



Sectoranalyse varkens om implementatie van emissiearme systemen via een investerings-regeling te stimuleren

André Aarnink en Izak Vermeij

Rapport 1414



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Sectoranalyse varkens om implementatie van emissiearme systemen via een investeringsregeling te stimuleren

André Aarnink en Izak Vermeij

Wageningen Livestock Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Vermindering fossiele nutriënten naar bodem, water en lucht' (projectnummer BO-43-101-072-WLR).

Wageningen Livestock Research
Wageningen, mei 2023

Rapport 1414

Samenvatting NL

Vanwege de urgentie om stikstofemissies en -depositie terug te dringen wil het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit een investeringsregeling starten om implementatie van emissiearme systemen in de veehouderij te stimuleren. In dit rapport zijn de verschillende opties voor ammoniakreductie in de varkenshouderij op een rij gezet. Daarbij gaat het om stallen die via brongerichte maatregelen of via een combinatie tussen brongericht en end-of-pipe een integrale emissiereductie bewerkstelligen. Dit betekent dat niet alleen de ammoniakemissie moet worden beperkt, maar tevens de emissies van broeikasgassen (vooral methaan), geur en fijnstof. De weergegeven opties hebben via protocollaire metingen bewezen dat ze de weergegeven reducties voor ammoniak kunnen halen. In dit rapport wordt ook aandacht gegeven aan emissies en mogelijkheden voor emissiereductie tijdens opslag van mest buiten de stal op het varkensbedrijf.

Summary UK

Due to the urgency to reduce nitrogen emissions and deposition the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality wants to start an investment program to stimulate the implementation of emission reducing systems in livestock production. In this report the different options for emission reduction of ammonia in pig production are given. This concerns pig houses that achieve an integral emission reduction through source-oriented measures or through a combination between source-oriented and end-of-pipe measures. This means that not only ammonia emissions should be reduced, but also emissions of greenhouse gases (particularly methane), odour and particulate matter. The reported options already have proven their efficiency to reduce ammonia emissions by protocol measurements. In this report also attention is given to emissions from manure storage systems at the farm outside the pig house and to options for reduction.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/589889> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2023

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

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.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Te beantwoorden vragen	6
3	Antwoord op de vragen	8
	3.1 Beschikbare brongerichte maatregelen	8
	3.2 Perspectiefvolle brongerichte maatregelen die niet voldoen aan de gestelde eisen voor ammoniakreductie	15
	3.3 Ammoniak en overige emissies op het erf buiten de stal	21
	3.4 Investerings- en jaarkosten en de afschrijvingstermijn	23
4	Discussie	29
	Literatuur	32

1 Inleiding

In de brief aan de Tweede Kamer van 24 april 2020, heeft de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) aangekondigd dat op basis van een sectoranalyse van de perspectieven van bestaande en nieuwe innovatieve technieken, aangescherpte emissienormen voor ammoniak voor nieuwe en bestaande stallen en geplande renovaties worden gesteld. Deze aanscherping moet bijdragen aan het halen van de streefwaarde: in 2030 dient ten minste 75% van de hectares met stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden onder de kritische depositiewaarde (KDW) te zijn gebracht. LNV heeft Wageningen Livestock Research gevraagd om inzicht te geven in de mogelijkheden om de emissie van ammoniak uit stallen en mestopslagen in de varkenshouderij verder te reduceren met bewezen technieken of door combinaties daarvan.

Om deze vragen te beantwoorden hebben we een deskstudie uitgevoerd. Veel van de antwoorden zijn overgenomen uit het rapport 'Analyse beschikbare technieken voor integrale emissiereductie in varkensstallen' (Aarnink et al., 2021).

In hoofdstuk 2 zijn de te beantwoorden vragen weergegeven die in hoofdstuk 3 worden beantwoord. In par. 3.1 wordt ingegaan op de reeds (in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav-) lijst) beschikbare maatregelen die een ammoniakreductie bewerkstelligen die tenminste voldoen aan de eisen volgens de Subsidiemodules brongerichte verduurzaming stal- en managementmaatregelen (Sbv-regeling), namelijk 70% bij gespeende biggen, kraamzeugen en vleesvarkens en 60% bij dragende zeugen. In par. 3.2 zijn systemen opgenomen uit de Rav-lijst die op zichzelf niet voldoen aan de eisen in de Sbv-regeling ten aanzien van de vereiste ammoniakreductie, maar wel perspectief kunnen bieden in combinatie met een luchtwasser. In par. 3.3 wordt ingegaan op mogelijkheden om de ammoniak en overige emissies in mestopslagen op het erf buiten de stal te beperken. In par. 3.4 wordt een inschatting gegeven van de investerings- en jaarkosten en van de afschrijvingstermijn en wordt aangegeven of de techniek ingebouwd kan worden in bestaande stallen. In hoofdstuk 4 tenslotte worden de verschillende opties voor integrale emissiereductie bediscussieerd.

2 Te beantwoorden vragen

In deze notitie wordt antwoord gegeven op de volgende vragen die gesteld zijn door Min. LNV:

- Welke bestaande systemen zijn beschikbaar voor een varkenshouder in Nederland voor een integrale brongericht aanpak (ammoniak- en andere emissies) die leiden tot een vermindering van emissies naar de leefomgeving en die tevens een verbetering geven van het stalklimaat?
 - *Primair wordt hier naar de Rav-lijst gekeken. Technieken met een voorlopige emissiefactor worden ook meegenomen.*
- Wat zijn per techniek de potentiële emissiereducties die behaald kunnen worden?
 - *Per techniek een overzicht geven van de mate van zekerheid dat de techniek daadwerkelijk leidt tot ammoniak-, methaan/lachgas-, geur en fijnstofreductie.*
 - *Sommige technieken zorgen voor ammoniak- en methaanreductie, maar zorgen voor afwenteling op andere emissies (toename van fijnstof, geur en lachgas). Kan hier een inschatting van worden gegeven, zowel bij 'losstaande' technieken als combinaties van technieken?*
- Welke combinaties van bestaande technieken zijn beschikbaar voor een integrale brongerichte aanpak van in ieder geval methaan en ammoniak in zowel stal als opslag?
 - *Graag per combinatie een analyse van de mate van zekerheid dat de combinatie daadwerkelijk leidt tot ammoniak-, methaan, en geur- en fijnstofreductie.*
 - *Sommige brongerichte technieken kunnen goed zijn voor ammoniak- en methaanreductie, maar negatieve effecten hebben op fijnstof en geur. We vragen ook om een inschatting per combinatie op deze effecten voor fijnstof en geur. De gevolgen voor ammoniak, fijnstof zo mogelijk in % en kton; die in geur in %.*
 - *Inclusief nageschakelde technieken die gecombineerd zouden kunnen worden met een brongerichte techniek.*
 - *Niet alle vragen zijn mogelijk te beantwoorden met harde bewijzen. WUR zal op basis van beschikbare informatie en voor zover mogelijk, kwantitatieve en kwalitatieve uitspraken doen en de risico's daarbij benoemen.*
- Wat is de te behalen reductie van ammoniak- en methaanemissie van bestaande systemen op het gehele stalsysteem, dus inclusief mestopslag en eventueel mestbehandeling buiten de stal op het erf?
- Wat zijn per techniek de investerings- en jaarkosten en de afschrijvingstermijn?
 - *Wat is de inschatting van de investeringskosten voor de techniek. Zo mogelijk wordt een inschatting gemaakt of kosten hoger kunnen uitvallen door de huidige inflatie en tekort aan grondstoffen.*
 - *Is de techniek toepasbaar in bestaande stallen of alleen in nieuwe stallen (nieuwbouw)?*
- Welke risico's zijn verbonden met implementatie van de geïnventariseerde technieken en combinaties van technieken?
 - *Wat is het effect (afwenteling) van de bestaande technieken op andere duurzaamheidsparameters als andere emissies (bijv. lachgas), dierenwelzijn en brandveiligheid?*
 - *Hoe scoren de geïnventariseerde combinaties op dierenwelzijn en brandveiligheid?*
 - *Hoe wordt de kans ingeschat dat afwenteling plaatsvindt buiten het stalsysteem van de emissies die binnen het stalsysteem worden gereduceerd?*
 - *In hoeverre bestaat het risico dat een combinatie niet de ingeschatte reductie wordt behaald, bij bijvoorbeeld een voorlopige emissiefactor?*
 - *Bij het inzichtelijk maken van bestaande systemen wordt ook de discussie en onderzoek over effectiviteit van emissiearme stalsystemen in de praktijk betrokken.*
- Wat zijn de aanbevelingen voor goede technieken en combinaties van technieken?

De volgende zaken vallen niet onder deze analyse:

- Het inventariseren van ammoniak reducerende technieken of combinaties van ammoniak reducerende technieken die niet in bijlage 1 van de Rav staan (en waar de varkenshouder in de praktijk dus geen vergunning voor kan krijgen).
- Technieken die nog in ontwikkeling zijn.
- De combinatie van additionele ammoniak reducerende technieken met andere ammoniak reducerende staltechnieken die nog niet gemeten zijn.

