



Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a

Nico Ogink, Julio Mosquera, Annemieke Hol



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a

Measurement protocol for ammonia emission from housing systems in livestock production 2013a

N.W.M. Ogink
J. Mosquera
J.M.G. Hol

Wageningen Livestock Research
Wageningen, juli 2017

Samenvatting

Dit rapport is een herziening van het 'Meetprotocol voor ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013' (rapport 726). De wijziging zijn opgenomen in een addendum met vervanging van nader aangeduide tekstonderdelen van rapport 726 door bijgestelde tekstonderdelen.

Summary

This measurement protocol is a revision of the protocol published in Livestock Research report 726 in 2013. The revision is outlined in an addendum which replaces specified text sections of report 726.

Dit rapport is gratis te downloaden op <http://dx.doi.org/10.18174/418425> 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 onderzoeksoopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

	Addendum met bijlage 1 en 2	
1	Inleiding	1
2	Meetstrategie	4
3	Meetmethoden	6
4	Landbouwkundige randvoorwaarden	8
5	Berekening emissiefactor	9
6	Meetrapport	12
	Literatuur	14
	Bijlage A Onderverdeling van diercategorieën naar drie types emissiepatronen	15
	Bijlage B Landbouwkundige randvoorwaarden per diercategorie	17
	Bijlage C Leegstandspercentages per diercategorie	30
	Bijlage D Leegstandspercentages per diercategorie	32
	Bijlage E1 Aanpassing van het meetprotocol voor luchtwassers	33
	Bijlage E2 Aanpassing voor biofilters	34
	Bijlage F Vergelijking van meetstrategieën: metingen met en zonder een referentiesysteem	36

Voorwoord protocol 2010

In 2007 heeft het toenmalige ministerie van VROM (thans onderdeel van het ministerie van Infrastructuur en Milieu) opdracht gegeven aan de Animal Sciences Group van Wageningen UR om advies uit te brengen over de vernieuwing van het meetprotocol voor de vaststelling van emissiefactoren voor huisvestingssystemen in de veehouderij. Tot dan toe werd voor het meten van de ammoniakemissie gebruik gemaakt van de Beoordelingsrichtlijn Groen Label (beoordelingsrichtlijn voor het toekennen van Groen Label aan emissie-arme stalsystemen). Deze beoordelingsrichtlijn, die in 1993 werd vastgesteld en in 1998 voor het laatst is herzien, werd in het licht van nieuwe inzichten en ontwikkelingen als verouderd beschouwd. In het kader van deze opdracht werd in 2008 het rapport "Bouwstenen voor een nieuw meetprotocol ammoniak-emissiemetingen voor huisvestingssystemen in de veehouderij" opgesteld. Dit rapport vormt de basis voor het nieuwe "Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010". De inhoud van het nieuwe meetprotocol is bepaald aan de hand van kennis van de technische eigenschappen en emissies uit veel voorkomende huisvestingssystemen in Nederland. In dit protocol zijn de ervaringen verwerkt van de stalemissiemetingen die in het verleden zijn verricht, vanaf de start van reguliere emissiemetingen voor de toenmalige Stichting Groen Label in de jaren negentig, tot de hedendaagse metingen voor overheid en bedrijfsleven. Een belangrijke wijziging ten opzichte van de Beoordelingsrichtlijn Groen Label betreft de overgang naar een bemonsteringstrategie waarin meerdere stallocaties zijn opgenomen. Op deze wijze wordt rekening gehouden met het effect van specifieke bedrijfsmanagementfactoren op de emissie van een huisvestingssysteem.

Dit meetprotocol bevat de meest recente inzichten in het meten van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen. Voortschrijdende kennis en ervaringen kunnen het echter wenselijk maken dit meetprotocol aan te passen. Om noodzakelijke verbeteringen te kunnen doorvoeren, zal dit meetprotocol met enige regelmaat worden herzien.

In bijzondere gevallen is afwijking van de in dit meetprotocol voorgeschreven werkwijze wenselijk of zelfs noodzakelijk. Als een huisvestingssysteem qua inrichting te zeer afwijkt van gebruikelijke emissiereducerende systemen waarop dit protocol is gebaseerd, zal een alternatieve, op dat specifieke geval toegesneden meetmethode moeten worden ontwikkeld, waarbij de meetnauwkeurigheid vergelijkbaar is met het voorliggende protocol. De noodzaak tot het hanteren van een alternatieve meetstrategie kan zich onder andere voordoen bij systemen die moeilijk te bemeten zijn (zoals zeer open stallen) en bij huisvestingssystemen waarbij het emissieverloop moeilijk voorspelbaar is (zoals in bijzonder vernieuwende concepten). Geadviseerd wordt om in geval van twijfel over de toepasbaarheid van dit meetprotocol, of wanneer de wens bestaat van dit protocol af te wijken, het (aangepaste) meetplan en/of het onderliggende protocol nog vóór aanvang van de metingen te laten toetsen. Hiertoe kan een verzoek worden ingediend bij Agentschap NL, t.a.v. het secretariaat Rav, Postbus 8242, 3503 RE Utrecht. Een standaard-format voor het indienen van een dergelijk verzoek vindt u op de website van Agentschap NL (www.agentschapnl.nl/rav).

Tot slot wil ik mijn dank uitspreken voor de waardevolle inbreng van betrokken beleidsmedewerkers van de overheid en betrokken collega's van Livestock Research. Deze inbreng heeft in belangrijke mate bijgedragen aan de uiteindelijke kwaliteit van dit nieuwe meetprotocol.

Nico Ogink

Projectleider
Wageningen UR Livestock Research
Januari 2011

Voorwoord protocol 2013

Zoals aangegeven in meetprotocol 2010 (Livestock Research rapport 454) kan nieuwe kennis en voortschrijdend inzicht in nieuwe protocollen worden opgenomen. In dit nieuwe protocol is naast de bestaande aanpak een gelijkwaardig alternatieve meetopzet opgenomen die is gebaseerd op verschillende metingen gelijktijdig uitgevoerd in het te onderzoeken stalsysteem en een referentie-stalsysteem met een bekende emissiefactor. Deze aanpak wordt ook wel de control-case opzet genoemd en is ontleend uit het internationale VERA-protocol. Deze werkwijze kan bij diercategorieën worden uitgevoerd waar huisvesting in meerdere identieke afdelingen plaatsvindt. De opzet kan tot nauwkeuriger meetresultaten leiden en is kostenbesparend. Dit meetprotocol is daardoor tevens geschikt voor het vaststellen van het effect van voer- en managementmaatregelen op de ammoniakemissie uit een gegeven huisvestingssysteem ten opzichte van een referentieniveau.

Daarnaast bestond er behoefte aan het actualiseren van de landbouwkundige randvoorwaarden in de bijlage. Het gaat hier met name om de voersamenstelling. In dit herziene protocol zijn deze aangepast.

De hoofdtekst van protocol 2010 is zoveel mogelijk gehandhaafd en alleen gewijzigd waar het de hiervoor genoemde aanvullingen betreft. Onze dank gaat uit naar leden van de Technische Advies Commissie Rav voor het beoordelen van de tekstaanpassing en het aandragen van suggesties voor tekstverbeteringen. De samenstellers hopen met dit herziene protocol bij te dragen aan een efficiënte ontwikkeling van emissiearme stalsystemen als onderdeel van een verbeterd duurzame veehouderij in Nederland.

Nico Ogink

Projectleider
Wageningen UR Livestock Research
September 2013

Voorwoord protocol 2013a

Het meetprotocol 2013 is geactualiseerd in afstemming met, en instemming van: RVO.nl, de Technische Advies Commissie Rav, en de door RVO.nl ingestelde klankbordgroep met meetorganisaties, bestaande uit Bureau Blauw, Envivice, Wageningen Livestock Research en Pro-Monitoring. **De aanpassing bestaat uit een addendum met vervanging van nader aangeduide tekstonderdelen in een aantal hoofdstukken.** De betreffende tekstonderdelen in de vorige versie (2013) die worden vervangen, zijn grijs gemarkeerd. De eindredactie van het addendum is uitgevoerd door RVO.nl.

Nico Ogink

Wageningen Livestock Research
Juli 2017

Addendum met bijlage 1 en 2

Addendum bij Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a

Hoofdstuk 2 Meetstrategie

Pagina 5. Punt 8. Vervanging tekst door :

Metingen aan melkveestallen dienen alleen te worden uitgevoerd bij permanent opstallen van alle dieren.

Hoofdstuk 3 Meetmethoden

Pagina 7. Vervanging tekst door:

Uitvoering emissiemeting natuurlijk geventileerde stallen

De volgende randvoorwaarden gelden voor de stal met het te bemeten huisvestingssysteem.

- De stal met het te bemeten huisvestingssysteem mag niet in open verbinding staan met een stal met een ander huisvestingssysteem.
- Bij toepassing van de ratio-methode op basis van de CO₂-massabalans dienen de dieren gedurende de hele meetsessie van 24 uur in de te meten stal aanwezig te zijn.

In open natuurlijke geventileerde stallen met grote ventilatieopeningen kunnen de inlaat- en uitlaatstromingspatronen sterk wisselen tijdens de meting waardoor het vaststellen van een representatieve verhouding tussen tracergas- en ammoniakconcentraties wordt bemoeilijkt. De oriëntatie van de stal en de windrichting spelen hier een belangrijke rol. Metingen kunnen ook worden verstoord door de directe nabijheid van andere bronnen (stallen, voer- en mestopslagen,...) waardoor concentraties in de binnentredende lucht sterk kunnen variëren. Hier zijn oriëntatie, windrichting en afstand tot omliggende bronnen van belang. Om deze risico's zo klein mogelijk te maken dienen de metingen volgens de hieronder weergegeven voorschriften worden uitgevoerd. Bij deze voorschriften wordt uitgegaan van stallen met inlaatopeningen aan de beide lange zijden van de stal.

Uitvoering bemonstering en meting stalluchtconcentraties.

Om zo goed mogelijk gemengde lucht van tracergas en ammoniak op een representatieve wijze te kunnen bemonsteren dient de uitvoering van de bemonstering te voldoen aan de volgende voorwaarden.

- Monsterpunten dienen minimaal op een hoogte van 3 meter boven het emitterend oppervlak te worden geplaatst.
- In het geval van de aanwezigheid van een nok-uitlaat, dienen de monsterpunten minimaal 2 meter onder de nok te worden geplaatst om het risico op bijmenging met buitenlucht te minimaliseren.
- De monsterpunten dienen over de gehele lengte van de stal te worden verdeeld, met minimaal 1 monsterpunt per 10 meter stallengte.
- De bemonsteringspunten dienen bij een symmetrische staluitvoering met nok-uitlaat in de middenlijn (parallel aan de lange kant) van de stal te worden geplaatst.
- Bij stallen met dwarsventilatie zonder nok-uitlaat kunnen meerdere monsterleidingen in de lengte worden aangelegd, onder voorwaarde dat leidingen op minimaal 2 meter afstand van de buitenzijde worden geplaatst.
- Bemonstering kan geschieden met een verzamelleiding onder voorwaarde dat de inlaatpunten worden uitgerust met kritische capillairen om een gelijke inlaatstroom op alle punten op te leggen.
- Tijdens de monsternamen dient het ventilatiemanagement op reguliere wijze te worden uitgevoerd. Afwijking hiervan door verkleining van inlaatopeningen om betere menging in de stal te realiseren is niet toegestaan.

Uitvoering bemonstering binnentredende lucht

De ratio-methode is gebaseerd op het vaststellen van concentratieverschil tussen stallucht en binnentredende lucht voor zowel tracergas als ammoniak. Om de stal heen liggende emitterende bronnen, zoals andere stalgebouwen en eventueel voer- en mestopslagen, kunnen leiden tot lokaal sterk variërende concentraties van CO₂-tracer en ammoniak in de binnentredende lucht. Het niveau van deze concentraties kan daarmee aanzienlijk boven de gemiddelde regionale achtergrondconcentratie komen te liggen. Deze verhogingen kunnen daardoor het vast te stellen concentratieverschil aanzienlijk beïnvloeden. Voor het vaststellen van emissiefactoren dienen stallocaties met nabij liggende sterke bronnen daarom zoveel mogelijk te worden gemeden, en waar mogelijk dienen deze externe bronnen tijdens metingen te worden afgeschermd of uitgeschakeld.

Per stallocatie zal de bemeetbaarheid vooraf beoordeeld moeten worden. Vastgesteld moet worden of de omvang, het aantal en de nabijheid van omliggende bronnen geen beletsel vormen voor representatieve bemonstering van de binnentredende lucht.

Voor de bemonstering van de binnentredende lucht dient aan de volgende voorwaarden te worden voldaan:

- De binnentredende lucht dient bovenwinds van de stal te worden bemonsterd.
- De monsternamenpunten dienen minimaal 5 meter van de stal te zijn verwijderd om het risico van bijmenging van uittredende stallucht te vermijden.
- Bij de aanwezigheid van in de nabij liggende emitterende bronnen dienen de monsternamenpunten tussen de bron en de stal te worden geplaatst.
- Afhankelijk van de verwachte ruimtelijke variabiliteit en invloed van andere bronnen dienen voldoende monsternamenpunten te worden opgesteld om het effect van deze bronnen op de binnentredende lucht vast te kunnen stellen.
- Windrichting en windsnelheid worden voor elke meetsessie gedocumenteerd.

Hoofdstuk 5 Berekening emissiefactor

Pagina 10 .Vervanging paragraaf 'Berekening emissiefactor bij melkvee met weidegang en permanent opstallen' door:

Berekening emissiefactor melkvee

De emissiemetingen worden uitgevoerd bij permanent opstallen en de emissiefactor wordt voor deze situatie berekend en gerapporteerd. Bij toepassing van de ratio-methode op basis van de CO₂-massabalans dient voor de berekening van de CO₂-stalproductie in de afzonderlijke meetsessies gebruik gemaakt te worden van de CIGR rekenregels, zoals vastgelegd in de meest actuele versie van het door RVO.nl verstrekte rekenwerkblad.

Hoofdstuk 6 Meetrapport

Pagina 12. Materiaal en Methoden. Vervanging tekst in eerste paragraaf Emissiereducerend principe onderzocht huisvestingsstelsel, voer- of managementmaatregel, door:

De beoogde werking van het emissiereducerende principe in de meetstal wordt in chemisch/fysische termen toegelicht. In het geval van een meting aan een proefstal (conform Proefstalregeling Rav) wordt de proefstalbeschrijving gerapporteerd, en eventuele afwijkingen tussen de proefstalbeschrijving en de meetstal gerapporteerd.

Pagina 13, Resultaten. Vervanging tekst na eerste opsommingsteken (Alle relevante zoötechnische parameters en omgevingsparameters tijdens de metingen, inclusief de wijze waarop tijdens de meetperiode voldaan wordt aan de welzijnsnormen voor de betreffende diercategorie) door:

Alle relevante zoötechnische parameters en omgevingsparameters tijdens de metingen worden samengevat en waar relevant voor het emissieniveau toegelicht. In tabelvorm wordt per meetsessie het wel of niet voldoen aan elk van de toepassing zijnde landbouwkundige randvoorwaarden weergegeven.

Pagina 13. Resultaten. Vervanging tekst na tweede opsommingsteken (Verslag van de gemeten debieten concentraties en emissies in samenvattende tabel- of grafiekvorm) door:

In een samenvattende tabel worden per meting de volgende waarnemingen vastgelegd; aantal dieren (per diercategorie indien van toepassing), dierplaatsen, ammoniakconcentraties binnentredende lucht, ammoniakconcentraties stallucht, debieten, staltemperatuur, luchtvochtigheid, emissies per dierplaats. In het geval van metingen aan een natuurlijk geventileerde melkveestal worden eveneens vermeld het aantal afgedekte ligboxen (met toebehorende loopvloer), de CO₂-concentratie van binnentredende lucht en stallucht en het berekende debiet. Zie hiervoor ook berekening emissiefactoren open melkveestallen (bijlage 1 en 2).

Pagina 13. Discussie en conclusies. Vervanging tekst door:

Dit hoofdstuk dient minimaal de volgende onderdelen te bevatten:

- Bespreking van de resultaten in relatie tot het werkingsprincipe van het emissiereducerend systeem en de omvang van de reductie t.o.v. het referentieniveau van stallen zonder emissiereducerende systemen.
- Bespreking van de resultaten in relatie tot uit de literatuur bekende emissieniveaus van vergelijkbare systemen.
- Bespreking van de betrouwbaarheid en de plausibiliteit van de gemeten concentraties en hieruit berekende emissie waarden, evenals de representativiteit van de meetstal voor de praktijk.
- Ter afsluiting dienen de hoofdelementen van de resultaten en de discussie in concluderende zin te worden samengevat.

