

# Wageningen UR Livestock Research

*Partner in livestock innovations*



Rapport 744

## Actualisering ammoniakemissiefactoren rundvee: advies voor aanpassing in de Regeling ammoniak en veehouderij

Februari 2014



**LIVESTOCK RESEARCH**  
**WAGENINGEN UR**

## Colofon

### Uitgever

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

### Redactie

Communication Services

### Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2014

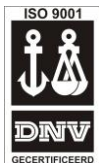
Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

### Aansprakelijkheid

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

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

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



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

## Abstract

The objective of this study is to update ammonia emission factors of cattle categories in the Regulation on ammonia and livestock in the Netherlands. The study evaluates the representativeness of emission factors for current management conditions and the availability of new information on emission. It is advised to increase the emission factor for conventional housing of dairy cattle (loose housing with slatted floors) and listed low emission housing systems by 18%.

## Keywords

Ammonia emission, housing, dairy cattle

## Referaat

ISSN 1570 - 8616

## Auteur(s)

N.W.M. Ogink  
C.M. Groenestein  
J. Mosquera

## Titel

Actualisering ammoniakemissiefactoren rundvee: advies voor aanpassing in de Regeling ammoniak en veehouderij

Rapport 744

## Samenvatting

Het doel van deze studie is de ammoniak-emissie factoren in de Regeling ammoniak en veehouderij te actualiseren voor rundvee. De representativiteit van de emissiefactoren voor de huidige praktijk en nieuwe informatie wordt geëvalueerd. Geadviseerd wordt de emissiefactor voor conventionele huisvesting van melkvee en de huidige emissiearme huisvesting te verhogen met 18%.

## Trefwoorden

Ammoniakemissie, huisvesting, melkvee



LIVESTOCK RESEARCH  
WAGENINGEN UR

Rapport 744

## Actualisering ammoniakemissiefactoren rundvee: advies voor aanpassing in de Regeling ammoniak en veehouderij

Update of ammonia emission factors for  
cattle categories: advisory report for  
amendments in regulations on ammonia and  
livestock

N.W.M. Ogink  
C.M. Groenestein  
J. Mosquera

Februari 2014

**Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van Beleidsondersteunend onderzoek van het Ministerie van Economische Zaken (Mest Milieu & Klimaat, BO-12.12).**

## Voorwoord

In de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) zijn emissiefactoren opgenomen voor de hoofdcategorie A Rundvee. Deze factoren zijn gebaseerd op een combinatie van meetreeksen en afleidingen, waarbij gebruik is gemaakt van emissieonderzoek uit eind jaren negentig. Sindsdien zijn er veranderingen opgetreden in de wijze waarop nieuwe melkveestallen worden gebouwd en in de wijze waarop het voer- en weidemanagement bij melkvee plaatsvindt. Bovendien zijn er gedurende de afgelopen jaren nieuwe gegevens over de ammoniakemissie uit melkveestallen beschikbaar gekomen. Tegen deze achtergrond is een actualisering van rundvee-emissiefactoren gewenst. In deze studie is een advies opgesteld, gebaseerd op nieuwe inzichten en meetgegevens, waarmee een wetenschappelijk onderbouwde werkwijze wordt aangereikt voor de actualisering van rundvee-emissiefactoren.

Nico Ogink

Projectleider  
Wageningen UR Livestock Research



## Samenvatting

In de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) staan emissiefactoren voor de hoofdcategorie A Rundvee. Deze factoren zijn gebaseerd op een combinatie van meetreeksen en afleidingen, waarbij gebruik is gemaakt van emissieonderzoek dat hoofdzakelijk midden en eind jaren negentig van de vorige eeuw is uitgevoerd. Sinds die tijd zijn er veranderingen opgetreden in de wijze waarop nieuwe melkveestallen worden gebouwd en in de wijze waarop het voer- en weidemanagement bij melkvee plaatsvindt. Gedurende de afgelopen jaren zijn nieuwe gegevens over de ammoniakemissie uit melkveestallen beschikbaar gekomen. Gegeven deze ontwikkelingen heeft de overheid behoefte aan een advies voor het actualiseren van emissiefactoren voor melkvee (A1) en de andere rundveecategorieën (zie bijlage 1 samenstelling A-categorie). De doelstelling van deze studie is het opstellen van een advies voor het actualiseren van ammoniakemissiefactoren in hoofdcategorie A van de Rav. Het beoogde resultaat is de aanreiking van een wetenschappelijk onderbouwde werkwijze voor de actualisering van de emissiefactoren voor de diercategorieën in deze hoofdcategorie. Deze notitie geeft allereerst een overzicht van de totstandkoming van de huidige emissiefactoren in hoofdcategorie A, de onderbouwing van deze factoren en de representativiteit voor hedendaagse stallen (hoofdstuk 2). Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de actuele stand beschreven m.b.t. beschikbare meetreeksen van (ammoniak)emissie(s) van melkveestallen, de relaties tussen ammoniakemissie en omgevingsfactoren, en de wijze waarop standaardisatie naar gemiddelde niveaus kan plaatsvinden. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een beschouwing over de nauwkeurigheid waarmee emissiefactoren werden en worden vastgesteld. In hoofdstuk 4 worden de criteria geformuleerd die ingezet kunnen worden voor het herzien van emissiefactoren in de A-categorie, en wordt het advies voor geactualiseerde emissiefactoren uitgewerkt per diercategorie en in tabellen weergegeven.

De onderbouwing van emissiefactoren in de huidige hoofdcategorie A is zowel gebaseerd op emissiemetingen, als op emissiemodelberekeningen en op afleidingen op basis van stikstof-excretieverhoudingen. In de qua emissie-impact belangrijkste categorie A1 (melkkoeien) zijn de emissiefactoren van de reguliere (overige) huisvesting (A1.100), en de stalsystemen met gruppuitvoering, sleufvloer en de dichte vloer met schuif (A1.1 – A1.8) elk gebaseerd op metingen aan telkens één bedrijfslocatie. De stalsystemen met voorlopige emissiefactoren (A1.9 t/m A1.19) zijn gebaseerd op model-berekende afwijkingen ten opzichte van overige huisvesting. Deze emissiefactoren worden op termijn vervangen door op metingen gebaseerde factoren. De voor A1.1 - A1.8 gebruikte praktijkmetingen zijn uitgevoerd conform of in lijn met de Beoordelingsrichtlijn van de vroegere Stichting Groen Label. Voor A1.100 is bij de vaststelling in 2002 gebruik gemaakt van een tweejarige meetreeks in een onderzoekstal voor voedingsonderzoek (zoals gedocumenteerd in het rapport van Monteny et al. uit 2001). Het blijkt dat de omgevingsfactoren op basis waarvan de Rav emissiefactoren in 2002 voor A1.100 zijn vastgesteld niet meer representatief zijn voor de huidige situatie door ontwikkelingen op het gebied van voeding, dierproductiviteit en stallenbouw.

In 2009 is een nieuwe meetreeks uitgevoerd met emissies uit melkveestallen (Mosquera et al., 2010). Deze meetreeks is als basis genomen voor de actualisering van de emissiefactor voor categorie A1.100. Omgevingsfactoren tijdens metingen beïnvloeden emissies en variëren tijdens meetseries. De meest representatieve emissiefactor wordt verkregen door deze omgevingsfactoren te standaardiseren naar voor de huidige praktijk representatieve waarden en de gemeten emissie te corrigeren naar deze gemiddelde waarden. Daarvoor is kennis nodig over de relatie tussen omgevingsfactoren en emissie. In hoofdstuk 3 worden deze relaties voor de sleutelfactoren melkureum, buitentemperatuur en met mest besmeurd oppervlak uitgewerkt. Voor de effecten van melkureum en temperatuur wordt daarbij gebruik gemaakt van regressievergelijkingen uit de statistische analyse van een dataset met emissiegegevens die sinds 2007 zijn gemeten in A1.100-stallen en emissiearme stallen (in totaal 98 24-uurswaarnemingen). Volgens deze vergelijkingen gaat de toename in buitentemperatuur met 1 graad Celsius gepaard met 1,5% emissietoename, en de toename van 1 mg melkureum per 100 ml melk met 2,6% emissietoename. Met emissiemodelberekeningen (stalemissiemodel, Monteny 2000) kan een lineaire relatie worden afgeleid tussen mestbesmeurd oppervlak en de ammoniakemissie voor stallen met roostervloer. Uitgaande van de emissie bij 3,5 m<sup>2</sup> oppervlak per dier neemt de emissie per extra vierkante meter loopoppervlak met 10% toe. Naast relaties met omgevingsfactoren dient voor standaardisatie ook vastgesteld te worden wat de meest representatieve niveaus voor de sleutelfactoren zijn. Voor melkureum (23 mg/100 ml) en loopoppervlak per dier (3,6 m<sup>2</sup>) is dit gebaseerd op het huidige landelijke gemiddelde, en voor buitentemperatuur op het 10-jaarsgemiddelde waarde (2003-2012) van het KNMI (10,5 °C).

Omdat in de Rav een onderscheid gemaakt wordt binnen de A1.100 categorie tussen permanent opstallen en beweiding is het gewenst deze verhouding te actualiseren. Uit emissiemodel berekeningen bij de vorige vaststelling van de emissiefactor in 2002 (Monteny et al., 2001) is een effect van 2,4% emissiereductie per uur beweiding op een gegeven dagemissie vastgesteld. Omdat beweiding plaatsvindt in een seizoen met hogere temperatuur- en melkureum-niveaus, is in onderhavige studie uitgerekend hoe groot het emissiereductie effect per uur beweiding op jaarbasis bedraagt, rekening houdend met temperatuur- en melkureum-verloop over een jaar. Dit resulteert in een emissiereductie van 2,6% per uur. Op jaarbasis geldt de volgende formule:  $\text{Emissiereductie (\%)} = 2,61 \times (\text{aantal weide-uren per dag}) \times (\text{aantal weidedagen})/365$ . Het huidige gemiddelde aantal uren beweiding en het aantal weidedagen van bedrijven die beweiden in de bedrijfsvoering, bedraagt op basis van de Landbouwtelling over 2012 en de verhouding van voorkomende beweidingssystemen momenteel 11 uur en 162 dagen. Dit resulteert in een gemiddelde emissiereductie door beweiden ten opzicht van permanent opstallen van 13% op jaarbasis.

De advies-emissiefactor voor overige huisvesting melkvee (A1.100) is berekend door de meetreeks van Mosquera et al. (2010) te standaardiseren volgens de hierboven toegelichte werkwijze en het gemiddelde hiervan te bepalen. Deze bedraagt 13,0 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats bij volledig opstallen en 11,3 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats bij beweiden. Er is geen nieuwe informatie beschikbaar over de emissie uit de overige categorieën in A1. Geadviseerd wordt de emissiefactoren van alle overige categorieën in A1 bij te stellen op basis van de verhouding tussen nieuw A1.100 (13 kg) en oud A1.100 (11 kg), door de huidige emissiefactoren bij volledig opstallen te vermenigvuldigen met 13/11 = 1,18. Door deze bijstelling blijft de verhouding ten opzichte van categorie A1.100 ongewijzigd en wordt het effect van de in de loop der jaren opgetreden veranderingen in bedrijfsvoering verdisconteerd. De emissiefactoren met beweiding kunnen op dezelfde wijze als voor A1.100 worden bijgesteld. In Tabel 2 zijn de berekende afgeleide emissiefactoren weergegeven. Voor de overige categorieën A2, A3, A6 en A7 wordt geadviseerd geactualiseerde emissiefactoren te baseren op de verhouding in TAN-excretie tussen de vast te stellen categorie en de categorie A1.100 met permanent opstallen (peiljaar TAN-excretie 2011). De stalemissie kan berekend worden als het product van deze verhouding en de stalemissie van A1.100. De geadviseerde emissiefactoren staan weergegeven in Tabel 3. Voor actualisering van de emissiefactoren van de categorie A4 (vleeskalveren) zal een afzonderlijk advies worden opgesteld.

Een belangrijk aandachtspunt bij de vaststelling van emissiefactoren is hoe om te gaan met de hieraan verbonden onzekerheid. Op basis van de in de loop der jaren verworven kennis over meetonzekerheid, concluderen wij dat de gehanteerde afronding in huidige Rav-tabel (0,1 kg in hoofdcategorie A) een onderscheidingsvermogen suggereert die niet overeenkomt met de meetonzekerheid van het huidige meetprotocol (Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013). In hoofdstuk 3.7 is een nadere beschouwing hierover uitgewerkt. Het huidige meetprotocol gebaseerd op 4 bedrijfslocaties levert een meetonzekerheid dat *bij benadering* tussen -15 en +15% van het gemeten gemiddelde ligt (95%-betrouwbaarheidsinterval). Eerder op één bedrijfslocatie vastgestelde factoren (Groen Label protocol), hebben *bij benadering* een dubbel zo groot interval.

Om een weg te vinden in de wijze waarop emissiegetallen kunnen worden vastgelegd is het nodig eerst onderscheid te maken tussen de twee essentiële functies die een tabel met emissiefactoren moet vervullen: de functie om informatie te geven over het emissieniveau van een diercategorie, en de functie om informatie te geven over de prestaties van de verschillende emissiearme stalsystemen binnen elke diercategorie ten opzichte van het traditionele huisvestingssysteem (bijvoorbeeld A1.100 in de A1-categorie). Voor de eerste functie is het gebruik van de niet-afgeronde meetwaarde de beste methode van schatten. Voor de tweede functie, het emissiereducerend effect van een systeem, is het gewenst dat de verschillen tussen de weergegeven emissiefactoren gebaseerd zijn op een afgesproken onzekerheidsniveau. Hieraan kan men het best vorm geven door een aantal emissieklassen te definiëren met oplopende reductiepercentages ten opzichte van het reguliere stalsysteem. Het doorvoeren van deze werkwijze heeft echter alleen zin als beschikt kan worden over meetgegevens met een niet al te grote en redelijk bekende meetonzekerheid, en onzekerheidsniveaus van afgeleide en op modelberekeningen gebaseerde emissiefactoren. Daarover kan momenteel nog niet worden beschikt. Bij afwezigheid van deze informatie wordt geadviseerd voorlopig niet over te gaan tot het vaststellen van emissieklassen. Het is echter wel wenselijk deze werkwijze in de toekomst te gaan toepassen, om daarmee een beter beeld te geven van de verschillen tussen emissiearme huisvestingssystemen.



## Summary

In the Netherlands the Regulation on ammonia and livestock ("Regeling ammoniak en veehouderij", abbreviated as Rav) comprises tables that list ammonia emission factors of housing systems for the main animal production categories (coded A to L). Category A represents the cattle section and includes 7 subcategories including a.o. young cattle, veal calves, beef cattle (A1 to A7). Emission factors are based on measurements and deducted estimates from N-excretion data, using results of emission research carried out in the nineties of the last century. Since that decade, the lay-outs of dairy barns and management of dairy cattle (feed and pasture management) have considerably changed. Recent years new measurements in dairy barns have been done. Given these developments, the Dutch government has commissioned Wageningen UR Livestock Research to write an advisory report on updating the ammonia emission factors for cattle categories.

The objective of this study is to advise on ammonia emission factors for cattle and related housing systems, and to provide a scientific basis for amendments of factors to represent current practices and production conditions. This report starts with an overview of the information on which existing cattle emission factors are based, and describes their relation to current management and barn design practices (Chapter 2). The next chapter provides information on recent ammonia emission research in dairy barns, relations between emission and influencing variables, standardisation of emission factors to average conditions, and the accuracy of emission factors of housing systems. In chapter 4 the basic criteria to update emission factors are defined. They are used in the determine emission factors for each cattle category.

Emission factors in category A are derived from emission measurements, emission model based calculations, or deductions based on N-excretion ratios between categories. In terms of Dutch national emission, dairy cattle (subcategory A1) is the most important category. In A1 emission factors have been assigned to traditional tying stall housings (A1.1) and a variety of low emission housings with closed floors and manure scrapers (A1.2 to A1.8). All of them are based on emission measurements performed on single farm locations, in accordance with the Green Label measurement protocol of 1996. Furthermore A1.8 to A1.19 are provisional emission factors for newly-developed low-emissions housing systems. Provisional factors are estimated by model calculations as a reduction percentage of the emission of conventional cubicle housing with slatted floors (A1.100). Provisional factors have to be replaced by definite emission factors after measurements according to the new protocol with at least four locations with the same housing system. Otherwise the factors will be withdrawn after 3 years. The emission factor of A1.100 (95% of the Dutch dairy farms) was published in 2002 and is based on a two year research period in a free stall (1998 -2000), during which the effects of different feeding treatments on ammonia emission were studied. The underlying reasoning and standardization related to this factor (11,0 kg NH<sub>3</sub>/year per cow place, without grazing) is documented by Monteny et al. (2001). Comparing feeding practices, production levels and housing lay-outs of cubicle buildings between 2002 and the current situation, it is concluded that conditions in 2002 connected to this emission factor are not representative anymore.