3 Antwoord op de vragen

Opmerkingen vooraf:

- Met bestaande technieken worden technieken bedoeld waarvan het emissie reducerende effect is bemeaten en bewezen. Voor ammoniak gaat het om technieken die opgenomen zijn in de Rav-lijst.
- De volgende omschrijving wordt gehanteerd voor brongerichte maatregelen: brongericht betekent dat de uitstoot van verschillende emissies, zoals ammoniak en methaan, zoveel mogelijk wordt voorkomen, namelijk door de emissies bij de bron aan te pakken. Bijvoorbeeld door het snel uit de stal afvoeren en scheiden van urine en mest. Hiermee wordt de uitstoot van ammoniak en andere emissies teruggebracht. Tevens kan worden gedacht aan innovatieve technieken die voorkomen dat emissies die in de mestkelder ontstaan de stalruimte bereiken, waardoor het stalklimaat substantieel verbetert voor mens en dier. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan (gedeeltelijke) luchtafzuiging onder de roosters (Toelichting Sbv, 18 mei 2020, nr. WJZ/20022360).
- Ammoniak-, geur- en broeikasgasemissies komen voor een belangrijk deel vrij uit mengmest in de mestput. Fijnstof daarentegen komt vooral vrij via opgedroogde feces op de vloer en huidschilfers van de varkens. Fijnstofreductie bij de bron zal daarom vrijwel altijd aanvullende maatregelen vergen t.o.v. de maatregelen gericht op de emissies uit mengmest.
- In de Sbv-regeling wordt uitgegaan van stalsystemen. Hierbij is de definitie van een stalsysteem de stal zelf plus systemen buiten de stal op het erf die emissies kunnen veroorzaken, zoals een mestopslagsysteem of een mestverwerkingssysteem. In paragraaf 3.1 en 3.2 worden alleen de effecten op de emissies gegeven van de systemen in de stal zelf. In paragraaf 3.3 wordt ingegaan op de mogelijkheden om verschuiving van emissies in de stal naar buiten de stal (op het erf) zoveel mogelijk te voorkomen.
- In de tabellen in par. 3.1 en 3.2 worden naast de gemeten of kwantitatief ingeschatte effecten van de maatregelen op de verschillende emissies tevens kwalitatieve inschattingen gemaakt van het effect op de lachgasemissie, de luchtkwaliteit in de stal, het dierenwelzijn, de brandveiligheid en de betrouwbaarheid en robuustheid van het systeem. Alle inschattingen zijn steeds gedaan ten opzichte van de categorie 'Overige huisvestingssystemen' van de betreffende diercategorie in de Rav-lijst. De kwalitatieve inschattingen zijn gebaseerd op literatuur en expertkennis en zijn te gebruiken voor onderlinge vergelijking van de systemen die opgenomen zijn in deze tabellen voor varkens. Scores die in vergelijkbare rapporten voor andere diercategorieën zijn opgenomen zijn hier niet mee te vergelijken.

3.1 Beschikbare brongerichte maatregelen

In Tabel 1 zijn de beschikbare brongerichte emissie-reducerende maatregelen en nageschakelde technieken uit de Rav-lijst opgenomen met een ammoniak-reductiepercentage van 70% en hoger voor gespeende biggen, kraamzeugen en vleesvarkens, en van 60% en hoger voor dragende zeugen (ammoniakreductie-eisen in de Sbv). Voorgaande betekent niet dat dit de toekomstige normen zullen worden voor ammoniak. Dat besluit moet namelijk nog worden genomen. De tabel geeft een inschatting van de emissiereducties en het effect op de luchtkwaliteit, dierenwelzijn en brandveiligheid t.o.v. de categorie 'Overige huisvestingssystemen' in de Rav-lijst. Daarnaast is een score gegeven voor de betrouwbaarheid en robuustheid van het systeem. De ammoniakreducties zijn berekend door de emissiefactor van dit systeem in de Rav-lijst (www.rvo.nl) te vergelijken met de emissiefactor voor overige huisvestingssystemen (systemen van de Rav-lijst met D _._.100 code). Voor geur en fijnstof is in principe uitgegaan van de emissiefactoren zoals opgenomen in de lijst van InfoMil (www.infomil.nl) waarbij de geuremissiefactoren van de Regeling geurhinder en veehouderij (Rgv) en de emissiefactoren voor fijnstof zijn weergegeven per diercategorie, tenzij er redenen waren om af te wijken van deze lijst (aangegeven met voetnoot). De inschattingen van de emissiereducties voor methaan zijn gebaseerd op reeds uitgevoerde metingen door Wageningen Livestock Research o.a.

binnen het programma integraal aanpakken van LNV en op kennis uit de literatuur van de processen die zorgen voor de vorming van methaan en de factoren die van invloed zijn op deze processen.

De weergegeven getallen in Tabel 1 zijn dus:

- Ammoniak: emissiefactor uit de Rav-lijst.
- Geur: getallen met voetnoot geven een schatting aan op basis van voortschrijdend inzicht. Getallen zonder voetnoot uit de Regeling geur en veehouderij (Rgv).
- Fijnstof: getallen met voetnoot geven een schatting aan op basis van voortschrijdend inzicht. Getallen zonder voetnoot uit de fijnstoflijst.
- Methaan: alle getallen zijn een schatting op basis van kennis vanuit de literatuur, uitgevoerde metingen en expertkennis.

De gepresenteerde getallen verschillen daarmee in wetenschappelijke basis en juridische status. Voor onder meer vergunningverlening en borging van de reductie kan dat belangrijk zijn.

De systemen in Tabel 1 kunnen eventueel gecombineerd worden met nageschakelde technieken. Nageschakelde technieken in de Rav-lijst zijn chemische, biologische en gecombineerde luchtwassystemen en biofilters. De reducties die bereikt worden met deze systemen zijn aanvullend opgenomen aan het eind van Tabel 1.

De ammoniakemissiefactor voor de combinatie met een luchtwasser kan worden berekend met de formules in eindnoot 3 van de Rav-lijst: **$efc = 0,01 \times (100 - rpl) \times efa$** (efc en efa zijn daarbij de emissiefactoren van de combinatie respectievelijk van het andere emissiearme systeem; rpl geeft het reductiepercentage van de luchtwasser weer). Indien het reductiepercentage van het andere huisvestingssysteem evenwel hoger is dan 70 (**$efa < 0,3efo$** , waarbij efo de emissiefactor van overige huisvestingssystemen van de betreffende diercategorie is), dan geldt evenwel: **$efc = 0,01 \times (100 - rpl) \times 0,3efo$** . Voor de laatste formule geldt dat de gecombineerde reductie niet lager kan zijn dan de reductie die wordt behaald met het andere huisvestingssysteem.

Voor de andere emissies stellen we de volgende benadering voor om het gecombineerde effect te berekenen:

- Geur: dezelfde rekenwijze als voor ammoniak minus 10% aftrek van het berekende reductiepercentage. Als de berekende gecombineerde reductie op basis van de hierboven weergegeven rekenwijze voor ammoniak b.v. 60% is, dan wordt dit na 10% aftrek: $60\% \times 0,90 = 54\%$. Deze aftrek achten wij noodzakelijk omdat geur uit veel verschillende componenten bestaat. Het kan zijn dat bepaalde geurcomponenten niet worden gereduceerd door de bronmaatregelen en ook niet door de nageschakelde techniek. De berekende geurreductie van de gecombineerde maatregelen kan niet lager zijn dan de geurreductie van de enkelvoudige maatregelen.
- Methaan: dezelfde rekenwijze als voor ammoniak. Hierbij dient opgemerkt te worden dat methaan niet wordt gereduceerd in de huidige beschikbare luchtwassystemen.
- Fijnstof: dezelfde rekenwijze als voor ammoniak.

Uit Tabel 1 kan het volgende worden geconcludeerd:

- Voor gespeende biggen zijn verschillende brongerichte systemen beschikbaar die een ammoniakreductie geven van 70% of meer ten opzichte van een stal zonder maatregelen. Behalve voor de systemen met spoelgoten, geven deze systemen ook een geurreductie van naar verwachting 30 – 50%. De methaanemissie wordt naar verwachting met 30 – 90% gereduceerd. Deze systemen hebben naar verwachting geen effect op de emissie van fijnstof. Hiervoor is een additionele maatregel nodig.
- Bij kraamzeugen zijn een drietal brongerichte systemen beschikbaar die een ammoniakreductie geven van tenminste 70%. Ze geven naar verwachting ook een significante emissiereductie van methaan (40 – 80%). Voor geur en fijnstof worden geen reducties verwacht bij deze systemen.
- Bij dragende zeugen en vleesvarkens is één brongericht systeem opgenomen in de Rav-lijst dat voldoet aan de Sbv eisen. Hierbij moet worden vermeld dat dit een voorlopige emissiefactor betreft. Dit systeem geeft, naar verwachting, tevens een significante reductie

van geur (40 – 50%) en methaan (60 – 80%). Voor fijnstofreductie is een additionele maatregel nodig.

- De brongerichte maatregelen worden gekenmerkt door één of een combinatie van onderstaande kenmerken:
 - Korte opslagduur van de mest in de stal
 - Koelen van de mest
 - Verdunnen van de mest
 - Klein emitterend oppervlak
- Door brongerichte reductiesystemen te combineren met een luchtwasser kunnen door de wasser vooral de emissies van ammoniak, geur en fijnstof aanvullend worden gereduceerd. Reductiepercentages kunnen berekend worden aan de hand van eerder genoemde formules. Een voorbeeld hiervan is de combinatie van mestopvang in water met een mestafvoersysteem voor gespeende biggen in combinatie met een chemisch luchtwassysteem met 95% ammoniakreductie. Hiermee worden gecombineerde reducties verwacht van 98% ammoniak, 46% geur, 30% methaan en 35% fijnstof. De combinatie van schuiven in de mestgoot voor kraamzeugen met een biologisch luchtwassysteem met 85% ammoniakreductie en 75% fijnstofreductie geeft naar verwachting gecombineerde reducties van 95% ammoniak, 55% geur, 80% methaan en 75% fijnstof. Voor een combi-luchtwasser kunnen vergelijkbare voorbeelden worden gegeven. De combinatie van deze luchtwasser op een vleesvarkensstal met hokken met mestkelders met water- en mestkanaal etc. geeft naar verwachting gecombineerde reducties van 97% ammoniak, 65% geur, 80% methaan en 80% fijnstof. De combi-luchtwasser op een stal voor dragende zeugen gecombineerd met hokken met kelders met water- en mestkanaal etc. geeft naar verwachting gecombineerde reducties van 96% ammoniak, 60% geur, 60% methaan en 80% fijnstof.

Tabel 1 Beschikbare brongerichte emissie-reducerende maatregelen en nageschakelde technieken uit de Rav-lijst met een ammoniak-reductiepercentage van 70% en hoger voor gespeende biggen, kraamzeugen en vleesvarkens, en van 60% en hoger voor dragende zeugen (ammoniakreductie-eisen in de Sbv). De tabel geeft een inschatting van de emissiereducties en een kwalitatieve inschatting van het effect op de luchtkwaliteit, dierwelzijn en brandveiligheid t.o.v. de categorie 'Overige huisvestingssystemen' in de Rav-lijst. Daarnaast is een score gegeven voor de betrouwbaarheid en robuustheid van het systeem. Opmerking: de aangegeven reducties van ammoniak, geur en fijnstof zijn afkomstig uit de Rav-lijst; voor geur en fijnstof is hier in sommige gevallen van afgeweken, vanwege voortschrijdend inzicht, dit is met een voetnoot aangegeven. Voor methaan zijn geen cijfers opgenomen in de Rav-lijst, daarom zijn indicatieve reducties weergegeven, afgerond op 5%, en vooral gebaseerd op literatuur en expertkennis. Bij de score voor dierwelzijn is geen rekening gehouden met het effect op de luchtkwaliteit, aangezien die al in een andere kolom is gescoord. Een positief effect op luchtkwaliteit heeft echter ook een positief effect op het dierwelzijn en de diergezondheid.