Bijlage 1 Bij Addendum publicatie Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a

Berekening emissiefactoren open melkveestallen

1. Criteria voor acceptatie van metingen in meetrapporten

Meetsessies uitgevoerd voor 01-07-2017 worden beoordeeld volgens document screeningsformat besluit I en M dd 06-02-2017.

Meetsessies uitgevoerd na 01-07-2017 dienen te voldoen aan meetprotocol voor meting ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013 a (is inclusief addendum).

2. Berekening emissiefactoren in relatie tot meetbenadering

Voor de berekening van een emissiefactor van een huisvestingssysteem worden de vastgestelde meetwaarden (E_{ijk} ; vloersysteem i , locatie j , en meetdag k) op de bemeten bedrijfslocaties j voor elke meetdag k gestandaardiseerd voor buitentemperatuur, melkureumgehalte en beloopbaar oppervlak (zie hoofdstuk 4 voor berekeningswijze en onderbouwing). Afhankelijk van de gekozen meetbenadering wordt de volgende berekeningswijze toegepast voor het berekenen van de emissiefactor EF:

1. Meetbenadering A (proefstal benadering): de metingen worden uitgevoerd op minimaal 4 verschillende bedrijfslocaties die zijn uitgerust met het te onderzoeken systeem. Op elke locatie wordt de emissie in de onderzoeksafdeling gemeten.

- Per vloersysteem wordt gekeken of het aantal metingen (per locatie, en totaal voor alle locaties) voldoet aan de acceptatiecriteria in het meetprotocol (minimaal 4 van de 6 voorgeschreven metingen per locatie, en 80% van het totaal aantal metingen op alle locaties dient bruikbaar te zijn).
- Voldoet het vloersysteem niet aan die criteria, dan wordt geen emissiefactor bepaald. Als aan die criteria wordt voldaan, dan wordt de emissiefactor voor vloersysteem i (EF_i) bepaald als:

$$EF_i = \frac{1}{j * k} * \sum_j \sum_k E_{ijk}$$

2. Meetbenadering B (case control benadering): de metingen worden uitgevoerd op 2 verschillende bedrijfslocaties die zijn uitgerust met afdelingen waarin het te onderzoeken systeem is aangebracht (case) en afdelingen met een referentiesysteem met bekende emissiefactor (control). De emissies worden gelijktijdig bemeten in beide afdelingen. Een emissiefactor volgens deze benadering wordt bepaald door de volgende berekeningswijze toe te passen:

- Per vloersysteem wordt gekeken of het aantal metingen (per locatie, en totaal voor alle locaties) voldoet aan de acceptatiecriteria in het meetprotocol (minimaal 4 van de 6 voorgeschreven metingen per locatie, en 80% van het totaal aantal metingen op alle locaties dient bruikbaar te zijn).
- Voldoet het vloersysteem niet aan die criteria, dan wordt geen emissiefactor bepaald. Als wel aan de criteria wordt voldaan, dan wordt de emissiefactor bepaald volgens de hieronder beschreven procedure:
 - Per vloersysteem i , worden eerst de emissies per locatie j en meetdag k van zowel de case-afdeling ($E_{case_{ijk}}$) als de controle-afdeling ($E_{controle_{ijk}}$) bepaald.
 - Daarna wordt per vloersysteem i , locatie j en meetdag k de emissiereductie (ER_{ijk}) bepaald volgens:

$$ER_{ijk} = 100 \times \left(1 - \frac{E_{case_{ijk}}}{E_{controle_{ijk}}} \right)$$

- Vervolgens wordt de gemiddelde emissiereductie van vloersysteem i bepaald volgens:

$$ER_i = \frac{1}{j * k} * \sum_j \sum_k ER_{ijk}$$

- Tenslotte wordt de absolute emissie van het vloersysteem (case) bepaald door de gemiddelde emissiereductie te vermenigvuldigen met de emissiefactor van het systeem dat toegepast is in de controle-afdeling.

Als voorbeeld, wanneer in de controle-afdeling traditionele huisvesting (Rav-code: A1.100) is toegepast, dan wordt de absolute emissie van het vloersysteem i (E_i) bepaald volgens:

$$E_i = \frac{ER_i}{100} \times 13$$

3. **Meetbenadering C (combinatie meetbenadering A en B):** de metingen worden uitgevoerd op twee bedrijfslocaties volgens meetbenadering A en op 1 locatie volgens meetbenadering B.
- Per vloersysteem wordt gekeken of het aantal metingen (per locatie, en totaal voor alle locaties) voldoet aan de acceptatiecriteria in het meetprotocol (minimaal 4 van de 6 voorgeschreven metingen per locatie, en 80% van het totaal aantal metingen op alle locaties dient bruikbaar te zijn).
 - Voldoet het vloersysteem niet aan die criteria, dan wordt geen emissiefactor bepaald. Als aan die criteria wordt voldaan, dan wordt de volgende procedure toegepast:
 - Voor de twee locaties die gemeten zijn volgens meetstrategie A worden de emissies (E_{ijk}) per vloersysteem i , locatie j ($j=1, 2$) en meetdag k bepaald volgens de procedure beschreven onder “meetstrategie A”.
 - Voor de locatie die gemeten is volgens meetstrategie B worden de emissies (E_{ijk}) per vloersysteem i , locatie j ($j=3$) en meetdag k bepaald volgens de procedure beschreven onder “meetstrategie B”.
 - Tenslotte wordt de emissiefactor voor vloersysteem i (EF_i) bepaald als:

$$EF_i = \frac{1}{j * k} * \sum_j \sum_k E_{ijk}$$

3. Emissieberekening met CO₂ massabalansmethode – berekeningswijze

Een randvoorwaarde van de ratiomethode is dat de concentraties van NH₃ en de tracergas (in dit geval CO₂) op dezelfde meetpunten (en met dezelfde meetfrequentie) gemeten moeten worden. Op een nauwkeurige schatting van de emissie te verkrijgen is het van belang dat de concentratieratio's per meetpunt worden geschat en daarna een gemiddeld van deze waarden wordt genomen, in plaats dan eerst een gemiddelde concentratie van al die punten te bepalen en daarna de ratiomethode te gebruiken.

De ammoniakemissies (E_i ; in kg/jaar per dierplaats) worden per meetdag i bepaald op basis van de geschatte CO₂-productie in de stal (PCO_{2i} ; in m³ CO₂/uur), en de gemiddelde concentratieratio van CO₂ en NH₃ (CR_i) over alle meetpunten m waar CO₂- en NH₃-concentraties tegelijkertijd in de stal gemeten zijn:

$$E_i = PCO_{2i} * CR_i * \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} * \frac{24 \text{ uur}}{1 \text{ dag}} * \frac{365 \text{ dagen}}{1 \text{ jaar}} * \frac{1}{\text{dierplaats}} \quad (1)$$

$$CR_i = \frac{1}{m} * \sum_m \frac{(NH_3)_{im}^{stal} - (\overline{NH_3})_i^{buiten}}{(CO_2)_{im}^{stal} - (\overline{CO_2})_i^{buiten}} \quad (2)$$

$$\overline{C}_i^{buiten} = \sum_m C_{im}^{buiten}; \quad C = NH_3 \text{ of } CO_2 \quad (3)$$

C_{im}^{stal} : CO₂- en NH₃-stalconcentratie (24-uursgemiddelde; in mg/m³) gemeten bij meetpunt m op meetdag i .

C_{im}^{buiten} : CO₂- en NH₃-concentratie in de ingaande lucht (24-uursgemiddelde; in mg/m³) gemeten bij meetpunt m op meetdag i .

$\overline{C}_i^{buiten}$: gemiddelde CO₂- en NH₃-concentratie in de ingaande lucht (24-uursgemiddelde; in mg/m³) op meetdag i van alle meetpunten m die gebruik worden om de concentratie in de ingaande lucht te bepalen.

Het meetprotocol voor ammoniak (Ogink et al., 2013) geeft aan dat, per meetlocatie, zes metingen (meetperioden) uitgevoerd moeten worden van een duur van minimaal 24 uur.

Wanneer een meetperiode meer dan 1 dag (24-uur) bevat, worden voor die meetperiode eerst de emissies per dag volgens vergelijking 1 bepaald. Hierin wordt de concentratie-verhouding (NH₃stal – NH₃buiten)/(CO₂stal – NH₃buiten) van meetdag i berekend uit het gemiddelde van deze verhoudingen op de afzonderlijke meetpunten

op dag i. De gemiddelde emissie van die meetperiode wordt daarna bepaald door de emissies van alle dagen in die meetperiode te middelen.

CO₂ productiemodel

De CO₂-productie in de stal (PCO₂ in vergelijking 1) wordt berekend met behulp van de CIGR rekenregels (CIGR, 2002; Pedersen e.a., 2008). Op basis van het gemiddelde gewicht van de dieren (*m*; kg), de gemiddelde drachttijd (*p*; dagen in dracht), de melkproductie (*Y₁*; kg melk/dag per dier), en bij jongvee de gewichtstoename (*Y₂*; kg/dag) en energiewaarde van het voer (*M*; MJ/kg drogestof) worden de volgende producties berekend:

$$PCO_2 \text{ (melkvee)} = 0,2 * (5,6m^{0,75} + 22 * Y_1 + 1,6 * 10^{-5} * p^3) / 1000$$

$$PCO_2 \text{ (droogstaandekoeien)} = 0,2 * (5,6m^{0,75} + 1,6 * 10^{-5} * p^3) / 1000$$

$$PCO_2 \text{ (drachtige pinken)} = 0,2 * \left(7,64 m^{0,69} + Y_2 * \left(\frac{23}{M} - 1 \right) * \left(\frac{57,27 + 0,302 * m}{1 - 0,171 * Y_2} \right) + 1,6 * 10^{-5} * p^3 \right) / 1000$$

$$PCO_2 \text{ (pinken, niet drachtig)} = 0,2 * \left(7,64 m^{0,69} + Y_2 * \left(\frac{23}{M} - 1 \right) * \left(\frac{57,27 + 0,302 * m}{1 - 0,171 * Y_2} \right) \right) / 1000$$

In de CIGR-rekenregels wordt een CO₂-productie aangenomen van 0,2 m³/uur/hpu (inclusief CO₂-productie (<10% uit mest).

De totale CO₂-productie in de stal (m³ CO₂/uur; standaardtemperatuur van 20 °C) wordt bepaald als:

$$\begin{aligned} PCO_2 = & PCO_2 \text{ (melkvee)} * \text{aantal melkkoeien} \\ & + PCO_2 \text{ (droogstaande koeien)} * \text{aantal droogstaande koeien} \\ & + PCO_2 \text{ (drachtige pinken)} * \text{aantal drachtige pinken} \\ & + PCO_2 \text{ (pinken, niet drachtig)} * \text{aantal pinken (niet drachtig)} \end{aligned}$$

Aangezien tijdens de metingen de staltemperatuur (*t_{stal}*) anders is dan 20°C, moet een correctiefactor worden toegepast om de werkelijke CO₂-productie PCO₂ in de stal te bepalen:

$$PCO_2 = PCO_2 * (1000 + 4 * (20 - t_{\text{stal}})) / 1000$$

Parameters

Voor het CO₂-productiemodel zijn een aantal productiegegevens nodig.

Melkproductie en –samenstelling worden altijd gemeten en gerapporteerd. De andere benodigde parameters (diergewicht, dagen in dracht, en voor jongvee de energiewaarde van het voer en gewichtstoename), worden bij voorkeur op basis van metingen op de bedrijfslocaties vastgesteld. Wanneer deze niet beschikbaar zijn dienen de standaardwaarden van Tabel 1 voor het CO₂-productiemodel te worden gebruikt.

Diercategorie	2. Gewicht 3. [kg]	4. Dagen in dracht 5. [dagen]	Energiewaarde voer (MJ/kg ds)	7. Gewichtstoename (kg/dag)
Melkgevende koeien	9. 650	10. 160	11. ---	12. ---
. Droge koeien	14. 650	15. 220	16. ---	17. ---
. Drachtig jongvee	19. 400	20. 140	21. 10	22. 0,6
. Niet-drachtig jongvee	24. 250	25. ---	26. 10	27. 0,6

Tabel 1 Standaardwaarden voor een aantal productiegegevens voor de CO₂-productiemodel

4. Standarisatie

Ogink et al. (2014) rapporteren de resultaten van een analyse die uitgevoerd is om te bepalen of ammoniakemissies afhankelijk zijn van omgevingsfactoren die van bedrijf tot bedrijf en van jaar tot jaar kunnen verschillen. De analyse laat zien dat ammoniakemissies sterk beïnvloed worden door twee omgevingsfactoren:

- Buitentemperatuur
- Melkureumgehalte

De resultaten van deze analyse kunnen worden gebruikt om gemeten emissies te standaardiseren naar gemiddelde (representatieve) niveaus voor deze omgevingsfactoren. Ogink et al. (2014) stellen voor om voor buitentemperatuur het 10-jaarsgemiddelde te gebruiken (10,5 °C; gemiddelde buitentemperatuur gemeten in de KNMI-station De Bilt in de periode 2003-2012). Voor melkureumgehalte werd het landelijk gemiddelde in de periode 2009-2011 (23 mg/100 ml; laatst gerapporteerde data over melkureum door productschap Zuivel) voorgesteld. In Ogink et al. (2014) worden voor buitentemperatuur en melkureumgehalte de volgende effecten (op Ln-schaal) voorgesteld:

- Buitentemperatuur: 1,5% emissietoename per graad temperatuurstijging
- Melkureumgehalte: 2,5% emissietoename per punt stijging van het melkureumgetal

In Ogink et al. (2014) is geen (significant) relatie gevonden tussen de ammoniakemissie en de beloopbaar vloeroppervlak omdat het effect hiervan is verstrengeld met algemene bedrijfseffecten. Echter, Ogink et al. (2014) geven aan, op basis van berekeningen met het Ammoniakemissiemodel, een effect (op normaal-schaal) te verwachten van 10% emissietoename per eenheid mestbesmeurd oppervlakte (m² per dier) voor traditionele huisvestingssystemen voor melkvee met roostervloer. Voor dichte vloeren (inclusief vloersystemen waar de kelder d.m.v. bijvoorbeeld flappen afgesloten is), is het verwachte effect (op basis van berekeningen met het Ammoniakemissiemodel; zie Bijlage A) veel kleiner, namelijk 2,8% per eenheid (m² per dier).

Samengevat, voor de standarisatie van de emissies in de database (uit de verschillende meetrapporten) worden de volgende gemiddelde niveaus en effecten voor omgevingsfactoren toegepast:

Omgevingsfactoren	Gemiddelde niveau	Effect
Buitentemperatuur	10,5 °C	1,5% emissietoename per graad temperatuurstijging
Melkureumgehalte	23 mg/100 ml	2,5% emissietoename per punt stijging van het melkureumgetal
Beloopbaar vloeroppervlak	4,5 m ² /dier	10% emissietoename per eenheid voor roostervloeren 2,8% emissietoename per eenheid voor dichte vloeren (inclusief vloersystemen waar de kelder d.m.v. bijvoorbeeld flappen afgesloten is)

De gestandaardiseerde emissie (E_{st}) wordt bepaald (op basis van de gemeten emissies E_g) door de volgende procedure toe te passen:

- Eerst worden de emissies op Ln-schaal ($\ln E_g$) berekend.
- Vervolgens wordt de standarisatie naar gemiddelde niveaus voor buitentemperatuur (T_{buiten}) en melkureumgehalte (MUG) uitgevoerd:

$$\ln E_g - \frac{1,5}{100} \times (T_{buiten} - 10,5) - \frac{2,5}{100} \times (MUG - 23)$$

- Daarna worden de emissies op normaal-schaal teruggerekend.

$$e^{\left(\ln E_g - \frac{1,5}{100} \times (T_{buiten} - 10,5) - \frac{2,5}{100} \times (MUG - 23)\right)}$$

- Tenslotte wordt de standarisatie naar een beloopbaar oppervlak (OPPV) van 4,5 m²/dier uitgevoerd:

$$E_{st} = \left[e^{\left(\ln E_g - \frac{1,5}{100} \times (T_{buiten} - 10,5) - \frac{2,5}{100} \times (MUG - 23)\right)} \right] \times \left[1 + \frac{2,8}{100} \times (4,5 - OPPV) \right]$$

5. Classificatie

De berekende emissiefactoren per vloersysteem worden ingedeeld en afgerond volgens Tabel 2.

28. [kg/dierplaats per jaar]	
29. Emissies (klasseindeling)	30. Emissiefactor
31. 8,7 – 9,4	32. 9
33. 7,5 – 8,6	34. 8
35. 6,5 – 7,4	36. 7
37. 5,5 – 6,4	38. 6
39. 4,5 – 5,4	40. 5
41. 3,5 – 4,4	42. 4

Tabel 2 De vastgestelde emissiefactoren worden op bovenstaande wijze afgerond.

6. Referenties

CIGR. 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S.; K. Sällvik).

