met (water- en) mestkanaal; mestkanaal met schuine putwand, met roosters anders dan metalen driekant op het mestkanaal; emitterend mestoppervlak groter dan 0,18 m ² , maar kleiner dan 0,27 m ² per varken	BWL 2010.10
D3.2.10.1	1,4	Bollevloerhok met betonnen morsrooster en metalen driekantrooster; emitterend mestoppervlak maximaal 0,22 m ² per varken	BWL 2001.27
D3.2.10.2	2,0	Bollevloerhok met betonnen morsrooster en metalen driekantrooster; emitterend mestoppervlak maximaal 0,33 m ² per varken	BWL 2001.27
D3.2.11	1,7	Hok met gescheiden mestkanalen	BWL 2001.03
D3.2.12	1,2	Spoelgotensysteem met metalen driekantroosters	BB 98.10.064
D3.2.13	1,7	Spoelgotensysteem met roosters	BB 98.10.065

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

Voor biggen geven huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe E (reductie van het met mest besmeurde oppervlak) een emissiereductie van 43-75% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,69 kg per dierplaats per jaar).

Voor kraamzeugen geven huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe E (reductie van het met mest besmeurde oppervlak) een emissiereductie van 40-70% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (8,3 kg per dierplaats per jaar).

Voor guste en drachtige zeugen geven huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe E (reductie van het met mest besmeurde oppervlak) een emissiereductie van 38-57% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (4,2 kg per dierplaats per jaar).

Voor vleesvarkens geven huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe E (reductie van het met mest besmeurde oppervlakte) een emissiereductie van 33-67% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (3,0 kg per dierplaats per jaar).

5.1.1.7 Maatregel F: nageschakelde technieken (2.5).

Status maatregel in Rav

Naast huisvestingsmaatregelen in de stal zijn diverse zogenaamde nageschakelde technieken beschikbaar in de vorm van chemische, biologische en gecombineerde luchtwassers (maatregel 2.5 in hoofdstuk 2.2). Voordeel van deze technieken is dat de emissiereductie hoog is. Nadelen van deze nageschakelde technieken zijn dat de luchtkwaliteit in de stal niet verbetert en het energieverbruik toeneemt. In de Rav zijn een aantal huisvestingssystemen opgenomen die deze maatregel toepassen. In Tabel 5.7 wordt een overzicht gegeven van deze systemen voor (A) biggen, (B) kraamzeugen, (C) guste en drachtige zeugen, en (D) vleesvarkens, inclusief beschikbare BWL-nummers en toegekende verwijderingsrendementen.

Tabel 5.7A

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor biggen gebaseerd op reductieprincipe F: nageschakelde technieken (2.5)

Rav-code	Rendement [%] Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.1.9	70 0,21	Biologische wasser	BWL 2004.01 BWL 2006.02 BWL 2007.03 BWL 2008.01 BWL 2008.02 BWL 2008.03 BWL 2008.04 BWL 2008.05 BWL 2008.12 BWL 2009.13 BWL 2009.20 BWL 2009.21 BWL 2010.27 BWL 2010.28 BWL 2011.11 BWL 2011.12 BWL 2013.02
D1.1.16	85 0,10	Biologische wasser	BWL 2012.07
D1.1.10	70 0,21	Chemische wasser	BWL 2004.02 BWL 2005.01 BWL 2006.04 BWL 2006.05 BWL 2008.06 BWL 2008.07 BWL 2009.01 BWL 2010.25 BWL 2011.14 BWL 2014.01
D1.1.17	90 0,07	Chemische wasser	BWL 2013.08
D1.1.14	95 0,03	Chemische wasser	BWL 2007.05 BWL 2008.08 BWL 2008.09 BWL 2010.26
D1.1.15	70-90 0,10 – 0,21	Gecombineerde wasser	BWL 2006.14 BWL 2006.15 BWL 2007.01 BWL 2007.02 BWL 2009.12 BWL 2010.02 BWL 2011.07 BWL 2011.08

Tabel 5.7B

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor kraamzeugen gebaseerd op reductieprincipe F: nageschakelde technieken (2.5)

Rav-code	Rendement [%] Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.2.10	70 2,5	Biologische wasser	BWL 2004.01 BWL 2006.02 BWL 2007.03 BWL 2008.01 BWL 2008.02 BWL 2008.03 BWL 2008.04 BWL 2008.05 BWL 2008.12 BWL 2009.13 BWL 2009.20 BWL 2009.21 BWL 2010.27 BWL 2010.28 BWL 2011.11 BWL 2011.12 BWL 2013.02
D1.2.18	85 1,3	Biologische wasser	BWL 2012.07
D1.2.11	70 2,5	Chemische wasser	BWL 2004.02 BWL 2005.01 BWL 2006.04 BWL 2006.05 BWL 2008.06 BWL 2008.07 BWL 2009.01 BWL 2010.25 BWL 2011.14 BWL 2014.01
D1.2.19	90 0,83	Chemische wasser	BWL 2013.08
D1.2.15	95 0,42	Chemische wasser	BWL 2007.05 BWL 2008.08 BWL 2008.09 BWL 2010.26
D1.2.17	70-90 0,83 – 2,5	Gecombineerde wasser	BWL 2006.14 BWL 2006.15 BWL 2007.01 BWL 2007.02 BWL 2009.12 BWL 2010.02 BWL 2011.07 BWL 2011.08

Tabel 5.7C

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor gaste en drachtige zeugen gebaseerd op reductieprincipe F: nageschakelde technieken (2.5)

Rav-code	Rendement [%] Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D1.3.6	70 1,3	Biologische wasser	BWL 2004.01 BWL 2006.02 BWL 2007.03 BWL 2008.01 BWL 2008.02 BWL 2008.03 BWL 2008.04 BWL 2008.05 BWL 2008.12 BWL 2009.13 BWL 2009.20 BWL 2009.21 BWL 2010.27 BWL 2010.28 BWL 2011.11 BWL 2011.12 BWL 2013.02
D1.3.13	85 0,63	Biologische wasser	BWL 2012.07
D1.3.7	70 1,3	Chemische wasser	BWL 2004.02 BWL 2005.01 BWL 2006.04 BWL 2006.05 BWL 2008.06 BWL 2008.07 BWL 2009.01 BWL 2010.25 BWL 2011.14 BWL 2014.01
D1.3.14	90 0,42	Chemische wasser	BWL 2013.08
D1.3.11	95 0,21	Chemische wasser	BWL 2007.05 BWL 2008.08 BWL 2008.09 BWL 2010.26
D1.3.12	70-90 0,42 – 1,3	Gecombineerde wasser	BWL 2006.14 BWL 2006.15 BWL 2007.01 BWL 2007.02 BWL 2009.12 BWL 2010.02 BWL 2011.07 BWL 2011.08

Tabel 5.7D

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor vleesvarkens gebaseerd op reductieprincipe F: nageschakelde technieken (2.5)

Rav-code	Rendement [%] Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
D3.2.8	70 0,9	Biologische wasser	BWL 2004.01 BWL 2008.01 BWL 2008.02 BWL 2008.03 BWL 2008.04 BWL 2008.12 BWL 2009.13 BWL 2009.20 BWL 2009.21 BWL 2010.28
D3.2.17	85 0,45	Biologische wasser	BWL 2012.07
D3.2.9	70 0,9	Chemische wasser	BWL 2004.02 BWL 2005.01 BWL 2006.04 BWL 2006.05 BWL 2008.06 BWL 2008.07 BWL 2009.01 BWL 2010.25 BWL 2011.14 BWL 2014.01
D3.2.18	90 0,3	Chemische wasser	BWL 2013.08
D3.2.14	95 0,15	Chemische wasser	BWL 2007.05 BWL 2008.08 BWL 2008.09 BWL 2010.26
D3.2.15	70-90 0,3 – 0,9	Gecombineerde wasser	BWL 2006.14 BWL 2006.15 BWL 2007.01 BWL 2007.02 BWL 2009.12 BWL 2010.02 BWL 2011.07 BWL 2011.08

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

In de Rav zijn huisvestingssystemen voor varkens (vleesvarkens, biggen, kraamzeugen, guste en drachtige zeugen) met chemische luchtwassers opgenomen met een emissiereductie van 70-95% ten opzichte van de betreffende huisvestingssystemen waar geen luchtwasser toegepast wordt.

In de Rav zijn huisvestingssystemen voor varkens (vleesvarkens, biggen, kraamzeugen, guste en drachtige zeugen) met biologische luchtwassers opgenomen met een emissiereductie van 70-85% ten opzichte van de betreffende huisvestingssystemen waar geen luchtwasser toegepast wordt.

In de Rav zijn huisvestingssystemen voor varkens (vleesvarkens, biggen, kraamzeugen, guste en drachtige zeugen) met gecombineerde luchtwassers opgenomen met een emissiereductie van 70-90% ten opzichte van de betreffende huisvestingssystemen waar geen luchtwasser toegepast wordt.

5.1.2 Mogelijke maatregelen (nog niet opgenomen in Bijlage 1 van de Rav)

In dit hoofdstuk worden maatregelen gepresenteerd die nog niet zijn opgenomen in Bijlage 1 van de Rav. Het betreft maatregelen die nog in onderzoek zijn, of als optie voor emissiereductie binnen Proeftuin Natura2000 zijn voorgedragen.

5.1.2.1 Aanbrengen schuine plaat in mestkanaal

Deze maatregel is gebaseerd op het verkleinen van het emitterend oppervlak, tot maximaal 0,27 m² per dier, waardoor de ammoniakemissie uit de mestkelder gereduceerd kan worden. Deze maatregel is in de Rav opgenomen in combinatie met een rioleringsysteem. In de stoppersregeling is deze maatregel opgenomen en kan deze toegepast worden bij vleesvarkens, biggen, guste en drachtige zeugen, en kraamzeugen.

Voor vleesvarkens en biggen geeft deze maatregel, volgens de stoppersregeling, een reductie van 40%, voor zeugen wordt een reductie aangegeven van 20%. In de stoppersregeling is alleen een uitwerking gegeven voor vleesvarkens, waarbij het emitterend kelderoppervlak maximaal 0,27 m² per dierplaats mag bedragen. De effectiviteit van de maatregel is direct gekoppeld aan het emitterend kelderoppervlak.

5.1.2.2 Gescheiden mestkanaal

Deze maatregel is opgenomen in de stoppersregeling voor vleesvarkens, met een verwachte ammoniakemissiereductie van 15%.

5.1.2.3 Metalen driekantroosters op mestkanaal

Deze maatregel betreft het toepassen van driekantroosters in plaats van standaard betonnen roosters, en is opgenomen in de stoppersregeling voor vleesvarkens, met een verwachte ammoniakemissiereductie van 10%. In Groenestein e.a. (2014) is deze reductie hoger ingeschat, namelijk een reductie van 0,50 kg/jaar. Bij een referentieniveau van 3,0 kg betekent dit een reductie van 17%.

5.1.2.4 Koelen inkomende lucht en beperken ventilatie

Deze maatregel heeft als doel de temperatuur in de stal en het ventilatiedebiet in de stal te verlagen, waardoor naar verwachting de vervluchtiging van NH₃ gereduceerd kan worden. Deze maatregel is opgenomen in de stoppersregeling voor vleesvarkens, biggen, kraamzeugen, en guste en drachtige zeugen. De verwachte ammoniakemissiereductie volgens de stoppersregeling is 15% voor vleesvarkens, en 10% voor biggen, kraamzeugen, en guste en drachtige zeugen.

5.1.2.5 Luchtwater met bypass

Door het toepassen van chemische luchtwassers op varkensbedrijven kan de emissie van ammoniak sterk worden gereduceerd. Ook de emissies van geur en fijn stof nemen hierdoor af. De investeringen en jaarlijkse kosten van een luchtwater kunnen echter hoog uitvallen in vergelijking met andere reducerende technieken. Door Melse en Ogink (2004) is berekend dat door een aangepast ontwerp de kosten van luchtwassers kunnen worden verlaagd zonder substantiële reductie van het milieurendement. De volledig geïnstalleerde capaciteit van een luchtwassersysteem wordt (zeker bij groeiende dieren) slechts gedurende een korte tijd van het jaar benut. Melse en Ogink (2004) hebben berekend dat een besparing op kosten kan worden bereikt door een veel kleinere wasser te plaatsen en te accepteren dat niet alle af te voeren stallucht door de wasser wordt geleid: het principe van een luchtwater met bypassventilatoren. Uit berekeningen is gebleken dat het toepassen van een biologische luchtwater (70% NH₃ reductie) met een capaciteit van 1, 2 of 3 m³ bij vleeskuikens mogelijk leidt tot een reductie van respectievelijk 28, 53 of 66%. Bij een chemische luchtwater (90% NH₃ reductie) komen de berekeningen op reducties van respectievelijk 36, 69 of 85%. Ellen e.a.

(2008b) rapporteren een reductie van 75% bij metingen in een vleesvarkensstal (6 afdelingen met vleesvarkens aangesloten op een centraal luchtafvoersysteem).

5.2 Voer- en managementmaatregelen

5.2.1 Beschikbare maatregelen bijlage 2 (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)

In Bijlage 2 van de Rav zijn voor varkens een aantal voer- en managementmaatregelen opgenomen die in het kader van het Programma Aanpak Stikstof (PAS) toegepast kunnen worden.

5.2.1.1 Verlaging eiwitgehalte in het voer (voermaatregel)

Door deze maatregel toe te passen kan zowel de emissie vanaf de roostervloer als vanuit de mestkelder worden gereduceerd. Verlaging van het eiwitgehalte in het voer is één van de opties die in de lijst van alternatieve maatregelen voor stoppende bedrijven (stoppersregeling) wordt aangedragen voor vleesvarkens, biggen, kraamzeugen, en guste en drachtige zeugen.