Systeem	Rav code	NH3 (%)	Geur (%)	Methaan (%)	Fijnstof (%)	Lachgas ¹	Luchtkwaliteit stal ¹	Dierwelzijn ¹	Brandveiligheid	Betrouwbaarheid ²	Robuustheid ³	Toelichting
Gespeende biggen												
Vlakke gecoate keldervloer met tandheugelschuifstelsysteem	D 1.1.1.1	71%	50% ⁴	90%	0%	0	++	0	0	3	4	Coating moet regelmatig worden vernieuwd om afstroom van urine te bevorderen en de urease-activiteit te beperken. Regelmatig onderhoud systeem noodzakelijk (draaiende delen)
Mestopvang in water in combinatie met een mestafvoersysteem	D 1.1.1.3	78%	30%	30%	0%	0	++	0	0	3	5	Vrijwel in elke stal toepasbaar, simpel te bouwen en weinig management. Moet wel volledig geautomatiseerd worden en waterverbruik moet worden bijgehouden omdat elke kuub water die toegevoegd wordt aan de mest kosten met zich meebrengt (voor water en voor mestafvoer).
Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof (volledig roostervloer)	D 1.1.1.6	74%	0%	80%	0%	0	+	0	0	4	3	Door sturing op pH wordt de ammoniakemissie betrouwbaar gereduceerd. Moet volledig worden geautomatiseerd; (pH) sensoren moeten regelmatig worden gecontroleerd en vernieuwd.
Koeldekstelsysteem (150% koeloppervlak)	D 1.1.1.11	75%	30%	50%	0%	0	++	0	0	4	4	Door sturing op temperatuur wordt de ammoniakemissie betrouwbaar gereduceerd. Moet volledig worden geautomatiseerd op basis van temperatuur. Sensoren moeten regelmatig worden gecontroleerd en vernieuwd.

Systeem	Rav code	NH3 (%)	Geur (%)	Methaan (%)	Fijnstof (%)	Lachgas ¹	Luchtkwaliteit stal ¹	Dierwelzijn ¹	Brandveiligheid	Betrouwbaarheid ²	Robuustheid ³	Toelichting
Opfokhok met schuine putwand met spoelgoten	D 1.1.12	70 - 75%	0%	80%	0%	0	+	+	0	3	5	Precieze NH3-reductie afhankelijk van emitterend opp. en groepsgrootte (zie Rav). Mest moet tijdig worden weggespoeld om reducties te bewerkstelligen; daarom volledige automatisering noodzakelijk. Door gedeeltelijk roostervloer positief voor dierwelzijn.
Volledig rooster met water- en mestkanalen	D 1.1.13	71%	30%	70%	0%	0	++	0	0	4	5	Met name aandacht voor verstopte overloop.
Hok met conditionering van de ligvloertemperatuur, mestkelders met water- en mestkanaal, mestkanaal met metalen driekant roostervloer met mestspleet, beide kanalen voorzien van een pan met watervulstelsel, dagelijkse mestafvoer uit het mestkanaal en een emitterend oppervlak van maximaal 0,062 m ² per big	D 1.1.18	70%	50% ⁴	80%	0%	0	++	++	0	2	3	Voorlopige emissiefactor (VEF). Systeem met veel onderdelen om emissie te reduceren. Alles moet optimaal draaien om de emissiereducties te behalen. Automatisering van het hele proces is daarom een vereiste. Dierwelzijn positief door veel dichte vloer en conditionering temperatuur ligvloer.
Kraamzeugen												
Schuiven in mestgoot	D 1.2.9	70%	30% ⁴	80%	0%	0	+	0	0	3	3	Goede inbouw lastig en veel draaiende onderdelen in mest. Volledige automatisering noodzakelijk.
Koeldekstelsel (150% koeloppervlak)	D 1.2.12	71%	0%	40%	0%	0	+	0	0	4	5	Indien systeem goed geïnstalleerd werkt het prima; energiebesparing bij toepassing warmtepomp.
Mestpan met mestkanaal met koelstelsel en waterkanaal onder het kraamhok	D 1.2.20	84%	30% ⁴	80%	0%	0	+	0	0	3	5	Indien systeem goed geïnstalleerd werkt het prima; energiebesparing bij toepassing warmtepomp. Er moet voldoende water in het waterkanaal worden gezet. Volledige automatisering gewenst.

Systeem	Rav code	NH3 (%)	Geur (%)	Methaan (%)	Fijnstof (%)	Lachgas ¹	Luchtkwaliteit stal ¹	Dierwelzijn ¹	Brandveiligheid	Betrouwbaarheid ²	Robuustheid ³	Toelichting
Dragende zeugen												
Hok met kelders met water- en mestkanaal, vloervoeding, mestkanaal met metalen driekant roostervloer met mestspleet, mest- en watergoot met schuine puntwanden, koelsysteem en watervul-/spoelsysteem in mestgoot, dagelijkse mestafvoer en een emitterend oppervlak van maximaal 0,3 m ² per varken (BWL 2019.03)	D 1.3.16	64%	40%	60%	0%	0	++	++	0	2	3	Voorlopige emissiefactor (VEF). Systeem met veel onderdelen om emissie te reduceren. Alles moet optimaal draaien om de emissiereducties te behalen. Automatisering van het hele proces is daarom een vereiste. Dierwelzijn positief door veel dichte vloer en conditionering temperatuur ligvloer.
Vleesvarkens												
Hok met mestkelders met water- en mestkanaal, voerbak en watervoorziening boven het waterkanaal, mestkanaal met metalen driekant roostervloer, mestgoot met schuine putwanden, koelsysteem en watervul-/spoelsysteem, dagelijkse mestafvoer en een emitterend mestoppervlak van maximaal 0,08 m ² per varken	D 3.2.19	74%	50%	80%	0%	0	++	++	0	2	3	Voorlopige emissiefactor (VEF). Systeem met veel onderdelen om emissie te reduceren. Alles moet optimaal draaien om de emissiereducties te behalen. Automatisering van het hele proces is daarom een vereiste. Dierwelzijn positief door veel dichte vloer en conditionering temperatuur ligvloer.
Nageschakelde technieken												
Chemisch luchtwassysteem		70-95%	30%	0%	35%	0	0	0	-- ⁵	5	3	Bij goed onderhoud en management een zeer betrouwbare reductie mogelijk. Sensoren moeten regelmatig worden gecontroleerd en vernieuwd. Negatief voor brandveiligheid vanwege centraal afvoerkanaal lucht.
Biologisch luchtwassysteem		70-85%	45%	0%	60-75%	--	0	0	-- ⁵	3	2	Bij goed onderhoud en management een redelijk betrouwbare reductie mogelijk. Sensoren moeten regelmatig worden gecontroleerd en vernieuwd.

Systeem	Rav code	NH3 (%)	Geur (%)	Methaan (%)	Fijnstof (%)	Lachgas ¹	Luchtkwaliteit stal ¹	Dierwel zijn ¹	Brandveiligheid	Betrouwbaarheid ²	Robuustheid ³	Toelichting
												Moeilijk door varkenshouder zelf te onderhouden. Bij niet goed functioneren bestaat er risico op emissies van lachgas of andere stikstofoxide verbindingen. Negatief voor brandveiligheid vanwege centraal afvoerkanaal lucht.
Gecombineerd luchtwassysteem		70-90%	30-45%	0%	80%	--	0	0	-- ⁵	3	2	Bij goed onderhoud en management een redelijk betrouwbare reductie mogelijk. Sensoren moeten regelmatig worden gecontroleerd en vernieuwd. Moeilijk door varkenshouder zelf te onderhouden. Bij niet goed functioneren bestaat er risico op emissies van lachgas of andere stikstofoxide verbindingen. Negatief voor brandveiligheid vanwege centraal afvoerkanaal lucht.
Biofilter		70%	45%	0%	80%	--	0	0	-- ⁵	3	2	Bij goed onderhoud en management een redelijk betrouwbare reductie mogelijk. Sensoren moeten regelmatig worden gecontroleerd en vernieuwd. Moeilijk door varkenshouder zelf te onderhouden. Bij niet goed functioneren bestaat er risico op emissies van lachgas of andere stikstofoxide verbindingen. Negatief voor brandveiligheid vanwege centraal afvoerkanaal lucht.

1) 0 = geen effect; +/- = effect onbekend; + = gematigd positief; ++ = positief; +++ = zeer positief; - = gematigd negatief; -- = negatief; --- = zeer negatief

2) Schaal van 1 t/m 5, waarin 1 = systeem is onbetrouwbaar; 5 = systeem is betrouwbaar; betrouwbaarheid zegt iets over de kans dat de weergegeven emissiereducties, bij goed gebruik van het systeem, daadwerkelijk worden behaald

3) Schaal van 1 t/m 5, waarin 1 = systeem is niet robuust; 5 = systeem is heel robuust; robuustheid zegt iets over de moeite die het voor de veehouder kost om het systeem optimaal te laten functioneren

4) Afgeweken van de Rav/Rgv-lijst

5) Hierbij dient de volgende opmerking te worden geplaatst: het is niet de luchtwasser zelf, maar het centrale luchtkanaal dat hier een belangrijke rol speelt en zorgt voor de 2 minnen. Het luchtkanaal is niet zozeer een bron voor het ontstaan van brand, maar kan wel voor een snelle verspreiding van een brand zorgen, doordat via het kanaal lucht door de hele nok van de stal wordt getrokken. Het in het centrale luchtkanaal aanwezige stof speelt hierbij mogelijk ook een rol. Luchtwassers per compartiment is een mogelijke oplossing, maar zorgt wel voor een verhoging van de kosten. De aandacht zal daarom vooral uit moeten gaan naar maatregelen om het ontstaan van brand te voorkomen..

3.2 Perspectievolle brongerichte maatregelen die niet voldoen aan de gestelde eisen voor ammoniakreductie

In deze paragraaf zijn de systemen opgenomen uit de Rav-lijst die op zichzelf niet voldoen aan de vereiste ammoniakreductie volgens de Subsidiemodules brongerichte verduurzaming stal- en managementmaatregelen (70% voor gespeende biggen, kraamzeugen en vleesvarkens en 60% voor dragende zeugen), maar wel perspectief kunnen bieden in combinatie met een luchtwasser (opgenomen in Tabel 1). De ammoniakemissiefactor voor de combinatie met een luchtwasser kan berekend worden met de formule zoals weergegeven in par. 3.1.