Ogink, N.W.M., J. Mosquera en J.M.G. Hol. 2013. Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013. Rapport 726, Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.

Ogink, N.W.M., C.M. Groenestein en J. Mosquera. 2014. Actualisering ammoniakemissiefactoren rundvee: advies voor aanpassing in de Regeling ammoniak en veehouderij. Rapport 744, Wageningen UR Livestock, Lelystad, The Netherlands.

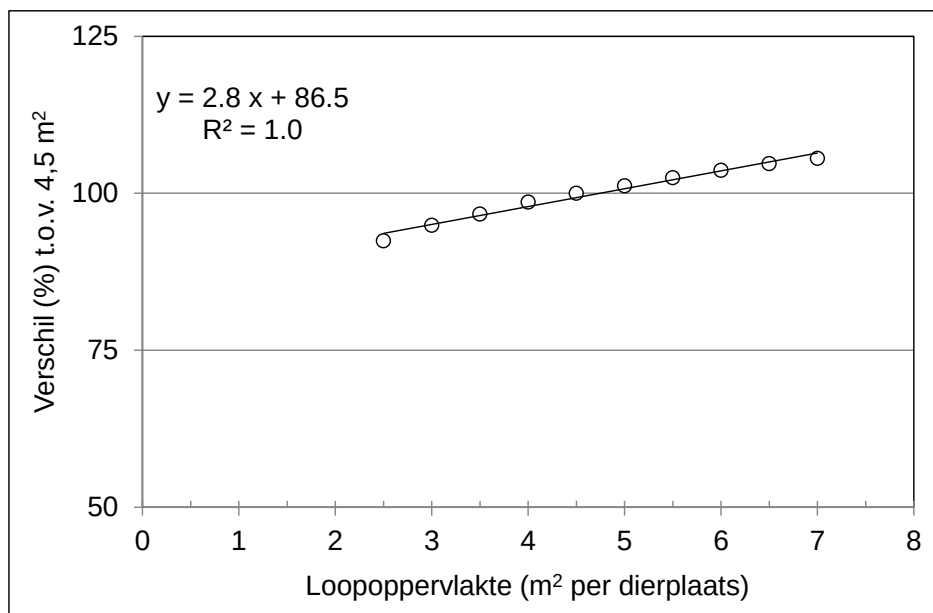
Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, M.J.W. Heetkamp, en A.J.A. Aarnink. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December, 2008.

Bijlage A Effect van loopoppervlakte op de NH₃-emissies voor dichte vloeren

Het Ammoniakemissiemodel werd gebruikt om het effect van (mestbesmeurd) loopoppervlakte op de NH₃-emissies voor dichte vloeren te bepalen. De instellingen die toegepast zijn worden in Tabel A1 samengevat. Aangenomen wordt dat de kelderbijdrage (door lekkage of openingen in de “dichte” vloeren) 10% van de berekende potentiële kelderemissie (traditionele stal met roostervloer) is. In Figuur A1 worden de resultaten grafisch weergegeven. Het verwachte effect op basis van deze analyse met het Ammoniakemissiemodel is een toename van 2,8% in ammoniakemissie per eenheid (m² per dier).

Tabel A1 Instellingen voor de berekeningen met het Ammoniakemissiemodel

Parameter	Instelling
Aantal dierplaatsen	100
Aantal urinelozingen	10
Ureum-N gehalte urine (g/l)	5
Ammonium-N gehalte van de mengmest (g/kg)	3,5
Beweidingsduur (uur/dag)	0
Vloeroppervlak (m ² /dierplaats)	2,5 - 7,0
Temperatuur (°C)	10
Luchtsnelheid (m/s)	0,15
Plasoppervlak (m ²)	0,8
Dikte van de plas (mm)	0,48
pH van de urine (-)	9,4
Urease-activiteit (% van roostervloer)	100
Oppervlakte mestkelder (m ² /dierplaats)	2,5 – 7,0
Temperatuur mest (°C)	10
Luchtsnelheid in de kelder (m/s)	0,05
pH van de mest (-)	8,4



Bijlage 2 Bij Addendum publicatie Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a

Rekenwerkblad open melkveestallen

Deze bijlage voor open melkveestallen met berekeningswijze CO₂-productie, acceptatiecriteria metingen, standaard omgevingsfactoren, en overzichtsblad emissieberekening kan via de website van RVO.nl worden benaderd:

<http://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/mest/regeling-ammoniak-en-veehouderij/begrippenkader>

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft een meetprotocol voor de ammoniakemissie van een huisvestingssysteem. Dit meetprotocol is een herziening van het meetprotocol dat eerder werd gepubliceerd door Ogink et al. (2011) onder de titel: "Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010". Ter onderscheid zal, waar nodig, dit vorige meetprotocol worden aangeduid als 'protocol 2010' en het voorliggende document als 'protocol 2013'.

Met het begrip 'huisvestingssysteem' wordt in dit protocol hetzelfde bedoeld als omschreven in de Wet ammoniak en veehouderij. In deze wet wordt een huisvestingssysteem gedefinieerd als "een gedeelte van een dierenverblijf, waarin dieren van één diercategorie op dezelfde wijze worden gehouden". Dat betekent dat een huisvestingssysteem altijd is gekoppeld aan één diercategorie. Een huisvestingssysteem bestaat niet alleen uit een stal of deel van een stal (afdeling) met bijbehorende, specifiek omschreven stalinrichting, maar kan ook een nageschakelde techniek voor luchtzuivering of mestdroging bevatten

Het doel van dit protocol is een werkwijze te omschrijven voor het bepalen van de emissiefactor van een huisvestingssysteem. De werkwijze omvat het meten van de emissie, het berekenen van de emissiefactor en het rapporteren over meting en berekening. Met de emissiefactor van een huisvestingssysteem wordt bedoeld de jaargemiddelde emissie van dat systeem per dier, met inachtneming van leegstandsperiodes. Het protocol schrijft de bemonsteringsstrategie voor, de toegestane meetmethoden en meetapparatuur, de randvoorwaarden aan bedrijfsvoering tijdens metingen, en de wijze van berekenen en rapporteren van emissiefactoren. De gemaakte keuzes voor de inrichting van dit protocol zijn gebaseerd op kennis van de technische eigenschappen van de momenteel in de praktijk voorkomende huisvestingssystemen. In dit protocol zijn bovendien de ervaringen verwerkt van de stalemissiemetingen uit het verleden. De resultaten uit statistische analyse van beschikbare meetreeksen van huisvestingssysteem hebben eveneens bijgedragen aan de totstandkoming van dit protocol

Het meetprotocol is ontwikkeld om de ammoniakuitstoot van emissiearme huisvesting vast te stellen onder representatieve omstandigheden en van een emissiefactor te kunnen voorzien. In dit herziene protocol 2013 is tevens gebruik gemaakt van de inzichten die zijn verkregen bij de uitwerking van het internationale VERA-meetprotocol voor huisvestingssystemen (VERA, 2011), waardoor de mogelijkheid van vergelijkende metingen kon worden opgenomen. Dit meetprotocol is daardoor tevens geschikt voor het vaststellen van het effect van voer- en managementmaatregelen op de ammoniakemissie uit een gegeven huisvestingssysteem ten opzichte van een referentieniveau.

De inrichting van het protocol wordt hieronder op hoofdlijnen toegelicht. Een meer gedetailleerde onderbouwing van de opbouw van dit protocol wordt gegeven door Ogink et al. (2010). Een belangrijk element van het protocol is de meetstrategie. De meetstrategie bepaalt de wijze waarop metingen verdeeld worden binnen de dimensies tijd en ruimte. De te hanteren meetstrategie bestaat in essentie uit een steekproef waarin de beschikbare middelen zo efficiënt mogelijk moeten worden ingezet om een zo groot mogelijke nauwkeurigheid van de vast te stellen gemiddelde jaaremissie te behalen. De steekproef dient gericht te zijn op alle belangrijke variatiebronnen, zodat de spreiding van het uiteindelijke steekproefgemiddelde zo klein mogelijk wordt gemaakt. Stalemissies kunnen grote variaties in de tijd vertonen, zowel binnen een dag als over meerdaagse perioden en jaarseizoenen heen. Deze variaties worden veroorzaakt door weersfactoren die het stalklimaat beïnvloeden en door wisselende bedrijfsmanagementfactoren zoals voerkwaliteit en ventilatiemanagement. Het protocol is gericht op de emissie van een huisvestingssysteem. Dat betekent dat verschillen in emissie tussen bedrijfslocaties met hetzelfde huisvestingssysteem, eveneens moeten worden mee beschouwd. In een studie naar emissiereeksen uit varkensstallen zijn de groottes van verschillende variatiebronnen met behulp van statistische modellen geanalyseerd (Mosquera en Ogink, 2008). Daaruit bleek dat in elk van de onderzochte varkenscategorieën aanzienlijke spreidingen in emissies optreden, zowel binnen

als tussen bedrijven. Voor andere diercategorieën (pluimvee, rundvee) zijn er eveneens aanwijzingen die duiden op soortgelijke variatieniveaus binnen en tussen bedrijven. De basisopzet qua meetstrategie is daarom voor alle diercategorieën gericht op een over het gehele jaar verdeeld bemonsteringsschema om de variatie in de tijd binnen een bedrijf te bemonsteren. Dit schema wordt toegepast op vier bedrijven om de variatie tussen bedrijven in kaart te brengen. De meetstrategie in het protocol met waarnemingen op meerdere bedrijven is in eerste instantie generiek geformuleerd voor alle diercategorieën. Het uitgangspunt daarbij is dat de huidige informatie wijst op gelijksoortige variatiestructuren in alle diercategorieën. Specifieke aanvullende informatie kan in sommige gevallen leiden tot een verbeterde benadering die afwijkt van de algemene lijn. Een voorbeeld hiervan is het beperkte effect van bedrijfslocaties op het ammoniakrendement van luchtzuiveringsinstallaties, waarbij volstaan kan worden met twee in plaats van vier bedrijfslocaties, en een gelijkwaardige alternatieve meetstrategie die aan dit herziene protocol is toegevoegd en waarvan de achtergrond in de volgende paragraaf zal worden toegelicht. Met het beschikbaar komen van meer informatie door het gebruik van dit protocol is het mogelijk dat in de toekomst gewijzigde protocollen met aanvullingen worden uitgebracht.

Zoals in de vorige paragraaf aangegeven bevat dit protocol een alternatieve meetopzet die in plaats van de standaard meetstrategie in protocol 2010 mag worden gebruikt. De meetstrategie is gebaseerd op het gelijktijdig uitvoeren van metingen aan het te onderzoeken huisvestingssysteem en een referentiesysteem met bekende emissiefactor op dezelfde bedrijfslocatie. Door gelijktijdige uitvoering onder identiek bedrijfsmanagement treden specifieke bedrijfsafhankelijke en klimaatsafhankelijke afwijkingen van de gemiddelde systeememissie gelijktijdig op in het te onderzoeken huisvestingssysteem en in het referentiesysteem. Wanneer vervolgens het verschil tussen beide systemen wordt berekend als proportie van de referentie, vallen deze (in het algemeen) proportionele specifieke afwijkingen tegen elkaar weg. Door herhaald in het jaar deze verschilmetingen uit te voeren, conform de bemonsteringsstrategie in de standaardopzet, kunnen eventuele interacties van seizoensgebonden factoren op het proportionele verschil worden uitgemiddeld. Omdat ook de stijl van bedrijfsmanagement een interactie kan vertonen met de waargenomen proportionele verschillen, wordt voorgeschreven om deze verschilmeetreeksen op minimaal twee bedrijfslocaties uit te voeren. Uit het gemiddelde proportionele verschil en de bekende emissiefactor van het referentiesysteem kan vervolgens een emissiefactor worden berekend voor het onderzochte systeem. Deze aanpak is gebaseerd op de meetaanpak die in het zogenoemde VERA-protocol voor huisvestingssystemen wordt gehanteerd (VERA, 2011). In bijlage F wordt nader ingegaan op de voordelen die deze meetstrategie kan opleveren. Voorwaarde voor toepassing van deze aanpak is dat wel beschikt kan worden over identieke afdelingen/stallen op dezelfde bedrijfslocatie waarin het te onderzoeken stalsysteem en het referentiesysteem zijn opgenomen. Dit is veelal mogelijk op varkens- en pluimveebedrijven.

Het meetschema per bedrijfslocatie bestaat uit 24-uurswaarnemingen die over het jaar verdeeld worden. Eerder toegepaste strategieën met lange aaneengesloten bemonsteringsperiodes over meerdere dagen en weken worden niet toegepast omdat waarnemingen binnen deze periodes sterk met elkaar gecorreleerd kunnen zijn. Hierdoor wordt veel inspanning nodeloos gericht op dezelfde waarneming. Door waarnemingen in de tijd te spreiden worden zij in steekproeftechnische zin onafhankelijker en levert dit per inspanning veel meer informatie over de variatie in emissie op. Een steekproef dient volgens het toevalsprincipe te worden uitgevoerd, maar wordt effectiever wanneer rekening wordt gehouden met bekende en verwachte invloedsfactoren op de ammoniakemissie. Dit protocol hanteert een opzet waarin wordt uitgegaan van over de klimaatseizoenen heen optredende reguliere emissiepatronen die kunnen verschillen per diercategorie. De verdeling van metingen over het jaar wordt daarom gebonden aan waarnemingen die dienen plaats te vinden binnen opeenvolgende tweemaandelijks periodes. Bij het spreiden van waarnemingen over een jaar dient voor een aantal diercategorieën bovendien rekening te worden gehouden met cyclische emissiepatronen die samenhangen met de groei van dieren. Dit treedt op voor bijvoorbeeld de diercategorieën vleesvarkens en vleeskuikens. Het protocol schrijft daarom specifiek voor dergelijke categorieën een gerichte verdeling binnen de productierondes voor.

Het meten van ammoniakemissies uit dierverblijven stelt hoge eisen aan toe te passen meetprincipes voor het vaststellen van ventilatiedebieten en ammoniakconcentraties. Ervaringen en inzichten rond in te zetten meetmethoden en apparatuur zijn door een breed samengestelde technische werkgroep

eerder gebundeld in het rapport 'Meetmethode gasvormige emissies uit de veehouderij' (Mosquera et al. 2002). In dit protocol wordt gebruik gemaakt van dit technisch overzicht en wordt voorgeschreven welke van methoden en bijbehorende meetapparatuur kunnen worden ingezet. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt naar hoofdgroepen van voorkomende stalventilatiesystemen.

De uit de metingen vast te stellen emissiefactor weerspiegelt het gemiddelde emissieniveau van een systeem in de praktijk. De omstandigheden tijdens de metingen dienen daarom representatief te zijn qua bedrijfsvoering. In theorie zou getracht kunnen worden exact die bedrijfsvoering tijdens metingen voor te schrijven die de gemiddelde emissie oplevert, ware het niet dat deze gemiddelde bedrijfsvoering voor een gemiddelde emissie nu juist niet bekend is. Een evenwichtige steekproef waarbinnen variaties in bedrijfsvoering binnen en tussen bedrijfslocaties tot uiting komt is daarom noodzakelijk. Voor een zo nauwkeurig mogelijk steekproefgemiddelde is het echter wel van belang uitzonderlijke spreiding te limiteren van bedrijfsparameters die mogelijk effect hebben op de emissie. Op deze manier wordt voorkomen dat extreme toevalsituaties een grote meetonnauwkeurigheid veroorzaken, en wordt voorkomen dat er systematische effecten van bedrijfsfactoren optreden die geen specifiek onderdeel van het te onderzoeken huisvestingssysteem zijn. In het protocol wordt daarom voor elke diercategorie gebruik gemaakt van de zogenoemde landbouwkundige randvoorwaarden. Hierin wordt de gangbare bedrijfsvoering omschreven en worden, waar nodig, bandbreedtes aangegeven waarbinnen bedrijfsparameters mogen variëren. Bovendien wordt hierin vastgesteld welke bedrijfsparameters tijdens het uitvoeren van de metingen dienen te worden geregistreerd en gerapporteerd, om naderhand te kunnen verifiëren of de metingen hebben plaatsgevonden onder representatieve omstandigheden. De in meetprotocol 2013 opgenomen landbouwkundige randvoorwaarden zijn geactualiseerd naar de huidige bedrijfsomstandigheden (2013). Daarbij is met name aandacht besteed aan representatieve voersamenstelling.

De meetresultaten vormen de basis voor de berekening van de emissiefactor. Het protocol geeft aan hoe dit dient te worden uitgevoerd en hoe moet worden omgegaan met ontbrekende waarnemingen als gevolg van eventuele technische storingen, en hoe met eventuele extreem afwijkende waarnemingen (uitbijters). Bij het berekenen van een emissiefactor dient een correctie plaats te vinden voor de gemiddelde leegstand van huisvestingssystemen gedurende het jaar. In het protocol wordt per diercategorie aangegeven welke leegstandscorrecties representatief zijn voor de huidige bedrijfsvoering en moeten worden gebruikt voor de berekening van de emissiefactor. Het protocol omschrijft op welke wijze de rapportage van de metingen en berekeningen moet worden uitgevoerd, met voorschriften voor de indeling en de te behandelen inhoudelijke aspecten.