Bij vleesvarkens is verlaging van het eiwitgehalte in het voer met 15 tot 30 g/kg ten opzichte van standaard voer mogelijk (Aarnink en Verstegen, 2007; Aarnink e.a., 2010). De verlaging in ammoniakemissie wordt bereikt door een verlaagd ammoniumgehalte van de mengmest en door een verlaagde pH van de mengmest (Aarnink en Verstegen, 2007). Het effect van het eiwitgehalte in het voer op de ammoniakemissie is vrij uitgebreid onderzocht, zowel in Nederland (Canh e.a., 1998a; Le e.a., 2007) als internationaal (Hayes e.a., 2004; Kay en Lee, 1997; Latimier en Dourmad, 1993). Gemiddeld werden reducties bij vleesvarkens gevonden van ca. 10-12,5% bij elke 10 g/kg verlaging van het eiwitgehalte in het voer. Het eiwitgehalte van het voer kan bij vleesvarkens vanaf ca. 40 kg tegen niet al te grote meerkosten worden verlaagd van ca. 160 g/kg (referentieniveau) naar ca. 135 – 140 g/kg. Bij jonge vleesvarkens tot 40 kg liggen de eiwitgehalten ca. 10 g/kg hoger. Voor gespeende biggen en zeugen worden vergelijkbare effecten verwacht op de ammoniakemissie bij verlaging van het ruw eiwitgehalte van voer (10% reductie in ammoniakemissie per 10 g/kg eiwitverlaging). Bij biggen en zeugen is een verlaging van het eiwitgehalte in het voer met 10 tot 20 g/kg ten opzichte van standaard voer zonder productieverlies mogelijk.

In Bijlage 2 van de Rav worden de volgende reductiepercentages toegekend:

Maatregel	Reductie	Diercategorie
Verlagen eiwitgehalte van het diervoeder met 10 gram per kilogram	10%	D1.1 (Biggen), D1.2 (Kraamzeugen), D1.3 (Guste en dragende zeugen), D3 (Vleesvarkens)
Verlagen eiwitgehalte van het diervoeder met 20 gram per kilogram	20%	D1.1 (Biggen), D1.2 (Kraamzeugen), D1.3 (Guste en dragende zeugen), D3 (Vleesvarkens)
Verlagen eiwitgehalte van het diervoeder met 30 gram per kilogram	30%	D1.1 (Biggen), D3 (Vleesvarkens)

5.2.1.2 Voeradditieven (voermaatregel)

Het toevoegen aan het voer van benzoëzuur is een voermaatregel die opgenomen is in de stoppersregeling voor zowel biggen (5 g/kg oftewel 0,5%) als vleesvarkens (10 g/kg oftewel 1%). Deze maatregel is voor zeugen nog niet opgenomen in de stoppersregeling aangezien benzoëzuur nog geen formele erkenning (Europese registratie) had als toevoegmiddel aan zeugenvoer als middel om de ammoniakemissie te reduceren. Echter, benzoëzuur heeft wel een registratie als smaakstof en mag in die zin wel toegevoegd worden aan zeugenvoer en dit wordt op dit moment al gedaan in de praktijk.

Benzoëzuur geeft een verzuring van de urine en daarmee van de mengmest, waardoor ammoniak minder snel vervluchtigt. Met deze maatregel kan zowel de emissie vanaf de roostervloer als vanuit de mestkelder worden gereduceerd. Aan vleesvarkensvoer mag maximaal 1% benzoëzuur worden toegevoegd, aan biggen 0,5%. Het effect van toevoeging van benzoëzuur (VevoVital®) aan het voer op de ammoniakemissie is voor vleesvarkens volgens het officiële meetprotocol voor ammoniak onderzocht (Ogink e.a., 2013). Uit dit onderzoek is gebleken dat toevoeging van 1% benzoëzuur in

het voer bij vleesvarkens de ammoniakemissie met gemiddeld 15,8% (\pm 4,2%) verlaagde (Aarnink e.a., 2008).

Voor biggen is de ammoniakreductie nog niet vastgesteld. Wel werd bij biggen bij toevoeging van 0,5 en 1,0% benzoëzuur een verlaging van de urine pH gevonden van gemiddeld respectievelijk 0,6 en 1,0 eenheden (Kluge e.a., 2006). De verlaging van de urine pH is vergelijkbaar met die bij vleesvarkens. Alhoewel de pH verlaging van de mengmest ook van de bufferende werking van de feces afhangt, mag bij biggen een vergelijkbaar effect op de ammoniakemissie worden verwacht als bij vleesvarkens. Dit zal echter via metingen moeten worden geverifieerd.

Bij kraamzeugen is de ammoniakreductie nog niet vastgesteld. Voor kraamzeugen werd ook, zoals bij biggen, een duidelijke relatie gevonden tussen de benzoëzuurdosering in het voer en de pH van de urine. Bij een benzoëzuurdosering van 0,5, 1,0 en 2,0% werd de urine pH met respectievelijk 0,6, 1,3 en 1,8 eenheden verlaagd (Kluge e.a., 2010). De verlaging van de urine pH bij een benzoëzuurdosering van 1,0% is vergelijkbaar met die bij vleesvarkens. Voor kraamzeugen wordt daardoor een vergelijkbaar effect op de ammoniakemissie verwacht als bij vleesvarkens. Dit zal echter via metingen moeten worden geverifieerd.

Bij guste en drachtige zeugen zijn geen metingen bekend van het effect van benzoëzuur toevoeging aan het voer. Ook voor deze categorie varkens mag een vergelijkbaar effect op de ammoniakemissie worden verwacht als bij vleesvarkens. Dit zal echter via metingen moeten worden geverifieerd.

In Bijlage 2 van de Rav worden de volgende reductiepercentages toegekend:

Maatregel	Reductie	Diercategorie
Diervoeder met 0,5% benzoëzuur op productbasis bij 88% drogestof in combinatie met drijvende ballen in het mestoppervlak	40%	D1.1 (Biggen)
Diervoeder met 0,5% benzoëzuur op productbasis bij 88% drogestof in combinatie met drijvende ballen in het mestoppervlak	35%	D1.2 (Kraamzeugen, D1.3 (Guste en dragende zeugen))
Diervoeder met 1% benzoëzuur op productbasis bij 88%	16%	D3 (Vleesvarkens)
Diervoeder met 1% benzoëzuur op productbasis bij 88% drogestof in combinatie met drijvende ballen in het mestoppervlak	40%	D3 (Vleesvarkens)

5.2.2 Overige voer- en managementmaatregelen (niet opgenomen in bijlage 2 van Rav)

Naast binnen PAS erkende voer- en managementmaatregelen zijn er nog meer maatregelen denkbaar die (nog) niet zijn opgenomen in de bijlage 2 van de Rav.

5.2.2.1 verhogen fermenteerbare (niet-zetmeel) koolhydraten (Voermaatregel)

Toevoeging van 100 g/kg extra fermenteerbare (niet-zetmeel) koolhydraten (NSP) aan het voer is een voermaatregel die opgenomen is in de stoppersregeling voor guste en drachtige zeugen. Opname van (extra) NSP aan het voer heeft op twee manieren invloed op de ammoniakemissie:

1. het zorgt voor een verschuiving van N-uitscheiding via de urine naar N-uitscheiding via de feces;
2. het zorgt voor een verlaging van de pH van de mengmest door een toename van het gehalte aan vluchtige vetzuren.

Nadelen van het verhogen van het NSP-gehalte in het voer zijn:

- 1) de verteerbaarheid van de voercomponenten neemt af, waardoor de mestuitscheiding toeneemt (Moeser en Van Kempen, 2002);
- 2) de emissie van methaan neemt toe (Kirchgessner e.a., 1991).

Verhoging van het NSP-gehalte lijkt vooral een optie te zijn voor guste en drachtige zeugen en minder voor snel groeiende dieren (biggen, vleesvarkens) of dieren die moeilijk voldoende energie kunnen opnemen (zogende zeugen). Voor guste en drachtige zeugen heeft het voeren van voer met een hoog

gehalte aan NSP's een gunstige invloed op het welzijn, vanwege het verzadigd gevoel dat deze NSP's geven.

Op basis van de beschikbare literatuurgegevens (Canh e.a., 1998b; Canh e.a., 1998c) kan worden geconcludeerd dat een toename van het NSP-gehalte met 100 g/kg de ammoniakemissie met 10% kan reduceren. Dit effect is onder andere afhankelijk van de soort NSP.

5.2.2.2 Verlaging van de kation/anion balans (Voermaatregel)

Deze maatregel is niet opgenomen in stoppersregeling aangezien de maatregel slechts een geschatte reductie geeft van 5%. Deze maatregel kan toegepast worden bij alle varkenscategorieën. Een verlaging van de kation/anion balans geeft een verlaging van de urine-pH en daarmee een verlaging van de pH en de ammoniakemissie van de mengmest. De belangrijkste kationen zijn natrium en kalium en het belangrijkste anion is chloor. De kation/anion- ofwel de elektrolytenbalans wordt als volgt berekend: $Na + K - Cl$ (in mEq). Daarnaast kunnen ook nog andere elektrolyten worden opgenomen in de balans.

De elektrolyten balans (dEB) kan verlaagd worden door het Na- of K-gehalte in het voer te verlagen. Op basis van onderzoek van Canh e.a. (1998d) wordt ingeschat dat bij elke verlaging van dEB met 100 mEq per kg drogestof van het voer de ammoniakemissie met 7% daalt. Een andere optie is door het basische (CO_3^{2-}) in het voer te vervangen door een organisch zuur. Door bijvoorbeeld $CaCO_3$ te vervangen door Ca gebonden aan organische zuren, bijvoorbeeld mierenzuur (Ca-formiaat) wordt de pH van urine en mengmest verlaagd. De verwachte reductie van de ammoniakemissie bij vervanging van 3 g Ca in de vorm van $CaCO_3$ door 3 g Ca in de vorm van Ca-formiaat bedraagt ca. 5%. Door meer $CaCO_3$ te vervangen door Ca-formiaat kan deze reductie enigszins worden verhoogd. De kation/anion balans mag niet te laag zijn, aangezien er dan processen in het lichaam op gang komen om het zuur in bloed en urine te neutraliseren (o.a. ontkalking).

5.2.2.3 Verdunnen van mest met water (managementmaatregel)

Deze maatregel is opgenomen in de stoppersregeling voor vleesvarkens, biggen, kraamzeugen, en guste en drachtige zeugen. Het emissiereductieprincipe van deze maatregel is gebaseerd op het verlagen van de ammoniumconcentratie in de mest door de mestkelder telkens na het aflaten van de mest voor de helft te vullen met water (maatregel 2.2.2 in hoofdstuk 2.2).

De verwachting is dat met dit systeem de ammoniakemissie uit de mestkelder met ca. 65% zal verminderen. Aan het begin van de mestrunde zit er veel water in de mestkelder en nog weinig mest en zal de ammoniakreductie relatief hoog zijn. Dit zal geleidelijk afnemen tot een reductie van ca. 50% als de mengmest in de kelder voor de helft bestaat uit water en voor de andere helft uit de mest die door de dieren wordt geproduceerd. Bij een verhouding tussen kelder- en vloeremissie van 70% : 30%, betekent dit een ammoniakreductie uit de stal van ca. 45% (Aarnink e.a., 2010).

5.2.2.4 Aanzuren van mest tot een pH lager dan 6 (managementmaatregel)

Deze maatregel is opgenomen in de stoppersregeling voor vleesvarkens, biggen, kraamzeugen, en guste en drachtige zeugen. Het emissiereductieprincipe van deze maatregel is gebaseerd op het verlagen van de pH van de mest (maatregel 2.2.1 in hoofdstuk 2.2).

Deze techniek is een BBT (best beschikbare techniek) in Denemarken voor melkveestallen. Uit Deens onderzoek bij vleesvarkens bleek dit systeem de ammoniakemissie uit de stal met 70% te kunnen reduceren (Kai e.a., 2008). Dit betekent dat de emissie uit de mestkelder (vrijwel) tot 0 wordt gereduceerd. Alleen de emissie vanaf de vloer blijft over. Als aangenomen wordt dat de verwachte reductie van de ammoniakemissie uit de mestkelder 80% (i.p.v. 100%) is, en een ongewijzigde vloeremissie, dan is de verwachting dat de ammoniakemissie in een traditionele (niet emissiearme) stal bij vleesvarkens, guste en drachtige zeugen en kraamzeugen, bij gebruik van betonnen roosters, met 60% op stalniveau gereduceerd kan worden. Bij gebruik van metalen driekant roosters, bij

vleesvarkens, gespeende biggen en kraamzeugen, is de verwachting dat de emissiereductie op stalniveau 75% is.

Uit het Deense onderzoek is tevens gebleken dat de emissiereductie 90% was tijdens de opslag (zonder afdekking) en 67% tijdens het oppervlakkig uitrijden van de mest. Het aanzuren van de mest bleek geen effect te hebben op de geuremissie uit de stal. Verder onderzoek in Nederland is nodig om dit systeem geschikt te maken voor de Nederlandse markt en er zal bekeken moeten worden of de huidige metingen in Denemarken voldoende zijn om een emissiefactor voor varkens vast te stellen.

5.2.2.5 Minder dieren in stal, afdelingen leeg laten (managementmaatregel)

Het emissiereductieprincipe van deze maatregel is gebaseerd op de reductie van het met mest/urine besmeurde mestoppervlak (maatregel 2.3.2 in hoofdstuk 2.2). Door structureel minder dieren op te leggen kan een emissiereductie bewerkstelligd worden door afdelingen leeg te laten die dan niet emitteren. Emissies vanuit mestkelders kunnen nog lang doorgaan nadat dieren uit een hok of afdeling zijn verwijderd. Daarom moet bij deze maatregel volledige leegstand van stal en mestkelder (gehele mestkanaal dat in verbinding staat met de stalruimte) gerealiseerd worden.