In 2009 a new series of measurements in four conventional cubicle buildings has been carried out (Mosquera et al., 2010), that provides a basis for revising the A1.100 emission factor. It is well known that a variety of factors (climate, feeding, fouled surface area) may influence emissions during measurements in barns. An emission factor that represents current conditions is achieved by defining representative levels for these factors and standardize measured emissions accordingly. This requires knowledge of relations between influencing key factors and ammonia emission. In chapter 3 relations between the key factors milk urea, temperature and the size of fouled walking surface per cow were studied. In order to quantify the effects of milk urea and temperature a statistical analysis was carried out on a database with emission measurements in both conventional barns and low-emission barns, including a total of 98 measurements (24-hour samplings) from 17 farm locations. Regression analysis showed an increase in emission of 1,5% per °C increase in ambient temperature and 2,6% per mg urea per 100 ml of milk. Although the relations between fouled surface size and ammonia emission is evident, it could not be distinguished with this dataset. Alternatively a linear relationship was deduced from calculations based on the barn emission model of Monteny (2000), indicating a 10% emission increase per m<sup>2</sup> surface increase. To standardize an emission factor, definition of representative levels for key factors is needed. For milk urea and fouled surface they were calculated as the current mean levels, being 23 mg urea/100 ml milk and 3,6 m<sup>2</sup> fouled surface per cow place. The average

ambient temperature between 2003-2012 (KNMI) was used as standard ambient temperature (10,5 °C).

For dairy (the A1-category of the Rav-regulation) a distinction is made between emission factors of housing systems with feed management that includes grazing during part of the year and feed management without grazing. In 2002 the effect of grazing on the barn emission was estimated from the barn emission model, indicating a 2,4% decrease in daily barn emission per daily grazing hour with the cows on pasture. We included the effects of higher temperatures and higher milk urea during the grazing season and expressed this on yearly basis. This resulted in a yearly emission decrease of 2,6% for every average daily grazing hour. On yearly basis the following equation can be applied: Emission reduction (%) =  $2,61 \times \text{number of daily grazing hours} \times (\text{number of grazing days})/365$ . From the national inventory we derived the current means of grazing hours and days on farms applying grazing, amounting 11 hours and 162 days respectively. As a result on a yearly basis, average grazing management results in a 13% emission decrease in barn emission compared to zero grazing.

Standardizing the emission data of Mosquera et al. (2010) as described above resulted in an advice to increase the current emission factor of conventional cubicle buildings (A1.100) from 11,0 to 13,0 kg NH<sub>3</sub>/year per cow place without grazing and from 9,5 to 11,3 kg NH<sub>3</sub>/year per cow place including grazing (in a barn with 3,6 m<sup>2</sup> slatted floors, milk with 23 mg/100 ml urea and an outside temperature of 10,5 °C). There is no new information available for the other housing systems of dairy in the A1-list. It is advised to amend the other A1-factors on basis of the ratio between the advised A1.100 (13,0 kg) and the currently listed A1.100 (11,0 kg), by multiplying the currently listed factors with this ratio ( $13/11 = 1,18$ ). As a result the effect of changing feed practices and barn lay-outs over the last decade is expressed by the same proportion, and the relative differences between A1.100 and other low emission categories of A1 remain unchanged. Similarly, effects of grazing in the low emission systems were expressed by using the same reduction level as applied in A1.100. Table 2 provides an overview of existing and advised A1-factors.

Other specified cattle categories in category A are nursing cows (A2), (young female cattle (A3), veal calves(A4), beef cattle (A6) and breeding bulls and other cattle of 2 years and older (A7). Except for the veal calves, no new emission data are available. It is advised to base their emission factors on the excretion of Total Ammonia Nitrogen (TAN-excretion) and the volatilization factor of TAN derived from conventionally housed dairy cows, A1.100, amounting 0,168 (=13,0/77,7). TAN-estimates of these categories were based on N-excretion data of 2011. The advised emission factors are listed in Table 3. Advise on amendment of the emission factor of veal calves (A4) will be given in another study.

An important aspect in the assignment process of emission factors is how to express the uncertainty of estimated values in regulations. New insights based on an increased amount of available emission data, make clear that the rounding of emission factors in the existing regulatory table (0,1 kg in category A) suggests an accuracy that cannot be provided by the current measurement protocol for ammonia emission. The current protocol, based on sampling four farm locations, yields a 95%-confidence interval that lies *approximately* between -15 and +15% of the mean value. The former Green Label measurement protocol, based on sampling only one farm location, provides mean values that have uncertainty intervals twice as large as the current protocol with four locations.

In developing a strategy to deal with uncertainty in the Rav-emission tables, it is necessary to distinguish two functions. One function is to express the emission level of an animal category, the other function is to express the performance of low emission housing systems against the prevailing reference systems (A1.100). Theoretically, the best unbiased estimator for the emission level of a category is, the unrounded mean measurement value (first function). This could be applied to the reference system of a category. In expressing emission reductions of low emission systems against a reference system and against each other, uncertainty criterions should be defined. This can be accomplished by defining performance classes with increasing minimum reduction levels against the reference housing, and applying statistical tests in assigning housing systems to performance classes. However, uncertainty information of currently available emission data is scarce and not well substantiated, meaning that an approach based on distinguishing performance classes cannot be properly implemented. It is recommended to develop this approach to provide a realistic view on differences of performance between low emission housing systems.

# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Achtergrond en onderbouwing huidige emissiefactoren in de hoofdcategorie Rundvee</b> .....	<b>2</b>
2.1	Totstandkoming emissiefactoren rundvee .....	2
2.2	Onderbouwing en representativiteit huidige emissiefactoren .....	3
2.2.1	Algemene aspecten nauwkeurigheid emissiefactoren .....	3
2.2.2	Onderbouwing A1 .....	3
2.2.3	Onderbouwing A2 t/m A7 .....	5
2.2.4	Representativiteit emissieniveau Rav-2002 in relatie tot ontwikkeling bedrijfsmanagement en stallenbouw .....	6
<b>3</b>	<b>Meetgegevens emissies uit melkveestallen en standaardisatie</b> .....	<b>8</b>
3.1	Standaardisatie van emissie op basis van omgevingsvariabelen .....	8
3.2	Analyse van datasets voor standaardisatie emissiegegevens .....	8
3.3	Effecten van temperatuur en melkureum .....	8
3.4	Emitterend oppervlak en besmeurd oppervlak per dier .....	9
3.5	Standaardisering meetgegevens A1.100 .....	12
3.6	Effect van beweiding .....	12
3.7	Nauwkeurigheid van gemeten emissiefactoren .....	14
<b>4</b>	<b>Aanbevelingen voor systematiek actualisering emissiefactoren rundvee</b> .....	<b>15</b>
4.1	Aanpak actualisering .....	15
4.2	Meetonzekerheid en weergave emissiefactoren .....	15
4.3	Advies actualisering per diercategorie .....	16
	<b>Literatuur</b> .....	<b>21</b>
	<b>Bijlagen</b> .....	<b>23</b>



## 1 Inleiding

In de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) staan emissiefactoren voor de hoofdcategorie A Rundvee. Deze factoren zijn gebaseerd op een combinatie van meetreeksen en afleidingen, waarbij gebruik is gemaakt van emissieonderzoek dat hoofdzakelijk midden en eind jaren negentig is uitgevoerd. Sinds die tijd zijn er veranderingen opgetreden in de wijze waarop nieuwe stallen worden uitgevoerd. In dit rapport ligt de nadruk op het goed inschatten van de emissiefactor voor melkvee omdat deze vaak als referentie dient voor de afleidingen naar emissiefactoren voor emissiearme systemen en voor die van andere rundveecategorieën.

Bij melkvee hebben naast stalaanpassingen ook wijzigingen plaatsgevonden in de wijze waarop het voer- en weidemanagement plaatsvindt. Gedurende de afgelopen jaren zijn nieuwe gegevens over de ammoniakemissie uit melkveestallen beschikbaar gekomen. In het kader van het onderzoek naar fijnstofemissie in verschillende diercategorieën, waaronder melkvee is in 2009 aanvullend ook de uitstoot van gasvormige componenten gemeten, waaronder ammoniak (Mosquera et al., 2010). Daarnaast heeft er eerder in 2007/2008 ook monitoringsonderzoek plaatsgevonden in melkveestallen (Smits et al., 2013). Uit deze onderzoeken komen aanwijzingen dat de ammoniakemissieniveaus in de categorie melkvee hoger liggen dan die waarop de huidige Rav-factoren zijn gebaseerd. Inmiddels zijn er uit het meetprogramma integraal duurzame stalsystemen (MIDS) afgeronde meetseries van nieuwe emissiearme stallen beschikbaar gekomen die van een emissiefactor kunnen worden voorzien. De waarde van deze emissiearme systemen kan alleen goed tot uiting komen wanneer het referentieniveau dat is gekoppeld aan de categorie 'overige huisvesting' bij vergelijkbare omstandigheden is bepaald.

De Rav valt onder de verantwoordelijkheid van de overheid, i.c. het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Gegeven de hiervoor geschetste ontwikkelingen bestaat er behoefte aan een advies voor het actualiseren van emissiefactoren voor melkvee (A1). Het is van belang dat hierbij een eenduidige systematiek wordt ingezet, gebaseerd op de actuele wetenschappelijke kennis van emissies uit de veehouderij. Bij de actualisatie zal ook de samenhang met andere subcategorieën in hoofdcategorie A worden meebeschouwd (A2 t/m A7) en zal worden bezien of er aanpassingen noodzakelijk zijn voor categorieën die afgeleid zijn van A1.

De doelstelling van deze studie is het opstellen van een advies voor het actualiseren van ammoniakemissiefactoren in hoofdcategorie A van de Rav. Het beoogde resultaat is de aanreiking van een wetenschappelijk onderbouwde werkwijze voor het actualiseren van de emissiefactoren voor de onderscheiden diercategorieën in de betreffende hoofdcategorie.

Deze notitie is als volgt opgebouwd. Allereerst wordt in hoofdstuk 2 de totstandkoming van de huidige emissiefactoren in hoofdcategorie A besproken, met daarna een beschouwing over de onderbouwing van deze factoren en de representativiteit voor hedendaagse stallen. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de actuele stand van zaken beschreven met betrekking tot beschikbare meetgegevens voor emissies uit melkveestallen en relaties tussen emissie en omgevingsfactoren. Deze relaties kunnen van belang zijn voor het standaardiseren van emissiefactoren. Dit hoofdstuk sluit af met een beschouwing over de nauwkeurigheid waarmee emissiefactoren kunnen worden vastgesteld. In hoofdstuk 4 worden de criteria geformuleerd die ingezet kunnen worden voor het herzien van emissiefactoren in de A-categorie, en wordt uitgewerkt hoe het toepassen van deze criteria kunnen leiden tot geactualiseerde emissiefactoren.

Dit advies beperkt zich tot emissiefactoren voor ammoniak. Bij het gebruik van het woord 'emissie' in de tekst wordt uitsluitend de ammoniakemissie bedoeld.

## 2 Achtergrond en onderbouwing huidige emissiefactoren in de hoofdcategorie Rundvee

### 2.1 Totstandkoming emissiefactoren rundvee

De eerste beschikbare publicatie over emissiefactoren in de hoofdcategorie rundvee (A) betreft de vaststelling in de Richtlijn in het kader van de Hinderwet "Ammoniak en Veehouderij" van het ministerie van Landbouw en Visserij en ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (Ministerie van Landbouw en Visserij, VROM, 1987). Deze emissiefactoren waren gebaseerd op de emissies gedurende de stalperiode in het winterseizoen. Het betrof toen 4 subcategorieën gebaseerd op reguliere (niet emissiearme) huisvesting. De emissiefactor voor 'Melk- en kalfkoeien' bedroeg hier 8,8 kg gedurende de stalperiode van 190 dagen. De eerste emissiefactoren zijn geadviseerd door de 'Werkgroep NH<sub>3</sub>-emissiefactoren', een gezamenlijke werkgroep van beide bij de Hinderwet betrokken ministeries. De onderbouwing van deze factoren is vastgelegd in de publicatiereeks Lucht van het toenmalige ministerie van VROM (Winkel de, 1988). De emissiefactoren voor runderen zijn gebaseerd op de N-balansmethode en berekend als het product van ingeschatte N-excretie en vervluchtigingsratio's NH<sub>3</sub>-N. De vervluchtigingsratio voor melkvee werd uit de N-balans ingeschat op 13,24% (zie p.35 van genoemde publicatie). Hieraan lagen dus geen directe emissiemetingen ten grondslag. De daarop volgende Richtlijn Ammoniak en Veehouderij 1991 bevatte ten aanzien van de hoofdcategorie rundvee geen wijzigingen. Gedurende de jaren negentig zijn er daarna in het kader van Groen Label een aantal emissiearme stalsystemen voor melkvee van emissiefactoren en beschrijvingen voorzien en als wijzigingen in de Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij gepubliceerd. In een aantal publicaties van de Staatscourant tussen 1996 en 2000 kunnen de wijzigingen gevolgd worden.

Na de beëindiging van de Groen Label certificering, vond met de introductie van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) in 2002 (Staatscourant, 2002) een belangrijke herziening van emissiefactoren voor rundvee plaats. Er werd hierbij inmiddels een onderscheid gemaakt naar 7 subcategorieën binnen A, zoals die ook momenteel binnen de Rav wordt gehanteerd. Binnen hoofdcategorie A1 (melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar) werden 5 emissiearme stalsystemen opgenomen (A1.1 t/m A1.5) die ook nu nog op de lijst voorkomen, naast 'overige huisvesting' (toen A1.6). Voor de beschrijving van de emissiearme stallen werd verwezen naar de Groen Label beschrijvingen (BB- of BWL-beschrijving). De in de Rav-2002 gepubliceerde emissiefactoren werden bijgesteld naar de stalemissie gedurende het gehele jaar en wiken daarmee af van de opgegeven emissie op de Groen Label certificaten. In 2002 werd tevens overgegaan tot de systematiek van aparte emissiefactoren voor beweiden en permanent opstallen. De emissiefactor voor overige huisvesting en het onderscheid naar beweiden en permanent opstallen werd gebaseerd op de studie van een voor dit doel geformeerde werkgroep die het rapport 'Naar een jaarrond-emissie van ammoniak uit melkveestallen' (Monteny et al., 2001) uitbracht.

Na 2002 is categorie A1 een aantal malen aangepast. De eerste aanvulling met stalsystemen vond plaats in 2009 met de toevoeging van A1.6 en A1.7. Hierbij werd de categorie 'overige huisvesting' gehercodeerd naar A1.100. In 2010 werd A1.8 toegevoegd. De aanpassingen in 2009 en 2010 betroffen in feite vernieuwde versies van de eerder opgenomen emissiearme systemen met een verbetering van de beloopbaarheid van stalvloeren. Slechte beloopbaarheid van de emissiearme stalvloeren werd in dit tijdvak vaak als reden aangevoerd in de verklaring van de geringe implementatie van emissiearme stallen in de melkveehouderij.

In 2011 en 2012 zijn op basis van de 'Beleidsregels voorlopige emissiefactoren Rav' (Staatscourant, 2011) een groot aantal emissiearme huisvestingssystemen opgenomen met een zogenoemde voorlopige emissiefactor. In 2011 werden A1.9 t/m A1.15 toegevoegd en in 2012 vond de tot nu toe laatste aanvulling plaats, A1.16 t/m A1.19. Dat betekent dat anno 2013 11 van de 20 huisvestingssystemen in A1 zijn gebaseerd op voorlopige emissiefactoren.

De overige A subcategorieën (A2 t/m A7) zijn niet meer gewijzigd sinds 2002, met uitzondering van A4 (vleeskalveren tot 8 maanden). Deze wijzigingen in A4 betroffen het toevoegen van diverse luchtwassystemen. Verder moet nog vermeld worden dat in 2011 de categorieën A4 en A5 zijn samengevoegd, waarbij de ondergrens van de leeftijdsbandbreedte in categorie A4 in een later stadium is gewijzigd van 6 naar 8 maanden en categorie A5 is komen te vervallen. In bijlage A van

deze notitie is de hoofdcategorie A in tabelvorm opgenomen en is de totstandkoming verduidelijkt met jaartallen en arcering per toegevoegd blok.

## 2.2 Onderbouwing en representativiteit huidige emissiefactoren

### 2.2.1 Algemene aspecten nauwkeurigheid emissiefactoren

Voor een beoordeling van de onderbouwing van emissiefactoren in de huidige Rav dient men zich te realiseren dat voortschrijdend inzicht heeft geleid tot belangrijke wijzigingen in de wijze waarop emissies van huisvestingssystemen worden bemeaten ter verkrijging van een emissiefactor. Met de toenemende beschikbaarheid van emissiemeetgegevens werden vanaf circa 2005 statistische analyses mogelijk waarmee de meetnauwkeurigheid van emissiefactoren voor een aantal diercategorieën in kaart kon worden gebracht, zie o.a. (Mosquera et al., 2008), (Ogink et al., 2008). Uit deze analyses bleek dat emissiefactoren voor stalsystemen gebaseerd op metingen aan enkelvoudige stallocaties een grote mate van onzekerheid bevatten als gevolg van sterke variaties tussen stallocaties met dezelfde inrichting. Deze analyses hadden betrekking op emissiedata van varkens- en pluimveecategorieën. Uit de later beschikbaar gekomen meetgegevens van melkveestallen komt een soortgelijk beeld naar voren. Waar in de jaren negentig meetprotocollen waren gericht op langdurige continue meetreeksen aan één stallocatie, zijn daarom vanaf 2010 de meetprotocollen (Ogink et al., 2011) opgezet volgens een 'meerlocatie' benadering (vier stallocaties), met hierin korte over het jaar verdeelde metingen (zes 24-uursmetingen). Als gevolg hiervan is de nauwkeurigheid van de schatting van de emissiefactor met circa een factor 2 toegenomen. Emissiefactoren gebaseerd op het huidige meetprotocol hebben daarmee een beduidend hogere nauwkeurigheid dan de Rav-emissiefactoren die met het oude meetprotocol zijn vastgesteld.