De onderdelen van het protocol worden in de volgende hoofdstukken beschreven. Om de hoofdlijn in uitvoering helder te kunnen neerzetten wordt gebruik gemaakt van technische bijlagen voor de meer gedetailleerde technische informatie. De technische bijlagen maken overigens wel integraal deel uit van het protocol. Zoals eerder aangegeven zijn de verbijzonderingen van het meetprotocol voor specifieke techniegroepen eveneens in de bijlage opgenomen.

2 Meetstrategie

Het meetprotocol 2013 is afgestemd op het vaststellen van emissieprestaties van huisvestingsystemen, het is echter tevens mogelijk om het effect van emissiebeperkende voer- en managementmaatregelen vast te stellen ten opzichte van een referentieniveau. In de beschrijving van de meetstrategie kan daarom het begrip 'systeem' zowel een te onderzoeken huisvestingssysteem betreffen als een voer- of managementmaatregel.

De meetstrategie behelst het aantal metingen en de verdeling van dit aantal in tijd, binnen en over bedrijfslocaties. De meetstrategie kan op twee manieren worden toegepast.

Meetstrategie A: de metingen worden uitgevoerd op 4 verschillende bedrijfslocaties die zijn uitgerust met het te onderzoeken systeem; op elke locatie wordt de emissie in de onderzoeksafdeling gemeten.

Meetstrategie B: de metingen worden uitgevoerd op 2 verschillende bedrijfslocaties die zijn uitgerust met afdelingen waarin het te onderzoeken systeem is aangebracht (case) en afdelingen met een referentiesysteem met bekende emissiefactor (control). De emissies worden gelijktijdig bemeaten in beide afdelingen. Het referentiesysteem dient bij voorkeur gebaseerd te zijn op de categorie "Overige huisvesting". In het geval van een voer- of managementmaatregel is het toegepaste voer- of managementtype in de controle-afdeling afgestemd op wat representatief is voor gemiddelde bedrijfsomstandigheden. De afdelingen dienen behoudens het verschil in het te onderzoeken systeem identiek te zijn qua stalrichting, voer- en ventilatiemanagement, drinkwatervoorziening en mestmanagement. In het geval van productiecycli dienen deze zich in beide afdelingen in dezelfde fase te bevinden. Bij metingen voor de proefstalregeling wordt in het meetplan de keuze van de betreffende afdelingen benoemd en onderbouwd.

Bij toepassing van meetstrategie B heeft het sterk de voorkeur de toepassing van 'case' en 'control' tussen de gebruikte afdelingen met enige regelmaat te verwisselen tussen de afdelingen gedurende de meetperiode. Met name bij voer- en managementmaatregelen is dit in praktijkstallen veelal goed realiseerbaar.

Voor beide uitvoeringen van de meetstrategie gelden de volgende eisen:

1. Een meting heeft een minimum duur van 24 uur of een veelvoud daarvan. Bij verzamelmonsters (1 monster in 24 uur) moet de meting in duplo worden uitgevoerd.
2. De metingen moeten worden uitgevoerd op bedrijfslocaties die voldoen aan de van toepassing zijnde landbouwkundige randvoorwaarden, zoals nader omschreven in hoofdstuk 4 van dit protocol.
3. Op elk van de bedrijfslocaties moet 6 maal verdeeld over een jaar een meting worden uitgevoerd. De bemonsteringsperiodes van de bedrijfslocaties hoeven niet samen te vallen met het kalenderjaar, en de aanvang mag verschillen per locatie.
4. De verdeling over het jaar van de 6 metingen hangt af van emissiepatroon van de betreffende diercategorie. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen diercategorieën met een gemiddeld stabiel emissiepatroon, diercategorieën met een rechtlijnig toenemend emissiepatroon als gevolg van groei gedurende een productieronde, en diercategorieën met een exponentieel toenemend emissiepatroon. In Bijlage A staat de verdeling van de diercategorieën over deze groepen opgenomen. De metingen bij diergroepen met een stabiel emissiepatroon dienen plaats te vinden in opeenvolgende tijdvakken van twee maanden, waarbij binnen een tijdvak een meting op een steekproefsgewijs (at random) gekozen dag dient te worden uitgevoerd.

-
5. Bij diergroepen met een rechtlijnig toenemend emissiepatroon dienen de metingen in opeenvolgende tweemaandelijks periodes te worden uitgevoerd. Aanvullend geldt de voorwaarde dat binnen elke bedrijfslocatie de metingen zodanig verdeeld zijn dat de helft van de metingen in het eerste deel en de andere helft in het tweede deel van de productieperiode valt. De metingen in het tweede deel van de productieperiode (dienen gelijkmatig over de jaarkwartalen te worden verdeeld .
 6. Bij diergroepen met een exponentieel toenemend emissiepatroon dienen de metingen in opeenvolgende tweemaandelijks periodes te worden uitgevoerd. Aanvullend geldt de voorwaarde dat binnen elke bedrijfslocatie de metingen over de productieronde op de volgende wijze moet worden verdeeld: de productieronde wordt onderverdeeld in drie opeenvolgende gelijke tijdvakken, in het eerste tijdvak dient 1 meting plaats te vinden, in het tweede tijdvak 2 metingen, en in het derde tijdvak 3 metingen. De metingen in het derde tijdvak van de productieperiode dienen gelijkmatig over de jaarkwartalen te worden verdeeld.
 7. Wanneer er sprake is van repeterende management activiteiten die de emissie kunnen beïnvloeden (bijv. mestverwijdering) dient het meetschema hier op zodanige wijze te worden afgestemd dat de gemiddelde emissie (meetstrategie A) of het gemiddelde proportionele emissieverschil (meetstrategie B) uit de waarnemingen kan worden berekend.
 8. Bij metingen aan melkveestallen met beweiding dienen de metingen tijdens de weideperiode plaats te vinden gedurende het deel van de dag dat de dieren staan opgesteld. De volledige dagemissie wordt naderhand berekend op basis van een in eerder onderzoek vastgestelde relatie tussen emissie tijdens opstallen en beweiden (zie hoofdstuk 5).

3 Meetmethoden

Voor de bepaling van de ammoniakemissie is de meting van de NH_3 -concentratie en het ventilatiedebiet noodzakelijk. In het meetplan wordt afhankelijk van het huisvestingssysteem en de meetlocaties een keuze gemaakt uit de beschikbare meetmethodes. Bij luchtzuiveringssystemen wordt het rendement van de zuivering bepaald. Hiervoor moet de ingaande en uitgaande NH_3 -concentratie worden bepaald, en het ventilatiedebiet. In Tabel 1 staan de toegestane methoden opgenomen voor de vaststelling van de NH_3 -concentratie en het ventilatiedebiet. De onderliggende meetprincipes van deze methoden en de wijze waarop zij moeten worden toegepast staat omschreven in technische documenten waarnaar voor elke methode wordt verwezen in Tabel 1. Gedurende alle metingen dient tevens de buitentemperatuur, staltemperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de stal te worden vastgelegd. Indien andere meetmethoden worden toegepast dient de gelijkwaardigheid in termen van precisie en nauwkeurigheid ten opzichte van de in tabel 1 genoemde methoden te worden aangetoond.

Tabel 1 Toegestane meetmethodes voor vaststelling NH_3 -concentratie en ventilatiedebiet.

Meetmethoden	Omschrijving in literatuur
NH_3-Concentratie	NH_3-Concentratie
• NO_x-monitor + NH_3 converters • Fotoakoestische monitor* • NH_3-vangsysteem (gaswasflessen, denuders) • FTIR-spectrometer • Open pad TDL (laser)	• van Ouwerkerk (1993); Bleijenberg en Ploegaert (1994); Mosquera <i>et al.</i> (2002); Anonymus (1996) • van Ouwerkerk (1993); Mosquera <i>et al.</i> (2002); Anonymus (1996) • van Ouwerkerk (1993); Mosquera <i>et al.</i> (2002) • Mosquera <i>et al.</i> (2002) • Mosquera <i>et al.</i> (2005);
Ventilatiedebiet	Ventilatiedebiet
• Meetventilator • Geïnjecteerd tracergas • Natuurlijk aanwezig tracergas (CO_2), berekend met CIGR-rekenmethodiek (2008), met inachtneming van extra CO_2 uit verwarmingssystemen	• van Ouwerkerk (1993); Bleijenberg en Ploegaert (1994); Mosquera <i>et al.</i> (2002); Anonymus (1996) • Mosquera <i>et al.</i> (2002) • Mosquera <i>et al.</i> (2002); Pedersen <i>et al.</i> (2008)

* niet toe te passen waar concentratieniveaus lager dan 2 ppm te verwachten zijn

Bemeetbaarheid open natuurlijk geventileerde stallen

De te gebruiken meetmethoden worden mede bepaald door het type stalsysteem. Voor de vaststelling van het ventilatiedebiet in natuurlijk geventileerde stallen kunnen geen meetventilatoren worden gebruikt en zal een tracergas methode moeten worden ingezet. Bij het gebruik van tracergas methoden is het vereist dat de stalgemiddelde concentratieverhouding tussen tracergas en ammoniak voldoende representatief kan worden bemonsterd. Een homogene menging van het tracergas in de stallucht is hier belangrijk. Bij toepassing van alle tracergasmethoden dient in het meetrapport de aannemelijkheid van homogene menging en representatieve bemonstering tijdens de metingen expliciet te worden onderbouwd.

In open natuurlijke geventileerde stallen met grote ventilatieopeningen kunnen in een aantal weersituaties de inlaat- en uitlaatstromingspatronen sterk wisselen tijdens de meting waardoor geen representatieve verhouding tussen tracergas en ammoniak kan worden vastgesteld. De oriëntatie van de stal en de windrichting spelen hier een belangrijke rol. Metingen kunnen ook worden verstoord door de directe nabijheid van andere stallen. Hier zijn oriëntatie, windrichting en afstand van belang. In voorkomende gevallen is het niet aannemelijk te maken dat tijdens de metingen sprake is van homogene menging en representatieve bemonstering. Emissiemetingen zijn in deze specifieke situaties volgens dit protocol niet mogelijk.

4 Landbouwkundige randvoorwaarden

In de landbouwkundige randvoorwaarden wordt per diercategorie de gangbare bedrijfsvoering omschreven en worden, waar nodig de bandbreedtes aangegeven waarbinnen bedrijfsparameters mogen variëren tijdens de meetperiode. De bedrijfsvoering op de meetlocaties dient te voldoen aan de geldende wettelijke welzijnsnormen. De minimale gebruiksduur van het huisvestingssysteem voorafgaand aan metingen staat beschreven. Deze gebruiksduur is opgenomen om tijdelijke nieuwigheidseffecten op de emissie buiten te sluiten.

In de landbouwkundige randvoorwaarden staat opgenomen welke bedrijfsparameters tijdens het uitvoeren van de metingen dienen te worden geregistreerd en gerapporteerd, om naderhand te kunnen verifiëren of de metingen hebben plaatsgevonden onder representatieve omstandigheden. De registratie en rapportage betreft in ieder geval de geldende welzijnsnormen en de wijze waarop daar aan wordt voldaan. De landbouwkundige randvoorwaarden zijn in protocol 2013 geactualiseerd naar de huidige bedrijfsomstandigheden, waarbij met name aandacht is besteed aan de voersamenstelling, en staan opgenomen in Bijlage B. Nieuw in protocol 2013 zijn de landbouwkundige randvoorwaarden voor vleeskalveren.

5 Berekening emissiefactor

Basisgegevens

Voor de berekeningen van de emissiefactor zijn de volgende basisgegevens per bemeten afdeling/stal vereist voor zowel meetstrategie A als B:

NH₃-concentratie: gemiddelde waarden uitgedrukt in mg/m³ over 24 uur (1 meetdag)

Ventilatie-debiet, afhankelijk van toegepaste meetmethode:

- Totaal ventilatie-debiet (m³/uur) op basis van meting met meetventilator over 24 uur
- Totaal ventilatie-debiet (m³/uur), berekend op basis van interne tracergasratiomethode (gem. injectieniveau en gem. tracergasconcentratie uitgaande lucht over 24 uur)
- Totaal ventilatie-debiet (m³/uur), berekend op basis van CO₂-balansmethode (gem. CO₂-concentratie ingaand en uitgaande lucht over 24 uur en invoergegevens CO₂-balansmodel).

Dieren:

- Aantal dieren bij start productieronde
- Aantal aanwezige dieren per meetdag
- Aantal dierplaatsen

Randvoorwaarden voor berekening emissiefactor

Voor de berekening van de emissiefactor gelden de volgende voorwaarden:

- Alle meetresultaten van het volledige bemonsteringschema worden opgenomen in de berekening met uitzondering van:
 - meetgegevens die door technische storingen achteraf onbruikbaar zijn en niet meer tijdig opnieuw vastgesteld kunnen worden;
 - meetgegevens waarbij niet voldaan wordt aan de landbouwkundige randvoorwaarden, waaronder het voldoen aan welzijnsnormen;
 - meetgegevens die bij beschouwing van de gehele dataset op basis van een statistische toets als uitbijter kunnen worden beschouwd.
- Bij een te groot aantal onbruikbare meetgegevens, zoals hierboven gedefinieerd, kan geen emissiefactor worden berekend. Voor de emissiefactor moet per locatie minimaal 4 van de 6 voorgeschreven metingen bruikbaar zijn en van het totaal aantal metingen op alle locaties moet minimaal 80% bruikbaar zijn.
- De emissiefactor bij toepassing van meetstrategie A wordt gecorrigeerd voor de gemiddelde leegstand over het jaar voor de betreffende diercategorie. Bijlage C bevat de leegstandspercentages die bij de berekening moet worden toegepast.
- Voor de omrekening van de emissie per stal naar emissie per dierplaats wordt voor de vaststelling van het aantal dierplaatsen uitgegaan van het minimum leefoppervlak per dier dat in welzijnsregelgeving staat voorgeschreven. Deze omrekening wordt zowel voor meetstrategie A als B toegepast. Als er voor een diercategorie (nog) geen welzijns-eisen gelden, wordt uitgegaan van geldende adviesnormen voor de minimumoppervlakte per dier (Anonymus, 2007). Voor diercategorieën waarvoor de overheid geen welzijnsregels heeft vastgesteld en geen adviesnormen voorhanden zijn, wordt bij de vaststelling van het aantal dierplaatsen uitgegaan van het aantal dieren dat aan het begin van een productieronde wordt geplaatst bij een gangbare bedrijfsvoering in de betreffende sector. In bijlage D wordt per diercategorie aangegeven waarmee moet worden gerekend.

Berekening emissiefactor algemeen

De emissiefactor wordt uitgedrukt in kg NH₃ /(dierplaats) per jaar, en als volgt berekend bij toepassing van meetstrategie A:

- Voor alle bedrijven ($j=1, 2, 3, 4$) worden per meetdag ($i=1, 2, \dots, 6$) de emissies van ammoniak E_{ij} (kg/(dierplaats) per dag) berekend op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet V_{ij} (m³/(dierplaats) per dag) en de gemiddelde ammoniakconcentraties van de uitgaande lucht $C_{uit_{ij}}$ en de ingaande lucht $C_{in_{ij}}$, (beide in kg/m³)

$$E_{ij} = V_{ij} \times (C_{uit_{ij}} - C_{in_{ij}}) \quad \bullet$$

- Vervolgens wordt het gemiddelde van alle dagemissies E_{ij} berekend en vermenigvuldigd met 365 en de fractie $[(100 - \text{leegstandspercentage})/100]$ om de emissiefactor op jaarbasis met leegstandscorrectie te berekenen.

Bij toepassing van meetstrategie B worden de volgende berekeningen uitgevoerd voor het vaststellen van de emissiefactor van het onderzochte stalsysteem:

- Voor de bemeten bedrijfslocaties ($j=1, 2$) worden per meetdag ($i=1, 2, \dots, 6$) en per afdeling ($k=1,2$) de emissies van ammoniak E_{ijk} (kg/(dierplaats) per dag) berekend op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet V_{ijk} (m³/(dierplaats) per dag) en de gemiddelde ammoniakconcentraties van de uitgaande lucht $C_{uit_{ijk}}$ en de ingaande lucht $C_{in_{ijk}}$, (beide in kg/m³).

$$E_{ijk} = V_{ijk} \times (C_{uit_{ijk}} - C_{in_{ijk}}) \quad \bullet$$

- Per meetdag wordt voor elke bedrijfslocatie de proportionele emissiereductie berekend als het quotient van de emissies van onderzoeksafdeling (E_{ij-ond}) en referentieafdeling (E_{ij-r}):

$$(E_{ij-ond} / E_{ij-ref}) \quad \bullet$$

- Per bedrijfslocatie wordt de over de meetdagen gemiddelde proportionele emissiereductie berekend. Vervolgens wordt de overall gemiddelde proportionele emissiereductie (P) berekend als gemiddelde beide bedrijfsgemiddeldes.
- De emissiefactor wordt vervolgens berekend door de emissiefactor horende bij het stalsysteem van de referentieafdeling te vermenigvuldigen met P .