5.2.2.6 Eerder afleveren (managementmaatregel)

Het emissiereductieprincipe van deze maatregel is gebaseerd op o.a. de reductie van het met mest/urine besmeurde mestoppervlak (maatregel 2.3.2 in hoofdstuk 2.2) en het verlagen van het ventilatiedebiet (maatregel 2.3.3 in hoofdstuk 2.2). De ammoniakemissie neemt toe bij het zwaarder worden van vleesvarkens. De verwachte ammoniakemissiereductie door het toepassen van deze maatregel is 15-25% (uit berekeningen blijkt dat de ammoniakemissie met ca. 20% afneemt wanneer vleesvarkens worden afgeleverd op een gewicht van 100 kg i.p.v. 115 kg (Aarnink e.a., 2010)).

5.2.2.7 Doorschuiven van vleesvarkens (managementmaatregel)

Het emissiereductieprincipe van deze maatregel is gebaseerd op de reductie van het met mest/urine besmeurde mestoppervlak (maatregel 2.3.2 in hoofdstuk 2.2). De oppervlaktebehoefte van groeiende dieren hangt samen met de grootte van die dieren. Deze neemt toe met het gewicht. Bij vergroting van de oppervlakte per vleesvarken tot 1 m² kan het aantrekkelijk zijn om de dieren bij een bepaald gewicht (85 kg) door te schuiven naar grotere hokken. Door varkens éénmalig te verschuiven bij een gewicht van ca. 85 kg, kan ongeveer 2/3 deel van de varkens worden gehuisvest op een oppervlakte van 0,8 m² per dier, terwijl de zware varkens (1/3 deel) kunnen worden gehuisvest bij 1,0 m². Dit geeft een verlaging van de ammoniakemissie in traditionele stallen van 3,5 naar 2,8 kg per vleesvarkensplaats per jaar (Aarnink e.a., 2010) (bij een referentiestal met een emissie van 3,0 kg wordt de emissie naar verwachting 2,4 kg). De verwachte ammoniakemissiereductie door het toepassen van deze maatregel is ca. 20%.

6 Maatregelen voor kippen

6.1 Huisvestingsmaatregelen

6.1.1 Beschikbare maatregelen (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)

In de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) zijn huisvestingsmaatregelen opgenomen die verschillende emissiereductieprincipes beschreven in Hoofdstuk 2.2 combineren. De emissiearme huisvestingssystemen in de Rav kunnen worden ingedeeld in de volgende combinaties van emissiereductieprincipes:

- A. Mestdrogen (maatregel 2.2.3 in hoofdstuk 2.2).
- B. Frequent verwijderen van mest (maatregel 2.2.1).
- C. Mestdrogen (maatregel 2.2.3) in combinatie met frequent verwijderen van mest (maatregel 2.2.1).
- D. Mestkoelen (maatregel 2.3.1).
- E. Reductie van het met mest/urine besmeurde oppervlak (maatregel 2.4.2).
- F. Nageschakelde technieken (maatregel 2.5).

6.1.1.1 Maatregel A: mestdrogen (2.2.3).

Status maatregel in Rav

Door snel mest te drogen kan de afbraaksnelheid van urinezuur en organisch gebonden stikstof worden beperkt. Hierdoor wordt de ammoniakemissie uit de stal aanmerkelijk verlaagd. In de Rav zijn een aantal huisvestingssystemen opgenomen die deze maatregel toepassen. In Tabel 6.1 t/m Tabel 6.5 wordt een overzicht gegeven van deze systemen voor hoofdcategorie E (kippen), inclusief beschikbare BWL-nummers en toegekende emissiefactoren.

Tabel 6.1A

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken (batterijhuisvesting¹) gebaseerd op reductieprincipe A: mestdrogen (2.2.3)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E1.5.1	0,020	Mestbandbatterij voor droge mest met geforceerde mestdroging	BB 93.06.008
E1.6	0,010	Batterijsysteem met mestbandbeluchting en bovenliggende droogtunnel	BB 99.06.071

¹ In Europese wetgeving is opgenomen dat traditionele legbatterijen niet meer mogen worden gebruikt voor de huisvesting van leghennen. In Nederland is daarnaast wetgeving aangenomen die het gebruik van zogenaamde verrijkte kooien op termijn verbiedt. Koloniehuisvesting blijft toegestaan.

Tabel 6.1B

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken (niet-batterijhuisvesting) gebaseerd op reductieprincipe A: mestdrogen (2.2.3)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E 1.11	0,150	Stal met verwarmingssysteem met warmteheaters en ventilatoren	BWL 2009.14.V5

Tabel 6.2A

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen (batterijhuisvesting) gebaseerd op reductieprincipe A: mestdrogen (2.2.3)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E2.5.1	0,042	Mestbandbatterij voor droge mest met geforceerde mestdroging	BB 93.06.008
E2.6	0,018	Batterijsysteem met mestbandbeluchting en bovenliggende droogtunnel	BB 99.06.071

Tabel 6.2B

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen (niet-batterijhuisvesting) gebaseerd op reductieprincipe A: mestdrogen (2.2.3)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E2.8	0,110	Grondhuisvesting met beluchting onder gedeeltelijk verhoogde roostervloer (perfosysteem)	BWL 2010.21
E2.9.1 ¹	0,125	Grondhuisvesting met mestbeluchting via buizen onder de beun	BWL 2001.10

¹ De in de Rav genoemde systemen bij E 2.9.2 en E 2.9.3 zijn alleen toegestaan bij (groot)ouderdieren van legrassen.

Tabel 6.3

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor (groot-)ouderdieren van vleeskuikens in opfok jonger dan 19 weken gebaseerd op reductieprincipe A: mestdrogen (2.2.3)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E3.3	0,183	Stal met mixluchtventilatie	BWL 2005.10
E3.4	0,180	Stal met verwarmingssysteem met warmteheaters en ventilatoren	BWL 2009.14
E3.7	0,180	Stal met indirect gestookte warmteheaters met luchtmengsysteem voor droging strooisellaag	BWL 2011.13
E3.8	0,158	Stal met luchtmengsysteem voor droging strooisellaag in combinatie met een warmtewisselaar	BWL 2010.13
E3.9	0,144	Stal met buizenverwarming	BWL 2017.01

Tabel 6.4

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor (groot-)ouderdieren van vleeskuikens gebaseerd op reductieprincipe A: mestdrogen (2.2.3)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E4.4.1	0,250	Grondhuisvesting met mestbeluchting; mestbeluchting van bovenaf	BWL 2004.13
E4.4.2	0,435	Grondhuisvesting met mestbeluchting; mestbeluchting met verticale slangen in de mest	BWL 2004.14
E4.4.3	0,435	Grondhuisvesting met mestbeluchting; Grondhuisvesting met mestbeluchting via buizen onder de beun	BWL 2010.03
E4.4.4	0,435	Grondhuisvesting met mestbeluchting; grondhuisvesting met mestbeluchting door middel van verticale ventilatiekokers	BWL 2010.37
E4.5	0,230	Perfosysteem op gedeeltelijk verhoogde roostervloer	BB 98.10.066

Tabel 6.5

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor vleeskuikens gebaseerd op reductieprincipe A: mestdrogen (2.2.3)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E5.1	0,005	Zwevende vloer met strooiseldroging	BB 93.03.002
E5.2	0,014	Geperforeerde vloer met strooiseldroging	BB 94.04.016
E5.6	0,037	Vleeskuikenstal met mixluchtventilatie	BWL 2005.10
E5.8	0,020	Etagesysteem met mestband en strooiseldroging	BWL 2006.13
E5.10	0,035	Stal met verwarmingssysteem met warmteheaters en ventilatoren	BWL 2009.14
E5.11	0,021	Stal met luchtmengsysteem voor droging strooisellaag in combinatie met een warmtewisselaar	BWL 2010.13
E5.14	0,035	Stal met indirect gestookte warmteheaters met luchtmengsysteem voor droging strooisellaag	BWL 2011.13
E5.15	0,012	Stal met buizenverwarming	BWL 2017.01

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

Voor diercategorie E1 (opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken) geven de batterijhuisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe A (mestdrogen) een emissiereductie van 56-78% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,045 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E1 (opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken) geven de niet-batterijhuisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe A (mestdrogen) een emissiereductie van 12% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,170 kg per dierplaats per jaar). Deze reductie is gebaseerd op de afleiding van het systeem zoals gemeten bij vleeskuikens, inclusief een correctiefactor.

Voor diercategorie E2 (legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen) geven de batterijhuisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe A (mestdrogen) een emissiereductie van 58-82% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,100 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E2 (legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen) geven de niet-batterijhuisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe A (mestdrogen) een emissiereductie van 60-65% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,315 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E3 ((groot-)ouderdieren van vleeskuikens in opfok jonger dan 19 weken) geven de huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe A (mestdrogen) een emissiereductie

van 27-42% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,250 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E4 ((groot-)ouderdieren van vleeskuikens) geven de huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe A (mestdrogen) een emissiereductie van 25-60% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,580 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E5 (vleeskuikens) geven de huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe A (mestdrogen) een emissiereductie van 54-94% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,080 kg per dierplaats per jaar).

6.1.1.2 Maatregel B: frequent verwijderen van mest (2.2.1).

Status maatregel in Rav

Door mest frequent te verwijderen wordt het contact tussen mest en urine beperkt, en de afbraaksnelheid van urinezuur verminderd. Hierdoor wordt de ammoniakemissie uit de stal verlaagd. In de Rav zijn een aantal huisvestingssystemen opgenomen die deze maatregel toepassen. In Tabel 6.6 t/m Tabel 6.8 wordt een overzicht gegeven van deze systemen voor diercategorie E (Kippen), inclusief beschikbare BWL-nummers en toegekende emissiefactoren.

Tabel 6.6A

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken (batterijhuisvesting) gebaseerd op reductieprincipe B: frequent verwijderen van mest (2.2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E1.2	0,020	Mestbandbatterij voor natte mest met afvoer naar een gesloten opslag (minimaal 2 maal per week ontmesten)	BB 93.06.007
E1.3	0,011	Compactbatterij waarvan de natte mest 2 maal daags door middel van mestschuiven en een centrale mestband afgevoerd wordt naar een gesloten opslag	BB 95.06.026

Tabel 6.6B

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken (niet-batterijhuisvesting) gebaseerd op reductieprincipe B: frequent verwijderen van mest (2.2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E1.8.1	0,050	Volièrehuisvesting; opfokhuisvesting; minimaal 50% van de leefruimte is rooster, met daaronder een mestband. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien. Roosters minimaal in twee etages.	BWL 2005.02

Tabel 6.7A

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen (batterijhuisvesting) gebaseerd op reductieprincipe B: frequent verwijderen van mest (2.2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E2.2	0,042	Mestbandbatterij voor natte mest met afvoer naar een gesloten opslag (minimaal 2 maal per week ontmesten)	BB 93.06.007
E2.3	0,024	Compactbatterij waarvan de natte mest 2 maal daags door middel van mestschuiven en een centrale mestband afgevoerd wordt naar een gesloten opslag	BB 95.06.026

Tabel 6.7B

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen (niet-batterijhuisvesting) gebaseerd op reductieprincipe B: frequent verwijderen van mest (2.2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E2.11.1	0,090	Volièrehuisvesting; minimaal 50% van de leefruimte is rooster met daaronder een mestband. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien. Roosters in minimaal twee etages	BWL 2004.09
E2.12.2	0,106	Scharrelhuisvesting met frequente mest- en strooiselverwijdering	BWL 2004.12

Tabel 6.8

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor (groot-)ouderdieren van vleeskuikens gebaseerd op reductieprincipe B: frequent verwijderen van mest (2.2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E4.8	0,245	Grondhuisvesting, mestbanden onder de roosters, mestbanden minimaal tweemaal per week afdraaien	BWL 2007.10

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

Voor diercategorie E1 (opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken) geven de batterijhuisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe B (frequent verwijderen van mest) een emissiereductie van 56-76% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,045 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E1 (opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken) geven de niet-batterijhuisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe B (frequent verwijderen van mest) een emissiereductie van 71% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,170 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E2 (legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen) geven de batterijhuisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe B (frequent verwijderen van mest) een emissiereductie van 58-76% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,100 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E2 (legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen) geven de niet-batterijhuisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe B (frequent verwijderen van mest) een emissiereductie van 66-71% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,315 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E4 ((groot-)ouderdieren van vleeskuikens) geven de huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe B (frequent verwijderen van mest) een emissiereductie van 58% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,580 kg per dierplaats per jaar).

6.1.1.3 Maatregel C: mestdrogen (2.2.3) en frequent verwijderen van mest (2.2.1).

Status maatregel in Rav

Door snel mest te drogen kan de afbraaksnelheid van urinezuur en organisch gebonden stikstof worden beperkt. Door mest frequent te verwijderen wordt het contact tussen mest en urine beperkt, en de afbraaksnelheid van urinezuur verminderd. Hierdoor wordt de ammoniakemissie uit de stal verlaagd. In de Rav zijn een aantal huisvestingssystemen die deze twee maatregelen combineren. In Tabel 6.9 t/m Tabel 6.12 wordt een overzicht gegeven van deze systemen voor diercategorie E (Kippen), inclusief beschikbare BWL-nummers en toegekende emissiefactoren.