Naast ammoniak, zijn ook reductiepercentages opgenomen voor geur, methaan en fijnstof. Net als voor de systemen die vermeld zijn in par. 3.1 is voor de inschatting van de reducties van geur en fijnstof in principe uitgegaan van de emissiefactoren zoals opgenomen in de Rav-lijst, tenzij er, door voortschrijdend inzicht, redenen waren om daarvan af te wijken (aangegeven in voetnoot). De inschattingen van de emissiereducties voor methaan zijn gebaseerd op reeds uitgevoerde metingen door Wageningen Livestock Research o.a. binnen het programma integraal aanpakken van LNV en op kennis uit de literatuur van de processen die zorgen voor de vorming van methaan en de factoren die van invloed zijn op deze processen. Om het gecombineerde effect te berekenen van bronmaatregelen en nageschakelde technieken op de emissiereducties van geur, methaan en fijnstof wordt dezelfde rekenwijze voorgesteld als weergegeven in par. 3.1.

De weergegeven getallen in Tabel 2 zijn dus:

- Ammoniak: emissiefactor uit de Rav-lijst.
- Geur: getallen met voetnoot geven een schatting aan op basis van voortschrijdend inzicht. Getallen zonder voetnoot uit de Regeling geur en veehouderij (Rgv).
- Fijnstof: getallen met voetnoot geven een schatting aan op basis van voortschrijdend inzicht. Getallen zonder voetnoot uit de fijnstoflijst.
- Methaan: alle getallen zijn een schatting op basis van kennis vanuit de literatuur, uitgevoerde metingen en expertkennis.

De gepresenteerde getallen verschillen daarmee in wetenschappelijke basis en juridische status. Voor onder meer vergunningverlening en borging van de reductie kan dat belangrijk zijn.

Uit Tabel 2 kan het volgende worden geconcludeerd:

- De brongerichte maatregelen in Tabel 2 hebben, aanvullend op het effect van de luchtwasser, vooral een effect op de methaanemissie. Dit geldt als de mest kortdurend in de stal wordt opgeslagen. De bronmaatregelen in Tabel 2 laten geen of slechts een gering effect op de geur- en fijnstofemissie zien. De volgende systemen hebben naar verwachting wel een significant effect op de geuremissie:
 - Schuiven onder de roostervloer met dagelijkse mestverwijdering
 - Mestbanden onder de roostervloer met dagelijkse mestverwijdering
 - Ondiepe mestkanalen met water- en mestkanaal bij gespeende biggen
 - Rondloopstal met strobed voor dragende zeugen
 - Alle vermelde systemen bij vleesvarkens, behalve de spoelgoten, geven naar verwachting enige geurreductie (22% volgens de Rav-lijst)
 - Het mestbandsysteem geeft naar verwachting de hoogste geurreductie (70%; gebaseerd op metingen op één bedrijf)

Tabel 2 Reeds beschikbare brongerichte emissie-reducerende maatregelen uit de Rav-lijst met een ammoniak-reductiepercentage minder dan 70% voor gespeende biggen, kraamzeugen en vleesvarkens en minder dan 60% voor dragende zeugen (ammoniakreductie-eisen in de Sbv). De tabel geeft een inschatting van de emissiereducties en het effect op de luchtkwaliteit, dierwelzijn en brandveiligheid t.o.v. de categorie 'Overige huisvestingssystemen' in de Rav-lijst. Daarnaast is een score gegeven voor de betrouwbaarheid en robuustheid van het systeem. Opmerking: de aangegeven reducties van ammoniak, geur en fijnstof zijn afkomstig uit de Rav-lijst; voor geur en fijnstof is hier in sommige gevallen van afgeweken, vanwege voortschrijdend inzicht, dit is met een voetnoot aangegeven. Voor methaan zijn geen cijfers opgenomen in de Rav-lijst, daarom zijn indicatieve reducties weergegeven, afgerond op 5%, en vooral gebaseerd op literatuur en expertkennis. Bij de score voor dierwelzijn is geen rekening gehouden met het effect op de luchtkwaliteit, aangezien die al in een andere kolom is gescoord. Een positief effect op luchtkwaliteit heeft echter ook een positief effect op het dierwelzijn en de diergezondheid.

Systeem	Rav code	NH3 (%)	Geur (%)	Methaan (%)	Fijnstof (%)	Lachgas ¹	Luchtkwali teit stal ¹	Dierwel zijn ¹	Brandvei ligheid	Betrouw- baarheid ²	Robuust heid ³	Toelichting
Gespeende biggen												
Spoelgotensysteem met dunne mest en gedeeltelijk roostervloer	D 1.1.2	65%	0%	80%	0%	-	+	+	0	3	4	Moet volledig worden geautomatiseerd; een piek in de geuremissie tijdens spoelen kan een probleem zijn. Afhankelijk van de hoeveelheid lucht die tijdens het spoelen in de mest komt, kan dit enige emissie van lachgas geven. Door gedeeltelijk roostervloer positief voor dierwelzijn.
Ondiepe mestkelders met water- en mestkanaal	D 1.1.4	52 - 62%	30%	70%	0%	0	++	+	0	4	4	Precieze NH3-reductie afhankelijk van opp. mestkanaal (zie Rav). Mestaflaten en water toevoegen moet volledig geautomatiseerd worden. Op die manier is de mate van verdunning in het waterkanaal gegarandeerd en niet afhankelijk van het mestgedrag van de dieren. Door gedeeltelijk roostervloer positief voor dierwelzijn.
Halfrooster met verkleind mestoppervlak (max. 60% roostervloer)	D 1.1.5	43%	0%	20%	0%	0	+	+	0	3	5	Robuust systeem waarbij het effect op de emissies vooral afhankelijk is van het mestgedrag van de dieren. Bij hokbevuiling is de reductie van met name ammoniak lager. Hokbevuiling kan worden voorkomen door een goede hokinrichting en klimatisering. Door gedeeltelijk roostervloer positief voor dierwelzijn.
Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof (gedeeltelijk roostervloer)	D 1.1.7	64%	0%	80%	0%	0	+	+	0	3	3	Door sturing op pH wordt de ammoniakemissie betrouwbaar gereduceerd. Moet volledig worden geautomatiseerd; (pH) sensoren moeten regelmatig worden gecontroleerd en vernieuwd. Het effect op de

Systeem	Rav code	NH3 (%)	Geur (%)	Methaan (%)	Fijnstof (%)	Lachgas ¹	Luchtkwaliteit stal ¹	Dierwelzijn ¹	Brandveiligheid	Betrouwbaarheid ²	Robuustheid ³	Toelichting
												ammoniakemissie kan lager uitvallen door hokbevuiling. Hokbevuiling kan worden voorkomen door een goede hokinrichting en klimatisering. Door gedeeltelijk roostervloer positief voor dierwelzijn.
Gescheiden afvoer van mest en urine door middel van hellende mestband	D 1.1.8	67%	70% ⁴	90%	0%	0	++	++	-	4	2	Door draaiende delen in de mestput minder robuust. Ammoniak kan betrouwbaar worden gereduceerd wanneer een mestband wordt toegepast van zeer glad materiaal, zodat er geen urease-activiteit op de band kan ontwikkelen. Beter dierwelzijn door mogelijkheid om stro(oisel) toe te passen. Brandbaar materiaal in de mestkelders.
Kraamzeugen												
Spoelgotensysteem, spoelen met dunne mest	D 1.2.1	60%	0%	80%	0%	-	+	0	0	3	4	Moet volledig worden geautomatiseerd; een piek in de geuremissie tijdens spoelen kan een probleem zijn. Afhankelijk van de hoeveelheid lucht die tijdens het spoelen in de mest komt, kan dit enige emissie van lachgas geven.
Schuif onder rooster	D 1.2.2, D 1.2.3, D 1.2.4	52 - 63%	30% ⁴	80%	0%	0	+	0	0	4	2	Ammoniakreductie afhankelijk van precieze uitvoering (zie Rav). Door draaiende delen in de mestput minder robuust.
Mestgoot met mestafvoersysteem	D 1.2.5	61%	0%	70%	0%	0	+	0	0	3	5	Mest moet frequent worden afgelaten. Bij voorkeur wordt dit geautomatiseerd. Schuine platen moeten na elke ronde worden schoongemaakt.
Ondiepe mestkelders met mest- en waterkanaal	D 1.2.6	52%	0%	70%	0%	0	+	0	0	3	5	Er moet voldoende water in het waterkanaal worden gezet.
Kraamopfokhok met hellende plaat	D 1.2.7	40%	0%	70%	0%	0	+	0	0	4	5	Hellende plaat moet na elke ronde goed worden schoongemaakt.
Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof	D 1.2.8	63%	0%	70%	0%	0	+	0	0	3	3	Door sturing op pH wordt de ammoniakemissie betrouwbaar gereduceerd. Moet volledig worden geautomatiseerd; (pH) sensoren moeten regelmatig worden gecontroleerd en vernieuwd.