Berekening emissiefactor bij exponentieel toenemende emissiepatronen

In afwijking van bovenstaande algemene berekeningswijze wordt voor de diercategorieën met een exponentieel toenemend emissiepatroon (zie bijlage A) de emissiefactor op de volgende wijze stapsgewijs berekend bij toepassing van meetstrategie A:

1. De productieronde bevat 3 gelijke tijdvakken, zoals gedefinieerd in hoofdstuk 2. Voor elk tijdvak afzonderlijk wordt de gemiddelde dagemissie berekend op basis van de binnen dit tijdvak beschikbare meetresultaten.
2. De emissiefactor wordt vervolgens berekend als het gemiddelde van de tijdvakgemiddeldes, en dit gemiddelde vermenigvuldigd met 365 en $[(100 - \text{leegstandspercentage})/100]$.

Bij toepassing van meetstrategie B wordt voor de onderzoeksafdeling en referentieafdelingen op vergelijkbare wijze de gemiddelde emissie in de 3 tijdvakken berekend. Vervolgens wordt de proportionele emissiereductie per bedrijfslocatie voor elk van de 3 tijdvakken berekend en daarna gemiddeld per bedrijfslocatie. De overall gemiddelde emissiereductie P wordt vervolgens als gemiddelde van beide bedrijfslocaties berekend.

Berekening emissiefactor bij melkvee met weidegang en permanent opstallen

Bij de berekening van emissiefactoren voor huisvestingssystemen van melkvee wordt de emissiefactor berekend voor zowel de bedrijfsvoering met beweiding als de bedrijfsvoering met permanent opstallen. Voor de bedrijfsvoering met beweiding dient de emissiefactor te zijn gebaseerd op 190 staldagen en 175 weidedagen. Bovendien dient de berekende emissiefactor te worden gestandaardiseerd naar 10 uur weidegang tijdens de weidedagen. Bij het uitvoeren van metingen kan zowel sprake zijn van een bedrijfsvoering met beweiding als een bedrijfsvoering met permanent opstallen. De berekeningswijze wordt hierna voor beide uitgangssituaties toegelicht:

Bedrijfsvoering met beweiding:

Bij metingen gedurende weidedagen wordt alleen de emissie tijdens opstallen gemeten en vervolgens wordt hieruit de gehele dagemissie (opstallen + beweiden) berekend. De standaardisatie voor dagemissie tijdens weidegang en de berekening van beide emissiefactoren (weidegang en permanent opstallen) wordt als volgt uitgevoerd:

1. Berekening dagemissie tijdens weideperiode: $24 * (\text{gemiddeld gemeten emissie/dierplaats per uur}) * [100\% - (2,4\% \times 10 \text{ weide uren})]$.
2. Berekening emissiefactor met weidegang: $190 * \text{gemiddelde dagemissie stalperiode} + 175 * \text{gemiddelde dagemissie weideperiode}$.
3. Berekening emissiefactor met permanent opstallen: gemiddelde dagemissie van metingen tijdens de weidegangperiode wordt gelijkgesteld aan de gemiddelde emissie tijdens de opstaluren, vervolgens wordt het gemiddelde van alle dagemissies per dierplaats berekend en vermenigvuldigd met 365.

Bedrijfsvoering met permanent opstallen:

Bij metingen met permanent opstallen dienen voor de emissiefactor met beweiding de metingen gedurende de weideperiode omgerekend te worden naar de bedrijfsvoering met beweiding:

1. Berekening dagemissie tijdens weideperiode: $24 * (\text{gemiddeld gemeten emissie/dierplaats per uur}) * [100\% - (2,4\% \times 10 \text{ weide uren})]$.
2. Berekening emissiefactor met weidegang: $190 * \text{gemiddelde dagemissie stalperiode} + 175 * \text{gemiddelde dagemissie weideperiode}$.
3. Berekening emissiefactor met permanent opstallen: berekening overall gemiddelde van alle dagemissies per dierplaats en vermenigvuldiging met 365 voor de emissie op jaarbasis.

6 Meetrapport

Het meetrapport bevat in ieder geval de volgende elementen:

Inleiding en doelstelling

Hierin wordt de aanleiding, context, opdrachtverlening en uitvoering, en doel van de metingen beschreven.

Materiaal en methoden

Emissiereducerend principe onderzocht huisvestingsstelsel, voer- of managementmaatregel
Het toegepaste emissiereducerende principe wordt in chemisch/fysische termen toegelicht.

Beschrijving meetlocaties:

- Omschrijving stallen/afdelingen, oriëntatie N/Z
- Uitvoering emissiereducerend systeem op meetlocaties
- Afmetingen (lxbxh), oppervlak en inhoud, lay-out met indeling
- Mestroosteroppervlak, mestbesmeurd oppervlak*
- Uitvoering roostervloer*
- Aantal dieren en bezetting tijdens meting, conformiteit met dierwelzijnseisen
- Systeem luchtinlaat
- Systeem luchtuitlaat
- Ventilatoren en capaciteit*
- Ventilatie-instellingen*
- Temperatuurinstellingen*
- Verwarming*
- Speciale klimaatvoorzieningen*
- Voersysteem, voersoorten
- Voeraanbod, voertijden
- Drinkstelsel
- Strooisel*
- Lichtregime
- Productie-eigenschappen
- Technische parameters die op basis van de landbouwkundige randvoorwaarden moeten worden geregistreerd

*Indien van toepassing

Meetperiodes

Bevat schema met data waarop de metingen hebben plaatsgevonden, en bespreekt conformiteit meetschema met meetprotocol en eventuele afwijkingen van de voorgeschreven meetstrategie.

Meetmethode en meetapparatuur

- Beschrijving toegepaste meetmethoden
- Meetapparatuur
- Schema meetpunten, inclusief bespreking keuze meetpunten
- IJkingsprocedure meetapparatuur, kwaliteitsbewaking tijdens metingen
- Controles van niveau metingen (bv door gasbuisjes)
- Eventueel aanvullende metingen indien nodig voor controle emissiereducerend principe (bv. waswatereigenschappen bij luchtwassers)
- Dataverwerking meetgegevens en berekeningswijze

Resultaten

Dit hoofdstuk bevat de volgende onderdelen:

- Alle relevante zoötechnische parameters en omgevingsparameters tijdens de metingen, inclusief de wijze waarop tijdens de meetperiode voldaan wordt aan de welzijnsnormen voor de betreffende diercategorie
- Verslag van de gemeten debieten concentraties en emissies in samenvattende tabel- of grafiekvorm
- Bespreking van afwijkende omstandigheden die de meetresultaten kunnen hebben beïnvloed
- informatie over het emissiereducerend systeem, voor zover relevant voor de interpretatie van de meetgegevens
- Toelichting op de bruikbaarheid van meetresultaten voor berekening emissiefactor (zie hoofdstuk 5)
- Berekening van de emissiefactor

Discussie en conclusies

De resultaten worden besproken in relatie tot het werkingsprincipe van het emissiereducerend systeem en uit de literatuur bekende emissieniveaus van vergelijkbare systemen. In de discussie moet met argumenten onderbouwd worden of de resultaten betrouwbaar en plausibel mogen worden verondersteld en representatief voor het onderzochte systeem. Ter afsluiting dienen de hoofdelementen van de resultaten en de discussie in concluderende zin te worden samengevat.

Literatuur

- Anonymus (1996). Beoordelingsrichtlijn in het kader van Groen Label stallen, uitgave maart 1996. Publicatie van de Ministeries van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- Anonymus (2007). Informatiedocument Leefoppervlaktes in de Intensieve Veehouderij. Via adres (januari 2011) :<http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2007/04/05/informatiedocument-leefoppervlaktes-in-de-intensieve-veehouderij.html>
- Bleijenberg, R. en Ploegaert, J.P.M. (eds.) (1994). Handleiding meetmethode ammoniakemissies uit mechanisch geventileerde stallen: Apparatuur, installatie en gegevensverwerking. Wageningen, IMAG-DLO report 94-1.
- Mosquera, J. (2003). Guidelines for the use of passive flux samplers (PFS) to measure ammonia emissions from mechanically ventilated animal houses. Wageningen, IMAG Rapport 2003-13.
- Mosquera, J., P. Hofschreuder, J.W. Erisman, E. Mulder, C.E. van 't Klooster, N. Ogink, D. Swierstra en N. Verdoes (2002). Meetmethode gasvormige emissies uit de veehouderij. Wageningen, IMAG rapport 2002-12.
- Melse, R.W. en J.C.T.J. Franssen (2010). Elektronische monitoring van luchtwassers op veehouderijbedrijven. Lelystad, Wageningen UR Livestock Research, Rapport 349.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol en P. Hofschreuder (2005). Gasvormige emissies uit het melkveebedrijf van de familie Spruit III. Mestopslag buiten de stal. Wageningen, A&F Rapport 566.
- Mosquera, J. en N.W.M. Ogink (2008). Analyse ammoniakemissieniveaus van praktijkbedrijven in de varkenshouderij (1990-2003). Lelystad, Rapport / Animal Sciences Group 135.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, A. Winkel, J.W.H. Huis in 't Veld, F. Dousma, N.W.M. Ogink en C.M. Groenestein (2011). Fijnstofemissie uit stallen: nertsen. Lelystad, Wageningen UR Livestock Research, Rapport 340.
- Ogink, N.W.M., J. Mosquera, J.M.G. Hol en H.M. Vermeer (2010). Bouwstenen voor een nieuw meetprotocol ammoniakemissiemetingen voor huisvestingssystemen in de veehouderij. Lelystad, Wageningen UR Livestock Research, publieke rapportuitgave in voorbereiding.
- Ogink, N.W.M., J. Mosquera en J.M.G. Hol (2011). Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Lelystad, Wageningen UR Livestock Research, Rapport 454.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, M. J. W. Heetkamp, and A. J. A. Aarnink. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December, 2008.
- Van Ouwerkerk, E.N.J. (ed) (1993). Meetmethode NH₃-emissies uit stallen, Werkgroep 'Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen'. Wageningen, DLO, Onderzoek inzake de mest en ammoniakproblematiek in de veehouderij nr. 16.
- Van Ouwerkerk (1999). ANIPRO: Klimaat- en energiesimulatiesoftware voor stallen. Nota V99-109, IMAG Wageningen.
- VERA (2011). Test protocol for Livestock Housing and Management systems. Version 2/2011-29-08. Te benaderen via: http://www.veracert.eu/en/technology-manufacturers/test-protocols/~media/DS/Files/Downloads/Artikler/VERA/VERA_protokol_online_02.ashx (laatst benaderd juli 2013).

Bijlage A Onderverdeling van diercategorieën naar drie types emissiepatronen

Tabel A1 Diercategorieën uit de Rav met een stabiel emissiepatroon.

Hoofdcategorie	Diercategorie
A. Rundvee	Melk- en kalfkoeien > 2 jaar
	Zoikoeien > 2 jaar
	Vrouwelijk jongvee tot 2 jaar
	Fokstieren en overig rundvee > 2jaar
B. Schapen	Schapen > 1 jaar inclusief lammeren tot 45 kg
C. Geiten	Geiten > 1 jaar
D. Varkens	Guste en dragende zeugen
E. Kippen	Legkippen en (groot)-ouderdieren van legrassen
	(Groot)-ouderdieren van vleeskuikens
F. Kalkoenen	Ouderdieren van vleeskalkoenen > 30 weken
G. Eenden	Ouderdieren van vleeseenden tot 2 jaar
I. Konijnen	Voedsters inclusief 0,15 ram en bijbehorende jongen tot spenen
K. Paarden	Volwassen paarden > 3jaar
	Paarden in opfok < 3 jaar
	Volwassen pony's > 3 jaar
	Pony's in opfok < 3 jaar
L. Struisvogels	Struisvogelouderdieren

Tabel A2 Diercategorieën met een groeicurve, en een naar verwachting rechtlijnig toenemend emissiepatroon.

Hoofdcategorie	Diercategorie	Gemiddelde groeiperiode (dg)
A. Rundvee	Vleeskalveren tot circa 8 maanden	180 tot 248
	Vleesstieren en overige vleesvee van circa 8 tot 24 maanden	548
C. Geiten	Opfokgeiten van 61 dagen tot 1 jaar	304
	Opfokgeiten en afmestlammeren tot 60 dagen	60
D. Varkens	Biggenopfok (gespeende biggen)	42
	Kraamzeugen (incl. biggen tot spenen)	40
E. Kippen	Vleesvarkens van 25 kg tot 110 kg (ook opfokberen en opfokzeugen)	110
	Opfokhennen en hanen < 18 weken	126
	Opfok grootkuikenouderdieren < 19 weken	133
F. Kalkoenen	Opfok ouderdieren vleeskalkoenen tot 6 weken	42
	Opfok ouderdieren vleeskalkoenen van 6 tot 30 weken	168
H. Pelsdieren	Nertsen*	122
I. Konijnen	Vlees en opfokkonijnen tot dekleeftijd	60
L. Struisvogels	Opfokstruisvogels tot 4 maanden	120
	Vleesstruisvogels 4 tot 12 maanden	240

* Nertsenproductie bevat 3 stadia over het jaar: periode met teven zonder pups, dracht- en kraamperiode, groeiperiode pups. Metingen dienen over deze stadia verspreid te worden.

Tabel A3 Diercategorieën met een groeicurve, en een naar verwachting exponentieel toenemend emissiepatroon.

Hoofdcategorie	Diercategorie	Gemiddelde groeiperiode (dg)
E. Kippen	Vleeskuikens	42
F. Kalkoenen	Vleeskalkoenen	115 tot 144
G. Eenden	Vleeseenden	42
J. Parelhoenders	Vleesparelhoenders	42

Bijlage B Landbouwkundige randvoorwaarden per diercategorie

Landbouwkundige randvoorwaarden			
<i>Code:</i>	<i>Categorie:</i>	<i>Subcategorie:</i>	<i>Datum:</i>
A1	Melkveehouderij gangbaar	Melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar	September 2013
Huisvesting	In de melkveestal waarin de metingen plaatsvinden kunnen naast de lacterende dieren tevens droogstaande melkkoeien en drachtig jongvee worden gehuisvest onder de hierna genoemde voorwaarden. Het aantal droogstaande dieren mag gedurende een meetdag niet meer dan 25% van het aantal melkkoeien (droogstaand plus melkgevend) bedragen. Drachtig jongvee dat groot genoeg is voor huisvesting in ligboxen voor volwassen dieren, mag eveneens in de melkveestal gehouden worden. Het aantal eenheden drachtig jongvee mag gedurende een meetdag niet meer dan maximaal 30% van het totale aantal melkkoeien (melkgevend en droogstaand) bedragen. Over alle meetdagen heen gemiddeld mag het aandeel jongvee niet meer dan 25% van het aantal melkkoeien bedragen. Op meetdagen mag het aantal in de stal aanwezige dieren (melkkoeien plus jongvee) niet meer dan 10% afwijken (zowel naar beneden als boven) van het aantal in de stal aanwezige ligboxen. Bij onderbezettingen met afwijkingen tussen de 10 en 20% van het aantal ligboxen, dient het teveel aan beloopbaar oppervlak en bijbehorende emitterend kelderoppervlak te worden afgesloten voor dieren en zo afgedekt te worden dat hieruit geen emissies kunnen optreden. Tijdens de meetperiode wordt voldaan aan de geldende dierwelzijnsnormen. In de acht weken voorafgaand aan de meting verblijven de koeien per etmaal minstens de helft van de tijd in de stal.		
Klimaat	De koeien worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO ₂ -concentratie in de lucht van de stal op dierniveau onder de 3.000 ppm blijft.		
Voeding	Het rantsoen moet voor minimaal 50% uit ruwvoer bestaan en minimaal 160 g RE/kg drogestof (ds) bevatten of een melkureumgetal hebben van 15 of meer.		
Productie	De gemiddelde melkgift dient minstens 25 kg meetmelk/koe/dag te zijn.		
Gezondheid en hygiëne	De melkkoeien krijgen standaard veterinaire zorg.		
Aantal dieren	Het aantal melkgevende en droogstaande koeien dient minimaal 30 zijn, of 15 melkgevende in geval van een vergelijkende onderzoeksopzet.		
Registratie	<i>Gedurende een periode van minimaal 4 weken voorafgaand aan de meting:</i> - totaal aantal kg verstrekt krachtvoer in de stal - totaal aantal kg verstrekt ruwvoer in de stal - ureumgetal van de melk (tankureumgetal) - aanwezige + ingaande en uitgaande melkkoeien, droogstaande koeien en jongvee (ook tijdens meting) <i>Tijdens de meting:</i> - tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput. - CO₂-concentratie - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen		