Naast dit algemene aspect is er voor de vaststelling van emissiefactoren voor rundvee nog het bijzondere aspect dat deze over het algemeen in natuurlijk geventileerde stallen zijn gehuisvest. Het meten van de ammoniakemissie uit dit type stallen bleek methodologisch veel lastiger dan het meten van mechanisch geventileerde stallen. Vanaf eind jaren negentig is gaandeweg een methode ontwikkeld gebaseerd op een bekende tracergas-bron (metabolisch CO<sub>2</sub> of SF<sub>6</sub>). De complexiteit van deze metingen en het relatief hoge kostenniveau heeft geleid tot een beperkt aantal metingen aan melkveestallen voor 2001. De eerste groep grootschalige metingen met herhalingen binnen hetzelfde stalsysteem op meerdere bedrijven hebben plaatsgevonden in het zogenoemde Koeien & Kansen-project. Deze meetreeksen zijn tussen 2001 en 2003 uitgevoerd en gerapporteerd vanaf 2003 (Huis in 't Veld et al., 2003) (Smits en Huis in 't Veld, 2006). Deze konden dus niet worden meebeschoofd door de werkgroep die zich in 2001 bezighield met een advies voor de vaststelling van de Rav-2002 emissiefactoren.

### 2.2.2 Onderbouwing A1

Binnen de A1-subcategorie kan de categorie 'overige huisvesting' als het ijkpunt worden beschouwd waartegen de effectiviteit van andere emissiearme systemen kan worden uitgezet. De betreffende emissiefactor is ongewijzigd gebleven sinds 2002. Het niveau van deze factor is gebaseerd op metingen binnen een tweejarig voedings- en emissieonderzoek in een onderzoekstal van de Waiboerhoeve van het toenmalige Praktijkonderzoek Veehouderij te Lelystad. Hierin werden statistische relaties gevonden tussen ammoniakemissie en omgevingsvariabelen (temperatuur, voeding, melkureum). De metingen zijn door de eerder genoemde werkgroep vertaald naar een gemiddelde praktijkstal (Monteny et al., 2001). Over de vaststelling van deze emissiefactor kan met voortschrijdend inzicht gesteld worden dat:

1. in de werkwijze is gestandaardiseerd naar een gemiddeld managementniveau (voeding en beweiding) en gemiddeld temperatuurniveau. Deze benadering verbetert de nauwkeurigheid.
2. het absolute emissieniveau is opgehangen aan één stal die qua uitvoering met ventilatieopeningen niet representatief is voor de praktijk door de volledige sluiting van één lange en één korte stalzijde. De betreffende staluitvoering leidt waarschijnlijk tot een lagere emissie door lagere luchtsnelheden vergeleken met die uit een meer open stal.
3. de nauwkeurigheid van de Rav-2002 emissiefactor lager is dan de nauwkeurigheid van een emissiefactor gebaseerd op het huidige meervoudige locatie meetprotocol. Zeker wanneer

wordt gestandaardiseerd naar huidig gemiddeld bedrijfsmanagement voor voeding en beweiding.

De overige A1-factoren in 2002 hadden betrekking op emissiearme huisvesting: dichte hellende vloeren al of niet met een sproeisysteem, en de sleufvloer. Vermoedelijk zijn de emissiefactoren gebaseerd op de eerder binnen Groen Label vastgestelde emissiefactoren, maar nu toegepast over de stalemissie gedurende het gehele jaar. In de publicatie van 2002 wordt dit niet verder toegelicht. In het rapport naar een jaarrond-emissie uit 2001 wordt in Tabel 2 een overzicht gegeven van beschikbare emissiemetingen in mechanisch en natuurlijk geventileerde praktijkstallen tot 2001. Het gaat hier telkens om enkelvoudige bedrijfsmetingen per stalsysteem. Dit rapport beredeneert zowel een emissiefactor voor een conventionele stal als voor een stal met sleufvloer. Hoewel eerder direct vergelijkend onderzoek ('case-control') naar de sleufvloer in de milieu-onderzoekstal te Duiven van het voormalige IMAG een 50% reductie effect liet zien, komt men in Monteny et al. (2001) tot de conclusie dat het effect waarschijnlijk niet meer dan 20% kan bedragen. Deze vaststelling is gebaseerd op het verschil tussen een eenmalige voor temperatuur- en melkureum gecorrigeerde meetserie volgens oud protocol op een bedrijf met sleufvloer versus die op de Waiboerhoeve gebaseerde factor voor overige huisvesting. In de Rav-2002 is uiteindelijk een 14% lagere emissiefactor voor de sleufvloer opgenomen. Feitelijk zijn de sleufvloer-emissiefactoren hiermee afgeleid van een gecorrigeerde enkelvoudige bedrijfsmeting. Uit het jaarrond-rapport is niet direct te herleiden hoe de dichte hellende vloeren aan hun emissiefactor zijn gekomen. Vermoedelijk is deze afgeleid van de eerste praktijkmeting aan een emissiearme vloer (dichte hellende vloer met sproeischuif) in een natuurlijk geventileerde stal uit 1996 (Scholtens, 1996). Deze meting is uitgevoerd conform het Groen Label meetprotocol (Werkgroep Emissiefactoren, 1996). Samenvattend trekken we hieruit de conclusie dat A1.2 tot en met A1.5 net als A1.100 op enkelvoudige gestandaardiseerde stalmetingen zijn gebaseerd, en dat het nauwkeurighedsniveau daarmee een beperkte omvang heeft ten opzichte van emissiefactoren gebaseerd op metingen op meerdere locaties.

De aanvullingen (A1.6 t/m A1.8) in 2009 en 2020 zijn varianten op de voorgaande systemen (A1.3 en A1.5). Hier zijn geen aanvullende metingen van bekend. Gebaseerd op expert-beoordeling van de Technische Adviescommissie Rav (TacRav) zijn de bijbehorende emissiefactoren ongewijzigd overgenomen van A1.3 en A1.5. De eerdere conclusie t.a.v. de nauwkeurigheid voor A1.2 t/m A1.5 hebben dus ook betrekking op de nauwkeurigheid van A1.6 t/m A1.8.

De laatst toegevoegde groep emissiearme stalsystemen in categorie A1 betreft alle systemen met voorlopige emissiefactoren (A1.9 t/m A1.19). Deze zijn in de Rav opgenomen op basis van de 'Beleidsregels voorlopige emissiefactoren Rav' (Staatscourant, 2011). Het betreft stalsystemen waarvan een relatief hoge emissiereductie wordt verwacht en die vanwege de behoefte van met name de melkveesector aan emissiearme systemen met een door deskundigen ingeschatte emissiefactor in de Rav zijn opgenomen. Van deze stalsystemen worden 4 proefstallen gemeten. Zodra de meetresultaten van deze proefstallen bekend zijn, zullen de voorlopige emissiefactoren worden vervangen door definitieve. Het gaat hier om proefstallen waarvan voor het merendeel (nog) geen gemeten emissies bekend zijn. Met de opname als proefstal op de Rav-lijst kunnen deze stallen in de praktijk gerealiseerd worden en doorgemeten. De emissiefactoren van de proefstallen en de voorlopige emissiefactoren zijn gebaseerd op het Snelstal-model voor emissies uit rundveestallen dat eind jaren negentig is ontwikkeld (Monteny, 2000). De software van deze versie is in 2011 geactualiseerd onder de benaming AmmoniakEmissie Model V2.0 (Wageningen Universiteit, 2011). De gemiddelde jaaremissie van proefstallen wordt door de TacRav met dit model geschat door een aantal parameters aan te passen aan de betreffende staluitvoering. Het gaat hier om parameters als besmeurd oppervlak, plaslaagdikte, pH en de proportionele bijdrage van kelderemissie. Binnen de TacRav is een gestandaardiseerde werkwijze ontwikkeld voor het inschatten van parameters gebaseerd op expert-beoordeling. Belangrijk uitgangspunt daarbij is dat de uitgangswaarden van de parameters zijn afgestemd op het emissieniveau van overige huisvesting (A1.100). De geschatte emissiefactoren moeten worden opgevat als afwijkingen van dit reguliere emissieniveau. Daarmee zijn deze geschatte factoren qua nauwkeurigheid rechtstreeks afhankelijk van de nauwkeurigheid van A1.100 (zie hierboven). Daarnaast is de nauwkeurigheid van het ingeschatte verschil ten opzichte van A1.100 afhankelijk van de verklarende waarde van het gebruikte emissiemodel en de expert-inschatting van de gebruikte parameters.



### 2.2.3 Onderbouwing A2 t/m A7

De huidige factoren voor de groepencategorieën A2 t/m A7 zijn ongewijzigd gebleven sinds 2002, met de kanttekening dat de categorieën A4 en A5 in 2011 zijn samengevoegd tot categorie A4 en categorie A5 is komen te vervallen. Bij de wijziging in 2002 is geen toelichting opgenomen over de totstandkoming van deze factoren. In dit hoofdstuk wordt geprobeerd te achterhalen wat de grondslag was voor de opeenvolgende subcategorieën.

Categorie A2 (zoogkoeien) komt als nieuwe groep in 1996 voor het eerst op de Uav-lijst voor als 'zoogkoeien en overig rundvee' met een factor van 8,8 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats, gelijk aan die van hoogproductief melkvee. Bij de wijziging in 2002 wordt deze categorie beperkt tot zoogkoeien en bedraagt de (jaar-rond) emissiewaarde 5,3 kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar. De in de Rav opgenomen procentuele A2 – A1.100 verhouding ligt daarmee op 59%. Mogelijk is het niveau van de hier opgevoerde emissiewaarde gebaseerd op de meting aan een mechanisch geventileerde potstal met zoogkoeien uit 1994 (Groenestein en Huis in 't Veld, 1994). De opzet van deze meting is conform het later gepubliceerde Groen Label meetprotocol (Werkgroep Emissiefactoren, 1996). Er zijn ons verder geen emissiemetingen met zoogkoeien bekend. In de meting van 1994 wordt een emissie van 2,7 kg per gemiddeld aanwezig volwassen dier over een stalperiode van 190 dagen gerapporteerd. Dit niveau lag op ca. 40% van een eerdere meting in dezelfde stal met regulier melkvee tijdens de stalperiode (Groenestein en Reitsma, 1993). Daarnaast moet dan nog de emissie tijdens de weideperiode mee beschouwd worden. De omschrijving van het begrip zoogkoeien in termen van type huisvesting en verhouding stalperiode en weideperiode staat echter niet toegelicht in de Rav, en is ook niet uit andere bronnen bekend. Het blijft dus gissen waar de genoemde 5,3 kg precies op gebaseerd is. In ieder geval kan geconcludeerd worden dat deze factor qua gemeten waarden niet meer onderbouwing kan bevatten dan een meetperiode in een potstal en een ingeschatte weidecomponent. Een andere mogelijkheid is dat deze factor via N-excretieverhoudingen is ingeschat. Met het ontbreken van meetcijfers in een diercategorie kunnen N-excretieverhoudingen ten opzichte van een bemeten diercategorie toegepast worden als afleiding voor een emissiefactor in de betreffende categorie. In de schatting van N-excreties van verschillende diercategorieën voor regelgeving geeft Tamminga et al. (2000) een verhouding op die voor zoogkoeien neerkomt op 62% van de waarde voor melkkoeien (87 versus 141 kg N per dier per jaar). Dit percentage sluit redelijk nauw aan bij de genoemde 59% voor de emissiefactor.

Categorie A3 (vrouwelijk jongvee tot 2 jaar) komt al in 1987 voor op de lijst van de Richtlijn Ammoniak en Veehouderij met de huidige emissiefactor van 3,9 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats. De factor is gebaseerd op N-excretie en een vervluchtigingsratio (zie 2.1). In de toenmalige Richtlijn werden uitsluitend de emissies gedurende de stalperioden opgenomen, dus zonder de stalemissies gedurende het weideseizoen. In de publicatie van de Winkel (1988) werden voor stal- en weideperiode 190 en 175 dagen aangehouden. De factor voor A3 is in 2002 bij de overgang naar jaar-rond emissie niet gewijzigd, d.w.z. dat geen stalemissie voor jongvee gedurende een weideperiode van 175 dagen werd toegerekend.

De emissiefactoren voor categorie A4 (vleeskalveren tot 8 maanden) zijn in 2002 gebaseerd op een wijziging in de Uav van 1998. Voor vleeskalveren 'overige huisvestingsystemen' bedraagt deze 2,5 kg, waar dit eerder in de Richtlijn van 1991 nog 1,5 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats. Volgens een toelichting bij de wijziging van de Uav in 1998 is deze bijstelling gebaseerd op stalmetingen. Hoewel niet vermeld moet het hier gaan om het rapport van Hol en Groenestein (1997). Hierin wordt de stalemissie van vleeskalveren gerapporteerd op een bedrijf met drie verschillende uitvoeringsvarianten in afzonderlijke afdelingen. De gemeten stalemissie uit de afdeling met traditionele huisvesting bedroeg op jaarbasis 2,5 kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar (bij 7% leegstand). Er is gemeten volgens het Groen Label protocol uit 1996. De nauwkeurigheid van deze factor is hierdoor gerelateerd aan één bedrijfslocatie. De emissiearme stalsystemen in deze categorie hebben alle betrekking op combinaties met luchtwassers. Bij de opgenomen wassers met 90% ammoniakreductie zijn de rendementen met metingen vastgesteld. Bij de wassers met 70% ammoniakreductie is in een theoretische beoordeling vastgesteld dat dit rendementniveau bij de opgegeven dimensionering en inrichting in de praktijk wordt gerealiseerd.

De categorie A5 is inmiddels vervallen en wordt hier verder niet besproken. De hierop volgende categorie A6 heeft betrekking op 'vleesstieren en overig vleesvee van circa 8 tot 24 maanden (roodvleesproductie)'. De huidige factor (7,2 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats) is opgenomen in 2002 toen

deze categorie overigens nog betrekking had op de leeftijd tussen 6 en 24 maanden. Hoewel niet opgenomen in de toelichting bij de Regeling moet deze factor rechtstreeks overgenomen zijn uit het meetonderzoek van Scholtens en Huis in 't Veld (1998) die het Groen Label protocol toepassen in een natuurlijk geventileerde vleesstierenstal met betonroosters en een emissie van 7,2 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats (0% leegstand) rapporteren. De nauwkeurigheid van deze factor is hierdoor gerelateerd aan één bedrijfslocatie.

Tenslotte resteert de subcategorie A7: 'fokstieren en overig rundvee ouder dan 2 jaar'. In 2002 werd de ammoniakemissie van deze toen nieuw ingevoerde categorie vastgesteld op 9,5 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats. Dit cijfer staat ook nu nog in de Rav-tabel opgenomen. Toelichting op dit cijfer bij de vaststelling in 2002 ontbreekt. Er zijn geen meetgegevens van deze categorie beschikbaar. De huidige N-excretienormen voor fokstieren ouder dan 2 jaar bedraagt per dier 73 kg N/jaar en voor melkvee is dit 128 kg N/jaar (bij een melkproductie van 7500 kg en 23 mg ureum/100 ml; norm-excreties variëren met productie en melkureum-niveau). De procentuele N-excretieverhouding van fokstieren ten opzichte van melkvee bedraagt daarmee 57%. De categorie 'melkvee overige huisvesting met permanent opstallen' komt qua huisvestingsvorm het dichtst in de buurt bij fokstieren. Het product van de emissiefactor van deze melkveecategorie (11,0 kg NH<sub>3</sub>) en de proportionele N-excretie verhouding (0,57) bedraagt 6,3 kg. Dat wijkt dus nogal af van 9,5 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats. De conclusie hieruit is dat het huidige cijfer niet teruggeleid kan worden naar metingen noch naar een afleiding van een andere categorie via N-excretieverhouding.

#### *2.2.4 Representativiteit emissieniveau Rav-2002 in relatie tot ontwikkeling bedrijfsmanagement en stallenbouw*

Het emissieniveau van de huidige Rav-emissiefactoren in de hoofdcategorie A is gebaseerd op vaststellingen die in 2002 zijn doorgevoerd, met het A1.100-niveau als belangrijkste pijler. Dit niveau is daarmee afhankelijk van het toenmalige (2002) gemiddelde bedrijfsmanagement en de gemiddelde staluitvoering. Sinds 2002 is het productieniveau per dier toegenomen en is de benutting van de opgenomen N toegenomen. Cijfers van het CBS/LEI laten een productiestijging van 7000 naar 8200 kg per dier zien tussen 2000 en 2012. Het ureumgehalte in de melk is in dezelfde periode gedaald van 25 (Monteny et al., 2001) naar ca. 23 mg /100 ml (Productschap Zuivel, 2013). Om een indruk van de potentiële effecten van deze productiewijziging op de ammoniakemissie per dier te verkrijgen is het verloop in de bijbehorende N-excretie volgens de WUM-systematiek hier weergegeven (WUM, Werkgroep Uniformering berekening Mest- en mineralencijfers). Deze neemt op jaarbasis af van 136,5 in 2000 naar 130 kg N/dier in 2010, een afname van 5%. De afname in N-excretie per dier ging gepaard met een relatief sterkere afname van de TAN-excretie, van 90,5 naar 80 kg, een daling van 12%. TAN is de N-fractie in de excretie die potentieel omzetbaar is in ammonium (hoofdzakelijk vanuit urine-ureum) en daarmee vervluchtigbaar als ammoniak. Zowel de absolute TAN-excretie als de TAN-concentratie in de mest hebben een positieve samenhang met emissie. De proportionele afname in TAN-excretie hoeft daarmee niet per definitie tot een even sterke afname in emissie te leiden omdat ammoniumconcentraties in emitterende oppervlaktes eveneens een rol spelen. Niettemin verwachten wij dat een lagere N-excretie bij het gelijkblijven van andere factoren leidt tot een lagere emissie. Het deel van de uitgescheiden TAN dat vervluchtigt in de stal hangt eveneens af van de hoeveelheid emitterend oppervlak per dier. Deze effecten kunnen aanzienlijk zijn in stallen met roostervloer (zie ook 3.4). Verwacht mag worden dat de sinds 2002 waargenomen trend in de stallenbouw naar een ruimere behuizing van melkvee en daarmee meer emitterend oppervlak per dier, heeft geleid tot hogere emissieniveaus per dier.