Systeem	Rav code	NH3 (%)	Geur (%)	Methaan (%)	Fijnstof (%)	Lachgas ¹	Luchtkwaliteit stal ¹	Dierwelzijn ¹	Brandveiligheid	Betrouwbaarheid ²	Robuustheid ³	Toelichting
Mestpan / mestbak	D 1.2.13, D 1.2.14, D 1.2.16	65%	0%	70%	0%	0	+	0	0	4	5	Bij water- en mestkanaal moet voldoende water in het waterkanaal worden gezet.
Dragende zeugen												
Spoelgotensysteem met dunne mest bij groepshuisvesting	D 1.3.3	40%	0%	80%	0%	-	+	0	0	3	4	Moet volledig worden geautomatiseerd; een piek in de geuremissie tijdens spoelen kan een probleem zijn. Afhankelijk van de hoeveelheid lucht die tijdens het spoelen in de mest komt, kan dit enige emissie van lachgas geven.
Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof bij groepshuisvesting	D 1.3.4	57%	0%	80%	0%	0	+	0	0	3	3	Door sturing op pH wordt de ammoniakemissie betrouwbaar gereduceerd. Moet volledig worden geautomatiseerd; (pH) sensoren moeten regelmatig worden gecontroleerd en vernieuwd.
Koeldekstelsysteem	D 1.3.8	48%	0%	40%	0%	0	+	0	0	2	3	Door dikke zeugenmest minder betrouwbaar en robuust.
Groepshuisvestingssysteem met voerligboxen of zeugenvoerstations, zonder strobed, met schuine putwanden	D 1.3.9	40 - 45%	0%	30%	0%	0	+	0	0	4	5	NH3 reductie afhankelijk van type rooster.
Rondloopstal met zeugenvoerstation en strobed	D 1.3.10	38%	20% ⁴	30%	0%	--	+	+++	-	3	5	Ammoniakreductie afhankelijk van precieze uitvoering. Risico op verhoogde emissie van lachgas. Veel brandbaar materiaal (stro).
Gescheiden afvoer van mest en urine door middel van een V-vormige mestband	D 1.3.15	48%	50% ⁴	80%	20% ⁴	0	+	++	-	4	2	Door draaiende delen in de mestput minder robuust. Ammoniak kan betrouwbaar worden gereduceerd wanneer een mestband wordt toegepast van zeer glad materiaal, zodat er geen urease-activiteit op de band kan ontwikkelen. Beter dierwelzijn door mogelijkheid om stro(oisel) toe te passen. Brandbaar materiaal in de mestkelders.

Systeem	Rav code	NH3 (%)	Geur (%)	Methaan (%)	Fijnstof (%)	Lachgas ¹	Luchtkwaliteit stal ¹	Dierwel zijn ¹	Brandveiligheid	Betrouwbaarheid ²	Robuustheid ³	Toelichting
Vleesvarkens												
Mestopvang in en spoelen met NH3 arme vloeistof (incl. aanzuren)	D 3.2.2	47%	22%	80%	0%	--	++	0	0	4	3	Vrij complex systeem. Belangrijk om juiste hoeveelheid spoelvloeistof te gebruiken. Wanneer ammoniakarme vloeistof wordt verkregen door beluchting bestaat het risico op lachgasvorming.
Koeldekstelsysteem	D 3.2.3, D 3.2.6	20 - 60%	22%	40%	0 - 20% ⁴	0	+ / ++	0	0	4	4	Door sturing op temperatuur wordt de ammoniakemissie betrouwbaar gereduceerd. Moet volledig worden geautomatiseerd op basis van temperatuur. Sensoren moeten regelmatig worden gecontroleerd en vernieuwd.
Mestopvang in water in combinatie met metalen driekant- roostervloer	D 3.2.5	57%	22%	60%	20% ⁴	0	++	0	0	3	5	Vrijwel in elke stal toepasbaar, simpel te bouwen en weinig management. Moet wel volledig geautomatiseerd worden en waterverbruik moet worden bijgehouden omdat elke kuub water die toegevoegd wordt aan de mest kosten met zich meebrengt (voor water en voor mestafvoer).
Mestkelders met water- en mestkanaal	D 3.2.7	37 - 67%	22%	70%	0 - 20% ⁴	0	++	0	0	4	5	NH3-reductie afhankelijk van emitterend opp. en type rooster. Fijnstofreductie afhankelijk van type rooster. Verstopping overloop moet worden voorkomen. Er moet voldoende water in het waterkanaal worden gezet.
Bollevloerhok met betonnen morsrooster en metalen driekantrooster	D 3.2.10	33 - 53%	22%	30%	20% ⁴	0	++	0	0	3	5	Robuust systeem; beperking emitterend oppervlak kan alleen worden bereikt bij geringe hokbevuilding.
Hok met gescheiden mestkanalen en driekant roosters	D 3.2.11	43%	22%	20%	20% ⁴	0	++	0	0	3	5	Robuust systeem; beperking emitterend oppervlak kan alleen worden bereikt bij geringe hokbevuilding.
Spoelgotensysteem	D 3.2.12, D 3.2.13	43 - 60%	0%	80%	0 - 20% ⁴	-	++	0	0	3	4	Moet volledig worden geautomatiseerd; een piek in de geuremissie tijdens spoelen kan een probleem zijn. Afhankelijk van de hoeveelheid lucht die tijdens het spoelen in de mest komt, kan dit enige emissie van lachgas geven.

Systeem	Rav code	NH3 (%)	Geur (%)	Methaan (%)	Fijnstof (%)	Lachgas ¹	Luchtkwaliteit stal ¹	Dierwelzijn ¹	Brandveiligheid	Betrouwbaarheid ²	Robuustheid ³	Toelichting
Gescheiden afvoer van mest en urine door middel van een V-vormige mestband	D 3.2.16	63%	70% ⁴	90%	20% ⁴	0	++	++	-	4	2	Door draaiende delen in de mestput minder robuust. Ammoniak kan betrouwbaar worden gereduceerd wanneer een mestband wordt toegepast van zeer glad materiaal, zodat er geen urease-activiteit op de band kan ontwikkelen. Beter dierwelzijn door mogelijkheid om stro(oisel) toe te passen. Brandbaar materiaal in de mestkelders.

1) 0 = geen effect; +/- = effect onbekend; + = gematigd positief; ++ = positief; +++ = zeer positief; - = gematigd negatief; -- = negatief; --- = zeer negatief

2) Schaal van 1 t/m 5, waarin 1 = systeem is onbetrouwbaar; 5 = systeem is betrouwbaar; betrouwbaarheid zegt iets over de kans dat de weergegeven emissiereducties, bij goed gebruik van het systeem, daadwerkelijk worden behaald

3) Schaal van 1 t/m 5, waarin 1 = systeem is niet robuust; 5 = systeem is heel robuust; robuustheid zegt iets over de moeite die het voor de veehouder kost om het systeem optimaal te laten functioneren

4) Afgeweken van de Rav/Rgv-lijst

3.3 Ammoniak en overige emissies op het erf buiten de stal

De verschillende mogelijkheden om de mest buiten de stal op het erf op te slaan en te behandelen worden weergegeven in Tabel 3. Op varkensbedrijven is de referentiesituatie dat alle mest in de stal langdurig als mengmest wordt opgeslagen en niet wordt behandeld. Mestopslagen en mestbehandelingssystemen op het erf buiten de stal kunnen daarom worden gezien als een toegevoegde maatregel voor de emissiearme maatregel in de stal. In Tabel 3 is daarom weergegeven met welk percentage de reductiecijfers in tabellen 1 en 2 worden verlaagd wanneer de betreffende stalmaatregel wordt gecombineerd met de emissiearme stalmaatregel. Voorbeeld: systeem D 1.1.1 (Vlakke gecoate keldervloer met tandheugelschuifstelsel) in Tabel 1 wordt gecombineerd met 'Buitenopslag mest in een (vrijwel) afgesloten silo' in Tabel 3. De emissiereducties van ammoniak, geur, methaan en fijnstof nemen naar verwachting af met respectievelijk 5, 10, 30 en 0 %. Dit betekent dat de verwachte emissiereductie voor ammoniak $71 - 5 = 66\%$ wordt, voor geur $50 - 10 = 40\%$, voor methaan $90 - 30 = 60\%$ en voor fijnstof blijft deze 0%. Opgemerkt moet worden dat voor de maatregelen buiten de stal geen protocolaire metingen zijn gedaan en dat de weergegeven percentages in Tabel 3 zeer indicatief zijn en erg afhankelijk van de precieze situatie.

De emissies van ammoniak kunnen buiten de stal sterk worden beperkt door de mest op te slaan in vrijwel afgesloten mestopslagen. Het is belangrijk dat in deze opslagen geen luchtstroom over het mestoppervlak op gang kan komen. Dit betekent dat er maximaal op één plek een (kleine) opening mag zijn in de afdekking van de opslag. Bij voorkeur is dit alleen een overdrukventiel om te zorgen dat opgehoopte gassen kunnen ontsnappen en niet tot een ontploffing kunnen leiden. Voor de geuremissie geldt min of meer hetzelfde als voor ammoniak, alhoewel er ook enkele geurcomponenten zijn die minder goed oplosbaar zijn in water en daardoor de weg naar buiten zullen vinden. Dit laatste geldt ook voor methaan. Als methaan gevormd is zal het gaan emitteren, tenzij deze echt volledig is afgesloten zoals in een biogastank. Volledige afsluiting in een normale mestopslag is niet mogelijk vanwege ontploffingsgevaar. De methaanemissie in een opslag buiten de stal wordt al sterk beperkt door de lagere temperatuur van de mest in deze opslag. De temperatuur van de mest in varkensstallen varieert tussen bedrijven en tussen stallen, maar ligt op ca. 20°C. De gemiddelde temperatuur in de buitenlucht is in Nederland ca. 11°C. Hier komt bij dat de meeste mest gedurende de winter wordt opgeslagen en gedurende het groeiseizoen de mestopslag vrijwel leeg zal zijn. De gemiddelde temperatuur van de mest in de buitenopslag zal daardoor nog wat lager liggen dan deze 11°C. Hoeveel methaan er nog vervluchtigt in de buitenopslag is niet goed bekend, maar is op dit moment onderwerp van studie. De methaan die wordt gevormd in een buitenopslag zou afgefakkeld kunnen worden of kan door een veldfilter worden gehaald waarin geurcomponenten en methaan worden geoxideerd. Ammoniak zal sowieso weinig emitteren omdat het systeem goed is afgesloten. Een duurzame manier van (tijdelijke) mestopslag buiten de stal is in een mono-vergister. Met een warmtekrachtkoppeling kan met biogas groene stroom worden opgewekt. Deze stroom zou vooral op piekmomenten van elektriciteitsgebruik kunnen worden opgewekt. Hierdoor kan een hoge prijs worden verkregen voor de elektriciteit en zou biogasproductie op het varkensbedrijf misschien al snel rendabel kunnen worden.

Composteren is een moeilijk beheersbaar proces waardoor zowel emissies van ammoniak en methaan kunnen ontstaan als lachgas kan worden gevormd. Lachgas is een zeer sterk broeikasgas. Aanzuren van mest kan zowel in de stal als buiten de stal leiden tot hoge emissiereducties wanneer het systeem goed wordt uitgevoerd en gemanaged.