Tabel 6.9A

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken (batterijhuisvesting) gebaseerd op reductieprincipe C: mestdrogen (2.2.3) en frequent verwijderen van mest (2.2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E1.5.2	0,006	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%	BB 97.07.058
E1.5.5	0,016	Koloniehuisvesting met mestbandbeluchting (0,7 m ³ per dier per uur)	BWL 2009.10

Tabel 6.9B

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken (niet-batterijhuisvesting) gebaseerd op reductieprincipe C: mestdrogen (2.2.3) en frequent verwijderen van mest (2.2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E1.8.2	0,030	Volièrehuisvesting; 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	BWL 2005.03
E1.8.3	0,030 ⁽¹⁾	Volièrehuisvesting; 45 - 55% van de leefruimte is rooster met daaronder een mestband. Mestbanden minimaal tweemaal per week afdraaien	BWL 2006.10
E1.8.4	0,014	Volièrehuisvesting; 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	BWL 2006.11
E1.8.5	0,020	Volièrehuisvesting; 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	BWL 2006.12

⁽¹⁾ met 0,1 m³ per dier per uur beluchting; Emissiefactor is 0,023 met 0,3 m³ per dier per uur beluchting

Tabel 6.10A

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen (batterijhuisvesting) gebaseerd op reductieprincipe C: mestdrogen (2.2.3) en frequent verwijderen van mest (2.2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E2.5.2	0,012	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%.	BB 97.07.058
E2.5.5	0,030	Verrijkte kooien met mestbandbeluchting (0,7 m ³ per dier per uur)	BWL 2005.11
E2.5.6	0,030	Koloniehuisvesting met mestbandbeluchting (0,7 m ³ per dier per uur)	BWL 2009.10

Tabel 6.10B

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen (niet-batterijhuisvesting) gebaseerd op reductieprincipe C: mestdrogen (2.2.3) en frequent verwijderen van mest (2.2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E2.11.2	0,055 ⁽¹⁾	Volièrehuisvesting; 45-55% van de leefruimte roosters met daaronder een mestband met beluchting. Mestbanden minimaal tweemaal per week afdraaien. Roosters minimaal in twee etages.	BWL 2004.10
E2.11.3	0,025	Volièrehuisvesting; 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.	BWL 2005.04
E2.11.4	0,037	Volièrehuisvesting; 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.	BWL 2005.05
E2.12.1	0,068	Scharrelstal in twee verdiepingen met mestbanden onder de roosters (twee maal per week afdraaien), bezetting 9 dieren per m ²	BWL 2004.11

⁽¹⁾ met 0,2 m³ per dier per uur beluchting; Emissiefactor is 0,042 met 0,5 m³ per dier per uur beluchting

Tabel 6.11

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor (groot-)ouderdieren van vleeskuikens gebaseerd op reductieprincipe C: mestdrogen (2.2.3) en frequent verwijderen van mest (2.2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E4.1	0,080	Groepskooi voorzien van mestband en geforceerde mestdroging	BB95.12.039
E4.2	0,170	Volièrehuisvesting met geforceerde mestdroging	BWL 2010.22
E4.3	0,130	Volièrehuisvesting met geforceerde mest- en strooiseldroging	BWL 2010.23

Tabel 6.12

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor vleeskuikens gebaseerd op reductieprincipe B: mestdrogen (2.2.3) en frequent verwijderen van mest (2.2.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E5.3 ⁽¹⁾	0,005	Etagesysteem met volledige roostervloer en mestbandbeluchting	BB 97.07.057

⁽¹⁾ Vanwege de eis van toegang tot strooisel in het Besluit houders van dieren kan dit systeem, dat gebruik maakt van een volledig roostervloer boven een mestband, niet meer in Nederland worden toegepast.

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

Voor diercategorie E1 (opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken) geven de batterijhuisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe C (combinatie van mestdrogen en frequent verwijderen van mest) een emissiereductie van 64-87% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,045 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E1 (opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken) geven de niet-batterijhuisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe C (combinatie van mestdrogen en frequent verwijderen van mest) een emissiereductie van 82-92% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,170 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E2 (legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen) geven de batterijhuisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe C (combinatie van mestdrogen en frequent verwijderen van mest) een emissiereductie van 70-88% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,100 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E2 (legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen) geven de niet-batterijhuisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe C (combinatie van mestdrogen en frequent verwijderen van mest) een emissiereductie van 78-92% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,315 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E4 ((groot-)ouderdieren van vleeskuikens) geven de huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe C (combinatie van mestdrogen en frequent verwijderen van mest) een emissiereductie van 71-86% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,580 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E5 (vleeskuikens) geeft het huisvestingssysteem in de Rav gebaseerd op reductieprincipe B (combinatie van mestdrogen en frequent verwijderen van mest) een emissiereductie van 94% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,080 kg per dierplaats per jaar).

6.1.1.4 Maatregel D: koelen van mest (2.3.1).

Status maatregel in Rav

Door de mest te koelen wordt de afbraaksnelheid van urinezuur en organisch gebonden stikstof beperkt. Hierdoor wordt de ammoniakemissie uit de stal verlaagd. In de Rav is één huisvestingssysteem die deze principe toepast (Tabel 6.13).

Tabel 6.13

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor vleeskuikens gebaseerd op reductieprincipe C: koelen van mest (2.3.1)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E5.5	0,045	Grondhuisvesting met vloerverwarming en vloerkoeling	BWL 2001.11

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

Voor diercategorie E5 (vleeskuikens) geeft het huisvestingssysteem in de Rav gebaseerd op reductieprincipe D (mestkoelen) een emissiereductie van 44% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,080 kg per dierplaats per jaar).

6.1.1.5 Maatregel E: reductie van het met mest/urine besmeurde oppervlak (2.4.2).

Status maatregel in Rav

Bij de opfok van jonge leghennen zorgt het op latere leeftijd aanbrengen van roostervloeren voor uitbreiding van het leefoppervlak terwijl het emitterend mestoppervlak gelijk blijft. Per dierplaats neem het met mest bevuilde oppervlak daarmee af ten opzichte van een stal zonder deze roosters (maatregel 2.4.2), waardoor de emissie afneemt. In de Rav is één systeem opgenomen dat deze maatregel toepast (zie Tabel 6.14).

Door het uitbroeden van eieren en het opfokken van de vleeskuikens tot een bepaalde leeftijd in een stal, en die daarna naar een andere stal voor vervolghuisvesting, wordt de met mest bevuilde oppervlakte verkleind (maatregel 2.4.2), waardoor de ammoniakemissie uit de stal wordt gereduceerd. In de Rav zijn een aantal huisvestingssystemen opgenomen die deze maatregel toepassen, gecombineerd met mestdrogen en in sommige gevallen met mestkoelen (Tabel 6.15).

Tabel 6.14

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken (niet-batterijhuisvesting) gebaseerd op reductieprincipe E: reductie van het met mest/urine besmeurde oppervlak (2.4.2)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	Beschrijving	BWL-nummers
E1.14	0,110	Opfokhuisvesting met verhoogde roostervloer met daarboven oplierbare en/of opklapbare roosters	BWL 2015.03

Tabel 6.15

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor vleeskuikens gebaseerd op reductieprincipe E: reductie van het met mest/urine besmeurde oppervlak (2.4.2)

Rav-code	Emissiefactor [kg per dierplaats per jaar]	BWL-nummers	Vervolghuisvesting	
			Systeem	Na aantal dagen
E5.9.1.1.1	0,040	BWL 2009.02	E5.5	13
E5.9.1.1.2	0,033	BWL 2009.03	E5.6	13
E5.9.1.1.3	0,018	BWL 2009.04	E5.8	13
E5.9.1.1.4	0,031	BWL 2009.15	E5.10	13
E5.9.1.1.100	0,070	BWL 2009.08	E5.100	13
E5.9.1.2.1	0,038	BWL 2009.05	E5.5	19
E5.9.1.2.2	0,033	BWL 2009.06	E5.6	19
E5.9.1.2.3	0,015	BWL 2009.07	E5.8	19
E5.9.1.2.4	0,030	BWL 2009.16	E5.10	19
E5.9.1.2.100	0,060	BWL 2009.09	E5.100	19

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

Voor diercategorie E1 (opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken) geeft het niet-batterijhuisvestingssysteem in de Rav dat gebaseerd is op reductieprincipe E (reductie van het met mest/urine besmeurde oppervlak) een emissiereductie van 35% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,170 kg per dierplaats per jaar).

De effectiviteit van het uitbroeden van eieren en het opfokken van de vleeskuikens tot een bepaalde leeftijd in een stal, en die daarna naar een andere stal voor vervolghuisvesting is afhankelijk van het

aantal dagen totdat de dieren verplaatst worden naar een andere stal voor vervolghuisvesting en het soort vervolghuisvesting. Voor diercategorie E5 (vleeskuikens) geven de huisvestingssystemen in de Rav gebaseerd op reductieprincipe E en vervolghuisvesting traditioneel een emissiereductie van 13 % (voor 13 dagen uitbroeden eieren en opfok kuikens vóór vervolghuisvesting) en 25% (voor 19 dagen uitbroeden eieren en opfok kuikens vóór vervolghuisvesting) ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen voor vleeskuikens (0,080 kg per dierplaats per jaar).

6.1.1.6 Maatregel F: nageschakelde technieken (2.5).

Status maatregel in Rav

Naast huisvestingsmaatregelen in de stal zijn diverse zogenaamde nageschakelde technieken beschikbaar in de vorm van chemische en biologische luchtwassers of biofilters (maatregel 2.4 in hoofdstuk 2.2). Voordeel van deze technieken is dat de emissiereductie hoog is. Nadelen van deze nageschakelde technieken zijn dat de luchtkwaliteit in de stal niet verbetert en het energieverbruik toeneemt. In de Rav zijn een aantal huisvestingssystemen opgenomen die deze maatregel toepassen. In Tabel 6.16 t/m Tabel 6.20 wordt een overzicht gegeven van deze systemen, inclusief beschikbare BWL-nummers en toegekende emissiefactoren.

Tabel 6.16

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken gebaseerd op reductieprincipe F: nageschakelde technieken (2.5)

Rav-code	Verwijderingsrendement [%]	Beschrijving	BWL-nummers
E1.10	70	Biologische wasser (niet-batterijhuisvesting)	BWL 2006.02 BWL 2007.03 BWL 2010.27 BWL 2011.11 BWL 2013.02
E1.12	70	Biofilter (niet-batterijhuisvesting)	BWL 2011.03
E1.13	70	Chemische wasser (niet-batterijhuisvesting)	BWL 2005.01 BWL 2008.06 BWL 2014.01
E1.9	90	Chemische wasser (niet-batterijhuisvesting)	BWL 2008.08 BWL 2013.08
E1.5.3	90	Batterijhuisvesting volgens categorie E 1.5.1 met chemisch luchtwassysteem met 90% emissiereductie	BWL 2001.31 BWL 2007.06
E1.5.4	90	Batterijhuisvesting volgens categorie E 1.5.2 met chemisch luchtwassysteem met 90% emissiereductie	BWL 2001.32 BWL 2007.07

Tabel 6.17

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen gebaseerd op reductieprincipe F: nageschakelde technieken (proces 2.5)

Rav-code	Verwijderingsrendement [%]	Beschrijving	BWL-nummers
E2.13	70	Biologische wasser (niet-batterijhuisvesting)	BWL 2006.02 BWL 2007.03 BWL 2010.27 BWL 2011.11 BWL 2013.02 BWL 2009.13 BWL 2010.28
E2.14	70	Biofilter (niet-batterijhuisvesting)	BWL 2011.03
E2.15	70	Chemische wasser (niet-batterijhuisvesting)	BWL 2005.01 BWL 2008.06 BWL 2014.01
E2.10	90	Chemische wasser (niet-batterijhuisvesting)	BWL 2008.08 BWL 2013.08 BWL 2007.05
E2.5.3	90	Batterijhuisvesting volgens categorie E 2.5.1 met chemisch luchtwassysteem met 90% emissiereductie	BWL 2001.31 BWL 2007.06
E2.5.4	90	Batterijhuisvesting volgens categorie E 2.5.2 met chemisch luchtwassysteem met 90% emissiereductie	BWL 2001.32 BWL 2007.07

Tabel 6.18

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor (groot-)ouderdieren van vleeskuikens in opfok jonger dan 19 weken gebaseerd op reductieprincipe F: nageschakelde technieken (2.5)

Rav-code	Verwijderingsrendement [%]	Beschrijving	BWL-nummers
E3.1	90	Chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie	BWL 2008.08 BWL 2013.08
E3.2	70	Biologisch luchtwassysteem 70% ammoniak emissiereductie en 75% fijn stof emissiereductie	BWL 2006.02 BWL 2007.03 BWL 2010.27 BWL 2011.11 BWL 2013.02
E3.5	70	Biofilter 70% emissiereductie	BWL 2011.03
E3.6	70	Chemisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	BWL 2005.01 BWL 2008.06 BWL 2014.01

Tabel 6.19

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor (groot-)ouderdieren van vleeskuikens gebaseerd op reductieprincipe F: nageschakelde technieken (2.5)

Rav-code	Verwijderingsrendement [%]	Beschrijving	BWL-nummers
E4.6	90	Chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie	BWL 2008.08 BWL 2013.08
E4.7	70	Biologisch luchtwassysteem 70% ammoniak emissiereductie en 75% fijn stof emissiereductie	BWL 2006.02 BWL 2007.03 BWL 2010.27 BWL 2011.11 BWL 2013.02
E4.9	70	Biofilter; 80% emissiereductie fijn stof	BWL 2011.03
E4.10	70	Chemisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	BWL 2005.01 BWL 2008.06 BWL 2014.01

Tabel 6.20

Huisvestingssystemen in de Rav (Staatscourant nr. 20218; april 2017) voor vleeskuikens gebaseerd op dit reductieprincipe F: nageschakelde technieken (2.5)

Rav-code	Verwijderingsrendement [%]	Beschrijving	BWL-nummers
E5.4	90	Chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie	BWL 2008.08 BWL 2013.08
E5.7	70	Biologisch luchtwassysteem 70% ammoniak emissiereductie en 75% fijn stof emissiereductie	BWL 2006.02 BWL 2007.03 BWL 2010.27 BWL 2011.11 BWL 2013.02
E5.12	70	Biofilter 70% emissiereductie	BWL 2011.03
E5.13	70	Chemisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	BWL 2005.01 BWL 2008.06 BWL 2014.01

Effectiviteit maatregel, inclusief referenties

Voor diercategorie E1 (opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken) en diercategorie E2 (legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen) zijn in de Rav batterijhuisvestingssystemen opgenomen met chemische luchtwassers met een emissiereductie van 90% ten opzichte van de betreffende huisvestingssystemen waar geen luchtwasser toegepast wordt.