Een tweede aspect qua representativiteit is dat de toenemende openheid van stallen in het afgelopen decennium zeer waarschijnlijk bijdraagt aan hogere ammoniakemissies per dierplaats. Tekenend daarbij is het verschil tussen het gemiddelde ventilatiedebiet in de onderzoekstal van de Waiboerhoeve (basis voor huidige A1.100) en het gemiddelde ventilatiedebiet dat is gemeten in de conventionele stallen binnen het stofreductieprogramma door Mosquera et al. (2010). Op de Waiboerhoeve bedroeg het gemiddelde ventilatiedebiet 900 m<sup>3</sup> uur<sup>-1</sup>. In het latere in 2009 uitgevoerde onderzoek lag het gemiddelde ventilatiedebiet op 1600 m<sup>3</sup> uur<sup>-1</sup>, een verschilfactor ter grootte van bijna 2. In het jaarrond-rapport van Monteny et al. (2001) werd toen al de kanttekening gemaakt dat het ventilatieniveau in de betreffende stal door de geslotenheid aan twee zijdes enigszins aan de lage kant lag, maar dat het niveau niet ongebruikelijk was voor de (toenmalige) praktijk. Met de latere metingen kan geconcludeerd worden dat het ventilatieniveau van de stal waarop de huidige emissiefactor (A1.100) is gebaseerd, laag ligt ten opzichte van de huidige praktijk.

Uit het voorgaande wordt geconcludeerd dat de omgevingsfactoren waarbinnen de Rav-2002 emissiefactoren zijn vastgesteld niet meer representatief zijn voor de huidige situatie als gevolg van ontwikkelingen op het gebied van dierproductiviteit, voeding en stallenbouw.

### 3 Meetgegevens emissies uit melkveestallen en standaardisatie

#### 3.1 Standaardisatie van emissie op basis van omgevingsvariabelen

In de huidige en voorgaande meetprotocollen voor stalemissies staan de zogenoemde landbouwkundige randvoorwaarden opgenomen om specifieke bedrijfsmanagementeffecten tijdens de metingen in te perken en het effect van het te onderzoeken emissiearme principe met zo weinig mogelijk omgevingsruis te bepalen. Zeker in de situatie van het eerdere Groen Label protocol met één stallocatie kan het meetresultaat hierdoor aanzienlijk worden beïnvloed, zoals eerder ook uiteengezet in 2.2. Naast het toepassen van de randvoorwaarden kan het meetresultaat ook verbeterd worden door de emissie-effecten te bepalen van bekende omgevingsvariabelen, en het meetresultaat te standaardiseren naar praktijk representatieve niveaus van deze omgevingsvariabelen. In volgens meetprotocol uitgevoerde metingen, kunnen de niveaus van omgevingsvariabelen afwijkingen vertonen van het overall gemiddelde in de praktijk, omdat het een steekproef betreft. Door correctie naar dit overall gemiddelde kan de nauwkeurigheid van emissiefactoren worden verhoogd. Gegeven het doel van deze studie is hier onderzocht of het mogelijk is de meetresultaten met het vernieuwde protocol te standaardiseren voor omgevingsvariabelen. Het uitgangspunt daarbij is dat de standaardisering zoveel mogelijk plaatsvindt richting de huidige gemiddelde niveaus van de betreffende omgevingsvariabelen in Nederland.

Bij de eerdere vaststelling van de A1.100-factoren in 2002 is gecorrigeerd naar melkureumgehalte, buitentemperatuur, en voor beweiding naar een vaste weideperiode en beweidingsuren per dag. De gebruikte relaties werden toen afgeleid uit statistische verbanden, gebaseerd op analyse van de emissiereeks van het Waiboerhoeve-onderzoek (Monteny et al., 2001). De effecten van de weideparameters werden berekend met behulp van het mechanistische stalemissiemodel (Snelstal). Van alle gestandaardiseerde omgevingsvariabelen mag op basis van de huidige inzichten in het emissieproces verwacht worden dat zij de stalemissie beïnvloeden. De in 2002 gebruikte relaties kunnen echter vandaag niet zonder meer opnieuw ingezet worden omdat de gebruikte statistische relaties betrekking hadden op een meetreeks binnen één stal. Met name voor het gecorrigeerde buitentemperatuureffect is overdraagbaarheid naar andere stallen niet vanzelfsprekend. Er is bovendien in de loop der jaren veel discussie geweest over het melkureumgetal als indicator voor bedrijfsemissies, waarbij verbanden binnen en tussen bedrijven een rol speelt. Informatie over de relatie melkureum - ammoniakemissie verzameld van meerdere bedrijven heeft hierbij de voorkeur.

#### 3.2 Analyse van datasets voor standaardisatie emissiegegevens

De beste basis voor standaardisatie van emissiegegevens is de gemeten cijfers zelf te laten spreken door analyse van emissiedata die de afgelopen zes jaar zijn gemeten. Vanaf 2007 zijn meerdere emissieonderzoeken in melkveestallen uitgevoerd gebaseerd op de meerlocatie benadering van het huidige meetprotocol. Het gaat hierbij om het monitoringsonderzoek in vier conventionele melkveestallen (Smits et al., 2013) met meetreeksen bepaald in 2007 en 2008, het emissieonderzoek in vier conventionele melkveestallen in het kader van het stofreductieprogramma dat in 2009/2010 is uitgevoerd (Mosquera et al., 2010) en metingen in 2011 en 2012 aan negen stallen met emissiearme stalinrichtingen (Mosquera et al., 2012a, b, c, d, e, f, g; Mosquera Losada et al., 2012). Alle metingen zijn uitgevoerd met gebruikmaking van de CO<sub>2</sub>-balansmethode. In totaal kon beschikt worden over 98 etmaal-gemiddelden. De effecten van de volgende omgevingsvariabelen konden in de analyse onderzocht worden: stalsysteem, buitentemperatuur, staltemperatuur, relatieve vochtigheid (RV) buitenlucht, RV stal, melkproductie en melkureumgetal. In de analyse is gezocht naar het best verklarende model. In bijlage 2 worden de gebruikte methoden en resultaten van de data-analyse in meer detail toegelicht. De voor standaardisatie van belang zijnde resultaten worden hierna toegelicht.

#### 3.3 Effecten van temperatuur en melkureum

Uit de analyse bleek dat het best verklarende model de variabelen temperatuur en melkureumgetal bevat. Beide modelparameters dragen statistisch aantoonbaar bij aan het verklaren van deze variatie. De overige parameters bleken niet statistisch onderscheidbaar bij te dragen aan het verklaren van de variatie.

Wat betreft het temperatuurseffect kon zowel binnen- als buitentemperatuur als verklarende variabele worden opgevoerd. Omdat beide onderlinge sterk met elkaar samenhangen heeft alleen het gebruik van één van beiden zin. In de analyse werd verder met de buitentemperatuur gewerkt. Het effect van buitentemperatuur bedroeg 1,5 % emissietoename per graad temperatuurstijging (standaardfout 0,06%). Dit effect is wat minder groot dan geschat uit de resultaten van de Waiboerhoeve-meting. Daar ging het om een effect van 2,7% per graad stijging. De huidige schatting is een gemiddelde van 17 bedrijfslocaties. Er mag vanuit worden gegaan dat de nu vastgestelde relatie representatiever is voor de huidige praktijk en daarom beter gebruikt kan worden.

Een sterk significante bijdrage bleek afkomstig te zijn van de variatie in melkureumgetal. Zoals verwacht mocht worden hebben melkureumgetal en emissie een positieve samenhang. Elke punt stijging van het melkureumgetal (mg ureum/100 ml melk) ging gepaard met een emissietoename van 2,6% (standaardfout van 1,4%). De grootte van dit effect benadert het effect dat werd vastgesteld in het voedings- en emissieonderzoek op de Waiboerhoeve. Hier bedroeg de toename in het traject beneden 15-30 mg ureum/100 ml melk net iets meer dan 3%. In bijlage 2 zijn grafieken opgenomen die de relatie tussen stalemissie en beide variabelen weergeven.

Voor standaardisatie van omgevingsvariabelen dient een voor de huidige praktijk representatief niveau gekozen te worden. Voor buitentemperatuur wordt hierbij geadviseerd gebruik te maken van de meest recente tienjaarsgemiddelde buitentemperatuur (2003- 2012) voor van het KNMI. Deze bedraagt 10,5 graad Celsius. Opgemerkt wordt hier dat de gemiddelde buitentemperatuur in de meeste meetseries hoger lag. Dit betekent dat gemeten waarden in dergelijke situaties naar beneden worden bijgesteld. Als basisniveau voor het melkureumgetal wordt geadviseerd gebruik te maken van de landelijk gemiddelden van de afgelopen jaren (2009 – 2011), gerapporteerd door het Productschap Zuivel (2013). Gedurende de laatste jaren schommelde dit getal voortdurend rond de 23 mg ureum/100 ml melk. Deze waarde is hier verder als representatief verondersteld voor het huidige bedrijfsmanagement.

### **3.4 Emitterend oppervlak en besmeurd oppervlak per dier**

In de data-analyse leverden de omgevingsvariabelen temperatuur en melkureum een statistisch onderscheidbare bijdrage aan de verklaring van variatie in emissie. Effecten van emitterend besmeurd oppervlak konden in de dataset niet afzonderlijk geschat worden. Dit effect is in de dataset niet los te koppelen van alle overige bedrijfsaspecten die emissieverschillen kunnen veroorzaken (zoals voermanagement, stalrichting). Deze bedrijfsaspecten zijn in de analyse samengevat in de factor 'stallocatie' (zie bijlage 2), waarbinnen geen aparte kwantificering van emitterend oppervlak mogelijk is. Uit onderzoek is echter gebleken dat emitterend oppervlak wel een positief effect op stalemissie heeft.

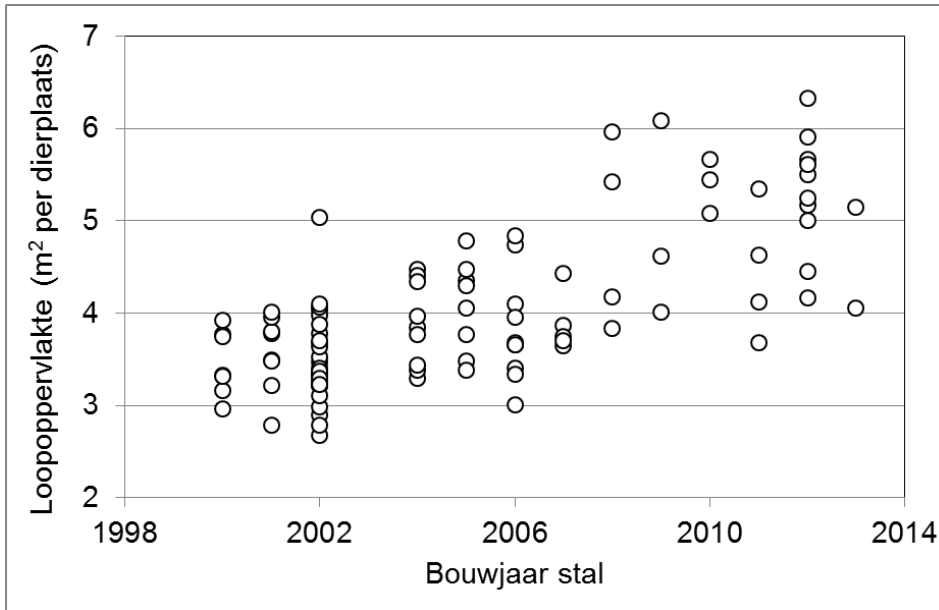
De verwachting dat emitterend oppervlak de stalemissie beïnvloedt is gebaseerd op het gegeven dat in stallen met roostervloer twee emitterende oppervlaktes aanwezig zijn: de roostervloer en de onderliggende mestopslag. De hierbij optredende processen zijn uitgebreid in onderzoeksliteratuur beschreven, zie onder meer Elzing en Monteny (1997), Monteny et al. (1998), Cortus et al. (2009) en Montes et al. (2009). In het geval van de roostervloer is het afhankelijk van de verwijderingsfrequentie van urineplassen of alle ammoniakaal gebonden stikstof (TAN) emitteert, of slechts een deel ervan. Dit hangt onder meer af van de hoeveelheid besmeurd oppervlak per dier. Hoe omvangrijker deze is des te groter is de kans dat alle TAN emitteert. Voor het onderliggende mestoppervlak in de kelderopslag kan worden aangenomen dat niet alle TAN emitteert door de constante aanvoer van ammoniak uit onderliggende opgeslagen lagen. Hier is sprake van een directe relatie tussen kelderoppervlak en kelderemissie. Aangezien kelderoppervlak en besmeurd vloeroppervlak in de praktijk met elkaar samenhangen ligt hier dus een directe relatie met hoeveelheid besmeurd oppervlak per dier. In het geval van emissiearme vloeren gebaseerd op minimalisering van de kelderbijdrage zal de relatie tussen emitterend oppervlak en stalemissie hoofdzakelijk afhangen van het oppervlak van de stalvloer. Hier geldt, zoals hierboven uiteengezet, een positief verband met besmeurd oppervlak per dier, dat afzwakt bij grotere oppervlaktes.

Voor het vaststellen van een representatief niveau voor besmeurd oppervlak is binnen deze studie in samenwerking met het adviesbureau DLV een inventarisatie uitgevoerd naar de gemiddelde grootte van dit oppervlak in de huidige melkveestallen met traditionele roostervloer. Hierbij zijn de stallen

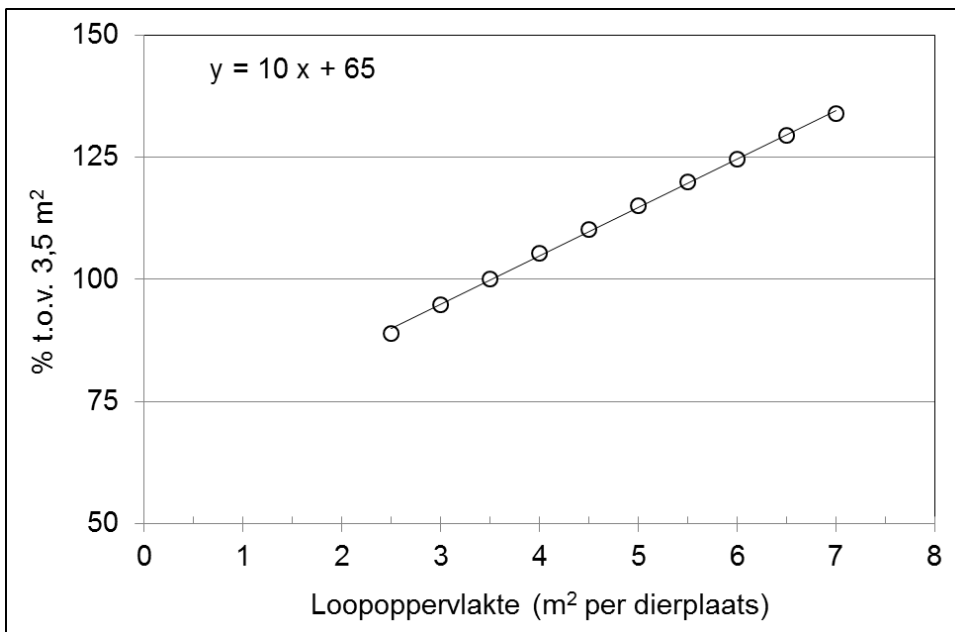
ingedeeld naar 3 leeftijdsgroepen: bouw voor 1990, bouw 1990 – 1998, en bouw 1998 – heden. Pas sinds 1998 wordt in het kader van de Groen label certificering en het verkrijgen van een milieuvergunning bijgehouden wat het beloopbaar (en dus besmeurd) oppervlak in rundveestallen is. Uitgaand van het gegeven dat de melkveehouderij vroeger meer uniform was dan nu, heeft DLV een inschatting gemaakt op basis van zeven veel voorkomende typen stallen. Onderzocht is wat voor 1990, en tussen 1990 en 1998 de gemiddelde beloopbare oppervlakken in melkveestallen waren. Dit bleek respectievelijk  $3,4 \text{ m}^2$  en  $3,6 \text{ m}^2$  te zijn. Voor het bepalen van het gemiddelde oppervlak na 1998 is door DLV een steekproef uitgevoerd waarin voor 100 bedrijven de loopoppervlakte van bouwtekeningen is uitgelezen. Hierbij zijn naar rato bedrijven per provincie geselecteerd. Het gemiddelde oppervlak in deze groep bedroeg  $4,0 \text{ m}^2$  per dier (met standaarddeviatie tussen stallen  $0,82 \text{ m}^2$ , en standaardfout gemiddelde  $0,08 \text{ m}^2$ ). Met behulp van informatie uit het Bedrijfsinformatienet van LEI is afgeleid dat het aandeel van deze groepen in de huidige stallen 51, 22 en 27% bedraagt voor respectievelijk de stallen gebouwd voor 1990, tussen 1990 en 1998 en na 1998. Het gewogen gemiddelde van het loopoppervlak in de huidige melkveestallen in Nederland bedraagt daarmee afgerond  $3,6 \text{ m}^2$  per dierplaats. Deze gemiddelde waarde wordt in dit rapport als standaardwaarde voor loopoppervlakte in huidige stallen gehanteerd. Nog opgemerkt wordt dat opvallend veel stallen ouder zijn dan 25 jaar. Uit de dataset bleek tevens dat vooral de laatste vijf jaar veel groter gebouwd wordt dan daarvoor ( $5,2 \text{ m}^2$  beloopbaar oppervlak gemiddeld, zie ook Figuur 1). Deze trend is ook waarneembaar in nieuwe stallen met emissiearme vloeren. Zo bedraagt het gemiddelde loopoppervlak ca.  $4,5 \text{ m}^2$  per dierplaats in emissiearme stallen waarvoor een emissiefactor is aangevraagd in het kader van de proefstalregeling (Goede de, 2013).