Tabel 3 *Additionele ammoniak en overige emissies op het erf buiten de stal. De tabel geeft een (zeer indicatieve) inschatting van de emissies die op het erf buiten de stal ontstaan als percentage van de emissie van de categorie 'Overige huisvestingssystemen' in de Rav-lijst. De overall emissiereductie uit de mest op het bedrijf is het reductiepercentage weergegeven in Tabel 1 en 2 minus het percentage weergegeven in deze tabel. Voorbeeld: systeem D 1.1.1 (Vlakke gecoate keldervloer met tandheugelschuifstelsysteem) in Tabel 1 wordt gecombineerd met 'Buitenopslag mest in een (vrijwel) afgesloten silo' in Tabel 3. De emissiereducties van ammoniak, geur, methaan en fijnstof nemen naar verwachting af met respectievelijk 5, 10, 30 en 0 %. Dit betekent dat de verwachte emissiereductie voor ammoniak $71 - 5 = 66\%$ wordt, voor geur $50 - 10 = 40\%$, voor methaan $90 - 30 = 60\%$ en voor fijnstof blijft deze 0%.*

Systeem	NH3 (%)	Geur (%)	Methaan (%)	Fijnstof (%)	Betrouwbaarheid ¹	Robuustheid ²	Toelichting
Buitenopslag mest in een (vrijwel) afgesloten silo	5%	10%	30%	0%	3	5	De emissies zijn onzeker en moeten verder worden onderzocht en bemeten. De uitwisseling van lucht boven de mest en de buitenlucht moet minimaal zijn. Max. 1 opening in de afdekking zodat er geen luchtstroom over het mestoppervlak kan ontstaan. Bij voorkeur volledig dicht met een overdrukventiel.
Methaanoxidatie buitenopslag mest: Fakkels	1%	5%	5%	0%	3	3	Er moet nog onderzoek worden gedaan naar de betrouwbaarheid en robuustheid van dit systeem.
Methaanoxidatie buitenopslag mest: Veldfilter	1%	1%	5%	0%	2	3	Systeem moet zich nog bewijzen.
Mono-vergister	1%	1%	1%	0%	4	5	Systeem heeft zich inmiddels voldoende bewezen. Emissies moeten nog verder worden onderzocht, maar verwachting is dat dit voor alle componenten laag zal zijn.
Composteren vaste mest	10%	5%	10%	10%	2	3	Hier kan afwenteling ontstaan op emissie van lachgas, wat een zeer sterk broeikasgas is. Composteren is een moeilijk te sturen proces v.w.b. de emissies.
Buitenopslag aangezuurde mest (na opvang verse mest in de stal) in een (vrijwel) afgesloten silo	1%	10%	10%	0%	3	3	Nog weinig gegevens beschikbaar. Bij goede uitvoering systeem zullen de emissies in de buitenopslag naar verwachting gering zijn. De methaanproductie zal vooral afhankelijk zijn van de gerealiseerde pH van de mest. Als deze hoger wordt dan 6 dan bestaat de kans dat er toch methaan gevormd gaat worden.

1) Schaal van 1 t/m 5, waarin 1 = systeem is onbetrouwbaar; 5 = systeem is betrouwbaar; betrouwbaarheid zegt iets over de kans dat de weergegeven emissiereducties, bij goed gebruik van het systeem, daadwerkelijk worden behaald

2) Schaal van 1 t/m 5, waarin 1 = systeem is niet robuust; 5 = systeem is heel robuust; robuustheid zegt iets over de moeite die het voor de veehouder kost om het systeem optimaal te laten functioneren

3.4 Investerings- en jaarkosten en de afschrijvingstermijn

De investeringen en jaarkosten van de brongerichte maatregelen die in de Rav-lijst zijn opgenomen worden vergeleken met een gecombineerd luchtwassysteem. De standaard stal in KWIN Veehouderij is namelijk voorzien van een gecombineerd (biologisch) luchtwassysteem. De investeringen en jaarkosten voor een gecombineerd luchtwassysteem staan in Tabel 4. De extra investeringen en jaarkosten van brongerichte maatregelen die in Tabel 5 zijn opgenomen kunnen daardoor zowel een positief als een negatief bedrag weergeven en deze worden uitgedrukt per dierplaats. In Tabel 4 en 5 worden naast de eenmalige investeringsbedragen ook de jaarlijkse totaal kosten vermeld. De jaarlijkse totaal kosten bestaan normaal gesproken uit vaste kosten (rente, afschrijving, onderhoud) en variabele kosten (energie, arbeid, eventueel middelengebruik). In het kader van de SBV wordt dit in beide tabellen iets anders weergegeven, namelijk een opsplitsing in afschrijving en rente, waarbij de onderhoudskosten bij de variabele kosten zijn ondergebracht. Het totaal van afschrijving, rente en variabele kosten vormt het 'jaarlijks totaal'.

De investeringsbedragen zijn gebaseerd op het prijsniveau van januari 2022. Door de instabiele situatie als gevolg van de oorlog in de Oekraïne worden op korte termijn prijsstijgingen van wel 30% gemeld, maar prijzen zijn momenteel aan enorme schommelingen onderhevig. Dit betreft vooral de prijs voor materialen (staal, hout etc.).

Tabel 4 Investerings- en jaarkosten (excl. BTW) van een gecombineerd (biologisch) luchtwassysteem in een standaard stal voor gespeende biggen, kraamzeugen, dragende zeugen en vleesvarkens.

Diercategorie	Rav code	NH ₃ reductie (%)	Kosten € per dierplaats (excl. BTW)				
			Investering ¹	Jaarlijks totaal ²	Afschrijving ³	Rente ⁴	Variabele kosten (incl. onderhoud) ⁵
Gespeende biggen	D 1.1.15	85%	24	7,2	2,9	0,4	3,9
Kraamzeugen	D 1.2.17	85%	238	71	29	4	38
Dragende zeugen	D 1.3.12	85%	143	43	17,5	2,5	23
Vleesvarkens	D 3.2.15	85%	76	22,8	9,4	1,3	12,1

1) Dit zijn de éénmalige extra investeringsbedragen per dierplaats

2) Dit zijn de totale jaarkosten per dierplaats, de som van kosten voor afschrijving, rente en variabele kosten (incl. onderhoud)

3) Dit zijn de jaarlijkse afschrijvingskosten per dierplaats (afschrijvingstermijn is 20 jaar voor bouwkundig deel en 10 jaar voor installaties)

4) Dit zijn de jaarlijkse rentekosten per dierplaats (rente = 3,5%)

5) Dit zijn de jaarlijkse variabele kosten per dierplaats, in dit geval inclusief onderhoudskosten (o.a. kosten voor elektra, water, zuur en arbeid)

Tabel 5 Extra investeringen en jaarkosten (ten opzichte van een combiwasser) van reeds beschikbare brongerichte emissie-reducerende maatregelen uit de Rav-lijst met een ammoniak-reductiepercentage voor gespeende biggen, kraamzeugen en vleesvarkens en dragende zeugen (ammoniakreductie-eisen in Sbv-regeling). Bij een positief getal zijn de kosten hoger, bij een negatief getal lager. In enkele gevallen konden de extra kosten niet worden berekend en zijn deze kwalitatief weergegeven: + en ++ zijn respectievelijk hogere en veel hogere kosten; 0 is vergelijkbare kosten en – en – zijn respectievelijk lagere en veel lagere kosten. Voor een verklaring van de verschillende kosten-kolommen zie Tabel 4.

Systeem	Rav code	NH ₃ (%)	Extra kosten ¹					Bestaande stallen?
			€ per dierplaats t.o.v. combiwasser					
			Investering	Jaarlijks totaal	Afschrij- ving	Rente	Variabele kosten	
Gespeende biggen								
Vlakke gecoate keldervloer met tandheugelschuifsysteem	D 1.1.1	71%	31	2	3	0,5	-1,5	Afhankelijk van situatie
Spoelgotensysteem met dunne mest en gedeeltelijk roostervloer	D 1.1.2	65%	28	-0,5	3	0,5	-3,0	Idem
Mestopvang in water in combinatie met een mestafvoersysteem	D 1.1.3	78%	5	1,2	-0,25	-0,05	1,5	Idem
Ondiepe mestkelders met water- en mestkanaal	D 1.1.4	52 - 62%	+	+				Idem
Halfrooster met verkleind mestoppervlak (max. 60% roostervloer)	D 1.1.5	43%	+	+				Idem
Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof (volledig roostervloer)	D 1.1.6	74%	22	-1	1,25	0,25	-2,5	Idem
Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof (gedeeltelijk roostervloer)	D 1.1.7	64%	26	-0,6	1,4	0,3	-2,3	Idem
Gescheiden afvoer van mest en urine door middel van hellende mestband	D 1.1.8	67%	++	++				Idem
Koeldeksysteem (150% koeloppervlak)	D 1.1.11	75%	13	0,1	0,75	0,15	-0,8	Idem
Opfokhok met schuine putwand met spoelgoten	D 1.1.12	70 - 75%	-6	-5	-1,3	-0,3	-3,4	Idem
Volledig rooster met water- en mestkanalen	D 1.1.13	71%	6	-3,7	-0,25	-0,05	-3,4	Idem
Hok met conditionering van de ligvloertemperatuur, mestkelders met water- en mestkanaal, mestkanaal met metalen driekant roostervloer met mestspleet, beide kanalen voorzien van een pan met	D 1.1.18	70%	31 ²	4,6	2,6		1,5	Idem

Systeem	Rav code	NH ₃ (%)	Extra kosten ¹					Bestaande stallen?
			€ per dierplaats t.o.v. combiwater					
			Investing	Jaarlijks totaal	Afschrij- ving	Rente	Variabele kosten	
watervulstelsysteem, dagelijkse mestafvoer uit het mestkanaal en een emitterend oppervlak van maximaal 0,062 m ² per big								
Kraamzeugen								
Spoelgotensysteem, spoelen met dunne mest	D 1.2.1	60%	562	68	71	14	-17	Afhankelijk van situatie
Schuif onder rooster	D 1.2.2, D 1.2.3, D 1.2.4	52 - 63%	362	54	35	7	13	Idem
Mestgoot met mestafvoersysteem (BWL 2010.06 schuine putwanden)	D 1.2.5	61%	Niet toegepast	-				Idem
Ondiepe mestkelders met mest- en waterkanaal	D 1.2.6	52%	Niet berekend Komt wel voor	-				Idem
Kraamopfokhok met hellende plaat	D 1.2.7	40%	Niet toegepast	0				Idem
Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof	D 1.2.8	63%	Niet toegepast	0				Idem
Schuiven in mestgoot	D 1.2.9	70%	410	46	33	7	6	Idem
Koeldekstelsysteem (150% koeloppervlak)	D 1.2.12	71%	238	27	18	4	5	Idem
Mestpan / mestbak	D 1.2.13, D 1.2.14, D 1.2.16	65%	92-344	-33 tot 1	28	6	-33	Idem
Mestpan met mestkanaal met koelstelsysteem en waterkanaal onder het kraamhok	D 1.2.20	84%	1.112	116	109	22	-15	Idem
Dragende zeugen								
Spoelgotensysteem met dunne mest bij groepshuisvesting	D 1.3.3	40%	190	1	16	3	-18	Afhankelijk van situatie