Voor diercategorie E1 (opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken) en diercategorie E2 (legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen) zijn in de Rav niet-batterijhuisvesting opgenomen met zowel biofilters als chemische en biologische luchtwassers met een emissiereductie van 70% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,315 kg per dierplaats per jaar).

Voor zowel diercategorie E3 ((groot-)ouderdieren van vleeskuikens jonger dan 19 weken) en diercategorie E4 ((groot-)ouderdieren van vleeskuikens) zijn in de Rav huisvestingssystemen opgenomen met chemische luchtwassers met een emissiereductie van 70-90% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (E3: 0,250 kg per dierplaats per jaar; E4: 0,580 kg per dierplaats per jaar).

Voor zowel diercategorie E3 ((groot-)ouderdieren van vleeskuikens jonger dan 19 weken) en diercategorie E4 ((groot-)ouderdieren van vleeskuikens) zijn in de Rav huisvestingssystemen opgenomen met biofilters of biologische luchtwasser met een emissiereductie van 70% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (E3: 0,250 kg per dierplaats per jaar; E4: 0,580 kg per dierplaats per jaar).

Voor diercategorie E5 (vleeskuikens) zijn in de Rav huisvestingssystemen met luchtwassers/biofilters opgenomen met een emissiereductie tussen 70-90% ten opzichte van de emissiefactor van overige huisvestingssystemen (0,080 kg per dierplaats per jaar).

6.1.2 Mogelijke maatregelen (nog niet opgenomen in Bijlage 1 van de Rav)

In dit hoofdstuk worden maatregelen gepresenteerd die nog niet zijn opgenomen in de bijlage van de Rav. Het betreft maatregelen die nog in onderzoek zijn, of als mogelijke emissiereductie optie binnen Proeftuin Natura2000 zijn voorgedragen.

6.1.2.1 Luchtwasser met bypass

Door het toepassen van chemische luchtwassers op pluimveeveebedrijven kan de emissie van ammoniak sterk worden gereduceerd. Ook de emissies van geur en fijn stof nemen hierdoor af. De investeringen en jaarlijkse kosten van een luchtwasser kunnen echter hoog uitvallen in vergelijking met andere reducerende technieken. Door Melse en Ogink (2004) is berekend dat door een aangepast ontwerp de kosten van luchtwassers kunnen worden verlaagd zonder substantiële reductie van het milieurendement. De volledig geïnstalleerde capaciteit van een luchtwassysteem wordt (zeker bij groeiende dieren) slechts gedurende een korte tijd van het jaar benut. Melse en Ogink (2004) hebben berekend dat een besparing op kosten kan worden bereikt door een veel kleinere wasser te plaatsen en te accepteren dat niet alle af te voeren stallucht door de wasser wordt geleid: het principe van een luchtwasser met bypassventilatoren. Uit berekeningen is gebleken dat het toepassen van een biologische luchtwasser (70% NH₃ reductie) met een capaciteit van 1, 2 of 3 m³ bij vleeskuikens leidt tot een reductie van respectievelijk 28, 53 of 66%. Bij een chemische luchtwasser (90% NH₃ reductie) komen de berekeningen uit op reducties van respectievelijk 36, 69 of 85%. Mosquera e.a. (2012f) rapporteren een ammoniakemissiereductie van 45% bij een opfokleghennenstal.

6.1.2.2 Conditionering inkomende lucht via warmtewisselaar en warmtepomp

Deze maatregel berust op het conditioneren van de buitenlucht voordat het de stal in gaat door middel van een warmtewisselaar. Afhankelijk van de buitentemperatuur en de gewenste staltemperatuur koelt of verwarmt het systeem de lucht tot de optimale staltemperatuur. Omdat de binnenkomende lucht tijdens de zomermaanden wordt gekoeld voordat het de stal in gaat, is er minder ventilatiedoorstroom nodig in vergelijking met traditionele stallen. Die verlaagde luchtdoorstroom resulteert in een vermindering van de ammoniak- en fijnstofemissie. Melse e.a. (2012) vonden een 30% lagere ammoniakemissie en een 40% lagere PM10 emissie, terwijl Mosquera e.a. (2012e) reducties van 65% en 50% voor respectievelijk ammoniak-en PM10 emissie rapporteren. Ervaringen opgedaan met het TerraSea-concept laten zien dat dit concept tevens leidt tot een verbetering van de groei en voerconversie. Daarnaast is de kans op hittestress aanzienlijk geringer (Ellen e.a., 2008a).

6.2 Voer- en managementmaatregelen

6.2.1 Beschikbare maatregelen bijlage 2 (Regeling ammoniak en veehouderij, Rav)

In Bijlage 2 van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) is voor diercategorie E (kippen) één maatregel (snijmaïssilage als strooiselmateriaal voor vleeskuikens) opgenomen die in het kader van het Programma Aanpak Stikstof (PAS) toegepast kan worden.

6.2.1.1 Snijmaïssilage als strooisel (managementmaatregel voor vleeskuikens)

In plaats van houtkrullen bestaat het strooiselmateriaal bij aanvang van de ronde uit snijmaïssilage. Door de aanzurende werking van de organische (melk-)zuren van de silage en de lagere pH wordt de ammoniakemissie beperkt doordat de vorming van ammoniak uit ureum en urease uit de mest in het strooisel wordt tegengegaan (Van Harn e.a., 2009). Onderzoek van Wageningen Livestock Research heeft uitgewezen dat het toepassen van snijmaïssilage als strooiselmateriaal voor vleeskuikens een ammoniakreductie gaf van ongeveer 40 procent ten opzichte van gangbare strooiselmateriaal als houtkrullen en (gehakseld) tarwestro (Van Harn e.a., 2012b). Ook uit onderzoek in Duitsland blijkt dat

het gebruik van snijmaïssilage als strooiselmateriaal resulteerde in een duidelijke lagere ammoniakconcentratie en -emissie (DGS-Magazin, 07/2007). Op basis van metingen op een bedrijfslocatie (Harn et al., 2015) is de maatregel opgenomen in bijlage 2 van de Rav met een reductiepercentage van 43%.

6.2.2 Overige voer- en managementmaatregelen (niet opgenomen in bijlage 2 van Rav)

Voor pluimvee zijn de mogelijkheden om via voeding de emissie van ammoniak uit stallen te beïnvloeden recentelijk op een rij gezet door Veldkamp e.a. (2012). Er moet naar de diverse mogelijkheden nog onderzoek plaatsvinden om de effectiviteit van de verschillende maatregelen onder Nederlandse productie- en huisvestingsomstandigheden vast te stellen. Deze omstandigheden zijn vaak sterk verschillend van die in andere landen. Zo wordt in de USA bij vleeskuikens het strooisel vaak niet ververst tussen rondes. Dit heeft grote consequenties voor effecten van maatregelen die de samenstelling van het strooisel beïnvloeden.

6.2.2.1 Voer- en managementmaatregelen voor opfokhennen, legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen (categorieën E1 en E2)

Verlagen eiwitgehalte met aanvullende aminozuursupplementen (voermaatregel voor leghennen)

Het verlagen van het (ruw)eiwitgehalte ten opzichte van de huidige standaard met minimaal 1,5% leidt tot minder NH₃-verliezen uit de mest. Ter voorkoming van tegenvallende technische resultaten is aanvulling nodig van vrije aminozuren. Het standaard ruweiwitgehalte in leghennenvoer is afhankelijk van de leeftijd en varieert van 21,0 tot 17,5% (Tabel 6.21). Controle is mogelijk via de overzichten van de voerleverancier waarop de eiwitgehalten zijn weergegeven, samen met de andere grondstoffen en samenstelling. Per bedrijf is een overzicht per jaar op te stellen met totalen/gemiddelden.

Tabel 6.21

Overzicht van voerfasen (leeftijd in weken) en de huidige, algemeen gehanteerde ruw eiwitgehalten voor leghennen.

Leeftijd (weken)	0-4	5-8	9-16	17-20 ^{*)}	20-28	29-45	46-65	>65
Ruw eiwit (%)	21,0	18,5	14,5	17,5	18,0	19,6	18,4	17,8

^{*)}Leeftijd waarop 5% productie wordt gerealiseerd

Gedeeltelijk vervangen van calciumcarbonaat door calciumsulfaat of calciumchloride

Het is op dit moment onduidelijk of het mogelijk is om calcium in het pluimveevoer in de vorm van CaCO₃ (gedeeltelijk) te vervangen door CaSO₄ of CaCl₂. Verder is het onduidelijk wat hiervan het effect is op de ammoniakemissie. Diverse onderzoeken geven wel een verlaging van de ammoniakemissie, maar vaak zijn ook andere factoren gewijzigd in de betreffende experimenten (Veldkamp e.a., 2012). Bij een te hoge dosering van deze calciumzouten bestaat een risico op botontkalking. Bij gebruik van calciumsulfaat bestaat het risico dat de geuruitstoot toeneemt als er uit het sulfaat H₂S en andere stinkende zwavelverbindingen gevormd worden. De effecten en neveneffecten in relatie tot de dosis (g/kg voer) zullen nog onderzocht moeten worden.

Verfijning fasevoeding (groter aantal voerfasen)

Een systeem met minimaal 6 voerfasen tijdens de legperiode, op basis van verteerbaar lysinegehalte, leidt tot een betere eiwit efficiëntie en daarmee geringere ammoniakverliezen. Controle is mogelijk via de overzichten van de voerleverancier waarop de eiwitgehalten zijn weergegeven, samen met de andere grondstoffen en samenstelling. Per bedrijf is een overzicht per jaar op te stellen met totalen/gemiddelden. Voor leghennen zijn geen studies bekend waarbij naar fasevoeding en het effect op ammoniakemissie is gekeken.

Elektrolyten en elektrolytenbalans

De gehalten aan natrium (Na), chloor (Cl) en kalium (K) in het voer zijn van invloed op de waterconsumptie van de dieren en daarmee indirect op het drogestofgehalte van de mest. Na, Cl en K zijn voor het dier essentiële nutriënten. De gehalten aan Na en Cl in de grondstoffen zijn in het algemeen laag t.o.v. de behoefte; daarom vindt aanvulling plaats met natriumchloride. Het gehalte aan kalium ligt doorgaans ver boven de behoefte van het dier. Door het aandeel kaliumrijke grondstoffen (bijv. sojaschroot) te beperken kan men het kaliumgehalte in het voer beperken. De kationen natrium (Na⁺), kalium (K⁺) en het anion chloride (Cl⁻) worden voor bijna 100% geabsorbeerd in de dunne darm, onafhankelijk van de concentratie in het voer. Als de opname groter is dan de behoefte, dit geldt met name voor Na⁺ en K⁺, zullen dieren meer water opnemen om uitscheiding van de overmaat aan ionen via de nieren te bewerkstelligen. Naast de totale hoeveelheid Na⁺, K⁺ en Cl⁻ speelt ook de verhouding, de zogenaamde elektrolyten balans (DEB; berekend als de concentratie Na⁺ + K⁺ - Cl⁻ (meq/kg) in het voer), tussen deze ionen een rol. Deze is essentieel voor fysiologische regulatie van de osmotische druk en het zuur-base evenwicht (bloed pH). Een lagere DEB zal resulteren in een lagere bloed-pH en dit resulteert in een lagere pH van urine, en bij pluimvee dus ook van mest. Doordat de mest een lagere pH krijgt zal NH₃ worden omgezet in NH₄⁺. NH₄⁺ is wateroplosbaar en vervluchtigt niet. Verlaging van de elektrolyten balans van het voer kan zo bijdragen aan vermindering van de ammoniakemissie.

Verlagen eiwitgehalte+CaSO₄-zeoliet

Verlagen van het (ruw) eiwitgehalte ten opzichte van de standaard met minimaal 1,7% en toevoegen van 6,9% CaSO₄-zeoliet in het voer leidt tot minder ammoniakverliezen uit de mest. Controle is mogelijk via de overzichten van de voerleverancier waarop de eiwitgehalten zijn weergegeven, samen met de andere grondstoffen en samenstelling. Per bedrijf is een overzicht per jaar op te stellen met totalen/gemiddelden.

Fermenteerbare koolhydraten (voermaatregel)

Bevorderen van de uitscheiding van stikstof als microbiel eiwit is ook een optie om de ammoniakemissie te reduceren. Microbieel eiwit wordt niet of veel langzamer dan urinezuur omgezet in NH₃ en draagt dus veel minder of niet bij aan de ammoniakemissie. Een voerfactor voor bevorderen van de uitscheiding van microbiel eiwit is het verstrekken van fermenteerbare koolhydraten. Fermenteerbare koolhydraten worden niet verteerd, maar kunnen worden afgebroken door bacteriën in de dikke darm. De bacteriën hebben stikstof nodig voor hun eiwitsynthese (groei) en dit is deels afkomstig van stikstof dat vanuit het bloed wordt getransporteerd naar de darmwand – stikstof dat anders als urinezuur zou worden uitgescheiden. De totale uitscheiding van stikstof wordt niet minder door het verstrekken van fermenteerbare koolhydraten, maar het fecale stikstof wordt uitgescheiden als microbiel eiwit. Daarnaast heeft de microbiële fermentatie van de fermenteerbare koolhydraten effect op de pH van de mest door productie van vluchtige vetzuren. Doordat de mest een lagere pH krijgt zal een groter deel van de NH₃ worden omgezet in NH₄⁺, dat niet uit de mest vervluchtigt. Nadeel van een hoger gehalte aan fermenteerbare koolhydraten in het voer is dat de nutriëntenverteerbaarheid lager wordt. Hierdoor kan de totale stikstofuitscheiding toenemen.