Gegeven de ruime variatie in besmeurd oppervlak in de praktijk ( $2,7\text{-}6,3 \text{ m}^2$ ) en de duidelijke aanwijzingen uit onderzoek naar het emissieproces voor het effect van besmeurd oppervlak, heeft het de voorkeur om deze omgevingsvariabele te standaardiseren. Hiervoor zijn relaties tussen oppervlak en stalemissie nodig en dient het representatieve oppervlak te worden bepaald. Omdat statistische relaties niet te onderscheiden waren in de data-analyse van beschikbare emissiegegevens, wordt gebruik gemaakt van de relaties uit het stalemissiemodel voor melkvee. De rekenregels in dit model zijn ontwikkeld in onderzoek naar emissies (Monteny, 2000) en vastgelegd in het Snelstal-model. De software van deze versie is in 2011 geactualiseerd onder de benaming AmmoniakEmissie Model V2.0 (Wageningen Universiteit, 2011). Deze versie wordt gebruikt als ondersteuning bij het vaststellen van proefstalfactoren binnen de Rav. In dit rekenmodel is het mogelijk de effecten van besmeurd oppervlak door te rekenen.

In het kader van deze studie zijn de emissie-effecten van besmeurd oppervlak in de bandbreedte  $2,5$  tot  $7,0 \text{ m}^2$  per melkkoe doorgerekend. Hierbij zijn de standaardinstellingen van de referentiestal met roostervloer gehanteerd die worden gebruikt bij de advisering voor proefstalfactoren. In bijlage 3 worden de berekeningen en de gebruikte instellingen nader toegelicht. In Figuur 2 wordt het effect van besmeurd oppervlak per dier op de emissie volgens het rekenmodel weergegeven.



**Figuur 1** Ontwikkeling van het gemiddeld loopoppervlak per dier in nieuwbouwstallen met traditionele roostervloer tussen 1998 en 2013 (waargenomen in DLV-steekproef).



**Figuur 2** Relatie tussen besmeurd oppervlak en relatieve stalemissie ten opzichte van 3,5 m<sup>2</sup> loopoppervlak (=100) volgens het rekenmodel voor stalemissie van melkvee; modelparameters gebaseerd op een referentiestal met traditionele roostervloer en ligboxen (AmmoniakEmissie Model V2.0).

### 3.5 Standaardisering meetgegevens A1.100

Ter illustratie van het effect van standaardisatie voor de hierboven genoemde omgevingsvariabelen vergelijken we de effecten op de meest recente meetserie melkveestallen in de A1.100 categorie (Mosquera et al., 2010). Deze meetserie is uitgevoerd volgens het ammoniakmeetprotocol voor het vaststellen van emissiefactoren (Ogink et al., 2013) en is representatief voor het huidige emissieniveau van melkvee.

**Tabel 1** Effecten van standaardisatie voor buitentemperatuur, melkureum en met mest besmeurd oppervlak op de gemiddelde emissie van 4 melkveestallen uit de A1.100 categorie, volledig opstallen. De gemeten waarden zijn afkomstig uit Mosquera et al., 2011. De keuze van de standaardinstellingen staat toegelicht in paragrafen 3.4 en 3.5.

	Gemeten waarde	Standaardisatie: T en melkureum	Standaardisatie: T, melkureum, oppervlak
T buiten ( $^{\circ}$ C)	15,9	10,5	10,5
Melkureumgehalte (mg/100 ml)	23,6	23,0	23,0
Besmeurd oppervlak ( $m^2$ ) per dierplaats	3,1	(3,1)	3,6
Emissie (kg $NH_3$ /jaar) per dierplaats	13,9	12,3	13,0

De niet-gestandaardiseerde emissie bedroeg 13,9 kg  $NH_3$ /jaar per dierplaats (volledig opstallen). Deze waarde wijkt enigszins af van de door Mosquera et al. (2010) gerapporteerde 14,4 kg door een noodzakelijk gebleken correctie voor  $CO_2$ -achtergrondconcentraties in een deel van de dataset (zie bijlage 2 voor nadere toelichting).

De standaardisatie voor temperatuur en melkureum is uitgevoerd op de afzonderlijke dagemissies in de dataset waarna de gemiddelde stalemissie is berekend. Wanneer alleen zou zijn gestandaardiseerd voor buitentemperatuur en melkureum bedraagt de stalemissie 12,3 kg  $NH_3$ /jaar per dierplaats (Tabel 1). De gemiddelde buitentemperatuur (15,9  $^{\circ}$ C) en het melkureumgetal (23,6 mg/100 ml) zijn in deze dataset hoger dan de genoemde standaardniveaus waardoor de gestandaardiseerde emissiewaarde lager komt te liggen.

Het effect van het besmeurd oppervlak kan berekend worden over het verschil in gemiddeld besmeurd oppervlak, met gebruikmaking van de relatie die het AmmoniakEmissie model V2.0 legt tussen stalemissie en loopoppervlak (zie 3.4). De gemiddelde omvang in de meetserie was 3,1  $m^2$ , en lag daarmee 0,5  $m^2$  per dierplaats onder de gestandaardiseerde waarde. Wanneer het effect van een kleiner besmeurd oppervlak in deze meetserie wordt doorgerekend leidt dit uiteindelijk tot een gecombineerd resultaat van afgerond 13,0 kg  $NH_3$ /jaar per dierplaats.

De toename in besmeurd loopoppervlak in stallen die in het afgelopen decennium zijn gebouwd leidt volgens de relatie in Figuur 1 tot stalemissies die boven de berekende standaardwaarde van 13,0 liggen. Bij een toename van het oppervlak tot respectievelijk 4,5 en 5,0  $m^2$  per dierplaats bedraagt de stalemissie in stallen met een traditionele roostervloer respectievelijk 14,1 en 14,7 kg  $NH_3$ /jaar per dierplaats.

### 3.6 Effect van beweiding

De meetgegevens in de besproken emissiedataset geven geen informatie over de effecten van beweiding op de stalemissies. Omdat in de Rav een onderscheid gemaakt wordt in de A1.100 categorie tussen permanent opstallen en beweiding is een eventuele actualisering van deze verhouding gebaseerd op nieuwe gegevens gewenst. Sedert 2001 is er geen nieuwe onderzoeksinformatie beschikbaar gekomen over de effecten van de afwezigheid van dieren gedurende beweiding op de stalemissie. Uit berekeningen met het stalemissiemodel is toen een effect van 2,4% emissiereductie per uur beweiding op de dagemissie vastgesteld (Monteny et al., 2001); zie tabel 6 (p. 14) in het betreffende rapport. Het effect van beweiding op de jaargemiddelde emissie hangt af van het gemiddeld aantal weide-uren per weidedag en het aantal weidedagen. Daarnaast dient bij het beschouwen van het effect van beweidingsregimes op de jaargemiddelde emissie ook het



effect van een hogere temperatuur en hoger ureumgehalte in de melk gedurende de weideperiode te worden meegenomen. De dagemissies in de zomer liggen gemiddeld wat hoger dan in de weideperiode. In de weideperiode is het rantsoen gras, dat een hogere stikstofgehalte heeft, waardoor melkureum toeneemt. In hoofdstuk 3.3 is uiteengezet hoe in de statistische analyse van de gebruikte emissiedataset buitentemperatuur, melkureum en emissie met elkaar samenhangen. Op basis van het gemiddelde temperatuur- en melkureumverloop door het jaar is met deze relatie berekend dat de gemiddelde dagemissie in de beweidsperiode 8,7% hoger ligt dan de dagemissie gemiddeld over het gehele jaar. Dit seizoenseffect versterkt op jaarbasis het eerder genoemde emissiereductie-effect van 2,4%. Wanneer het effect van beweiding en melkureum op jaarbasis wordt uitgerekend neemt het reductie-effect van de stalemissie daarmee met een factor 1,087 toe tot 2,61% per uur.

De jaargemiddelde emissiereductie (%) als gevolg van beweiden ten opzichte van permanent opstallen kan met de volgende vergelijking uitgedrukt worden:

$$\text{Emissiereductie (\%)} = 2,61 \times (\text{aantal weide-uren per dag}) \times (\text{aantal weidedagen})/365 \quad (1)$$

Deze regel geldt enkel voor stallen met roostervloer. In 2001 is uitgegaan van gemiddeld 10 weide-uren en 175 weidedagen. Volgens vergelijking 1 levert dit op jaarbasis een emissiereductie op van 12,5 % ten opzichte van permanent opstallen. De afgelopen jaren is een trend in de melkveehouderij waarneembaar die wijst op een toename van het aantal bedrijven dat niet beweidt en veranderingen in de beweidsduur bij bedrijven die beweiding toepassen (Keuper et al., 2011; Pol et al., 2013). Voor de actualisering van de emissiefactor met beweiding is van belang welk aantal weide-uren en weidedagen als representatief mag worden verondersteld voor het huidige beweidsmanagement anno 2013.

Volgens de meest recente Landbouwtelling (Bruggen, 2013) bedroeg het aantal weidedagen in 2012 gemiddeld 162 voor bedrijven die beweiding toepassen. Aangezien alle melkveebedrijven aan de Landbouwtelling deelnemen is dit een nauwkeurige inschatting. Het hierbij behorend gemiddeld aantal weide-uren is niet uit de Landbouwtelling beschikbaar. Wel is voor de bedrijven met beweiding bekend of ze 'dagnacht' beweiden of 'beperkt' beweiden. Deze verhouding blijkt in de betreffende landbouwtelling 24 : 76 te zijn. Informatie over het aantal weide-uren die bij beide beweidsregimes passen is af te leiden uit steekproef naar graslandgebruik in 2008 (CBS, 2008). Hierbij bleek 'dagnacht' beweiden gemiddeld 20 uur te beslaan en 'beperkt' beweiden gemiddeld 8 uur. Gewogen naar het aandeel van beide beweidsvormen (24:76) zou dit uitkomen op een gemiddelde beweidsduur van 10,9 uur, afgerond 11 uur. In een telefonisch enquête onder 450 melkveehouders in 2011 rapporteerde Keuper et al. (2011) eveneens een gemiddelde beweidsduur van 11 uur bij de bedrijven die beweiding toepassen.

Op basis van 162 weidedagen en 11 uur kan een gemiddelde emissiereductie van 12,7 % worden berekend met vergelijking 1. Deze wijkt daarmee nauwelijks af van de eerder berekende reductie door beweiding gebaseerd op 10 uur en 175 weidedagen, afgerond komt het in beide gevallen uit op 13 %. Dit reductiepercentage beschouwen we als representatief voor het huidige gemiddelde beweidingseffect op de ammoniakemissie uit stallen met roostervloer (A1.100).

Effecten van weidegang op de jaaremmissie zijn relatief groter voor stalsystemen met emissiearme vloeren. De achtergrond hiervan is dat tijdens afwezigheid van dieren in de stal de vloeremissie uitdooft maar de kelderemissie ongerept blijft. Met het minimaliseren van kelderemissie bij emissiearme vloeren zal het relatieve effect van beweiding daarom groter zijn. Vergelijking 1 voor emissiereductie door beweiding kan aangevuld worden met een parameter voor de vloerbijdrage aan de emissie om het effect bij andere vloer-kelderrelaties te berekenen. De vloerbijdrage in een traditionele stal met roostervloer in de volledige stalemissie bedraagt volgens het AmmoniakEmissie Model V2.0 70% bij 3,5 m<sup>2</sup> loopoppervlak per dier (met gebruikmaking van de parameterwaarden van de TacRav voor de referentiestal). Vergelijking 1 kan op de volgende wijze worden uitgebreid:

$$\text{Emissiereductie (\%)} = (2,61/0,70) \times \text{vloerbijdrage} \times (\text{aantal weide-uren per dag}) \times (\text{aantal weidedagen})/365 \quad (2)$$

De vloerbijdrage is hier gelijk aan de proportie van de stalemissie die van de vloer komt. Deze factor is voor traditionele stallen 0,70; invulling van deze factor in vergelijking 2 levert weer vergelijking 1 op. Om de effecten van beweiding op emissiearme vloeren te berekenen hebben we een inschatting van de vloerbijdrage in emissiearme stallen nodig. Ter beantwoording van deze vraag hebben we gebruik gemaakt van informatie afkomstig van emissiearme stallen in de proefstalregeling. Bij berekeningen

voor emissiefactoren met het AmmoniakEmissiemodel V2.0 wordt hier een inschatting van de vloerkelder verhouding gevraagd. Het merendeel van de ingeschatte vloerbijdrages ligt in de bandbreedte 85 - 100 % (Goede de, 2013). Wanneer we uitgaan van 90% als een representatieve waarde voor de vloerbijdrage van emissiearme stalvloeren, dan levert dit bij het gemiddeld aantal weidedagen (162) en uren beweiden (11) een emissiereductie van 16%.

De samenhang tussen het reductie-effect van beweiden en het aandeel van de vloeremissie speelt ook een rol wanneer het loopoppervlak per dier in een stal toeneemt. In bijlage 3 is ter illustratie van de effecten van het vergroten van het loopoppervlak ook een tabel opgenomen waarin het vloeraandeel in de stalemissie bij toenemend loopoppervlak is weergegeven in een stal met traditionele roostervloer. Een in huidige nieuwbouw gangbaar oppervlak van 5,0 m<sup>2</sup> levert een verlaging van de vloerbijdrage op. Deze gaat van 0,70 (bij 3,5 m<sup>2</sup>) naar 0,62 (bij 5,0 m<sup>2</sup>). Dat zou betekenen dat het effect van beweidingsreductie terugloopt van 12,7 naar 11,3%

Hoewel beweiding in het huidige gemiddelde regiem een beperkt emissiereducerend effect oplevert op bedrijfsniveau, is de impact op regionale en nationale schaal relatief groot omdat ca. 70% van het melkvee wordt beweid (Bruggen et al., 2013). Vanuit dit perspectief is het aan te bevelen de huidige modelbasis voor de beweidingseffecten te versterken door emissieonderzoek.

### 3.7 Nauwkeurigheid van gemeten emissiefactoren

In hoofdstuk 2.2.1 is ingegaan op meetnauwkeurigheid van de jaargemiddelde emissie van een stalsysteem. Deze nauwkeurigheid is afhankelijk van de steekproefopzet van het ammoniakmeetprotocol. Het aantal bedrijfslocaties in deze opzet speelt hierbij een belangrijke rol omdat de variatie in emissie tussen bedrijven de meetnauwkeurigheid domineert. De statistische analyse van de dataset met emissiegegevens van melkveebedrijven (zie 3.2) levert kwantitatieve informatie over de variatie tussen bedrijven met eenzelfde stalsysteem. In bijlage 2 wordt de statistische analyse toegelicht en wordt op basis van de hieruit ingeschatte variatie tussen melkveebedrijven de meetnauwkeurigheid van de emissiefactor nader beschouwd. Samengevat blijkt hieruit dat de emissiefactor voor A1.100 gebaseerd op de meetreeks van Mosquera et al. (2010) een 95%-betrouwbaarheidsinterval heeft dat bij benadering ligt tussen -15 en +15% van het gemeten gemiddelde ligt.

De meetonzekerheid heeft een directe relatie met de wijze waarop volgens protocol gemeten emissiefactoren kunnen worden afgerond. Het mag duidelijk zijn dat de huidige Rav-notatie met 0,1 kg onderscheid in de rundveecategorie een zeer rooskleurig beeld geeft van de nauwkeurigheid. Een meer realistische afronding is die gebaseerd op een onderscheidingsvermogen van circa 15% (zie hiervoor ook bijlage 2). Door af te ronden wordt een beter beeld gegeven of emissiefactoren 'werkelijk' (met bijvoorbeeld 95% kans) van elkaar verschillen. De gemeten niet afgeronde waarde is echter, hoe onzeker ook, wel de beste schatter voor de gemiddelde emissie van een stalsysteem. Wanneer men enkel geïnteresseerd is in de beste schatting voor het emissieniveau van een stalsysteem is afronding op de hierboven geschetste wijze niet wenselijk. Afhankelijk van de functie van de informatie moet men daarom besluiten wel of niet tot afronding over te gaan. In hoofdstuk 4.2 wordt dit aspect in relatie tot weergave emissiefactoren nader uitgewerkt.