Landbouwkundige randvoorwaarden			
Code:	Categorie:	Subcategorie:	Datum:
	Melkveehouderij biologisch	Melk- en kalfkoeien	December 2010
Huisvesting	Volgens de SKAL-regels moet elke koe minimaal 6 m² staloppervlak hebben waarvan 50% dichte vloer. Tijdens de meting dient voor iedere koe een ligplaats aanwezig te zijn. In de melkveestal waarin de metingen plaatsvinden kunnen naast de lacterende dieren tevens droogstaande melkkoeien en drachtig jongvee worden gehuisvest onder de hierna genoemde voorwaarden. Het aantal droogstaande dieren mag gedurende een meetdag niet meer dan 25% van het aantal melkkoeien (droogstaand plus melkgevend) bedragen. Drachtig jongvee dat groot genoeg is voor huisvesting in ligboxen voor volwassen dieren, mag eveneens in de melkveestal gehouden worden. Het aantal eenheden drachtig jongvee mag gedurende een meetdag niet meer dan maximaal 30% van het totale aantal melkkoeien (melkgevend en droogstaand) bedragen. Over alle meetdagen heen gemiddeld mag het aandeel jongvee niet meer dan 25% van het aantal melkkoeien bedragen. Op meetdagen mag het aantal in de stal aanwezige dieren (melkkoeien plus jongvee) niet meer dan 10% afwijken (zowel naar beneden als boven) van het aantal in de stal aanwezige ligboxen. Bij onderbezettingen met afwijkingen tussen de 10 en 20% van het aantal ligboxen, dient het teveel aan beloopbaar oppervlak en bijbehorende emitterend kelderoppervlak te worden afgesloten voor dieren en zo afgedekt te worden dat hieruit geen emissies kunnen optreden. Tijdens de meetperiode wordt voldaan aan de geldende dierwelzijnsnormen. In de acht weken voorafgaand aan de meting verblijven de koeien per etmaal minstens de helft van de tijd in de stal.		
Klimaat	De koeien worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO ₂ -concentratie in de lucht van de stal onder de 3.000 ppm blijft.		
Voeding	Het voer moet voor minstens 50% uit ruwvoer bestaan en minimaal 160 g RE/kg ds bevatten of een ureumgetal hebben van 15 of meer.		
Productie	De gemiddelde melkgift dient minstens 18 kg meetmelk/koe/dag te zijn		
Gezondheid en hygiëne	Bij de veterinaire zorg wordt het gebruik van gangbare geneesmiddelen beperkt en zo mogelijk gebruik gemaakt van alternatieve behandelmethoden.		
Aantal dieren	Het aantal melkgevende en droogstaande koeien moet minimaal 30 zijn, of 15 melkgevende in geval van een vergelijkende onderzoeksopzet.		
Registratie	<i>Gedurende een periode van minimaal 4 weken voorafgaand aan de meting:</i> - totaal aantal kg verstrekt krachtvoer in de stal - totaal aantal kg verstrekt ruwvoer in de stal - ureum getal van de melk (tankureumgetal) - aanwezige + ingaande en uitgaande melkkoeien, droogstaande koeien en jongvee <i>Tijdens de meting:</i> - tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput - CO₂-concentratie - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen		

Landbouwkundige randvoorwaarden			
<i>Code:</i> A4	<i>Categorie:</i> Vleeskalveren tot 8 maanden	<i>Subcategorieën:</i> Blankvlees- en rosé vleesproductie	<i>Datum:</i> September 2013
Huisvesting	Zie eisen Kalverbesluit. Ten behoeve van de emissiemetingen moeten de kalveren gedurende de gehele mestronde tenminste over 1,8 m² leefoppervlak per dier beschikken. Op de meetlocatie dient huisvesting volgens het 'all in all out' systeem plaats te vinden. De afdelingen dienen voorafgaande aan de metingen tenminste 3 maanden in gebruik te zijn.		
Klimaat	De vleeskalveren worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO₂-concentratie in de lucht van de stal op dierniveau onder de 3.000 ppm blijft. Bij mechanisch geventileerde afdelingen dient tenminste een ventilatiecapaciteit per dierplaats geïnstalleerd te zijn van 150 m³/h voor blankvlees- en 200 m³/h voor rosékalveren.		
Voeding	Het rantsoen dient te voldoen aan de eisen die gesteld zijn in het Kalverbesluit voor blankvlees- en rosé vleesproductie.		
Productie	Blankvleesproductie: groeitraject 45 – circa 225 kg, groeiperiode circa 180 dagen (KWIN 2013). Rosé vleesproductie: groeitraject 100 – circa 300 kg, groeiperiode circa 145 dagen tot een maximum leeftijd van 8 maanden (KWIN, 2013). De uitval gedurende een mestronde bedraagt niet meer dan 5 (blankvlees) of 3 (rosé) %.		
Gezondheid en hygiëne	De vleeskalveren krijgen standaard veterinaire zorg. Gegevens van behandelde dieren dienen volgens het geldende protocol in de sector te worden vastgelegd		
Aantal dieren	Het aantal vleeskalverplaatsen in de afdeling waarin wordt gemeten dient minimaal 40 te zijn. Maximaal 5 % onderbezetting bij een meting is toegestaan.		
Registratie	<i>Tijdens de meting:</i> - aantal op dat moment aanwezige dieren in de afdeling - CO₂-concentratie <i>Gedurende de meetperiode:</i> - tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput. - Technische resultaten van de kalveren op afdelingsniveau; start- en eindgewichten, groei en uitval - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen		

Landbouwkundige randvoorwaarden			
<i>Code:</i> B1	<i>Categorie:</i> Varkenshouderij gangbaar	<i>Subcategorie:</i> Guste en drachtige zeugen	<i>Datum:</i> September 2013
Huisvesting	Zeugen en gelten moeten in groepen gehouden worden vanaf vier dagen voor inseminatie tot verplaatsing naar de kraamstal. Tijdens de meetperiode wordt voldaan aan de geldende dierwelzijnsnormen. De afdeling moet al minstens 4 weken gebruikt zijn voor de huisvesting van drachtige zeugen.		
Klimaat	De zeugen worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO ₂ -concentratie in de lucht van de afdeling onder de 3.000 ppm blijft.		
Voeding	Het voerschema is gemiddeld minimaal 2,5 Energiewaarde (EW) per dag en bevat minimaal 125 g ruweiwit (RE)/EW. Waterverstrekking gebeurt onbeperkt. Verklaring van geen gebruik van diervoedertoevoegingsmiddelen of andere voeraanpassingen die mogelijk als hoofd- of nevenwerking een verlagend effect hebben op de pH van de urine en/of de ureumuitscheiding via de urine.		
Productie	Onder de genoemde klimaat- en voedingvoorwaarden moet het gemiddelde aantal grootgebrachte biggen minimaal 26 per zeug per jaar zijn. (op bedrijfsniveau)		
Gezondheid en hygiëne	De zeugen krijgen standaard veterinaire zorg. Het percentage uitval (sterfte) mag niet hoger zijn dan 5% per jaar.		
Aantal dieren	De meting dient uitgevoerd te worden in een afdeling met minimaal 20 dieren. Minimum hokbezetting 90%.		
Registratie	<i>Gedurende een periode van minimaal 4 weken voorafgaand aan de meting:</i> - totaal aantal kg verstrekt voer in de afdeling - totaal aantal kg verstrekt ruwvoer in de afdeling - totale hoeveelheid waterverbruik in de meetafdeling - aanwezige + ingaande en uitgaande zeugen (ook tijdens meting) <i>Tijdens de meting:</i> - schatting van de hoeveelheid verbruikt water inclusief het restant in de mestput. - tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput. - registratie van voersamenstelling en (ruw)voerverbruik - CO₂-concentratie - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen		

Landbouwkundige randvoorwaarden			
<i>Code:</i> B2	<i>Categorie:</i> Varkenshouderij gangbaar	<i>Subcategorie:</i> Kraamzeugen (incl. biggen tot spenen)	<i>Datum:</i> September 2013
Huisvesting	Hoogdrachtige en lacterende zeugen worden in de kraamstal gehouden van circa één week voor het werpen tot het spenen op gemiddeld 4 weken na het werpen (25-31 d). Tijdens de meetperiode wordt voldaan aan de geldende dierwelzijnsnormen. De afdeling moet minstens één ronde gebruikt zijn voor de huisvesting van kraamzeugen.		
Klimaat	De zeugen met biggen worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO ₂ -concentratie in de lucht van de afdeling onder de 3.000 ppm blijft.		
Voeding	Voeding gebeurt volgens gangbare (CVB) normen. Minimaal 140 g RE/EW. Registratie van voersamenstelling en -hoeveelheid is noodzakelijk. Waterversprekking gebeurt onbeperkt. Verklaring van geen gebruik van diervoedertoevoegingsmiddelen die mogelijk als hoofd- of nevenwerking een verlagend effect hebben op de pH van de urine en/of de ureumuitscheiding via de urine.		
Productie	Minimaal 10 gespeende biggen per worp tijdens de meetdagen, omdat de voeropname afhankelijk is van het aantal zuigende biggen.		
Gezondheid en hygiëne	De zeugen krijgen standaard veterinaire zorg. Het percentage uitval (sterfte) mag niet hoger zijn dan 5% per jaar.		
Aantal dieren	Minimaal 6 zeugen met biggen per afdeling/groep.		
Registratie	<i>Per kraamperiode van circa 5 weken:</i> - totaal aantal kg verstrekt voer in de afdeling - totale hoeveelheid waterverbruik in de meetafdeling - aanwezige + ingaande en uitgaande dieren - schatting van de hoeveelheid verbruikt schoonmaakwater inclusief het restant in de mestput. - tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput - CO₂-concentratie - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen		

Landbouwkundige randvoorwaarden			
<i>Code:</i> B3	<i>Categorie:</i> Varkenshouderij gangbaar	<i>Subcategorie:</i> Biggenopfok (gespeende biggen)	<i>Datum:</i> September 2013
Huisvesting	Biggen van ca 4 weken leeftijd (8 kg) tot ca 25 kg worden in biggenopfokhokken gehouden. Tijdens de meetperiode wordt voldaan aan de geldende dierwelzijnsnormen. De afdeling moet minstens één ronde gebruikt zijn voor de huisvesting van gespeende biggen.		
Klimaat	De biggen worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO ₂ -concentratie in de lucht van de afdeling onder de 3.000 ppm blijft.		
Voeding	Voeding gebeurt volgens gangbare (CVB)normen. Minimaal 165 g RE/EW. Registratie van voersamenstelling en -hoeveelheid is noodzakelijk. Waterversprekking gebeurt onbeperkt. Verklaring van geen gebruik van diervoedertoevoegingsmiddelen die mogelijk als hoofd- of nevenwerking een verlagend effect hebben op de pH van de urine en/of de ureumuitscheiding via de urine.		
Productie	De groei van de biggen tot 25 kg bedraagt minstens 310 g/dag.		
Gezondheid en hygiëne	De biggen krijgen standaard veterinaire zorg. Het percentage uitval mag niet hoger zijn dan 5% per ronde op afdelingsniveau. Registratie van reinigingstijdstippen en middelen is vereist evenals een schatting van de hoeveelheid verbruikt water inclusief het restant in de mestput. Ook registratie van het verwijderen van (drijf)mest uit de mestput is voorwaarde.		
Aantal dieren	Het minimum aantal dieren in de te meten afdeling is 40. De bezetting moet tijdens ieder moment van de meting minstens 90% zijn.		
Registratie	<i>Per opfokperiode:</i> - totaal aantal kg verstrekt voer in de afdeling - totale hoeveelheid waterverbruik in de meetafdeling - aanwezige + ingaande en uitgaande dieren - schatting van de hoeveelheid verbruikt schoonmaakwater inclusief het restant in de mestput. - tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput - veterinaire behandelingen op koppelniveau - CO₂-concentratie - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen		

Landbouwkundige randvoorwaarden			
Code: B4	Categorie:	Subcategorie: - Vleesvarkens - Opfokberen van ca. 25 kg tot 7 maanden - Opfokzeugen van ca. 25 kg tot eerste dekking	Datum: September 2013
	Varkenshouderij gangbaar		
Huisvesting	Varkens van circa 25 tot 120 kg worden in afdelingen gehouden waarvan de hokken 10 tot 40 varkens mogen bevatten. Tijdens de meetperiode wordt voldaan aan de geldende dierwelzijnsnormen. De afdeling moet minstens één ronde gebruikt zijn voor de huisvesting van vleesvarkens.		
Klimaat	De vleesvarkens worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO ₂ -concentratie in de lucht van de afdeling onder de 3.000 ppm blijft.		
Voeding	Voeding gebeurt volgens gangbare (CVB)normen. Minimaal 160 g RE/EW voor startvoer (eerste maand) en 145 g RE/EW voor afmestvoer. Registratie van voersamenstelling en – hoeveelheid is noodzakelijk. Waterverstrekking gebeurt onbeperkt. Verklaring van geen gebruik van diervoedertoevoegingsmiddelen die mogelijk als hoofd- of nevenwerking een verlagend effect hebben op de pH van de urine en/of de ureumuitscheiding via de urine.		
Productie	De groei van de vleesvarkens is in het traject 25 - 120 kg minstens 770 g/dag (Agrovision/KWIN – 20 g/dag)		
Gezondheid en hygiëne	De varkens krijgen standaard veterinaire zorg. Het percentage uitval mag niet hoger zijn dan 5% per ronde. Registratie van reinigingstijdstippen en middelen is vereist evenals een schatting van de hoeveelheid verbruikt water inclusief het restant in de mestput. Ook registratie van het verwijderen van (drijf)mest uit de mestput is voorwaarde.		
Aantal dieren	Het aantal dieren in de te meten afdeling bedraagt minimaal 50.		
Registratie	Per vleesvarkensronde van circa 16 weken: - totaal aantal kg verstrekt voer in de afdeling - totale hoeveelheid waterverbruik in de meetafdeling - aanwezige + ingaande en uitgaande dieren - schatting van de hoeveelheid verbruikt schoonmaakwater inclusief het restant in de mestput. - tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput - veterinaire behandelingen op koppelniveau - CO ₂ -concentratie - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen		

Landbouwkundige randvoorwaarden			
Code:	Categorie:	Subcategorie:	Datum:
	Varkenshouderij biologisch	Guste en dragende zeugen	December 2010
Huisvesting	Zeugen en gelten moeten altijd in groepen gehouden worden. Het hokoppervlak bedraagt minimaal 2,5 m² waarvan minimaal 50% ingestrooide dichte vloer. De buitenuitloop is minimaal 1,9 m² per zeug waarvan maximaal 75% overkapt is. 's Zomers is weidegang verplicht. De spleetbreedte van betonroosters bedraagt maximaal 20 mm en de balkbreedte minimaal 80 mm. De zeugen worden altijd gehouden volgens de meest recente SKAL-normen. Tijdens de meetperiode wordt voldaan aan de geldende dierwelzijnsnormen. De afdeling moet al minstens 4 weken gebruikt zijn voor de huisvesting van drachtige zeugen.		
Klimaat	De zeugen worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO ₂ -concentratie in de lucht van de afdeling onder de 3.000 ppm blijft.		
Voeding	Voerschema is gemiddeld minimaal 2,5 EW per dag en onbeperkte waterversprekking. Minimaal 130 g RE/EW in het voer. Verklaring van geen gebruik van diervoedertoevoegingsmiddelen die mogelijk als hoofd- of nevenwerking een verlagend effect hebben op de pH van de urine en/of de ureumuitscheiding via de urine.		
Productie	Onder de genoemde klimaat- en voedingvoorwaarden moet het gemiddelde aantal grootgebrachte biggen minimaal 19 per zeug per jaar zijn. (op bedrijfsniveau)		
Gezondheid en hygiëne	Bij de veterinaire zorg wordt het gebruik van gangbare geneesmiddelen beperkt en zo mogelijk gebruik gemaakt van alternatieve behandelmethoden. Het percentage uitval mag niet hoger zijn dan 5% per ronde.		
Aantal dieren	De meting dient uitgevoerd te worden met een groepsgrootte van minimaal 20 dieren. Minimum hokbezetting 90%.		
Registratie	<i>Gedurende een periode van minimaal 4 weken voorafgaand aan de meting:</i> - totaal aantal kg verstrekt voer in de afdeling - totaal aantal kg verstrekt ruwvoer in de afdeling of schatting van kg ds gras uit weide - totale hoeveelheid waterverbruik in de meetafdeling - aanwezige + ingaande en uitgaande zeugen (ook tijdens de meting) <i>Tijdens de meting:</i> - schatting van de hoeveelheid verbruikt water inclusief het restant in de mestput. - tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput. - registratie van voersamenstelling en (ruw)voerverbruik - CO₂-concentratie - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen		