Additieven (voermaatregel)

Het toevoegen van bepaalde additieven aan het voer kan bijdragen aan een vermindering van de ammoniakemissie. Er zijn bijvoorbeeld voeradditieven die een gunstige darmflora bewerkstelligen (probiotica) en hiermee de vorming van NH₃ wellicht verminderen. Ook zijn er voeradditieven die een neutraliserende werking hebben doordat ze ammoniak kunnen binden.

Toevoeging van Bacillus subtilis culturen kan leiden tot lagere ammoniakemissies. Het micro-organisme Bacillus subtilis produceert subtilin. Subtilin reduceert de urease-producerende microflora in het darm lumen, waardoor de NH₃-vorming in het spijsverteringskanaal wordt gereduceerd.

Onderzoeken in het buitenland bij vleeskuikens (Santoso e.a., 1999) en kalkoenen (Blair e.a., 2004) gaven lagere ammoniakemissies.

Het gebruik van een mengsel van Lactobacillus soorten (Ecozyme) leidde tot een lagere pH en vochtgehalte van de mest. Dit is waarschijnlijk de reden dat de ammoniakemissie verlaagd werd (Chang en Chen, 2003). Het experiment is echter uitgevoerd in batterijkooien met een betrekkelijk klein aantal dieren. Het gebruik van deze lactobacillicultuur in strooiselstallen is niet onderzocht.

Er is slechts één onderzoek bekend met het toevoegen van gisten. In dit onderzoek (Park e.a., 2003) werd een reductie van de ammoniakemissie bereikt van 44% bij het toevoegen van 0,4% gistcultuur.

Zeolieten zijn in het verre verleden ontstaan uit vulkaanas dat werd afgekoeld door zeewater. Zeolieten bezitten in beginsel het vermogen om water en bepaalde stoffen te absorberen. Door ionenuitwisseling kunnen zeolieten schadelijke kationen (o.a. ammoniak, Pb, Cu, Cd, Zn, Co, Cr, Mn en Fe) en nitraten en fosfaten absorberen en binden. Gelet op deze eigenschappen kan het gebruik van zeolieten als veevoederadditief leiden tot een verbetering van de mestconsistentie, voerefficiëntie, verhoogde vitaliteit en mogelijk ook tot een vermindering van de ammoniakemissie uit pluimveestallen. Zeoliet is een kleimineraal dat, toegevoegd aan het voer, ammoniak kan absorberen. Op deze manier kan worden voorkomen dat NH₃ in de lucht komt en kan toevoeging van zeoliet aan pluimveevoer een bijdrage leveren aan de vermindering van de ammoniakemissie. Onderzoeken waarbij zeolieten werden toegevoegd aan voer en/of strooisel gaven echter wisselende resultaten. Ook werden andere factoren (o.a. eiwitgehalte) aangepast, waardoor het effect op de ammoniakemissie in die onderzoeken niet volledig aan de zeolieten toegeschreven kon worden (Veldkamp e.a., 2012).

Het extract van de yuccaplant, Yucca saponine, kan de urease-activiteit verlagen en ammoniak binden. De-Odorase® is een commercieel poeder van Yucca shidigera extract. De zogenaamde glyco-componenten in het extract kunnen ammoniak binden. Het gebruik van dit extract als veevoederadditief kan leiden tot een vermindering van de NH₃-emissie uit pluimveestallen. Dit is in een aantal onderzoeken aangetoond (Veldkamp e.a., 2012).

Dieren eerder afleveren/minder dieren opzetten (managementmaatregel)

Er zal geen emissie van NH₃ zijn als er geen dieren (eigenlijk geen mest) aanwezig zijn in de stal. Door minder dieren te houden op jaarbasis verlaagt de veehouder de emissie. Er is veel variatie in de NH₃-emissie (en andere gasvormige emissies) tussen bedrijven. Er is door Van Harn e.a. (2012a) een inschatting gemaakt van het effect van zowel eerder afleveren als van langere leegstand. Het eerder afleveren van de leghennen heeft slechts een gering effect op de NH₃-emissie. Door de leegstand te verlengen tot 10 weken wordt bij traditionele scharrelhuisvesting een berekende reductie gerealiseerd van 10%.

Strooiseldikte (managementmaatregel)

Er waren aanwijzingen dat, door de strooisellaag in leghennenstallen te reduceren, de emissies van ammoniak (en fijn stof) verlaagd kunnen worden (Groot Koerkamp en Reitsma, 1997). Eind 2012 is gestart met metingen op praktijkbedrijven naar het effect van een dunnere strooisellaag op de emissies van ammoniak, geur en fijnstof. De resultaten zijn opgenomen in Mosquera et al. (2017). Het zorgen voor een dunne strooisellaag in volièrestallen geeft een reductie van de ammoniak- en fijnstofemissie van 20-25%. Voor geur zijn er aanwijzingen dat ook hiervoor een reductie van de emissie optreedt. De maatregel is voor de reductie van fijnstof opgenomen in bijlage 1 van de Rav opgenomen met een reductiepercentage van 20%. Opname voor de reductie van ammoniak is voorzien bij de wijziging van oktober 2017.

6.2.2.2 Voer- en managementmaatregelen voor (groot-) ouderdieren van vleeskuikens (inclusief opfok; categorieën E3 en E4)

Verlagen aminozuren- en ruw eiwitgehalte

Het standaard ruw eiwitgehalte in vleeskuikenouderdierenvoer is afhankelijk van de leeftijd en het advies tijdens de opfokperiode voor Ross308 dieren is 20% tussen 0 en 2 weken, 18% tussen 2 en 6 weken, 13,5-14,0% tussen 6 en 15 weken en 14,5-15,0% tussen 16 en 23 weken leeftijd. Uit onderzoek van Van Emous e.a. (2014) is gebleken dat het verstrekken van een opfokvoeders met 16% lagere aminozuur gehalten en een ruw eiwit gehalte van respectievelijk 20,0, 14,5, 12,2 en 13,0% voor de verschillende fasen, een verandering van de lichaamssamenstelling van de dieren gaf en daardoor in een verbetering van de broedresultaten tussen 22 en 45 weken leeftijd en productie na 45 weken leeftijd resulteerde. Daarnaast gaf het positieve effecten op het gedrag tijdens de opfokperiode door de hogere voergift. Wel werd de bevedering van de opfokdieren bij het laag eiwit voer negatief beïnvloed. Een verlaging van het aminozuur- en ruw eiwitgehalte van het voeder tijdens de opfokperiode van tussen de 10 en 15% moet mogelijk zijn bij vleeskuikenouderdieren. In de "stopperslijst" wordt uitgegaan van 10% NH₃-reductie, maar de huidige inschatting is dat een verlaging van 10-20% ammoniakemissie mogelijk is.

Naast het verlagen het ruw eiwit- en aminozuurgehalte tijdens de opfokperiode moet het ook mogelijk zijn om dit te verlagen tijdens met name de tweede helft van de legperiode. Uit onderzoek van Lopez en Leeson (1995) is gebleken dat bij een stijgend ruw eiwit gehalte er een aantoonbaar dalende tendens in uitkomsten van de broedeieren is. Onderzoek van Ekmay e.a. (2013) toonde aan dat hogere gehalten van vooral de aminozuren lysine en isoleucine een direct negatief effect had op de bevruchting van broedeieren. Pearson en Herron (1982) vonden dat een hoge ten opzichte van een lage (respectievelijk 27 en 21,3 gram/dier/dag) ruw eiwitopname een toename van dode en misvormde embryo's tot gevolg had. Zij zagen bij een hoge ruw eiwitopname een hogere sterfte aan embryo's van 0,8, 1,0 en 1,3% voor respectievelijk de eerste, tweede en derde week. Tevens vonden zij een ruim 2% lagere uitkomst bij een hogere opname aan ruw eiwit. Recentelijk heeft Van Emous e.a. (2014) aangetoond dat het voeren van een energierijk fase 2 voer (tussen 45 en 60 weken leeftijd) een 7% lagere dagelijkse ruw eiwit (en aminozuren) opname met positieve effecten op de broedresultaten. Dus ook tijdens de legperiode is het mogelijk om minder ruw eiwit/aminozuren te verstrekken wat naar verwachting een reducerend effect heeft op de NH₃-emissie. De verwachting is dat een NH₃-emissiereductie van 10% haalbaar is.

Verfijning fasevoeding (meer voerfasen)

Bij fasevoeding wordt de nutriëntenvoorziening gedurende onderscheiden fasen in de productieperiode afgestemd op de zich wijzigende behoefte van het dier. Daarbij kan een overmaat aan eiwit en aminozuren zoveel mogelijk voorkomen worden. Dit resulteert in een verminderde uitscheiding van urinezuur en hierdoor een verminderd risico op de vorming van NH₃. Naarmate meer fasen worden toegepast kan deze afstemming worden verbeterd. Fasevoeding kan verfijnd worden tot minimaal 6 fasen tijdens de opfokperiode, op basis van het verteerbaar lysinegehalte. Ook tijdens de legperiode moet het mogelijk zijn om van de huidige twee fasen naar minimaal vier fasen te gaan. Controle is mogelijk via de overzichten van de voerleverancier waarop de eiwitgehalten zijn weergegeven, samen met de andere grondstoffen en samenstelling. Per bedrijf is een overzicht per jaar op te stellen met totalen en gemiddelden. In de zogenaamde "stopperslijst" wordt er van uit gegaan dat een verfijning van de fasevoeding bij vleeskuikenouderdieren een 10% lagere ammoniakemissie geeft.

6.2.2.3 Voer- en managementmaatregelen voor vleeskuikens (categorie E5)

Verlagen eiwitgehalte + aanvulling vrije aminozuren

Het standaard ruw eiwitgehalte in vleeskuikenvoer is afhankelijk van de leeftijd en neemt af van gemiddeld 22% naar 19% (Tabel 6.22). Om het borstvleespercentage te vergroten wordt soms een hoger eiwitgehalte aangehouden. Verlagen van het (ruw)eiwitgehalte ten opzichte van de huidige standaard met minimaal 2% is een perspectiefvolle voermaatregel. Om slechtere technische resultaten te voorkomen is aanvulling in het voer nodig van de limiterende aminozuren in de vorm van vrije (synthetische) aminozuren.

De maatregel geeft een ammoniakreductie van 25% (stopperslijst). In publicaties worden afhankelijk van de gehanteerde verlaging van het ruw eiwitgehalte bij vleeskuikens ammoniakreducties tot meer dan 50% gerapporteerd. Deze maatregel leidt echter wel tot een kostprijsverhoging van de voeders, omdat vrije aminozuren toegevoegd moeten worden om in de aminozuurbehoefte van de dieren te voorzien. Een verlaging van het ruw eiwitgehalte in vleeskuikenvoer van 5, 10 en 15 g/kg bij een gelijkblijvend verteerbaar lysinegehalte leidt tot een kostprijsverhoging van respectievelijk 5, 12 en 19%.

Controle van deze voermaatregel is mogelijk via de overzichten van de voerleverancier waarop de eiwitgehalten zijn weergegeven, samen met de andere grondstoffen en samenstelling. Per bedrijf is een overzicht per jaar op te stellen met totalen en gemiddelden.

Tabel 6.22

Overzicht van voerfasen (leeftijd in dagen) en de standaard- en laag eiwitvoeder voor vleeskuikens.

Leeftijd (dagen)	0-14	15-28	29-35
Standaard voer	22,0	20,5	19,0
Ruw eiwit (%)	20,0	18,5	17,0

Verfijning fasevoeding (meer voerfasen)

Bij fasevoeding wordt de nutriëntenvoorziening gedurende onderscheiden fasen in de productieperiode afgestemd op de zich wijzigende behoefte van het dier. Daarbij kan een overmaat aan eiwit en aminozuren zoveel mogelijk voorkomen worden. Dit resulteert in een verminderde uitscheiding van urinezuur en hierdoor een verminderd risico op de vorming van NH₃. Naarmate meer fasen worden toegepast kan deze afstemming worden verbeterd. Fasevoeding kan verfijnd worden tot minimaal 6 fasen tijdens de groeiperiode, op basis van het verteerbaar lysinegehalte. Controle is mogelijk via de overzichten van de voerleverancier waarop de eiwitgehalten zijn weergegeven, samen met de andere grondstoffen en samenstelling. Per bedrijf is een overzicht per jaar op te stellen met totalen en gemiddelden.

In de zogenaamde "stopperslijst" wordt er van uit gegaan dat een verfijning van de fasevoeding een 20% lagere ammoniakemissie geeft. Angel e.a. (2008) bevestigt deze waarden en geeft een 22% lagere ammoniakemissie bij gebruik van een 6-fasenvoer i.p.v. 4-fasenvoer. Daarnaast worden de volgende voordelen van deze methode genoemd: droger strooisel, minder voetzollaesies, betere productkwaliteit (minder afkeur op slachterij), lagere mestafzetkosten, hogere fijnstofemissie (Veldkamp e.a. 2012).

Bijvoeren hele tarwe

Het aandeel tarwe wordt bepaald door de eiwitgift af te stemmen op de behoefte. De behoefte is afhankelijk van de op het bedrijf gerealiseerde groei en de mestconsistentie. Mogelijk is compensatie nodig in de vorm van vrije aminozuren voor tegenvallende technische resultaten. Deze maatregel kan alleen controleerbaar toegepast worden bij voeding van tarwe die is aangeleverd via een voerleverancier. Controle is mogelijk via overzichten van de voerleverancier waarop de eiwitgehalten zijn weergegeven, samen met de andere grondstoffen en samenstelling. Per bedrijf is een overzicht per jaar op te stellen met totalen/gemiddelden.