## 4 Aanbevelingen voor systematiek actualisering emissiefactoren rundvee

### 4.1 Aanpak actualisering

De onderbouwing van de huidige emissiefactoren in hoofdcategorie A kan als volgt worden gekarakteriseerd (zie hoofdstuk 2):

- A1 (melkkoeien): de niveaus van de reguliere (overige) huisvesting, de sleufvloer en de dichte vloer met schuif zijn elk gebaseerd op metingen aan telkens één bedrijfslocatie met standaardisatie voor temperatuur en melkureum. Alle voorlopige emissiefactoren zijn gebaseerd op model-berekende afwijkingen ten opzichte van de overige huisvesting (A1.100);
- A2 (zoogkoeien): de emissiefactor is mogelijk gebaseerd op één bedrijfslocatie, of mogelijk via N-excretieverhoudingen afgeleid van A1.100;
- A3 (vrouwelijk jongvee): de emissiefactor is gebaseerd op de N-excretieverhouding ten opzichte van overige huisvesting
- A4 (vleeskalveren): de emissiefactor is gebaseerd op meerdere afdelingen op één bedrijfslocatie, en gemeten en theoretisch beoordeelde luchtwasrendementen;
- A5: deze categorie is vervallen;
- A6 (vleesstieren): de emissiefactor is gebaseerd op één bedrijfslocatie;
- A7 (fokstieren): de basis van deze emissiefactor heeft geen meetbasis, en de afleiding is niet duidelijk.

Alle hier genoemde bedrijfsmetingen zijn uitgevoerd conform of in lijn met het Groen Label protocol, met uitzondering van de tweejarige meetreeks voor overige huisvesting in een onderzoekstal. Zoals uit de analyse in hoofdstuk 3 duidelijk mag zijn geworden heeft de schatting van een emissiefactor gebaseerd op één bedrijfslocatie een ruime onzekerheid. Het bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsinterval heeft afgaande op de in hoofdstuk 3.7 geschatte onzekerheidsniveaus een orde grootte van +/- 30%. De metingen zijn voor 2002 uitgevoerd. In hoofdstuk 2 zijn de veranderingen in bedrijfsmanagement en staluitvoering sedert 2002 besproken, met de constatering dat de toenmalige omgevingsfactoren (voermanagement, stallenbouw) niet meer representatief voor de huidige praktijk.

Herziening van alle emissiefactoren in de hoofdcategorie A is gewenst om beter aan te sluiten bij de huidige situatie en om de nauwkeurigheid van emissiefactoren te verhogen. Dat is mogelijk door gebruik te maken van de volgens het vernieuwde meetprotocol uitgevoerde emissiemetingen. Anno 2013 is er alleen voor de A1.100 categorie een gepubliceerde meetreeks beschikbaar. Omdat voor de overige categorieën geen actuele meetdata voorhanden zijn en afleidingen noodzakelijk zijn zal stapsgewijs per categorie de voorgestelde aanpak in de volgende paragrafen worden besproken.

### 4.2 Meetonzekerheid en weergave emissiefactoren

Een belangrijk aandachtspunt bij de bespreking per categorie is hoe nu om te gaan met de onzekerheid van emissiefactoren en hoe deze uit te drukken in de emissiefactoren. Op basis van de in de loop der jaren verworven kennis over meetonzekerheid, concluderen wij dat de gehanteerde afronding in huidige Rav-tabel (0,1 kg in hoofdcategorie A) een onderscheidingsvermogen suggereert dat niet overeenkomt met de meetonzekerheid van het huidige meetprotocol. Wanneer we bijvoorbeeld de emissiefactoren A1.2 t/m A1.8 in ogenschouw nemen dan zien we een bandbreedte van 6,8 – 7,7 kg NH<sub>3</sub>. De hoogste waarde ligt 16% hoger ten opzichte van de laagste waarde. De waarden zijn gekoppeld aan enkelvoudige bedrijfsmetingen, waarvan we eerder aangaven dat hier rekening moet worden gehouden met onzekerheidsniveaus met orde grootte van +/- 30%. Wanneer we zouden beschikken over een groot aantal meetseries per stalsysteem en daarmee een gemiddeld niveau met een veel kleinere onzekerheden dan is er een substantiële kans dat de onderlinge rangorde er heel anders uitziet. Aan de andere kant is elke gemeten gemiddelde waarde bij afwezigheid van nadere gegevens de beste schatter voor het gemiddelde emissieniveau van de betreffende stalsystemen. Afronden van getallen naar een vaste schaal levert dan een minder goede schatting voor het emissieniveau. Daar komt nog bij dat kleine, maar wel statistisch significante effecten bij een grovere afrondingsschaal, niet meer zichtbaar zijn en daarom niet meer gehonoreerd kunnen worden.

Om een weg te vinden in de wijze waarop emissiegetallen kunnen worden vastgelegd is het nodig eerst onderscheid te maken tussen de twee essentiële functies: de functie om informatie te geven over het *emissieniveau* van een diercategorie, en de functie om informatie te geven over de *reducties* van de verschillende (emissiearme) stalsystemen binnen elke diercategorie ten opzichte van het traditionele huisvestingssysteem (bijvoorbeeld A1.100 in de A1-categorie). Voor de eerste functie is het gebruik van de niet-afgeronde meetwaarde de beste schatter. Voor de tweede functie is het gewenst dat de verschillen tussen de weergegeven emissiefactoren gebaseerd zijn op een afgesproken onzekerheidsniveau. Hieraan kan men vorm geven door een aantal emissieklassen te definiëren met oplopende reductiepercentages ten opzichte van het reguliere stalsysteem. Een stelsel met stappen van bijvoorbeeld 20% emissiereductie geeft 5 emissieniveaus, met als startpunt de beste schattingswaarde voor het reguliere stalsysteem. Elk bemeten emissiearm stalsysteem is dan in te delen naar een van deze 5 emissieniveaus door statistisch te toetsen dat de gemeten gemiddelde waarde met (bijvoorbeeld) 95% kans onder dat betreffende emissieniveau zit. In feite wordt in deze werkwijze een aantal reductie-klassen gecreëerd waarbij de indeling in een reductieklasse aangeeft dat dit reductieniveau met 95%-zekerheid door het betreffende stalsysteem wordt gehaald. De prestaties van de stalsystemen binnen elke klasse kunnen dan als gelijkwaardig worden beschouwd. Een dergelijk aanpak geeft ook ruimte aan fijnere gradaties waarmee kleinere verschillen kunnen worden gehonoreerd. Bij toepassing van andere typen emissiearme maatregelen (zoals voermaatregelen) die beperkte maar statistisch aantoonbare emissiereductie opleveren kan bijvoorbeeld een indeling met 5% emissiereductie-stappen worden aangehouden.

De hierboven geschetste aanpak heeft forse consequenties voor het onderscheid dat op deze wijze tussen emissiearme stalsystemen wordt aangebracht. De aanpak heeft echter alleen zin als beschikt kan worden over meetgegevens met een niet al te grote en redelijk bekende meetonzekerheid. Daarover kan momenteel nog niet worden beschikt. Informatie gebaseerd op het huidige meetprotocol is geschikt voor deze aanpak maar momenteel alleen beschikbaar voor de A1.100 categorie en niet voor de overige emissiearme categorieën. Tevens is er bij deze aanpak behoefte aan het omschrijven en inschatten van onzekerheidsniveaus van emissiefactoren die zijn afgeleid van andere categorieën, of zijn gebaseerd op modelberekeningen. Toekomstige toepassing van gevalideerde emissiemodellen biedt perspectievolle mogelijkheden om beperkte reductie-effecten betrouwbaar te onderscheiden en te kwantificeren ten opzichte van referentieniveaus. In dit stadium is echter over de onzekerheidsniveaus van afgeleide en (mede) op modellen gebaseerde emissiefactoren nog weinig informatie beschikbaar. Bij afwezigheid van deze informatie wordt geadviseerd voorlopig niet over te gaan tot het vaststellen van emissieklassen. Het is echter wel wenselijk deze werkwijze in de toekomst te gaan toepassen, om daarmee een beter beeld te geven van de verschillen tussen emissiearme huisvestingsystemen.

In de hierna volgende bespreking van geactualiseerde emissiefactoren hebben we geen afrondingssystematiek aangebracht.

### 4.3 Advies actualisering per diercategorie

#### Categorie A1 (melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar)

De emissiefactor voor categorie A1.100 kan geactualiseerd worden op basis van de meest recente meetserie aan A 1.100 stallen die in 2009 is uitgevoerd (Mosquera et al., 2010). De meetwaarden worden gestandaardiseerd naar huidige praktijk-representatieve waarden voor melkureum, buitentemperatuur en besmeurd oppervlak volgens de werkwijze uiteengezet in hoofdstuk 3.5. In Tabel 1 zijn eerder de effecten van deze standaardisatie zichtbaar gemaakt: de gestandaardiseerde waarde levert een emissie van 13,0 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats bij volledig opstallen. Voor het effect van beweiding kan gebruik worden gemaakt van de rekenregel en de geactualiseerde inschattingen van weide-uren (11) en weidedagen (162) toegelicht in hoofdstuk 3.6. Dit levert voor een gemiddeld beweidsregime een emissiereductie van 13%, gelijk aan 11,3 kg NH<sub>3</sub>/jaar dierplaats.

Er is geen nieuwe informatie beschikbaar over de emissie uit de overige categorieën in A1. Ons advies is de emissiefactoren van alle overige categorieën in A1 bij te stellen op basis van de verhouding tussen nieuw A1.100 (13 kg) en oud A1.100 (11 kg), door de huidige emissiefactoren bij volledig opstallen te vermenigvuldigen met  $13/11 = 1,18$ . Door deze bijstelling blijft de verhouding ten opzichte van categorie A1.100 ongewijzigd en wordt het effect van de in de loop der jaren opgetreden veranderingen in bedrijfsvoering verdisconteerd. De emissiefactoren horende bij de bedrijfsvoering

met beweiding kunnen op dezelfde wijze als voor A1.100 worden bijgesteld ten opzichte van permanent opstallen. In Tabel 2 worden de berekende afgeleide waarden weergegeven.

Categorie A2 (zoogkoeien)

Geadviseerd wordt hier een emissiefactor te berekenen op basis van de verhouding TAN-stalexcretie tussen melkkoeien (A1.100, permanent opstallen) en zoogkoeien.

TAN-excretie staat voor de uitscheiding van Totaal Ammoniakaal N, en bevat alle N die potentieel kan vervluchtigen als NH<sub>3</sub>. Het principe van een stalemissiefactor berekend uit TAN-stalexcreties gaat uit van een bekende stalemissie en TAN-stalexcretie van een diercategorie (A) en een bekende TAN-stalexcretie van een andere diercategorie (B) met onbekende stalemissie. Onder de aanname dat de vervluchtigingskarakteristieken van NH<sub>3</sub> gelijk zijn voor diersoorten A en B kan verondersteld worden dat de vervluchtigingspercentage gelijk is en dat de onbekende stalemissie B berekend worden als:

$$\text{Stalemissie B} = (\text{TAN-stalexcretie B} / \text{TAN-stalexcretie A}) \times \text{Stalemissie A}$$

TAN-excreties worden berekend door de Werkgroep Uniformering berekening Mest- en mineralencijfers (WUM). Wij hebben hier gebruik gemaakt van de meest actuele WUM-informatie opgenomen in de NEMA-rapportage van van Bruggen et al. (2013) die betrekking heeft op berekeningen van nationale ammoniakemissies op basis van het NEMA-model voor het jaar 2011. Omdat als referentie wordt uitgegaan van permanent opstallen is de in onze berekening gebruikte TAN-stalexcretie voor melkkoeien gebaseerd op de volledige TAN-excretie in zowel stalperiode als weideperiode. Voor zoogkoeien dient de TAN-excretie berekend te worden op het deel dat betrekking heeft op de uitscheiding in de stal. De aldus berekende TAN-excreties bedragen per dier en jaar 77,6 en 24,4 kg TAN voor respectievelijk melkvee (permanent opgesteld) en zoogkoeien (zie Tabel 2.3 uit van Bruggen et al. (2013)). De berekende stalemissie voor zoogkoeien bedraagt daarmee:

$$(24,4/77,6) \times 13 = 4,1 \text{ kg NH}_3/\text{jaar per dierplaats}$$

Door deze werkwijze wordt impliciet gebruik gemaakt van de NEMA-inschatting voor de gemiddelde lengte van de weideperiode van zoogkoeien. Binnen NEMA dient namelijk de excretie van N over stal en weideperiode te worden verdeeld. Deze verdeling is gebaseerd op cijfers uit de Landbouwtelling 2011. Het verdient verder aanbeveling om hetzij via een WUM-beschrijving of een beschrijving in de Rav de categorie 'zoogkoeien' nader te preciseren.

Categorie A3 (vrouwelijk jongvee tot 2 jaar)

Voor categorie A3 (vrouwelijk jongvee tot 2 jaar) zijn geen emissiemetingen beschikbaar. Gezien de omvang van deze groep is het alsnog uitvoeren van metingen bij deze diercategorie het overwegen zeker waard. Omdat geen metingen beschikbaar wordt ook hier de lijn gekozen om op basis van TAN-excretieverhoudingen een emissiefactor vast te stellen, zoals voorgesteld bij A2.

Conform de eerder voor A2 omschreven systematiek is de TAN-stalexcretie voor deze groep vastgesteld. Omdat in de WUM-definities zowel sprake is van een leeftijdsgroep jonger dan 1 jaar en een groep met leeftijd 1-2 jaar, hebben we de over beide groepen gemiddelde TAN-stalexcretie als uitgangspunt genomen. Deze bedraagt 26,1 kg TAN per dier en jaar. Met gebruikmaking van de gegevens voor permanent opgesteld melkvee kan de stalemissie berekend worden als:

$$(26,1/77,6) \times 13 = 4,4 \text{ kg NH}_3/\text{jaar per dierplaats}$$

Evenals voor de categorie A2 wordt in deze werkwijze gebruik gemaakt van de NEMA-inschatting voor de gemiddelde lengte van de weideperiode van deze groep. Deze inschatting is gebaseerd op cijfers uit de Landbouwtelling 2011.

Categorie A4 (vleeskalveren tot 8 maanden)

Categorie A4 is binnen hoofdcategorie A afwijkend qua productievorm. A4.100 is vastgesteld op basis van één bedrijfsmeting uit 1997. Na 2002 is nog een meetrapport (conform de Groen Label systematiek) beschikbaar gekomen met emissiecijfers voor witvleesproductie (Beurskens en Hol, 2004). Hierin werd over twee meetperiodes een gemiddelde emissie van 3,4 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats per jaar (inclusief 7% leegstand) gerapporteerd. Voor bijstelling van A4.100 en de hieraan verbonden emissiearme categorieën, zou de representativiteit van de bedrijfsvoering in beide

metingen moeten worden beoordeeld ten opzichte van de huidige situatie. Indien voldoende representatief, kunnen beide metingen gecombineerd worden en de emissiefactor bijgesteld. Feitelijk is echter een emissiefactor gebaseerd op twee stalmetingen niet echt wenselijk. Nieuwe emissiemetingen volgens het huidige meetprotocol kunnen deze situatie verbeteren. Omdat naar de emissiegegevens van deze categorie nog een nadere studie zal worden verricht brengen wij hier geen advies voor actualisering uit.

Categorie A6 (vleesstieren en overig vleesvee van circa 8 tot 24 maanden)

Voor deze categorie zijn geen nieuwe emissiemetingen van bekend. Omdat geen metingen beschikbaar zijn kan ook hier de lijn gekozen worden op basis van TAN-excretieverhoudingen een emissiefactor vast te stellen, zoals voorgesteld bij A2.

Voor de berekening is gebruik gemaakt van de WUM-vleesveecategorieën: vrouwelijk jongvee 1-2 jaar, mannelijk jongvee 1-2 jaar. De TAN-stalexcretie bedroeg respectievelijk 33 en 29 kg TAN. Met gebruikmaking van de gegevens voor permanent opgestald melkvee kan de stalemissie berekend worden als:

$$(33,5/77,6) \times 13 = 5,6 \text{ kg NH}_3/\text{jaar per dierplaats}$$

$$(29,1/77,6) \times 13 = \text{kg NH}_3/\text{jaar per dierplaats}$$

Gewogen naar voorkomende aantallen (54% vrouwelijk jongvee en 46% mannelijk jongvee, Tabel 2.1, van Bruggen et al. 2013) is de gemiddelde stalemissie 5,3 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats. Evenals voor de categorie A2 wordt in deze werkwijze gebruik gemaakt van de NEMA-inschatting voor de gemiddelde lengte van de weideperiode van deze groep. Deze inschatting is gebaseerd op cijfers uit de Landbouwtelling 2011.

De omschrijving van categorie A6 sluit niet volledig aan op de categorieën die binnen WUM worden gehanteerd. Het verdient aanbeveling of hetzij via aansluiting op de WUM-categorieën of een beschrijving in de Rav deze categorie nader te preciseren en zo nodig bij te stellen voor harmonisatie met WUM-groepen.

Categorie A7 (fokstieren en overig rundvee ouder dan 2 jaar)

Er zijn geen metingen uitgevoerd in deze groep. De omvang is zeer beperkt. Een emissiefactor kan het best op basis van ingeschatte TAN-excretieverhoudingen met bemeten categorieën worden vastgesteld, zoals voorgesteld bij A2.