Landbouwkundige randvoorwaarden			
Code:	Categorie:	Subcategorie:	Datum:
	Varkenshouderij biologisch	Kraamzeugen (incl. biggen tot spenen)	December 2010
Huisvesting	Hoogdrachtige en lacterende zeugen worden in de kraamstal gehouden van op z'n vroegst één week voor het werpen tot het spenen op gemiddeld 6 weken na het werpen (40-44 d). Hokken moeten minstens 7,5 m² binnenruimte en 2,5 m² buitenruimte hebben. Minstens 50% van de vloer moet dicht zijn en ingestrooid. Metalen driekantrasters mogen een maximum spleetbreedte van 10 mm hebben, kunststof roosters 12 mm. Tijdens de meetperiode moet voldaan worden aan de geldende dierwelzijnsnormen. De afdeling moet minstens één ronde gebruikt zijn voor de huisvesting van kraamzeugen.		
Klimaat	De zeugen met biggen worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO ₂ -concentratie in de lucht van de afdeling onder de 3.000 ppm blijft.		
Voeding	Het dagelijkse rantsoen is gebaseerd op CVB-normen of meer. Minimaal 150 g RE/EW in het voer. Registratie van voersamenstelling en -hoeveelheid is noodzakelijk. Watervorstrekking gebeurt onbeperkt. Volgens de SKAL-normen moet minstens 80% van het voer van biologische oorsprong zijn. Verklaring van geen gebruik van diervoedertoevoegingsmiddelen die mogelijk als hoofd- of nevenwerking een verlagend effect hebben op de pH van de urine en/of de ureumuitscheiding via de urine.		
Productie	Gemiddeld minimaal 9 gespeende biggen per worp, omdat de voeropname afhankelijk is van het aantal zuigende biggen.		
Gezondheid en hygiëne	Bij de veterinaire zorg wordt het gebruik van gangbare geneesmiddelen beperkt en zo mogelijk gebruik gemaakt van alternatieve behandelmethoden.		
Aantal dieren	Minimaal 6 zeugen met biggen per afdeling/groep. De hokbezetting moet gemiddeld over de gehele kraamfase minstens 90% zijn.		
Registratie	<i>Gedurende de gehele ronde in de kraamstal:</i> - totaal aantal kg verstrekt voer (zeug en biggen) in de afdeling - totaal aantal kg verstrekt ruwvoer in de afdeling - totale hoeveelheid waterverbruik in de meetafdeling inclusief restant in de mestput - aanwezige + ingaande en uitgaande zeugen - aantal gespeende biggen - tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput. - registratie van voersamenstelling en (ruw)voerverbruik - CO₂-concentratie - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen		

Landbouwkundige randvoorwaarden			
Code:	Categorie:	Subcategorie:	Datum:
	Varkenshouderij biologisch	Biggenopfok (gespeende biggen)	December 2010
Huisvesting	Gespeende biggen moeten een binnenruimte van minstens 0,6 m² en een buitenruimte van minstens 0,4 m² hebben. Minstens 50% van de vloer moet dicht zijn en ingestrooid. Metalen driekantroosters mogen een maximum spleetbreedte van 10 mm hebben, kunststof roosters 12 mm. Tijdens de meetperiode moet voldaan worden aan de geldende dierwelzijnsnormen. De afdeling moet minstens één ronde gebruikt zijn voor de huisvesting van gespeende biggen.		
Klimaat	De biggen worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO ₂ -concentratie in de lucht van de afdeling onder de 3.000 ppm blijft.		
Voeding	Het dagelijkse rantsoen is gebaseerd op CVB-normen of meer. Minimaal 165 g RE/EW in het voer. Registratie van voersamenstelling en -hoeveelheid is noodzakelijk. Waterversprekking gebeurt onbeperkt. Volgens de SKAL-normen moet minstens 80% van het voer van biologische oorsprong zijn. Verklaring van geen gebruik van diervoedertoevoegingsmiddelen die mogelijk als hoofd- of nevenwerking een verlagend effect hebben op de pH van de urine en/of de ureumuitscheiding via de urine.		
Productie	Gemiddeld begingewicht van de 6 weken oude biggen ligt tussen 10 en 14 kg en het eindgewicht ligt tussen 23 en 27 kg. De groei in dit traject bedraagt minimaal 300 g/d. De verblijfsduur in deze afdeling ligt tussen de 4 en 6 weken.		
Gezondheid en hygiëne	Bij de veterinaire zorg wordt het gebruik van gangbare geneesmiddelen beperkt en zo mogelijk gebruik gemaakt van alternatieve behandelmethoden.		
Aantal dieren	Minimaal 40 biggen per afdeling en 10 tot 40 biggen per hok. De hokbezetting is minimaal 90%.		
Registratie	<i>Gedurende de gehele ronde in de biggenopfok:</i> - totaal aantal kg verstrekt voer in de afdeling - totaal aantal kg verstrekt ruwvoer in de afdeling - totale hoeveelheid waterverbruik in de meetafdeling inclusief het restant in de mestput - aanwezige + ingaande en uitgaande dieren - tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput. - registratie van voersamenstelling en (ruw)voerverbruik - veterinaire behandelingen op koppelniveau - CO₂-concentratie - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen		

Landbouwkundige randvoorwaarden			
Code:	Categorie:	Subcategorie: - Vleesvarkens - Opfokberen van ca. 25 kg tot 7 maanden - Opfokzeugen van ca. 25 kg tot eerste dekking	Datum: December 2010
	Varkenshouderij biologisch		
Huisvesting	Vleesvarkens moeten een binnenruimte van minstens 1,3 m² en een buitenruimte van minstens 1,0 m² hebben. Minstens 50% van de vloer moet dicht zijn en ingestrooid. Betonroosters mogen een maximum spleetbreedte hebben van 18 mm, metalen drielantroosters mogen een maximum spleetbreedte van 15 mm hebben. Tijdens de meting moet voldaan worden aan de geldende dierwelzijnsnormen. De afdeling moet minstens één ronde gebruikt zijn voor de huisvesting van vleesvarkens.		
Klimaat	De vleesvarkens worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO ₂ -concentratie in de lucht van de afdeling onder de 3.000 ppm blijft.		
Voeding	Het dagelijkse rantsoen is gebaseerd op CVB-normen of meer. Minimaal 170 g RE/EW in het startvoer en 155 g RE/EW in het afmestvoer. Registratie van voersamenstelling en – hoeveelheid is noodzakelijk. Waterversprekking gebeurt onbeperkt. Volgens de SKAL-normen moet minstens 80% van het voer van biologische oorsprong zijn. Verklaring van geen gebruik van diervoedertoevoegingsmiddelen die mogelijk als hoofd- of nevenwerking een verlagend effect hebben op de pH van de urine en/of de ureumuitscheiding via de urine.		
Productie	Gemiddeld begingewicht van de vleesvarkens ligt tussen de 23 en 27 kg, het eindgewicht tussen 105 en 115 kg. De groei in dit traject bedraagt minimaal 700 g/dag. De verblijfsduur in deze afdeling ligt tussen de 16 en 18 weken.		
Gezondheid en hygiëne	Bij de veterinaire zorg wordt het gebruik van gangbare geneesmiddelen beperkt en zo mogelijk gebruik gemaakt van alternatieve behandelmethoden.		
Aantal dieren	Minimaal 50 vleesvarkens per afdeling en 10 tot 40 vleesvarkens per hok. De hokbezetting is minimaal 90%.		
Registratie	Gedurende de gehele ronde in de vleesvarkensstal: - totaal aantal kg verstrekt voer in de afdeling - totaal aantal kg verstrekt ruwvoer in de afdeling - totale hoeveelheid waterverbruik in de meetafdeling inclusief het restant in de mestput - aanwezige + ingaande en uitgaande dieren - tijdstippen van verwijderen van (drijf)mest uit de mestput. - registratie van voersamenstelling en (ruw)voerconsumptie - veterinaire behandelingen op koppelniveau - CO ₂ -concentratie - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen		

Landbouwkundige randvoorwaarden				
Code:	Categorie:	Subcategorie:		Datum:
	Pluimveehouderij gangbaar			
Huisvesting	Tijdens de meetperiode wordt voldaan aan de geldende dierwelzijnsnormen. Vóór de meetperiode moet de stal minstens twee maanden gebruikt zijn voor de huisvesting van legkippen.			
Strooisel	Materiaal: zand / houtkrullen / gehakseld tarwestro Laagdikte: minimaal 1 cm			
Klimaat	De legkippen worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO ₂ -concentratie in de lucht van de afdeling onder de 2.500 ppm blijft.			
Voeding	Leghennen	OE CVB (MJ)	vLYS (g)	v(M+C) (g)
	Pre-leg, 17-19 weken	11.6	6.6	5.6
	19 - 35 weken	11.8	6.8	6.1
	35 - 55/60 weken	11.7	6.6	5.8
	na 55/60 weken	11.6	6.4	5.7
	De kippen krijgen een gangbaar voer met minimaal de in de bovenstaande tabel vermelde gehalten. Het voerverbruik per aanwezige legkip vanaf 20 weken dient minimaal 105 g per dier per dag te zijn. Verklaring van geen gebruik van diervoedertoevoegingsmiddelen die mogelijk als hoofd- of nevenwerking een verlagend effect hebben op de pH van de urine en/of de ureumuitscheiding via de urine.			
Water	Verstrekkingsduur: onbeperkt tijdens de lichtperiode. Water/voerverhouding: 1,70 – 1,80. Er mogen geen wateradditieven worden gebruikt welke een pH verlagend effect hebben zoals bv. organische zuren.			
Productie	De eiproduktie moet op jaarbasis minimaal 300 eieren/kip zijn.			
Gezondheid en hygiëne	De legkippen krijgen standaard veterinaire zorg. Het uitvalspercentage mag niet hoger zijn dan 10% in de volledige productieperiode.			
Aantal dieren	De groepsgrootte bedraagt minimaal 750.			
Registratie	<i>Gedurende vier weken voorafgaand aan de meting:</i> - totaal aantal kg verstrekt voer in de afdeling/stal - totaal aantal kg verstrekt strooisel in de afdeling/stal - totale hoeveelheid waterverbruik in de meetafdeling/stal - aanwezige + ingaande en uitgaande dieren (ook tijdens de meting) <i>Tijdens de meting:</i> - productie: aantal eieren, eigewicht, diergewicht en uitval - voeropname - tijdstippen van verwijderen van mest/strooisel uit de afdeling/stal - registratie van voersamenstelling - CO ₂ -concentratie - strooisellaagdikte - drogestofgehalte strooiselmest (per meetdag een stalrepresentatief mengmonster) - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen			

Landbouwkundige randvoorwaarden				
Code:	Categorie:	Subcategorie: Vleeskuikens		Datum: September 2013
	Pluimveehouderij gangbaar			
Huisvesting	Tijdens de meetperiode wordt voldaan aan de geldende dierwelzijnsnormen. Vóór de meetperiode moet de stal minstens één ronde gebruikt zijn voor de huisvesting van vleeskuikens.			
Strooisel	Materiaal: houtkrullen (0,6 – 1,5 kg/m²), (gehakseld) tarwestrooisel (0,6 – 2,0 kg/m²). Turf en snijmaissilage mogen niet worden toegepast.			
Klimaat	De vleeskuikens worden gehouden onder zodanige omstandigheden dat de CO ₂ -concentratie in de lucht van de afdeling onder de 3.000 ppm blijft.			
Voeding	De vleeskuikens krijgen een gangbaar voer, conform richtlijnen vermeld in onderstaande tabel.			
		OE CVB (MJ)	vLYS (g)	v(M+C) (g)
	Vleeskuiken starter 0 - 14 dagen	12.2	11.5	8.2
	Vleeskuikenvoer II 14 - 30 dagen	12.4	10.5	7.6
	Vleeskuikenvoer III vanaf 30 dagen	12.6	9.7	7.1
	Verklaring van geen gebruik van diervoedertoevoegingsmiddelen die mogelijk als hoofd- of nevenwerking een verlagend effect hebben op de pH van de urine en/of de ureumuitscheiding via de urine.			
Water	Verstrekkingsduur: onbeperkt tijdens de lichtperiode Water/voerverhouding: 1,70 – 1,80 Er mogen geen wateradditieven worden gebruikt welke een pH verlagend effect hebben, zoals bv. organische zuren.			
Productie	De vleeskuikens dienen een eindgewicht te hebben van gemiddeld minimaal 2200 g op een leeftijd van maximaal 45 dagen.			
Gezondheid en hygiëne	De vleeskuikens krijgen standaard veterinaire zorg. Het uitvalspercentage mag niet hoger zijn dan [1% + (dagen leeftijd kuikens x 0,06%)] van het beginaantal.			
Aantal dieren	De groepsgrootte bedraagt minimaal 1000.			
Registratie	Gedurende de ronde waarin de meting valt: - totaal aantal kg verstrekt voer in de afdeling/stal - totaal aantal kg verstrekt strooisel in de afdeling/stal - totale hoeveelheid water in de afdeling/stal - aanwezige + ingaande en uitgaande dieren (ook tijdens de meting) - veterinaire behandeling op koppelniveau en uitval - technische resultaten - registratie van voersamenstelling - CO ₂ -concentratie - drogestofgehalte strooiselmest (per meetdag een stalrepresentatief mengmonster) - de wijze waarop voldaan wordt aan tijdens de meetperiode geldende dierwelzijnsnormen			

Bijlage C Leegstandpercentages per diercategorie

Code Rav	Diercategorie	Leegstandpercentage %
A1	Melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar	0
A2	Zoogkoeien ouder dan 2 jaar	0
A3	Vrouwelijk jongvee tot 2 jaar	0
A4	Vleeskalveren tot circa 8 maanden	
A 6	Vleesstieren en overig vleesvee van circa 8 tot 24 maanden (roodvleesproductie)	0
A 7	Fokstieren en overig rundvee ouder dan 2 jaar	0
B 1	Schapen ouder dan 1 jaar, inclusief lammeren tot 45 kg	0
C 1	Geiten ouder dan 1 jaar	0
C 2	Opfokgeiten van 61 dagen tot en met één jaar	0
C 3	Opfokgeiten en afmestlammeren tot en met 60 dagen	0
D 1.1	Biggenopfok (gespeende biggen)	10
D 1.2	Kraamzeugen (inclusief biggen tot spenen)	10
D 1.3	Guste en dragende zeugen	5
D 2	Dekberen, 7 maanden en ouder	10
D 3	Vleesvarkens, opfokberen van ca. 25 kg tot 7 maanden, opfokzeugen van ca. 25 kg tot eerste dekking	10
E 1	Opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken	10
E 2	Legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen	5
E 3	(Groot-)ouderdieren van vleeskuikens in opfok, jonger dan 19 weken	17
E 4	(Groot-)ouderdieren van vleeskuikens	13
E 5	Vleeskuikens	19
F 1	Ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok, tot 6 weken	25
F 2	Ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok, van 6 tot 30 weken	8
F 3	Ouderdieren van vleeskalkoenen, van 30 weken en ouder	14
F 4	Vleeskalkoenen	10
G 1	Ouderdieren van vleeseenden tot 24 maanden	5
G 2	Vleeseenden	16
H 1	Nertsen, per fokteef	0
I 1	Voedster inclusief 0,15 ram en bijbehorende jongen tot speenleeftijd	2

I 2	Vlees en opfokkonijnen tot dekleeftijd	15
J 1	Parelhoenders voor de vleesproductie	19
K 1	Volwassen paarden, 3 jaar en ouder	0
K 2	Paarden in opfok, jonger dan 3 jaar	0
K 3	Volwassen pony's, 3 jaar en ouder	0
K 4	Pony's in opfok, jonger dan 3 jaar	0

Bijlage D Leegstandpercentages per diercategorie

Overzicht ten behoeve van het gebruik van dierplaats of geplaatst dier voor de berekeningswijze van emissiefactoren: diercategorieën waarvoor dierplaatsen wettelijk zijn gedefinieerd, diercategorieën met adviesnormen voor dierplaats, en diercategorieën waarvoor het aantal geplaatste dieren als uitgangspunt voor berekening moet worden genomen.