Volgens inschattingen zou het bijvoeren van hele tarwe een 15% lagere ammoniakemissie kunnen geven (Van Harn en Veldkamp, 2006). Wel bestaat het risico op vermindering van de technische resultaten (groei en m.n. voerconversie), maar geeft het een gelijke of hogere voerwinst (= opbrengst minus kuiken- en voerkosten) a.g.v. de lagere voerkosten doordat tarwe goedkoper is dan mengvoer (Van Harn en Veldkamp, 2005; Van Harn en Veldkamp, 2006). Daarnaast wordt een mogelijke vermindering van slachtrendementen, m.n. griller en filetrendement gemeld (Van Harn en Veldkamp, 2005; Van Harn en Veldkamp, 2006). Het bijvoeren van hele tarwe heeft als voordeel droger strooisel: lagere mestafzetkosten, maar kan een toename van fijnstofemissie laten zien (Van Harn en Veldkamp,

2005; Van Harn en Veldkamp, 2006). Het bijvoeren van hele tarwe heeft als groot voordeel dat het welzijn van het dier wordt verbeterd: minder voetzoollaesies, minder hakdermatitis, betere gait score (= kuikens lopen beter) (Van Harn en Veldkamp, 2006).

Eerder slachten en langere leegstand

Ten aanzien van de emissie van ammoniak uit vleeskuikenstallen is er een duidelijke relatie met de leeftijd (en daarmee gewicht) van de dieren. Uit alle metingen die zijn gedaan bij vleeskuikenstallen blijkt dat de emissie in het begin van de groeiperiode erg laag is en vanaf dag 14-19 begint op te lopen (afhankelijk van seizoen). Er zijn door Veldkamp e.a. (2012) berekeningen uitgevoerd om het effect op de ammoniakemissie te kwantificeren van eerder slachten (per dag van 30 tot 37 dagen) en langere leegstandsperioden tussen de ronden (10-20 dagen leegstand). Het blijkt dat de emissie per dierplaats per jaar duidelijk afneemt als de dieren eerder worden afgeleverd en ook als de periode van leegstand tussen twee ronden langer wordt. Dit zal moeten worden afgewogen tegen het nadeel van verminderde opbrengsten.

Minder dieren in de stal

De emissiefactor voor ammoniak vanuit de reguliere vleeskuikenhouderij is vastgesteld uitgaande van een bezetting bij opzetten van de dieren tussen 18 en 24 dieren/m². Een lagere bezetting heeft een groter emitterend oppervlak per dier tot gevolg, waardoor de emissie per dierplaats mogelijk toe zal nemen. Door het grotere oppervlak kan, samen met meer luchtbeweging via de mechanische ventilatie, de mest echter sneller indrogen, waardoor de vorming van ammoniak in de mest minder snel op gang komt. Door het indrogen treedt ook minder broei op. Zowel het sneller drogen als de afwezigheid van broei heeft een afname van de ammoniakemissie tot gevolg. Belangrijk daarbij is echter ook de structuur van de mest. Als door het hogere ds-gehalte de mest minder dicht wordt (minder plaatvorming) kan de gevormde ammoniak gemakkelijker uit de poreuzere mest vrij komen. Dit aspect kan nog belangrijker worden als door de activiteit van de dieren de mest ook rul(ler) wordt gehouden. Bij een voldoende hoog ds-gehalte (>80%) zal de ammoniakemissie echter lager zijn. Niet bekend is wat het totale effect is op de ammoniakemissie, maar de verwachting is dat de emissie per dierplaats hierdoor licht zal toenemen. De emissie op bedrijfsniveau zal dus minder afnemen dan verwacht mag worden volgens de berekening van het aantal dieren maal de emissiefactor.

Eén-leeftijdssysteem versus twee-leeftijdensysteem

Hoewel het één-leeftijdssysteem ("all-in-all-out") om hygiëneredenen en geringere arbeidsbehoefte de voorkeur geniet, is het twee-leeftijdensysteem vanuit economisch oogpunt interessanter. Bij dit systeem wordt zuiniger omgesprongen met energie en kunnen de investeringskosten per dierplaats aanmerkelijk lager zijn. Bij het twee-leeftijden systeem wordt per jaar veel vaker, maar per keer de helft minder dieren opgezet dan bij het all-in/all-out systeem. Na de opfokperiode (2-5 weken, afhankelijk van de pluimveesoort) worden de dieren van de opfokstal overgeplaatst naar de afmeststal. De dieren worden hierbij geplaatst op schoon strooisel. Hierdoor mag verwacht worden dat het weer enige tijd duurt voordat de vorming van ammoniak op gang komt. Om deze reden en omdat het aantal vierkante meter staloppervlak bij het tweeleeftijden systeem geringer is, mag verwacht worden dat de ammoniakemissie bij het tweeleeftijden systeem lager is. Bij eenden was de ammoniakemissie per afgeleverde eend bij het tweeleeftijden systeem circa 12% lager dan bij het all-in/all-out systeem (Wever en Hol, 1999). Deze reductie was veel lager dan verwacht op basis van het beginnen op een nieuwe laag strooisel. Bij vleeskuikens en kalkoenen zijn voor zover bekend geen metingen verricht waaruit een lagere emissie kan worden bepaald.

Gescheiden mesten hanen/hennen

Bij vleeskuikens is het gebruikelijk dat hennen en hanen gezamenlijk worden gehouden. Mannelijke en vrouwelijke dieren hebben verschillende nutriëntenbehoeften: hennen hebben een lagere eiwitbehoefte dan hanen. Door hanen en hennen apart te houden is het mogelijk het dier beter naar behoefte te voeren. Hierdoor wordt voorkomen dat de dieren in bepaalde leeftijdsfasen een teveel aan

nutriënten (m.n. eiwit) wordt verstrekt. Hierdoor wordt er ook minder stikstof uitgescheiden en zal mogelijk ook de ammoniakemissie lager uitvallen.

De kosten voor het seksen (= het scheiden van haantjes en hennetjes op de broederij) wegen vaak niet op tegen de besparing aan voerkosten en het uiteindelijke financiële resultaat. Het gescheiden mesten van hanen en hennen wordt interessanter als de hanen worden geslacht op een hoger gewicht, hier moet echter wel een markt voor zijn.

Recentelijk heeft Agrifirm feed het systeem van gescheiden mesten van hanen en hennen weer nieuw leven ingeblazen. Volgens de firma kan het saldovoordeel oplopen naar € 4,- per m². Hier moeten echter wel extra investeringen voor de afscheiding in de lengterichting van de stal, gescheiden voersysteem, inzet van speciaal hennen- en hanenvoer en een specifieke afzet voor lichte en zware kuikens voor gedaan worden. Uit een onderzoek dat de firma heeft uitgevoerd werd een verschil in het optreden van voetzollaesies gevonden. Bij het gescheiden mesten was de voetzollaesiescore bij de hennen gemiddeld 27 procent lager (Bron: Agrifirm/Laverdonk, 2014).

Literatuur

- Aarnink, A. J. A., and M. W. A. Verstegen. 2007. Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. *Livestock Sciences* 109:194-203.
- Aarnink, A.J.A., A. Keen, J.H.M. Metz, L. Speelman, en M.W.A. Verstegen (1995). Ammonia emission patterns during the growing periods of pigs house don partially slatted floors. *Journal of Agricultural Engineering Research* 62, 105-116.
- Aarnink, A.J.A., H.H. Ellen, J.F.M. Huijsmans, M.C.J. Smits, en D.A.J. Starmans (2007). Emission abatement in practical situations In: Ammonia the case of the Netherlands (eds. D.A.J. Starmans en K.W. van der Hoek), Wageningen Academic Publishers.
- Aarnink, A. J. A., J. M. G. Hol, and G. M. Nijeboer. 2008. Ammonia emission factor for using benzoic acid (1% VevoVital) in the diet of growing-finishing pigs. Animal Sciences Group, Divisie Veehouderij. Lelystad.
- Aarnink, A. J. A., M. C. J. Smits, and I. Vermeij. 2010. Reductie van ammoniakemissie op vleesvarkensbedrijven via gecombineerde maatregelen. Rapport 366. Lelystad: Wageningen UR Livestock Science.
- Angel, R., W. Powers, en T. Applegate (2008). Diet Impacts for Mitigating Air Emissions from Poultry. *Livestock Environment VIII Proceedings of the 31 August - 4 September 2008 Conference* (Iguassu Falls, Brazil). ASABE Publication Number 701P0408.
- Beline, F., J. Martinez, C. Marol, en G. Guiraud (1998). Nitrogen transformations during anaerobically stored 15N-labelled pig slurry. *Bioresource Technology* 64, 83-88.
- Bleijenberg, R., W.J. de Boer, en W. Kroodsma (1994a). Beperking van de ammoniakemissie uit een ligboxenstal door het spoelen van roosters, het aanzuren van mest en het schuiven van een schijnvloer. IMAG-DLO Rapport.
- Blair, E.C., H.M. Allen, S.E. Brooks, J.D. Firman, D.H. Robbins, K. Nishimura, en H. Ishimaru (2004). Effects of Calsporin® on turkey performance, carcass yield and nitrogen reduction. *International Journal of Poultry Science* 3, 75-79.
- Boer, W.J., A. Keen, en G.J. Monteny (1994). Het effect van spoelen op de ammoniakemissie uit melkveestallen; het schatten van behandelingseffecten en nauwkeurigheden door tijdreeksanalyse. IMAG-DLO Rapport 94-6.
- Braam, C. R., & Swierstra, D. (1999). Volatilization of ammonia from dairy housing floors with different surface characteristics. *J. Agric. Engng Res.* 72: 59-69.
- Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof, J. Vonk (2014) Emissies naar lucht uit de landbouw in 2012. Berekeningen van ammoniak, stikstofoxide, lachgas, methaan en fijn stof met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOt technical report 3.
- Bussink, D.W., en O. Oenema (1998). Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51, 19-33.
- Bussink, D.W., A.M.D. Van Rotterdam- Los, en W. Wenzl (2012). Potential of biologically acidifying cow slurry to reduce NH3 emissions. NMI Report 1422.N.11
- Bussink, D.W., A.M.D. Van Rotterdam- Los, I. Vermeij, H.J.C van Dooren, S. Bokma, G.J. Ouwkerk, H. van der Draai, en W. Wenzl (2014). Reducing NH3 emissions from cattle slurry by (biological) acidification: experimental proof and practical feasibility. NMI Report 1422.N.12
- Canh, T. T., A. J. A. Aarnink, J. B. Schutte, A. L. Sutton, D. J. Langhout, M. W. A. Verstegen, and J. W. Schrama. 1998a. Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 56: 181-191.
- Canh, T.T., J.W. Schrama, A.J.A. Aarnink, M.W.A. Verstegen, C.E. van 't Klooster, en M.J.W. Heetkamp. 1998b. Effect of dietary fermentable fibre from pressed sugar-beet pulp silage on ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. *Animal Science* 67: 583-590.
- Canh, T.T., A.L. Sutton, A.J.A. Aarnink, M.W.A. Verstegen, J.W. Schrama, en G.C. Bakker. 1998c. Dietary carbohydrates alter the faecal composition en ph en ammonia emission from slurry of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 76: 1887-1895.