Systeem	Rav code	NH ₃ (%)	Extra kosten ¹					Bestaande stallen?
			€ per dierplaats t.o.v. combiwater					
			Investing	Jaarlijks totaal	Afschrij- ving	Rente	Variabele kosten	
Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof bij groepshuisvesting	D 1.3.4	57%	Niet meer toegepast	0				Idem
Koeldeksysteem	D 1.3.8	48%	11	-12	-5	-1	-6	Idem
Groepshuisvestingssysteem met voerligboxen of zeugenvoerstations, zonder strobed, met schuine putwanden	D 1.3.9	40 - 45%	61	-18	-2	0	-20	Idem
Rondloopstal met zeugenvoerstation en strobed	D 1.3.10	38%	-143	-43	-16,50	-3,50	-23	Ja
Gescheiden afvoer van mest en urine door middel van een V-vormige mestband	D 1.3.15	48%	Niet bekend	+				Afhankelijk van situatie
Hok met kelders met water- en mestkanaal, vloervoeding, mestkanaal met metalen driekant roostervloer met mestspleet, mest- en watergoot met schuine puntwanden, koelsysteem en watervul- /spoelsysteem in mestgoot, dagelijkse mestafvoer en een emitterend oppervlak van maximaal 0,3 m ² per varken (BWL 2019.03)	D 1.3.16	64%	249 ²	30	23	5	2	Idem
Vleesvarkens								
Mestopvang in en spoelen met NH ₃ arme vloeistof (incl. aanzuren)	D 3.2.2	47%	-9	-9	-4	-1	-4	Afhankelijk van situatie
Koeldeksysteem	D 3.2.3,	60%	-25	-11,4	-5	-0,8	-6,7	Idem
	D 3.2.6	20%	-35	-14,8	-6	-1,1	-7,7	
Mestopvang in water in combinatie met metalen driekant- roostervloer	D 3.2.5	57%	-71	-3	-7,5	-1,5	6	Idem
Mestkelders met water- en mestkanaal	D 3.2.7	67%	-23	-16,6	-5	-1	-10,6	Idem
		37%	-34	-18	-6	-1,3	-10,6	
Bollevloerhok met betonnen morsrooster en metalen driekantrooster	D 3.2.10.1	53%	-23	--				Idem
	D 3.2.10.2	33%	-34					
Hok met gescheiden mestkanalen en driekant roosters	D 3.2.11	43%	-58	-20,6	-8,3	-1,7	-10,6	idem

Systeem	Rav code	NH ₃ (%)	Extra kosten ¹					Bestaande stallen?
			€ per dierplaats t.o.v. combiwasser					
			Investering	Jaarlijks totaal	Afschrij- ving	Rente	Variabele kosten	
Spoelgotensysteem	D 3.2.12, D 3.2.13	60% 43%	Niet veel toegepast. Geuremissie!	+				Idem
Gescheiden afvoer van mest en urine door middel van een V-vormige mestband	D 3.2.16	63%	0	0	0	0	0	Idem
Hok met mestkelders met water- en mestkanaal, voerbak en watervoorziening boven het waterkanaal, mestkanaal met metalen driekant roostervloer, mestgoot met schuine putwanden, koelsysteem en watervul-/spoelsysteem, dagelijkse mestafvoer en een emitterend mestoppervlak van maximaal 0,08 m ² per varken	D 3.2.19	74%	147 ²	11	13,1	2,6	-4,7	Idem

¹ De investerings- en jaarkosten zijn bepaald ten opzichte van de standaard stal in KWIN Veehouderij (KWIN-V 2022 - 2023, 2022) met een combiluchtwasser (biologisch) met 85% reductie van ammoniak.

² De investeringen zijn gebaseerd op het meest vergelijkbare systeem met daarbij toegevoegd de kosten voor vloerkoeling en -verwarming, gekoelde mestpannen, automatisering van water en mestaflaat en extra coating op de vloeren. De variabele kosten bestaan vooral uit het benodigde water voor het verdunnen van mest en de vulling in het waterkanaal en de energie voor het koeldek. De opstapeling van technieken en alle besturing komen tot uiting in de investeringen voor deze systemen.

Uit Tabel 5 kan geconcludeerd worden dat de investeringskosten voor de meeste systemen (behalve bij vleesvarkens) hoger zijn dan voor de standaard stal met gecombineerd luchtwassysteem (biologische luchtwasser). De jaarkosten (totaalkosten op jaarbasis) variëren van veel lager tot veel hoger en zijn opgebouwd uit de kosten voor afschrijving, rente, onderhoud en variabele exploitatiekosten zoals toevoegmiddelen, afvoer van de toevoegmiddelen, etc. Systemen met bewegende delen kunnen goedkoper zijn als deze robuust zijn en weinig slijtage vertonen (spoelsystemen bijv.). Bij mestschuiven en soortgelijke technieken kan het onderhoud wel hoger zijn. Dit zal een van de zaken zijn die bij het toepassen van het systeem in de praktijk moet blijken. Ook de noodzaak van toevoegmiddelen voor het behalen van de benodigde reductiepercentages zal de jaarkosten negatief beïnvloeden. Bij sommige systemen zal er een reductie zijn van mestkosten, maar vaak is dit ook bij de standaard stal toe te passen. Daarnaast kan er op zeugenbedrijven een besparing zijn op energiekosten bij bijvoorbeeld koelsystemen. Bij veel emissiearme systemen in de stal is een aanvullende mestopslag buiten de stal nodig. De kosten hiervoor zijn weergegeven in Tabel 6. Hieruit blijkt dat een fakkel voor verbranden van de gevormde methaan relatief geringe extra kosten geven. Mono-vergisting in combinatie met een warmtekrachtkoppeling (WKK) voor productie van elektriciteit en het systeem met zuurtoevoeging aan de spoelvloeistof geven wel beduidend hogere investerings- en jaarkosten.

Het installeren van brongerichte emissiebeperkende systemen in een bestaande stal is technisch mogelijk, maar kan gepaard gaan met hoge meerkosten, met name in stallen met betonnen roosters, zoals vaak bij dragende zeugen en vleesvarkens. Voor kraamhokken en biggen kan dit, afhankelijk van de precieze situatie, beter mogelijk zijn, aangezien het daar gemakkelijker is om roosters te verwijderen en terug te leggen. Bij mestschuiven, bijvoorbeeld, kan de bewegingsmechaniek en het verzamelen van de mest buiten de stal plaatsvinden. Bij spoelen (niet bij spoelgoten) zou het ook in bestaande stallen voor vleesvarkens en zeugen kunnen, afhankelijk van het ontmestingsstelsel. De techniek voor het maken van de spoelvloeistof kan buiten de stal worden geplaatst en de spoelvloeistof kan gemakkelijk onder de roosters gebracht worden. Een aandachtspunt betreft mestdampen, die vrij kunnen komen als er mestresten zijn achtergebleven. Toepassing van nageschakelde systemen op bestaande stallen met een centraal luchtkanaal is in het algemeen goed te realiseren. Als dit centrale luchtkanaal niet aanwezig is vergt dit ook hoge investeringen.

Tabel 6 Investerings- en jaarkosten van praktijkrijpe emissiearme (mestopslag) systemen buiten de stal (€ per m³ mest).

Systeem	Kosten € per dierplaats ¹ (vleesvarkens)				
	Investering	Jaarlijks totaal	Afschrijving	Rente	Variabele kosten (incl. onderhoud)
Buitenopslag mest in een (vrijwel) afgesloten silo	40	3,7	2	0,7	1
Methaanoxidatie buitenopslag mest +Fakkel	45	4,5	2,5	0,8	1,2
Mono-vergister +WKK ²	60	10	6	1	3
Buitenopslag aangezuurde mest (na opvang verse mest in de stal) in een (vrijwel) afgesloten silo	85	11,5	6,5	1,5	3,5

¹ Per dierplaats voor vleesvarkens wordt 1,0 m³ mest geproduceerd. Per zeugenplaats (incl. biggen) wordt 5,3 m³ mest per jaar geproduceerd

² Er is een besparing op mestkelder in de stal, daarentegen is wel een na-opslag nodig; alleen de kosten zijn weergegeven, niet de opbrengsten van de elektriciteit (en warmte).

4 Discussie

Kenmerken systemen met brongerichte emissiereductie

De tabellen in hoofdstuk 3 laten zien dat er verschillende systemen beschikbaar zijn in het dierverblijf die een sterke brongerichte reductie kunnen geven van ammoniak en methaan uit de stal. Deze systemen hebben één of meerdere van de volgende kenmerken:

- Korte opslagduur van de mest in de stal (dagelijks of (twee)wekelijks afvoeren van de mest uit de stal)
- Mestverwijdering via schuiven, spoelen of met een mestband
- Klein emitterend oppervlak (geringe vloerbevuilding en klein emitterend mestoppervlak in de kelder)
- Goed doorlatende roostervloeren (vooral bij vleesvarkens)
- Koelen van de mest
- Verdunnen van de mest (waterkanaal, ammoniak- en geurvrije vloeistof)
- Mestscheiding (schuifsystemen, mestbanden)

Om te voorkomen dat ammoniak verderop in de keten alsnog emitteert uit de mest is het belangrijk dat deze mest vrijwel luchtdicht wordt opgeslagen en emissiearm wordt aangewend of wordt verwerkt tot mestproducten. Voorgaande wordt op dit moment al min of meer standaard gedaan. Voor methaan is vrijwel luchtdicht afsluiten van de mestopslag niet voldoende. In tegenstelling tot ammoniak is methaan vrijwel niet oplosbaar in mest. Dit betekent dat wanneer het gevormd wordt dit ook gaat emitteren. Om methaanproductie in de mest buiten de stal te voorkomen is het daarom belangrijk om de mest zo kort mogelijk op te slaan en direct te gebruiken op het land of te verwerken tot producten waarin geen methaan meer kan worden gevormd of biogasvorming juist te stimuleren in een biogasinstallatie (op het eigen bedrijf of in een centrale biogasinstallatie).