Voor de berekening is gebruik gemaakt van de WUM-categorieën: stieren voor de fokkerij 2 jaar en ouder, mannelijk jongvee (incl. ossen) 2 jaar en ouder. De TAN-stalexcretie bedroeg respectievelijk 57,9 en 29,1 kg TAN. Met gebruikmaking van de gegevens voor permanent opgestald melkvee kan de stalemissie berekend worden als:

$$(57,9/77,6) \times 13 = 9,7 \text{ kg NH}_3/\text{jaar per dierplaats}$$

$$(29,1/77,6) \times 13 = 4,9 \text{ kg NH}_3/\text{jaar per dierplaats}$$

Gewogen naar voorkomende aantallen (respectievelijk 27% en 73% Tabel 2.1, van Bruggen et al. 2013) bedraagt de gemiddelde stalemissie 6,2 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats.

In Tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de geactualiseerde en afgeronde emissiefactoren voor de categorieën A2, A3, A6 en A7.

**Tabel 2** Overzicht van de huidige en geadviseerde ammoniakemissiefactoren (kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats) voor de categorie A1.1 tot en met A1.100, met onderscheid naar beweiding (B) en permanent opstallen (O).

Rav code	Rav-beschrijving	huidig		advies nieuw	
		B	O	B	O
A 1.1	grupstal met drijfmest, emitterend mestoppervlak van grup en kelder max. 1,2 m <sup>2</sup> per koe	4,3	4,3	5,1	5,1
A 1.2	loopstal met hellende vloer en giergoot of met roostervloer; beide met spoelsysteem	7,5	8,6	8,8	10,2
A 1.3	loopstal met hellende vloer en giergoot; max. 3 m <sup>2</sup> mestbesmeurd oppervlak per koe	7,5	8,6	8,8	10,2
A 1.4	loopstal met hellende vloer en spoelsysteem; max. 3,75 m <sup>2</sup> mestbesmeurd oppervlak per koe	6,8	7,8	8,0	9,2
A 1.5	loopstal met sleufvloer en mestschuif	7,7	9,2	9,5	10,9
A 1.6	ligboxenstal met dichte hellende vloer, met profilering, met snelle gierafvoer met mestschuif	7,5	8,6	8,8	10,2
A 1.7	ligboxenstal met dichte hellende vloer, met rubbertoplaag, met snelle gierafvoer met mestschuif	7,5	8,6	8,8	10,2
A 1.8	ligboxenstal met sleufvloer met noppen en mestschuif	7,7	9,2	9,5	10,9
A 1.9	ligboxenstal met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten	4,1	4,7	4,8	5,6
A 1.10	ligboxenstal met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag	6,5	7,4	7,6	8,7
A 1.11	ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatige mestafstorten en hoog frequente mestverwijdering met een vingerschuif	8,1	9,2	9,5	10,9
A 1.12	ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatige mestafstorten en frequent schuiven )	8,3	9,5	9,8	11,2
A 1.13	ligboxenstal met roostervloer voorzien van cassettes in de roosterspleten	7,1	8,1	8,3	9,6
A 1.14	ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatige mestafstorten voorzien van afdichtflappen, frequent schuiven	7,1	8,1	8,3	9,6
A 1.15	ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatige mestafstorten voorzien van afdichtflappen en frequente mestverwijdering	7,0	8,0	8,2	9,5
A 1.16	ligboxenstal met V-vormige vloer van gietasfalt in combinatie met een gierafvoerbuis	7,9	9,1	9,4	10,8
A 1.17	mechanisch geventileerde stal met een chemisch luchtwassysteem	3,5	4,0	4,1	4,7
A 1.18	ligboxenstal met V-vormige vloer van geprofileerde vloerelementen in combinatie met gierafvoerbuis	6,7	7,7	7,9	9,1
A 1.19	ligboxenstal met roostervloer met hellende groeven met afdichtflappen in roosterspleten	7,5	8,6	8,8	10,2
A 1.100	overige huisvestingssystemen	9,5	11,0	11,3	13,0

**Tabel 3** Overzicht van de huidige en geadviseerde emissiefactoren (kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats) voor de categorie A2 tot en met A7, met uitzondering van A4 waarvoor geen advies is uitgebracht.

Rav code	Rav beschrijving	huidig	advies nieuw
A 2	zoogkoeien ouder dan 2 jaar	5,3	4,1
A 3	vrouwelijk jongvee tot 2 jaar	3,9	4,4
A 6	vleesstieren en overig vleesvee van 8 tot 24 maanden (roodvleesproductie) (4)	7,2	5,3
A 7	fokstieren en overig rundvee ouder dan 2 jaar (5)	9,5	6,2



## Literatuur

- Beurskens, A.G.C., Hol, J.M.G., 2004. Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LXI: stal voor vleeskalveren (witvlees productie). Agrotechnology & Food Innovations, Wageningen.
- Bruggen, C. van, 2013. Persoonlijke mededeling, Landbouwtelling peiljaar 2012.
- Bruggen, C. van, Bikker, P., Groenestein, C.M., Haan, B.J.d., Hoogeveen, M.W., Huijsmans, J.F.M., Sluis, S.M., Velthof, G.L., 2013. Ammoniakemissie uit dierlijke mest en kunstmest in 2011 : berekeningen met het Nationaal emissiemodel voor Ammoniak (NEMA). Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen, p. 43.
- CBS, 2008. Graslandgebruik 2008. Benaderd via [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl), december 2013
- Cortus, E.L., Lemay, S.P., Barber, E.M., Hill, G.A., 2009. Modelling ammonia emission from swine slurry based on chemical and physical properties of the slurry. Canadian Biosystems Engineering / Le Genie des biosystems au Canada 51, 6.9-6.22.
- Elzing, A., G.J. Monteny, 1997. Modelling and Experimental Determination of Ammonia Emissions Rates from a Scale Model Dairy-cow House. Transactions of the ASAE 40(3), 721-726.
- Goede, H. de, 2013. Mededeling secretariaat TacRav.
- Groenestein, C.M., Huis in 't Veld, J.W.H., 1994. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XV, Potstal voor zoogkoeien. IMAG, Wageningen, p. 14.
- Groenestein, C.M., Reitsma, B., 1993. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen X, Potstal voor melkvee. IMAG, Wageningen, p. 15.
- Hol, J.M.G., Groenestein, C.M., 1997. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXI. Verschillende huisvestingssystemen voor vleeskalveren. DLO rapport 97-1001.
- Huis in 't Veld, J.W.H., Smits, M.C.J., Monteny, G.J., 2003. Ammoniakemissie uit melkveestallen van Koeien & Kansen-bedrijven : meetresultaten van een korte meetperiode per bedrijf. Animal Sciences Group/Praktijkonderzoek, Lelystad.
- Keuper, D., van Well, E., van der Schans, F., 2011. Weidegang in Nederland anno 2011 : ontwikkelingen en verwachtingen. CLM Onderzoek en Advies, Culemborg.
- Ministerie van Landbouw en Visserij, VROM, 1987. Ammoniak en veehouderij : richtlijn in het kader van de Hinderwet. Ministerie van Landbouw en Visserij, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, [s-Gravenhage].
- Monteny, G.J., 2000. Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. Thesis Wageningen Universiteit, p. 156.
- Monteny, G.J., Huis in 't Veld, J.W.H., Duinkerken, G.v., Andre, G., Schans, F.v.d., 2001. Naar een jaarrond-emissie van ammoniak uit melkveestallen. IMAG, Praktijkonderzoek Veehouderij, Centrum voor Lanbouw en Milieu, Wageningen, p. 27.
- Monteny, G.J., Schulte, D.D., Elzing, A., Lamaker, E.J.J., 1998. A conceptual mechanistic model for the ammonia emissions from free stall cubicle dairy cow houses. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 41, 193-201.
- Montes, F., Rotz, C.A., Chaoui, H., 2009. Process modeling of ammonia volatilization from ammonium solution and manure surfaces: A review with recommended models. Transactions of the ASABE 52, 1707-1719.
- Mosquera, J., Hol, J.M.G., Huis in 't Veld, J.W.H., Ploegaert, J.P.M., Ogink, N.W.M., 2012a. Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag : meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, p. 27.
- Mosquera, J., Hol, J.M.G., Huis in 't Veld, J.W.H., Ploegaert, J.P.M., Ogink, N.W.M., 2012b. Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten : meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, p. 31.
- Mosquera, J., Hol, J.M.G., Huis in 't Veld, J.W.H., Ploegaert, J.P.M., Ogink, N.W.M., 2012c. Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten : Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, p. 27.
- Mosquera, J., Hol, J.M.G., Huis in 't Veld, J.W.H., Ploegaert, J.P.M., Ogink, N.W.M., 2012d. Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met het "vrije keuze" systeem : meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, p. 31.
- Mosquera, J., Hol, J.M.G., Huis in 't Veld, J.W.H., Ploegaert, J.P.M., Ogink, N.W.M., 2012e. Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met het "vrije keuze" systeem : meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, p. 31.

- Mosquera, J., Hol, J.M.G., Huis in 't Veld, J.W.H., Ploegaert, J.P.M., Ogink, N.W.M., 2012f. Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met het "vrije keuze" systeem : meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, p. 31.
- Mosquera, J., Hol, J.M.G., Huis in 't Veld, J.W.H., Ploegaert, J.P.M., Ogink, N.W.M., 2012g. Emissies uit een ligboxenstal voor melkvee met het "vrije keuze" systeem : meetprogramma Integraal Duurzame Stallen. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, p. 31.
- Mosquera, J., Hol, J.M.G., Ogink, N.W.M., 2008. Analyse ammoniakemissieniveaus van praktijkbedrijven in de varkenshouderij (1990-2003). Animal Sciences Group, Lelystad.
- Mosquera, J., Hol, J.M.G., Winkel, A., Huis in 't Veld, J.W.H., Gerrits, F.A., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A., 2010. Fijnstofemissie uit stallen: melkvee = Dust emission from animal houses: dairy cattle. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, p. 27.
- Mosquera Losada, J., Hol, A., huis in 't Veld, J., 2012. Persoonlijke mededeling, emissies uit een ligboxenstal met emissiearme stalinrichting.
- Ogink, N.W.M., Mosquera, J., Hol, J.M.G., 2011. Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010 = Measurement protocol for ammonia emission from housing systems in livestock production 2010. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- Ogink, N.W.M., Mosquera Losada, J., Hol, J.M.G., 2013. Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013 = Measurement protocol for ammonia emission from housing systems in livestock production 2013. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, p. 31.
- Ogink, N.W.M., Mosquera Losada, J., Melse, R.W., 2008. Standardized testing procedures for assessing ammonia and odor emissions from animal housing systems in The Netherlands, Proceedings of the Mitigating Air Emissions from Animal Feeding Operations Conference, Des Moines, Iowa, USA, 19 - 21 May, 2005, Des Moines.
- Pol-van Dasselaar, A.van den., Haan, M.H.A.d., Philipsen, A.P., 2013. Beweiding in Nederland. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, p. 19.
- Productschap Zuivel, 2013. Zuivel in cijfers 2012 - Melkveehouderij - update 26 juni 2013. <http://www.prodzuivel.nl/pz/productschap/publicaties/zic/zictab2012.pdf>.
- Scholten, R., Huis in 't Veld, J.W.H., 1998. Natuurlijk geventileerde vleesstierenstal met betonroosters. IMAG-DLO, Wageningen.
- Scholten, R., J.J.C. van der Heiden-Vos, J.W.H. Huis in 't Veld, 1996. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXX - Natuurlijk geventileerde ligboxenstal voor melkvee met hellende dichte vloer en zelfrijdende sproeischuiven. DLO, Wageningen, pp. 1-20.
- Smits, M.C.J., Huis in 't Veld, J.W.H., 2006. Ammoniakemissie uit melkveestallen van Koeien&Kansen-bedrijven en De Marke; resultaten van diverse, korte meetsessies. Animal Sciences Group, Lelystad.
- Smits, M.C.J., Mosquera, J., Huis in 't Veld, J.W.H., Ogink, N.W.M., 2013. Ammonia emissions from four naturally ventilated Dutch dairy cattle houses with slatted floors during six short periods within one year. In voorbereiding.
- Staatscourant, 2002. Regeling ammoniak en veehouderij. Staatscourant 1 mei 2002, nr. 82.
- Staatscourant, 2011. Wijziging van de Regeling Ammoniak en Veehouderij. Staatscourant 11 februari 2011.
- Tamminga, S., Jongbloed, A.W., Eerdt, M.M.v., Aarts, H.F.M., Mandersloot, F., Hoogervorst, N.J.P., 2000. De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren. [S.I.] : [s.n.], 2000. - (Rapport ID-Lelystad ; 00-204), p. 40.
- Wageningen Universiteit, 2011. Rekenmodule AmmoniakEmissiemodel V2.0, Leerstoelgroep Agrarische Bedrijfstechnologie, Wageningen Universiteit.
- Werkgroep Emissiefactoren, 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.
- Winkel de, K., 1988. Ammoniak-emissiefactoren voor de veehouderij. Lucht 76, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

## Bijlagen

### Bijlage 1 Overzicht hoofdcategorie A, met datum van opname huisvestingsystemen in Rav

A	HOOFDCATEGORIE RUNDVEE	NH3	Opname huidige factor
<b>A 1</b>	<b>Diercategorie melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar</b>		
A 1.1	Grupstal met drijfmest, emitterend mestoppervlak van grup en kelder max. 1,2 m <sup>2</sup> per koe	4.3	2002
A 1.2	Loopstal met hellende vloer en giergoot of met roostervloer, beide met spoelsysteem		2002
A 1.2.1	beweiden	7.5	
A 1.2.2	permanent opstallen	8.6	
A 1.3	Loopstal met hellende vloer en giergoot: max. 3 m <sup>2</sup> mestbesmeurd oppervlak per koe		2002
A 1.3.1	beweiden	7.5	
A 1.3.2	permanent opstallen	8.6	
A 1.4	Loopstal met hellende vloer en giergoot: max. 3.75 m <sup>2</sup> mestbesmeurd oppervlak per koe		2002
A 1.4.1	beweiden	6.8	
A 1.4.2	permanent opstallen	7.8	
A 1.5	Loopstal met sleufvloer en mestschuif		2002
A 1.5.1	beweiden	7.7	
A 1.5.2	permanent opstallen	9.2	
A 1.6	ligboxenstal met dichte hellende vloer, met profilering, met snelle gierafvoer met mestschuif		2009
A 1.6.1	beweiden	7.5	
A 1.6.2	permanent opstallen	8.6	
A 1.7	ligboxenstal met dichte hellende vloer, met rubbertoplaag, met snelle gierafvoer met mestschuif		2009
A 1.7.1	beweiden	7.5	
A 1.7.2	permanent opstallen	8.6	
A 1.8	ligboxenstal met sleufvloer met noppen en mestschuif		2010
A 1.8.1	beweiden	7.7	
A 1.8.2	permanent opstallen	9.2	
A 1.9	ligboxenstal met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspl.		2011
A 1.9.1	beweiden	4.1	
A 1.9.2	permanent opstallen	4.7	
A 1.10	ligboxenstal met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag		2011
A 1.10.1	beweiden	6.5	
A 1.10.2	permanent opstallen	7.4	
A 1.11	ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatige mestafstorten en hoog frequente mestverwijdering met een vingerschuif		2011
A 1.11.1	beweiden	8.1	
A 1.11.2	permanent opstallen	9.2	
A 1.12	ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatige mestafstorten en frequent schuiven		2011
A 1.12.1	beweiden	8.3	
A 1.12.2	permanent opstallen	9.5	
A 1.13	ligboxenstal met roostervloer voorzien van cassettes in de roosterspleten		2011
A 1.13.1	beweiden	7.1	
A 1.13.2	permanent opstallen	8.1	
A 1.14	ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatige mestafstorten voorzien van afdichtflappen en frequent schuiven		2011
A 1.14.1	beweiden	7.1	
A 1.14.2	permanent opstallen	8.1	
A 1.15	ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatige mestafstorten voorzien van afdichtflappen en frequente mestverwijdering met een vingerschuif		2011
A 1.15.1	beweiden	7.0	
A 1.15.2	permanent opstallen	8.0	
A 1.16	ligboxenstal met V-vormige vloer van gietasfalt in combinatie met een gierafvoerbus		2012
A 1.16.1	beweiden	7.9	
A 1.16.2	permanent opstallen	9.1	
A 1.17	mechanisch geventileerde stal met een chemisch luchtwassysteem		2012
A 1.17.1	beweiden	3.5	
A 1.17.2	permanent opstallen	4.0	
A 1.18	ligboxenstal met een V-vormige vloer van geprofileerde vloerelementen in combinatie met een gierafvoerbus		2012
A 1.18.1	beweiden	6.7	
A 1.18.2	permanent opstallen	7.7	
A 1.19	ligboxenstal met roostervloer met hellende groeven voorzien van afdichtflappen in de roosterspleten		2012
A 1.19.1	beweiden	7.5	
A 1.19.2	permanent opstallen	8.6	
A 1.100	Overige huisvestingsystemen		
A 1.100.1	Overige huisvestingsystemen, beweiden	9.5	2002
A 1.100.2	Overige huisvestingsystemen, permanent opstallen	11.0	2002
<b>A 2</b>	<b>Diercategorie zoogkoeien ouder dan 2 jaar</b>	5.3	2002
<b>A 3</b>	<b>Diercategorie vrouwelijk jongvee tot 2 jaar</b>	3.9	1987
<b>A 4</b>	<b>Diercategorie vleeskalveren tot 8 maanden</b>		
A 4.1	mechanisch geventileerde stal met een chemisch luchtwassysteem met 90% emissiereductie	0.25	
A 4.2	mechanisch geventileerde stal met een biologisch luchtwassysteem 70% emissiereductie	0.75	
A 4.3	mechanisch geventileerde stal met een chemisch luchtwassysteem met 70% emissiereductie	0.75	
A 4.4	mechanisch geventileerde stal met een chemisch luchtwassysteem met 95% emissiereductie	0.13	
A 4.5	mechanisch geventileerde stal met een luchtwassysteem anders dan biologisch of chemisch		
A 4.5.1	m.g. stal met een gecomb. luchtwassysteem 85% ammoniak emissiereductie (80% fijn stof emissiereductie) met chemische wasser (lamellenfilter) en waterwasser	0.38	
A 4.5.2	m.g. stal met een gecomb. luchtwassysteem 70% ammoniak emissiereductie (80% fijn stof emissiereductie) met waterwasser, chemische wasser en biofilter	0.75	
A 4.5.3	m.g. stal met een gecomb. luchtwassysteem 85% ammoniak emissiereductie (80% fijn stof emissiereductie) met waterwasser, chemische wasser en biofilter	0.38	
A 4.5.4	m.g. stal met een gecomb. luchtwassysteem 85% ammoniak emissiereductie (80% fijn stof emissiereductie) met watergordijn en biologische wasser	0.38	
A 4.5.5	m.g. stal met een gecomb. luchtwassysteem 85% ammoniak emissiereductie (80% fijn stof emissiereductie) met waterwasser, biologische wasser en geurverwijderings	0.38	
A 4.5.6	m.g. stal met een gecomb. luchtwassysteem 90% ammoniak emissiereductie (80% fijn stof emissiereductie) met een biologische en een chemische wasser en een biofilter	0.25	
A 4.100	overige huisvestingsystemen	2.5	2002
<b>A 5</b>	<b>Diercategorie vleesstierkalveren tot 6 maanden</b>		vervallen
<b>A 6</b>	<b>Diercategorie vleesstieren en overig vleesvee van circa 8 tot 24 maanden (roodvleesproductie)</b>	7.2	2002
<b>A 7</b>	<b>Diercategorie fokstieren en overig rundvee ouder dan 2 jaar</b>	9.5	2002