-
- Canh, T.T., A.J.A. Aarnink, Z. Mroz, A.W. Jongbloed, J.W. Schrama, en M.W.A. Verstegen. 1998d. Influence of electrolyte balance en acidifying calcium salts in the diet of growing-finishing pigs on urinary pH, slurry pH en ammonia volatilisation from slurry. *Livest. Prod. Sci.* 56: 1-13.
- Chang, M.H., en T.C. Chen (2003). Reduction of broiler house malodour by direct feeding of a lactobacilli containing probiotic. *International Journal of Poultry Science* 2(5), 313-317.
- CDM (2014) Advies "Bemesting met zwavelhoudende meststoffen", Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM), <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2015/01/28/bemesting-met-zwavelhoudende-meststoffen> (link gecontroleerd in augustus 2017)
- Ekmay, R.D., M. De Beer, S.J. Mei, M. Manangi, en C.N. Coon (2013). Amino acid requirements of broiler breeders at peak production for egg mass, body weight, and fertility. *Poult. Sci.* 92:992-1006.
- Ellen, H., J. van Harn, en I. Vermeij (2008a). Exploitatiekosten ammoniakemissiearme systemen vleeskuikenhouderij. Animal Sciences Group van Wageningen UR, Rapport 108.
- Ellen, H.H., J.M.G. Hol, A.I.J. Hoofs, J. Mosquera, en A.J.J. Bosma (2008b). Ammoniakemissie en kosten van chemische luchtwasser met bypassventilatoren by vleesvarkens. Animal Sciences Group report 151.
- Elzing & Monteny (1997). AMMONIA EMISSION IN A SCALE MODEL OF A DAIRY-COW HOUSE. *Transactions of the ASAE VOL.* 40(3):713-720
- Frank, B., en C. Swensson (2002). Relationship Between Content of Crude Protein in Rations for Dairy Cows and Milk Yield, Concentration of Urea in Milk and Ammonia Emissions. *J. Dairy Sci.* 85: 1829-1838.
- Groenestein, C.M. (2006). Environmental aspects of improving sow welfare with group housing and straw. PhD Thesis, Wageningen Universiteit.
- Groenestein, C.M., Aarnink, A.J.A., Ogink, N.W.M., 2014. Actualisering ammoniakemissiefactoren vleesvarkens en biggen. Wageningen UR Livestock Research, rapport 786, p. 22.
- Groot Koerkamp, P.W.G. (1994). Review on ammonia emission from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. *Journal of Agricultural Engineering Research* 59, 73-87.
- Groot Koerkamp, P.W.G. and B. Reitsma, 1997. De ammoniakemissie uit een volièrestal voor leghennen met het etagesysteem. Rapport 97-05. DLO-IMAG, Wageningen.
- Hayes, E. T., A. B. G. Leek, T. P. Curran, V. A. Dodd, O. T. Carton, V. E. Beattie, and J. V. O'Doherty. 2004. The influence of diet crude protein level on odour and ammonia emissions from finishing pig houses. *Bioresource Technology* 91(3):309-315.
- Huis in 't Veld, J.W.H., W. Kroodsmas, en W.J. de Boer (1994). Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van een hellende betonvloer, IMAG-DLO rapport 94-4.
- Kant, P.P.H., en C.J. Jagtenberg (1995). Ammoniakemissie bij melkvee na spoelen roosters, PR-Rapport 98, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij.
- Kant, P.P.H., M.C. Verboon, en J.W.H. Huis in 't Veld (1992). Ammoniakemissiemetingen met de lindvalldoos. Inventarisatie van de metingen op de Waiboerhoeve in 1981-1991, PR-Rapport 139, Praktijkonderzoek Rundvee Schapen en Paarden.
- Kai, P., P. Pedersen, J. E. Jensen, M. N. Hansen, and S. G. Sommer. 2008. A whole farm assessment of the efficacy of slurry acidification in reducing ammonia emissions. *European Journal of Agronomy* 28: 148.
- Kay, R. M., and P. A. Lee. 1997. Ammonia emission from pig buildings and characteristics of slurry produced by pigs offered low crude protein diets. In: J.A.M. Voermans and G.J. Monteny, *Proceedings of the International Symposium on Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities*, p. 253-260 Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen.
- Kirchgessner, M., M. Kreuzer, D. A. Roth-Maier, F. X. Roth, and H. L. Muller. 1991. Bestimmungsfaktoren der Gullecharakteristik beim Schwein. Einfluss von Fütterungsintensität und den Anteilen an unverdaulichen sowie an bakteriell fermentierbaren Substanzen (BFS) im Futter. *Agribiol. Res.* 44 (4), p. 325-344.
- Kluge, H., J. Broz, and K. Eder. 2006. Effect of benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility, nitrogen balance, gastrointestinal microflora and parameters of microbial metabolism in piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90(7-8):316-324.
- Kluge, H., J. Broz, en K. Eder (2010). Effects of dietary benzoic acid on urinary pH and nutrient digestibility in lactating sows. *Livestock Science* 134(1-3), 119-121.

-
- Latimier, P., and J. Y. Dourmad. 1993. Effect of three protein feeding strategies, for growing-finishing pigs, on growth performance and nitrogen output in the slurry and in the air. Proceedings Congress on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences, Wageningen 8-11 June, p. 242-246.
- Le, D. P., A. J. A. Aarnink, A. W. Jongbloed, C. M. C. Van der Peet-Schwering, N. W. M. Ogink, and M. W. A. Verstegen. 2007. Effects of dietary crude protein level on odour from pig manure. *Animal* 1:734-744.
- Leinker, M., A. Reinhart-Hanisch, E. von Borrel, en E. Hartung (2007). Application of urease inhibitors in dairy facilities to reduce ammonia volatilization. In *Ammonia emissions in agriculture* (eds. Monteny, G.J. en E. Hartung), Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp. 105-107.
- Lopez, G., en S. Leeson (1995). Response of broiler breeders to low-protein diets. 1. Adult breeder performance. *Poultry Science* 74, 685-695.
- Melse, R.W., en N.W.M. Ogink. 2004. Toepassing van luchtbehandelingstechnieken binnen de intensieve veehouderij. Fase 2: Mogelijkheden tot kostenverlaging van wassers. *A&F Rapport* 271.
- Melse, R.W., T.G. van Hattum, J.W.H. Huis in't Veld, en F.A. Gerrits. 2012. Metingen aan twee luchtwassystemen in een vleeskuikenstal met conditionering van ingaande ventilatielucht. Wageningen UR Livestock Research. Rapport 503.
- Melse, R.W., D.A.J. Starmans en N.W.M. Ogink (2015). Aanzuursystemen voor rundveedrijfmest in stallen. Wageningen UR Livestock Research Rapport 898.
- Moeser, A. J., and A. T. G. Van Kempen. 2002. Dietary fibre level and enzyme inclusion affect nutrient digestibility and excreta characteristics in grower pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82:1606-1613.
- Monteny, G.J. (2000). Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. Proefschrift Wageningen University.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, en S. Bokma (2009). Ammoniakemissie en emissiereductie van het balansballensysteem bij vleesvarkens. *Vertrouwelijk Rapport* 193, Wageningen UR Livestock Research.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, A. Winkel, J.W.H. Huis in 't Veld, F.A. Gerrits, N.W.M. Ogink, en A.J.A. Aarnink (2010). Fijnstofemissie uit stallen: melkvee. *Wageningen UR Livestock Research Rapport* 296.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't veld, J.P.M. Ploegaert, en N.W.M. Ogink (2012a). Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met roostervloer voorzien van cassettes in de roosterspleten. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. *Wageningen UR Livestock Research Rapport* 653.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't veld, J.P.M. Ploegaert, en N.W.M. Ogink (2012b). Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. *Wageningen UR Livestock Research Rapport* 598.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't veld, J.P.M. Ploegaert, en N.W.M. Ogink (2012c). Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. *Wageningen UR Livestock Research Rapport* 610.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't veld, J.P.M. Ploegaert, en N.W.M. Ogink (2012d). Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. *Wageningen UR Livestock Research Rapport* 612.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.P.M. Ploegaert, T. van Hattum, E. Lovink, en N.W.M. Ogink (2012e). Emissies uit een vleeskuikenstal met geconditioneerd luchtinlaat, biologische wasser en denitrificatie-unit. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen UR Livestock Research Rapport 611.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld, J.P.M. Ploegaert, E. Lovink, en N.W.M. Ogink (2012f). Emissies uit een opfokleghennenstal met chemische wasser en bypass. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen UR Livestock Research Rapport 609.
- Mosquera, J., T. van Hattum, G.M. Nijeboer, J.M.G. Hol, H.J.C. van Dooren, en S. Bokma (2017). Effect of floor type on the ammonia and odour emission from veal calves housing. Wageningen University & Research Report 980.
- Ogink, N.W.M., J. Mosquera, en J.M.G. Hol (2013). Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013. *Wageningen UR Livestock Research Rapport* 726.

-
- Olesen, J.E., en S.G. Sommer (1993). Modeling effects of wind speed and surface cover on ammonia volatilization from stored pig slurry. *Atmospheric Environment* 27, 2567-2574.
- Oltmer, K., E. Hees, en C. Rougoor (2010). Innovatie rond Natura 2000 gebieden; kansen en mogelijkheden voor agrarische gebieden. LEI rapport 2010-056.
- Park, J.H., M.S. Ryu, S.H. Kim, C.S. Na, J.S. Kim, en K.S. Ryu (2003). Influence of supplemental dietary yeast culture on the noxious gas emission in broiler houses and performance of broiler chicks. *Journal of Animal Science and Technology* 45(1), 41-48.
- Pearson, R.A., en K.M. Herron (1982). Effects of maternal energy and protein intakes on the incidence of malformations and malpositions of the embryo and time of death during incubation. *Br. Poult. Sci.* 23, 71-77.
- Santoso, U., S. Ohtani, K. Tanaka, en M. Sakaida (1999). Dried *Bacillus subtilis* culture reduced ammonia gas release in poultry house. *Asian Journal of Animal Sciences* 12(5), 806-809.
- Smits, M.C.J., en J.W.H. Huis in 't Veld (2006). Ammoniakemissie uit melkveestallen van Koeien&Kansen-bedrijven en De Marke. Resultaten van diverse korte meetsessies. K&K-Rapport 35.
- Smits, M.C.J., H. Valk, G.J. Monteny, en A.M. Van Vuuren (1997). Effect of protein nutrition on ammonia emission from cow houses. *Gaseous nitrogen emissions from grasslands*, CAB International, p 101-107.
- Smits, M.C.J., J.B. Campen, en J.W.H. Huis in 't Veld (2008). Emissiereductie door kelderluchtbehandeling in een vleeskalverstal; Proof of principle. Rapport 179, Animal Sciences Group.
- Smits, M.C.J., A.J.A. Aarnink, H.H. Ellen, en C.M. Groenestein. 2013. Overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken. Wageningen UR Livestock Research Rapport 645.
- Spek, J.W., J. Dijkstra, G. van Duinkerken, en A. Bannink (2013). A review of factors influencing milk urea concentration and its relationship with urinary urea excretion in lactating dairy cattle. *Journal of Agricultural Science* 151, 407-423.
- Staatscourant nr. 25403. Wijziging van de Regeling ammoniak en veehouderij, september 2014.
- Staatscourant nr. 24770. Concept van het nieuwe Besluit emissiearme huisvestingsystemen landbouwdieren, september 2014.
- Tamminga, S. (1992). Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *Journal of Dairy Science* 75, 345-357.
- Tamminga, S., L. Sebek, W. Bussink, J. Huijsmans, A. van Pul, en G. Velthof (2009). Maatregelen om ammoniakemissie bij bovengronds toedienen van mest te beperken. WOT Natuur & Milieu rapport 2009-01-21.
- Dooren, H.J.C. van, en M.C.J. Smits (2007). Reductieopties voor ammoniak- en methaanemissie uit huisvesting voor melkvee. ASG Rapport 80.
- Dooren, H.J.C. van, en M.C.J. Smits (2009). Kelderlucht afzuigen uit melkveestallen lijkt perspectiefvol. *V-Focus*, Juni 2009, pp. 14-16.
- Dooren, H.J.C. van, K. Blanken, H. Gunnink, en S. Bokma (2008). Oriënterende metingen van ammoniakemissie bij balansballen voor melkvee. *Vertrouwelijk Rapport 139*, Wageningen UR Livestock Research.
- Dooren, H.J.C. van, en K. Blanken (2011). Indicative measurement of ammonia emission from acidified dairy slurry. *Vertrouwelijk Rapport 272*, Wageningen UR Livestock Research.
- Duinkerken, G. van, G. André, M.C.J. Smits, G.J. Monteny, en L.B.J. Šebek (2005). Effect of rumen-degradable protein balance and forage type on bulk milk urea concentration and emission of ammonia from dairy cow houses. *J. Dairy Sci.* 88, 1099-1112.
- Emous, R.A. van, M.M. van Krimpen, en R.P. Kwakkel (2014). Effect van verschillende energie/eiwit verhoudingen in het voer tijdens de opfok- en legperiode op lichaamssamenstelling, productie, bevedering, gedrag en nakomelingen van vleeskuikenouderdieren. Wageningen UR Livestock Research Rapport 574.
- Harn, J. van, en T. Veldkamp (2005). Beperken van voetzoolaandoeningen door dynamisch voeren. *Sectormiddag vleeskuikenhouderij. Praktijkonderzoek*, ASG, Wageningen UR.
- Harn, J. van, en T. Veldkamp (2006). ASG-onderzoek met 'voeren op maat' – soms beter, soms slechter. *Pluimveehouderij* 36, 11 februari: 16-18.

-
- Harn, J. van, J. Mosquera, en A.J.A. Aarnink (2009). Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij. Invloed strooiselmateriaal op fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen. Animal Sciences Group Rapport 218.
- Harn, J. van, H.H. Ellen, T. Veldkamp, en A.J.A. Aarnink (2012a). Effect van huisvestings- en managementmaatregelen op de ammoniakemissie bij leghennen, vleeskuikens, kalkoenen en eenden. Wageningen UR Livestock Research Rapport 560.
- Harn, J. van, A. J. A. Aarnink, J. Mosquera, J. W. van Riel, N. W. M. Ogink (2012b). Effect of Bedding Material on Dust and Ammonia Emission from Broiler Houses. Transactions of the ASABE Vol. 55(1): 219-226.
- Van Lent, A.J.H. van (1995). Door aanzuren 70% minder ammoniakemissie. Praktijkonderzoek 8 (3).
- Van Lent, A.J.H. van, R.J.M. Schils, Tj. Boxem, J. Zonderland, en M.C. Verboon (1995). Aanzuren mest in stal en silo. Rundvee rapport 156, Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden.
- Veldkamp, T., L. Star, J.D. van der Klis, J. van Harn (2012). Reductie van ammoniakemissie op pluimveebedrijven via voeding. Wageningen UR Livestock Research Rapport 490.
- 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. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 70.
- Westreenen, S., W. Kroodsmas, en J.W.H. Huis in 't Veld (1992). Vermindering van ammoniakemissie uit ligboxenstallen door aanzuren van mest. Deel 1, IMAG-DLO Nota 92-6.
- Wever, A.C., en J.M.G. Hol (1999). Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLIII: Twee traditionele huisvestingssystemen voor vleeseenden. IMAG Rapport 99-07.
- Wim Wisman, 2007. Maïskuil als strooisel (Samenvatting artikel van dr. Andreas Wilms-Schulze Kump in julinumnummer DGS). Pluimveehouderij september 2007, p.33.
- Winkel, K. (1988) Ammoniak-emissiefactoren voor de veehouderij, Publicatierreeks Lucht 76, Ministerie van VROM, Den Haag.
- Zhang, G., J.S. Strøm, B. Li, H.B. Rom, S. Morsing, P. Dahl, en C. Wang (2005). Emission of ammonia and other contaminant gases from naturally ventilated dairy cattle buildings. Biosystems Engineering vol. 92 (3): 355-364.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Livestock Research Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl [www.wur.nl/
livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research)

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