De huidige systemen die geur reduceren hebben één of meerdere van de volgende kenmerken:

- Schuiven of mestbanden onder de roostervloer met dagelijkse mestverwijdering
- Regelmatige mestverwijdering (dagelijks/wekelijks) in hokken met water- en mestkanaal (gespeende biggen en vleesvarkens)
- Rondloopstal met strobed voor dragende zeugen

Vooral bij kraamzeugen zijn er op dit moment weinig systemen beschikbaar die geur reduceren. Opgemerkt moet worden dat de geuremissies van brongerichte emissiereductie-maatregelen nog maar beperkt bemeaten zijn. Dit is, naast de grote variatie in de metingen, ook de reden dat er in de Rav-lijst weinig onderscheid wordt gemaakt tussen de verschillende systemen in geuremissiefactoren. Daarom bieden brongerichte maatregelen voor de veehouder vaak geen voordeel om te kunnen voldoen aan de geurnormen.

Aangezien de meeste brongerichte systemen die de emissies reduceren gericht zijn op de mest in de mestkelders, hebben deze maatregelen weinig of geen effect op de emissie van fijnstof. Fijnstof ontstaat immers vooral uit opgedroogde mest op de vloer en van bevulde dieren en van huidschilfers van de dieren (Cambra-López et al., 2011). Technieken die zich richten op fijnstofreductie zijn gebaseerd op ionisatie, olieleveling, olienippel of luchtwassing.

Nauwkeurigheid emissiereducties en robuustheid systemen

De emissiereducties zoals aangegeven in de tabellen in hoofdstuk 3 zijn indicaties van de te verwachten emissies. Alhoewel de emissiereducties voor ammoniak vrijwel in alle gevallen zijn bemeaten, zijn deze reducties gebaseerd op een goede werking van het systeem. Hoe dit uitwerkt in de praktijk op individuele bedrijven is mede afhankelijk van de precieze uitvoering, van het precieze management van het complete systeem en van het noodzakelijke onderhoud van de technische onderdelen van het systeem. De precieze uitvoering kan gecheckt worden door een goede en gedetailleerde beschrijving te maken van het systeem in een leaflet en deze beschrijving te gebruiken bij het ontwerp van de stal. In veel van de huidige leaflets is er vaak nog veel ruimte om varianten aan te brengen, die niet altijd even goed hoeven en ook blijken te functioneren. Via een goede en regelmatige controle op de bedrijven zal gecheckt moeten worden of het management en het onderhoud van het systeem ook adequaat zijn. Omdat vooral de ammoniakreductie sterk afhankelijk

is van de uitvoering en het management van het systeem, verdient het aanbeveling om de ammoniakemissie continu te monitoren m.b.v. ammoniak- en CO₂-sensoren in enkele afdelingen die uitgerust zijn met het emissiearme systeem. De varkenshouder heeft daarmee continu inzicht in de ammoniakemissie en de luchtkwaliteit in zijn stal. De luchtkwaliteit in de stal is van direct belang voor de gezondheid en de productie van de varkens. Op basis van de continue metingen zijn ook verwachtingscurves te maken voor de ammoniakemissie in de volgende productieperioden. Deze verwachtingscurves kunnen rekening houden met eventuele verschillen tussen seizoenen. Als de ammoniakemissie afwijkt van deze verwachtingscurve, zonder dat dit verklaard kan worden door veranderingen in het voer of het management, kan dat reden zijn om het emissiearme systeem te controleren en waar nodig te verbeteren c.q. te onderhouden. Op dit moment worden sensoren die ammoniak en CO₂ continu kunnen meten al uitgebreid getest in de praktijk (Korevaar and Winkel, 2022). Borging van de kwaliteit van deze meetsystemen via regelmatige controle en kalibratie van sensoren is op dit moment in onderzoek.

Brongerichte en/of nageschakelde technieken

Het grote voordeel van brongerichte maatregelen om emissies te beperken is dat het stalklimaat hiermee duidelijk wordt verbeterd. In stallen zonder emissiearme maatregelen worden in de winter vaak hoge concentraties ammoniak gemeten. In onderzoek van ca. 10 jaar geleden werden daggemiddelde concentraties gemeten in vleesvarkensstallen die op konden lopen tot max. 60 ppm ammoniak. Ook bij gespeende biggen en dragende zeugen werden maximale daggemiddelde concentraties boven de 20 ppm gemeten. Door effectieve brongerichte maatregelen kunnen deze concentraties sterk worden verlaagd tot onder de 10 of zelfs onder de 5 ppm (lopend onderzoek). Aangezien veel brongerichte maatregelen zijn gericht op een snelle verwijdering van de mest uit de stal, wordt de methaanemissie hiermee ook sterk gereduceerd in de stal. Naast vermindering van stikstofemissies is de vermindering van emissies van broeikasgassen één van de belangrijke opgaven voor de komende jaren. In varkensstallen emitteert methaan vooral uit de mest die langdurig wordt opgeslagen in de mestkelders. Door de relatief (ten opzichte van buitenopslag) hoge temperaturen van de mest in de stal wordt er relatief veel organische stof omgezet in methaan. Echter, zoals hiervoor aangegeven, is het belangrijk om te voorkomen dat methaan in het vervolg van de mestketen alsnog wordt gevormd en emitteert.

Het voordeel van luchtwassers als nageschakelde techniek is dat deze de emissies van vooral ammoniak sterk kunnen reduceren, variërend van 70 tot 95%. Biologische en gecombineerde luchtwassers geven daarnaast ook een redelijke geurreductie (30 - 45%) en een hoge fijnstofreductie (60 - 80%). De verwachting is dat door gericht onderzoek de geurreductie van luchtwassers nog verbeterd kan worden de komende jaren. Een andere voordeel van luchtwassers is dat ze in het algemeen beter zijn te implementeren in bestaande stallen dan brongerichte maatregelen. Daarvoor is het wel nodig dat er een centraal afvoerkanaal aanwezig is voor de lucht. Voor de huidige luchtwassers geldt dat ze methaan niet uit de lucht kunnen halen. Een ander belangrijk nadeel van luchtwassers is dat compartimentering van stallen in verband met brandveiligheid (voorkomen van verspreiding van brand) moeilijk is te realiseren. Dit zal ook de nodige aandacht vergen in de komende jaren.

Aanbevelingen voor goede technieken en combinaties van technieken

Uit de voorbeelden in paragraaf 3.1 blijkt dat door de combinatie van brongerichte en nageschakelde technieken er een sterke integrale reductie kan worden bereikt van alle vervuulende componenten (ammoniak, geur, methaan en fijnstof). Een belangrijk nadeel hiervan is echter dat de kosten hiermee sterk worden verhoogd. Veel varkenshouders zijn vaak om de volgende twee redenen gemotiveerd om brongerichte maatregelen toe te passen: 1) verbetering van het stalklimaat; 2) besparing op kosten nageschakelde techniek. Voor sommige varkenshouders is 3) brandveiligheid ook een belangrijke reden. Het centrale afzuigkanaal geeft op zich geen verhoogd risico op brand, maar kan er voor zorgen dat, wanneer er ergens brand ontstaat, deze zich snel kan verspreiden via dit centrale kanaal. In het centraal luchtkanaal hoopt zich vaak ook veel stof op dat afkomstig is uit de verschillende varkensafdelingen en dit stof is een energiebron voor de brand (Bokma-Bakker et al., 2012). Bij toepassing van centrale luchtkanalen is brandpreventie daarom heel belangrijk. Op dit moment worden onderzoeken gedaan om de mogelijkheden daarvoor te inventariseren en te testen. Het centraal luchtkanaal is overigens niet alleen ontstaan om een luchtwasser te kunnen plaatsen. In het verleden was energiebesparing vaak een belangrijke reden om een centraal luchtkanaal te maken. Echter, met de huidige technieken kan dit inmiddels ook gerealiseerd worden door afzuiging per afdeling. Door een combinatie van brongerichte en nageschakelde technieken zijn hoge emissiereducties van alle componenten te bewerkstelligen maar verdwijnen de hiervoor genoemde voordelen van punt 2 en 3.

Buiten de stal op het erf moet voorkomen worden dat de vervuilende gasvormige componenten en fijnstof alsnog emitteren. Volledig afsluiten van de mestopslag, met een overdrukventiel en een fakkel kan hiervoor een optie zijn. De fakkel kan er voor zorgen dat methaan en geurcomponenten worden geoxideerd tot minder vervuilende componenten. De gassen die ontstaan in de buitenmestopslag kan ook door een veldfilter worden gehaald waarin geurcomponenten en methaan worden geoxideerd. Aan dit systeem wordt nog onderzoek gedaan. Beter dan affakkelen is het gebruik maken van de methaan als groene energie, b.v. door de productie van biogas te stimuleren in een biogasinstallatie. Na zuivering kan het gas direct worden gebruikt als brandstof. Eventueel kan het via een warmtekrachtinstallatie worden omgezet in elektriciteit en warmte. De elektriciteit kan aan het net worden geleverd en de warmte kan benut worden voor het verwarmen van de biogasinstallatie.

Literatuur

- Aarnink, A., Groot, J.d., Booijen, M., 2021. Analyse beschikbare technieken voor integrale emissiereductie in varkensstallen. Wageningen Livestock Research, Rapport / Wageningen Livestock Research : 1332.
- Bokma-Bakker, M., Hagen, R., Bokma, S., Bremmer, B., Ellen, H., Hopster, H., Neijenhuis, F., Vermeij, I., Weges, J., 2012. Onderzoek naar brandveiligheid voor dieren in veestallen= Study regarding fire safety of barns for farm animals. Wageningen UR Livestock Research.
- Cambra-López, M., Hermosilla, T., Lai, H.T., Aarnink, A.J.A., Ogink, N.W.M., 2011. Particulate matter emitted from livestock houses: On-farm source identification and quantification. Transactions of the ASABE 54, 629-642.
- Korevaar, M., Winkel, A., 2022. Quick scan sensortechnologie voor monitoring luchtkwaliteit en emissies in de veehouderij. Wageningen Livestock Research.
- KWIN-V 2022 - 2023, 2022. Handboek Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2022 - 2023 (KWIN-Veehouderij). Wageningen Livestock Research, Wageningen.

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

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.