Dierplaatsen (wet)*	Dierplaatsen (advies)*	Geplaatste dieren
Vleeskalveren tot 8 maanden	Melk- en kalfkoeien	Zoogkoeien
Biggenopfok	Melkgeiten	Vrouwelijk jongvee
Kraamzeugen	Nertsen, tevenplaats**	Fokstieren en overig rundvee
Vleesvarkens	Voedsters konijnen	Vleesstieren
Guste en dragende zeugen		Schapen
Legkippen		Ouderdieren van vleeskalkoenen
Ouderdieren van vleeskuikens		Ouderdieren van vleeseenden
		Opfoklegkippen en hanen
		Opfok grootkuikenouderdieren
		Vleeskuikens
		Opfok ouderdieren vleeskalkoenen
		Vleeskalkoenen
		Vleeseenden
		Vlees en opfokkonijnen tot dekleeftijd
		Vleesparelhoenders
		Opfokstruisvogels
		Vleesstruisvogels
		Struisvogelouderdieren
		Volwassen paarden > 3jaar
		Paarden in opfok < 3 jaar
		Volwassen pony's > 3 jaar
		Pony's in opfok < 3 jaar

*Zie ook: Informatiedocument Leefoppervlaktes in de Intensieve Veehouderij
(www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties)

** Zie voor definitie tevenplaats en berekening emissiefactor: Mosquera et al., 2011

Bijlage E1 Aanpassing van het meetprotocol voor luchtwassers

Het protocol zoals omschreven in hoofdstuk 1 t/m 6 wordt bij het bemeten van chemische, biologische en gecombineerde luchtwassers volledig toegepast met inachtneming van de hierna genoemde wijzigingen en aanvullingen:

Meetstrategie

Het aantal bedrijfslocaties dat tenminste moet worden bemeten wordt gewijzigd naar twee.

Meetmethoden

Aanvullend wordt tijdens elke meting tevens het waswater op een representatieve wijze bemonsterd voor chemische analyse. De analyse omvat bij een biologisch proces de parameters: pH, ammonium, nitriet en nitraat. Bij een chemisch proces gaat het om de parameters: pH, ammonium en sulfaat. Tevens dient gedurende de gehele meetperiode, inclusief de perioden tussen metingen, een elektronisch monitoringssysteem, zoals beschreven in Tabel 15 van het rapport van Melse en Franssen (2010), continu in werking te zijn.

Landbouwkundige randvoorwaarden

De landbouwkundige randvoorwaarden zijn van toepassing voor de diercategorieën in de met de luchtwassers verbonden stallen.

Berekening emissiefactor

Wijziging: in plaats van een emissiefactor wordt het gemiddelde verwijderingsrendement vastgesteld, door eerst voor elke meting het rendement te berekenen en vervolgens het gemiddelde van alle rendementen te berekenen. Naast het gemiddelde wordt ook de standaarddeviatie van de rendementen berekend.

Rapportage

Ter aanvulling dient in het hoofdstuk met resultaten verslag te worden gedaan in tabel- en grafiekvorm van de elektronische monitoring van bedrijfsparameters gedurende de gehele meetperiode. Tevens dienen deze resultaten te worden besproken in relatie tot de bedrijfszekerheid van de installatie.

Bijlage E2 Aanpassing voor biofilters

Het protocol zoals omschreven in hoofdstuk 1 t/m 6 wordt bij het bemeten van biofilters volledig toegepast met inachtneming van de hierna genoemde wijzigingen en aanvullingen:

Meetstrategie

Het aantal bedrijfslocaties dat tenminste moet worden bemeten wordt gewijzigd naar twee.

Meetmethoden

Het is van belang dat de uitgaande lucht van een biofilter op representatieve wijze wordt bemonsterd. Er is sprake van een uitstroomoppervlak van vele vierkante meters en er kunnen tussen verschillende plaatsen (grote) verschillen zijn qua luchtdebiet en ammoniakconcentratie (denk bijvoorbeeld aan kortsluitstromingen en/of relatief natte of droge delen). Om een representatief luchtmonster te verkrijgen kan een meet-tent boven (een deel van) het biofilteroppervlak worden aangebracht met een uitstroomopening. Door deze uitstroomopening stroomt opgemengde lucht die afkomstig is van het gehele biofilteroppervlak. Wanneer deze lucht bemonsterd wordt is sprake van een luchtmonster dat representatief is voor het gehele oppervlak van het biofilter.

Aanvullend wordt tijdens elke meting het biofiltermateriaal op een representatieve wijze bemonsterd voor chemische analyse. De analyse omvat het droge stof gehalte, as rest, pH, EC, ammonium-, nitriet- en nitraatgehalte. Voor de bepaling van de laatste vijf wordt het monster opgemengd met demiwater in een massa verhouding biofiltermateriaal : demi-water van 1 : 4 en geroerd/geschud. Vervolgens wordt het monster een nacht weggezet. De volgende dag wordt het monster geroerd/geschud en wordt de pH en de EC gemeten in de waterfase. Na centrifugering wordt vervolgens ammonium-, nitriet- en nitraatgehalte van het centrifugaat gemeten.

Indien er bij het biofilter sprake is van percolaat (spuiwater), wordt dit spuiwater bemonsterd en worden de pH, EC, ammonium-, nitriet- en nitraatgehalte bepaald.

Landbouwkundige randvoorwaarden

De landbouwkundige randvoorwaarden zijn van toepassing voor de diercategorieën in de met biofilters verbonden stallen.

Berekening emissiefactor

Wijziging: in plaats van een emissiefactor wordt het gemiddelde verwijderingsrendement vastgesteld, door eerst voor elke meting het rendement te berekenen en vervolgens het gemiddelde van alle rendementen te berekenen. Naast het gemiddelde wordt ook de standaarddeviatie van de rendementen berekend.

Bijlage E3 Aanpassing voor luchtwassers met bypassventilatoren

Het protocol wordt bij luchtwassers met bypassventilatoren volledig toegepast met inachtneming van de wijzigingen en aanvullingen in bijlage E1 en de volgende specifieke aanvullingen als gevolg van het gebruik van bypassventilatoren:

Meetstrategie

Om de emissies van NH₃ te bepalen moet het ventilatiedebiet van de bypassventilatoren en de luchtwasserventilatoren worden gemeten. Aangezien een deel van de stallucht door de bypass onbehandeld naar buiten gaat is het noodzakelijk om de concentraties van NH₃ niet alleen vóór en na de wasser, maar ook bij de bypassventilatoren te meten.

Meetmethoden

De voor luchtwassers vereiste continue elektronische monitoring gedurende de gehele meetperiode dient tevens van toepassing te zijn op het gebruik van de bypassventilatoren.

Bijlage F **Vergelijking van meetstrategieën: metingen met en zonder een referentiesysteem**

Voor het meten van emissies uit stallen ten behoeve van regelgeving wordt momenteel gebruik gemaakt van 'Het protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010' (2010-metprotocol) waarbij voor een stalsysteem metingen aan 4 bedrijfslocaties zijn vereist, en waarbij per locatie 6 metingen verspreid over het jaar dienen plaats te vinden. De afgelopen jaren is er ook op internationaal niveau, binnen het VERA-kader, gewerkt aan meetprotocollen voor stalsystemen. Dit heeft geresulteerd in een eerste volledige versie van het "Test-protocol for Livestock Housing and Management Systems" (VERA, 2011). Binnen dit protocol wordt waar mogelijk gebruik gemaakt van een vergelijkende meetopzet waarbij het te onderzoeken stalsysteem gelijktijdig wordt bemeaten met een referentiesysteem. Hierbij kan met metingen op 2 bedrijfslocaties worden volstaan indien het waargenomen effect niet verschilt tussen beide locaties. Wanneer een vergelijkende opzet niet mogelijk is wordt teruggevallen op de benadering met 4 bedrijfslocaties. In zijn algemeenheid is het in de praktijk meestal mogelijk de vergelijkende benadering in de varkenshouderij en pluimveehouderij toe te passen, omdat het hier veelal bedrijven betreft die over meerdere identieke afdelingen beschikken. Zowel het 2010-protocol als het VERA-protocol zijn in principe geschikt voor het vaststellen van emissiefactoren van stalsystemen. Voor- en nadelen van het toepassen van beide benaderingen worden in deze bijlage besproken.

2010-protocol

In deze benadering worden minimaal vier stallocaties met het te onderzoeken stalsysteem doorgemeten gedurende 6 meetdagen per locatie, gelijkmatig over het jaar verdeeld. Het gemiddelde emissieniveau levert dan de emissiefactor.

Uit een aantal studies naar de nauwkeurigheid van de emissiefactor die op deze meetbenadering is gebaseerd is duidelijk geworden dat deze bij toepassing in varkens- en pluimveestallen hoofdzakelijk afhangt van de omvang van variaties tussen bedrijfslocaties. Verschillen tussen bedrijven worden veroorzaakt door variatie in voerregimes, voersamenstelling, ventilatiemanagement, hygiëne-management en kleine lay-out verschillen tussen stallen binnen een gelijke emissiereducerend systeem. In de statistische analyse van ammoniakemissiedata van varkensstallen, gebaseerd op beschikbare metingen tussen 1990 en 2003 (Mosquera en Ogink, 2008) is deze zogenoemde tussen-bedrijf spreiding in kaart gebracht. De geschatte standaarddeviatie verbonden aan verschillen tussen gemiddelde niveaus van vleesvarkenbedrijven bleek in deze studie een orde van grootte van 30-40% te hebben. De emissiefactor in deze multi-locatie opzet is gebaseerd op het gemiddelde van vier bedrijfsgemiddelden. De standaardfout horende bij het overall gemiddelde van vier locaties is gelijk aan de tussenbedrijf standaarddeviatie gedeeld door $\sqrt{(\text{aantal bedrijven})}$, in dit geval $\sqrt{4} = 2$. Dit komt neer op een standaardfout van 15-20%.

Als de standaardfout bekend is dan kan hieruit een 95%-betrouwbaarheidsinterval voor het overall gemiddelde vastgesteld worden gebaseerd op tweemaal de standaardfout minus en plus het gemiddelde. Om bijvoorbeeld vast te stellen of een overall gemiddelde met 95% kans onder de BBT-emissiewaarde ligt, kan gebruik worden gemaakt van een eenzijdige t-toets. Uitgaande van een standaardfout van bv. 20% en een t-waarde van 1.65 dient de gemeten waarde minimaal $20 \times 1.65 = 33\%$ onder de BBT-waarde te liggen. In dit toetsings-voorbeeld wordt er vanuit gegaan dat de standaardfout op een groot aantal waarnemingen is gebaseerd, waardoor een minimale t-waarde zou mogen worden gehanteerd.

VERA-protocol: opzet met referentiesysteem

Een alternatieve benadering is gebruik te maken van een vergelijkende meetopzet waarbij het te onderzoeken systeem en de referentie gelijktijdig worden bemeaten. In het VERA-protocol moeten vergelijkende meetseries op minimaal 2 bedrijfslocaties worden uitgevoerd. Als referentiesysteem kan in dit geval gedacht worden aan een representatieve variant van een standaard huisvestingssysteem

zonder emissiearme inrichting (Rav: Overige huisvesting). In het VERA-protocol wordt, waar mogelijk, uitgegaan van een vergelijkende meetopzet omdat allerlei versturende variabelen bij een vergelijkende opzet tegen elkaar kunnen wegvallen, met als gevolg dat het onderscheidend vermogen sterk toeneemt. Het uitgangspunt daarbij is wel dat de opgeleverde informatie een verschillmeting is t.o.v. een referentie met bekende waarde. De emissiefactor wordt dan t.o.v. deze referentie berekend.

Dat van deze meetopzet verwacht mag worden dat het onderscheidend vermogen groter is dan in het geval van het 2010-protocol is gebaseerd op het gegeven dat verschillmetingen veel minder of in het geheel niet gevoelig zijn voor tussenbedrijf-variaties. Men kan zich voorstellen dat op conventionele bedrijven die systematisch een bv. 20% hogere of 10% lagere emissie hebben dan het overall bedrijfs-gemiddelde met deze stalinrichting, het toepassen van een emissie-arme techniek in beide gevallen een bijna gelijk proportioneel rendement oplevert t.o.v. het eigen bedrijfsniveau. Men mag verwachten dat veel tussenbedrijfverschillen namelijk worden veroorzaakt door verschillen in eiwit-niveaus in het voer en als gevolg van verschillend watermanagement variërende drogestof-gehaltes in de mest. Beide factoren leiden tot variërende ammoniumgehaltes in pluimveemest, en in de urine op de vloer en de mest in de kelder bij varkens. Verschillende ammoniumgehaltes zullen resulteren in spreiding in ammoniakemissie uit stallen. Emissiearme maatregelen die het ammoniumgehalte beïnvloeden zullen daardoor een gelijk proportioneel effect laten zien. Emissie-oppervlakte beperkende maatregelen zullen eveneens veelal gelijk uitpakken omdat vloer- en kelderoppervlak met elkaar samenhangen. Daar waar een emissiearme techniek alleen op de kelderemissie werkt zal het proportionele effect tussen bedrijven nauwelijks verschillen omdat gemiddeld 70% van de emissie van het mestoppervlak komt.

De aanname/verwachting dat proportionele effecten tenderen naar een constant niveau over bedrijven met verschillende emissieniveaus heen staat gelijk aan de uitspraak dat verschillmetingen niet gevoelig zijn voor tussenbedrijfvariatie. Het wegvallen van tussenbedrijfvariatie als dominerende factor in de nauwkeurigheid van emissiefactoren heeft belangrijke implicaties voor de bemonsteringsstrategie en de hieruit resulterende nauwkeurigheid. Het aantal vrijheidsgraden gerelateerd aan deze nauwkeurigheid wordt dan, idealiter, niet meer bepaald door het aantal bedrijven maar veeleer door het aantal metingen in de verschilserie. In plaats van $n=4$ voor het aantal bedrijven in het 2010-protocol dat de overall nauwkeurigheid domineert, wordt deze in het VERA-protocol bepaald door het aantal $n=2 \times 6 = 12$ (2 bedrijven met 6 verschillmetingen). Driemaal meer vrijheidsgraden verbetert de nauwkeurigheid met een factor $\sqrt{3}$ (≈ 1.73). Bovendien mag verwacht worden dat op het verschilreeksen niveau binnen een bedrijf de variatie veel geringer is dan de binnenbedrijfvariatie in het 2010-protocol. Binnenbedrijf-variatie in emissie wordt o.a. veroorzaakt door diermassa en ventilatieniveau. Omdat deze factoren gelijk inwerken op zowel de emissie-arme afdeling als de referentieafdeling ligt het voor de hand te verwachten dat verschilvariatie geringer is dan absolute emissievariatie binnen een bedrijf.

Een gelijk proportioneel effect van emissiearme technieken kan dus leiden tot veel nauwkeurigere en tegelijkertijd kostenbesparende meetopzetten. De kostenbesparing is het gevolg van het beperkt aantal bedrijfslocaties in de meting. De meetopzet mag echter niet beperkt worden tot één bedrijfslocatie. Het is wel van belang te verifiëren dat effecten tussen bedrijven niet verschillen. Het vaststellen van verschillmetingen op minimaal twee bedrijfslocaties is daarom essentieel. Dit is ook wat wordt voorgeschreven in het VERA-protocol. Wanneer verschilreeksen afwijkende effecten per bedrijf laten zien (via t-toetsen) , is er sprake van bedrijfsinteractie en moet afhankelijk van de grootte van dit effect overwogen worden metingen uit te breiden naar andere bedrijven. Dit moet van geval tot geval ingeschat worden.

De bovenstaande redenering is gebaseerd op ammoniakemissie. Ook bij andere emissiecomponenten mag echter verwacht worden dat het VERA-protocol gemiddeld tot betere meetresultaten leidt omdat ook hier de effecten van tussenbedrijf-variatie worden verminderd en de variatie in verschilreeksen wordt verkleind.

Alternatieve benaderingen

Van een benadering gebaseerd op verschillmetingen mag verwacht worden dat deze veel effectiever is dan een benadering gebaseerd op absolute meetreeksen. De VERA-protocol benadering levert daarmee een voordeel op t.o.v. de 2010-benadering, mits de eerste ook praktisch uitvoerbaar is. Bij het VERA-protocol kan echter wel een kanttekening worden geplaatst wat betreft het risico op verstrengeling van behandelings- en afdelingseffecten. In varkensafdelingen kunnen bv. bij gelijke hokinrichting systematische verschillen in emissie optreden als gevolg van (onbedoelde) systematische verschillen in bv. ventilatiemanagement en temperatuursverschillen als gevolg van ligging in het stalgebouw. Bij experimentele opzetten wordt er altijd naar gestreefd dit soort zogenaamde blok-effecten te elimineren door behandelingen te herhalen binnen blokken, of kleiner te maken door meerdere afdelingen met behandeling en referentie door te meten. In het geval van het testen van maatregelen die eenvoudig zijn uit te wisselen tussen afdelingen is dit sterk aan te bevelen. Bij toekomstige aanpassing van het VERA-protocol ligt het voor de hand, deze aanpak uit te werken en voor te schrijven waar mogelijk.

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.