## Bijlage 2 Statistische analyse emissiedataset en beschouwing meetnauwkeurigheid

### Uitgangsmateriaal

Vanaf 2007 zijn meerdere emissieonderzoeken in melkveestallen in overeenstemming met of uitgevoerd volgens de vier bedrijfslocaties benadering van het huidige meetprotocol. Het gaat hierbij om het monitoringsonderzoek in vier conventionele melkveestallen (Smits et al., 2013) met meetreeksen bepaald in 2007 en 2008, het emissieonderzoek in vier conventionele melkveestallen in het kader van het stofreductieprogramma dat in 2009/2010 is uitgevoerd (Mosquera et al., 2010) en metingen in 2011 en 2012 aan negen stallen met emissiearme stalinrichtingen (Mosquera et al., 2012a, b, c, d, e, f, g; Mosquera Losada et al., 2012). Alle metingen zijn uitgevoerd met gebruikmaking van de CO<sub>2</sub>-balansmethode. In totaal kon beschikt worden over 98 etmaal-gemiddelden.

De metingen aan de vier stallen in het stofreductieonderzoek waren naast de emissie van stof (PM10 en PM2,5) gericht op de emissie van ammoniak, geur en broeikasgassen. De gerapporteerde ammoniakemissie bij volledig opstallen bedroeg 14,4 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats (Mosquera et al., 2010). Ervaringen uit vervolgonderzoek aan meetmethodes voor de emissies uit natuurlijk geventileerde stallen leerden dat de wijze waarop de emissies in dit onderzoek zijn vastgesteld in een aantal gevallen waarschijnlijk tot een overschatting van de achtergrondconcentratie hebben geleid doordat metingen te dicht bij de stalinlaag hebben plaatsgevonden. In deze gevallen (in totaal 20 van de 98 beschikbare metingen) kan beter gebruik gemaakt worden van de landelijk gemiddelde achtergrondconcentraties (voor CO<sub>2</sub>: 417 ppm; voor NH<sub>3</sub>: 0,13 ppm). Een overschatting van de CO<sub>2</sub>-achtergrondconcentratie leidt tot een overschatting van de NH<sub>3</sub>-emissie. Een overschatting van de NH<sub>3</sub>-achtergrondconcentratie leidt tot een onderschatting van de NH<sub>3</sub>-emissie. Na de doorgevoerde correctie (vijf keer alleen voor CO<sub>2</sub>, acht keer alleen voor NH<sub>3</sub>, en zeven keer voor zowel CO<sub>2</sub> als NH<sub>3</sub>) bedroeg de gemiddelde stalemissie 13,9 kg NH<sub>3</sub>/jaar per dierplaats.

### Statistische analyse

De statistische analyse is uitgevoerd op 24-uursmetingen (n=98) uit 17 verschillende stallocaties, waarvan 8 conventionele stallen met roostervloer en 9 stallen met een (beoogde) emissiearme stalinrichting. Alle metingen hebben betrekking op permanent opstallen. Het cijfermateriaal is niet geschikt voor het schatten van de effecten van beweiding, omdat de CO<sub>2</sub>-massabalansmethode niet tijdens beweidingsuren kan worden ingezet. Effecten van emitterend besmeurd oppervlak kunnen eveneens niet afzonderlijk geschat worden omdat deze in de dataset verstrengeld zijn met alle overige verschillen tussen bedrijven die emissieverschillen kunnen veroorzaken. Deze bedrijfsverschillen zijn in de analyse vertegenwoordigd in de factor 'stallocatie', zoals hierna wordt toegelicht.

De onderzochte hoofdvariabele is ammoniakemissie per dierplaats uitgedrukt op jaarbasis, d.w.z. dat alle 24-uurswaarnemingen zijn omgezet naar jaarbasis. Om te voldoen aan een aantal voorwaarden voor het statistische model is de hoofdvariabele op logaritmisch niveau uitgedrukt. In de analyse zijn als hoofdeffecten opgenomen:

- Factor: stalsysteem
- Variantiecomponent: stallocatie
- Co-variabelen: buitentemperatuur, staltemperatuur, RV buiten, RV binnen, melkproductie, melkureumgetal

In de analyse is gezocht naar het best verklarende model op basis van de laagste residuele standaardfout. Daarbij is gebruik gemaakt van de REML-procedure in het statistische pakket GenStat 15.2 (2012).

Uit de analyse blijkt dat het volgende model het best verklarend is:

- Vaste effecten: Stalsysteem + temperatuur + melkureumgetal
- Variantiecomponenten: Stallocatie + Stallocatie \* melkureumgetal

In totaal kan met dit model bijna 40% van de waargenomen variatie verklaard worden. De genoemde modelparameters dragen allen aantoonbaar bij aan het verklaren van deze variatie ( $p < 0,05$ ). De overige parameters bleken geen aantoonbare bijdrage te hebben.

De effecten van stalsysteem worden in het model bepaald door een schatting voor het emissieniveau van de conventionele huisvesting en de afwijkingen per stalsysteem van dit basisniveau. De

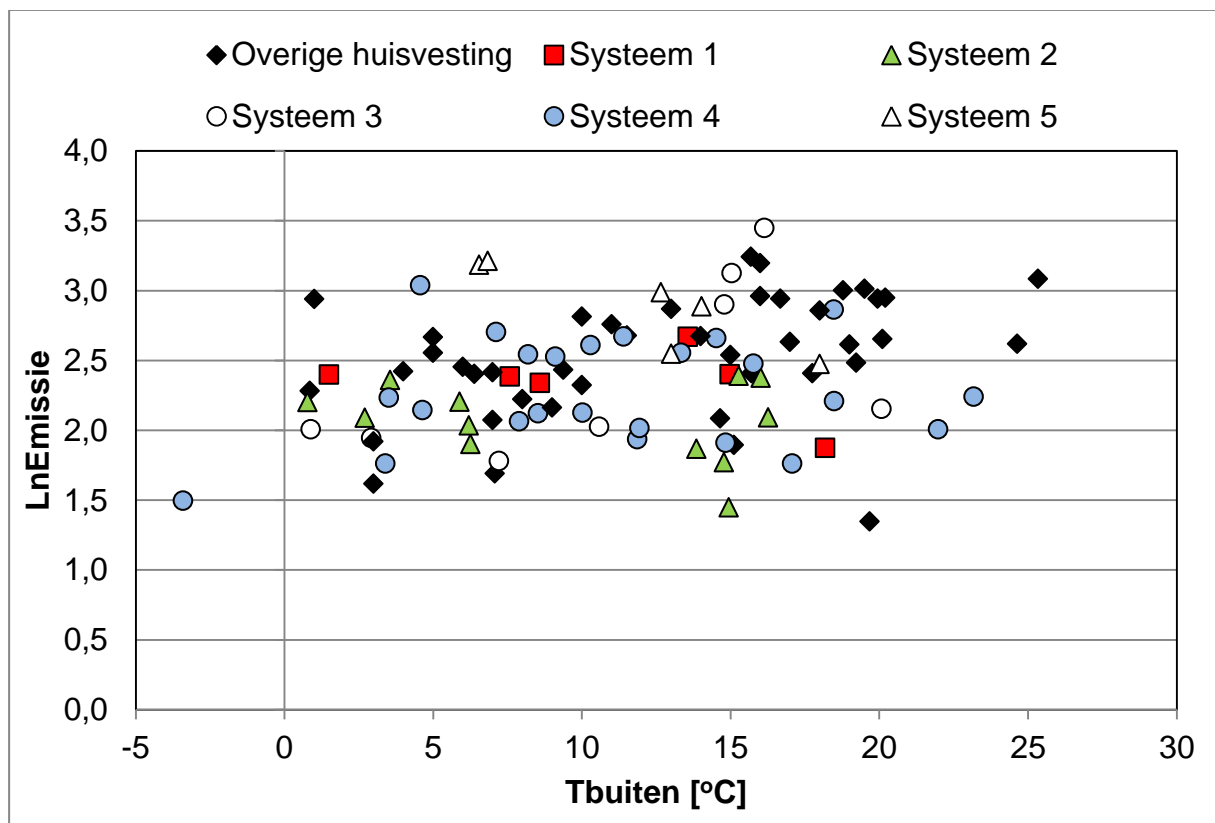
afwijkingen zijn op logaritmische schaal uitgedrukt. Zij kunnen omgezet worden als een proportionele afwijking op normale schaal.

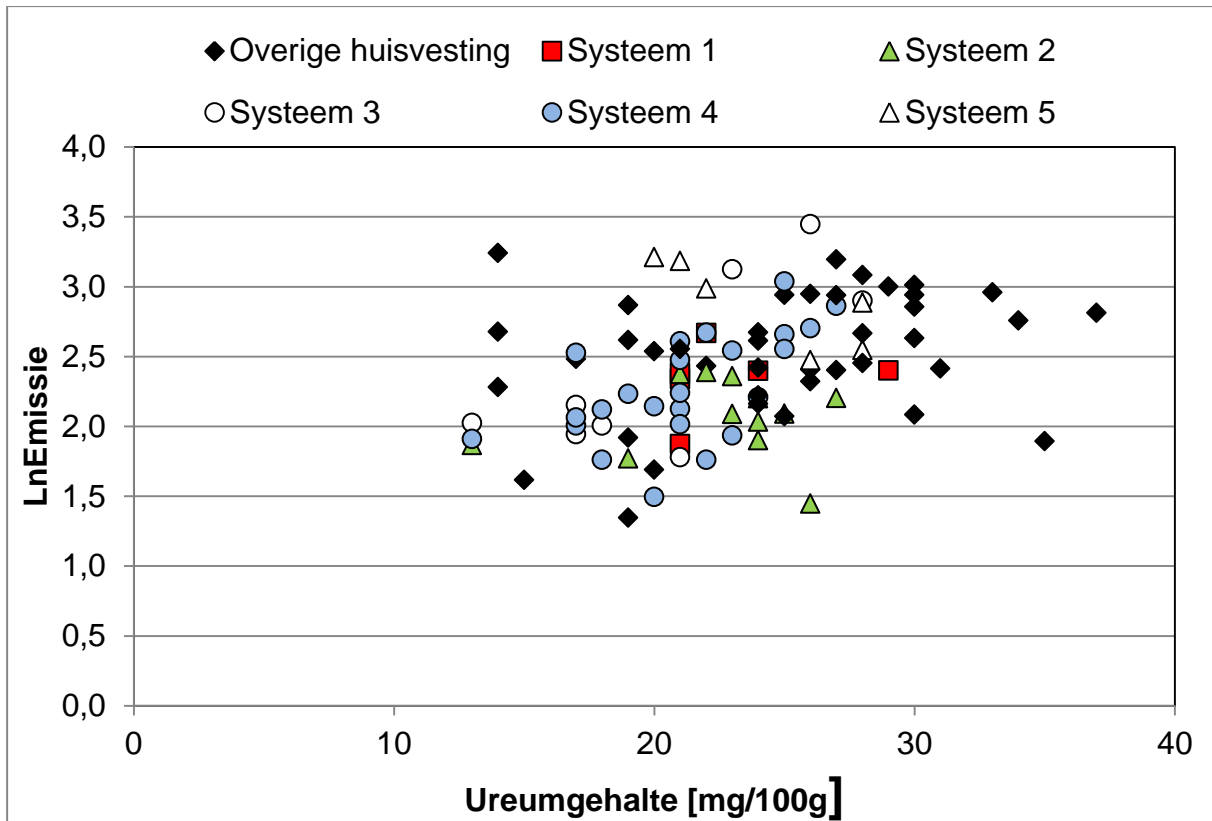
**Tabel** Overzicht van geschatte parameterwaarden en hun standaardfout in het best verklarende model (uitgedrukt op natuurlijke log-schaal). De schattingen van de stalsystemen zijn niet weergegeven.

Parameter	Geschatte waarde	standaard fout
Stallocatie (variantie-component)	0,0204	0,0219
Stallocatie * melkureum (var.component)	0,0016	0,0010
Melkureum (co-variabele)	0,02522	0,013393
Buitentemperatuur (co-variabele)	0,01493	0,006074

Voor de berekening van de gestandaardiseerde emissiegemiddeldes heeft eerst per meetwaarde de correctie voor melkureum en buitentemperatuur plaatsgevonden op log-schaal. Hierna zijn de meetwaarden naar normale schaal omgezet (via de inverse: exponentiële functie) en zijn de gemiddeldes berekend.

In de onderstaande twee figuren zijn de meetwaarden (weergegeven op logaritmische schaal) uitgezet tegen de buitentemperatuur en het melkureumgetal.





### Meetnauwkeurigheid

Omdat bekend is dat variatie tussen bedrijfslocaties binnen hetzelfde stalsysteem de dominante factor is voor de nauwkeurigheid (Ogink et al., 2008) is kennis van deze variatie van belang voor de interpretatie van gemeten waarden. In het statistische model dat is gebruikt voor de analyse van de dataset met emissies uit melkveestallen is deze parameter als variantiecomponent geschat. Het gaat hierbij om de variatie tussen bedrijfslocaties ( $n=17$ ) met hetzelfde huisvestingssysteem, waarbij 6 huisvestingssystemen werden onderscheiden. Omdat de overgebleven aantal vrijheidsgraden voor deze component beperkt is ( $17-6$ ) bevat de geschatte waarde van deze variantie-component (op ln-schaal) nog een grote onzekerheid ( $s^2 = 0,0204$ , s.e. 0,0219). Uitgedrukt als standaarddeviatie is de geschatte variatie 0,14. Op normale schaal gerekend correspondeert dit met een variatiecoëfficiënt van 14%. De geschatte waarde ligt ruim onder de variatiecoëfficiënt die geschat is voor varkensstallen (Mosquera et al., 2008), maar bevat zoals gezegd nog een grote inherente onzekerheid.

Niettemin levert deze informatie een indruk van de meetnauwkeurigheid van een gemiddelde emissie berekend over vier bedrijfslocaties zoals dat het geval is voor de meetserie aan A1.100 melkveestallen. De bij dit gemiddelde behorende variantie kan berekend worden door de variantie tussen bedrijfslocaties te delen door het aantal bedrijfslocaties:  $s^2$  gemiddeld =  $0,0204/4 = 0,0051$ . De bijbehorende standaarddeviatie (wortel uit  $s^2$ ) is daarmee op ln-schaal 0,071. Met deze waarde kan een 95%-betrouwbaarheidsinterval rond de gemiddelde meetwaarde worden berekend. In het ideale geval dat de standaarddeviatie geen eigen onzekerheid bevat is dit interval te berekenen als  $\pm 1,96 \times 0,071 = \pm 0,14$ . Op normale schaal ligt het werkelijke gemiddelde dan tussen -13 en +15% van het gemeten gemiddelde. Als we rekening houden met de onzekerheid van de geschatte standaarddeviatie tussen bedrijfslocaties dan zouden we in plaats van 1,96 een grotere waarde moeten hanteren.

Een andere wijze om naar de betrouwbaarheid van gemiddeldes uit meetseries met 4 locaties te kijken is door te toetsen of het gemeten gemiddelde afwijkt van een opgegeven grenswaarde. Hiervoor heeft men de geschatte standaarddeviatie (0,071) en een t-waarde nodig die de onzekerheid van de geschatte standaarddeviatie uitdrukt, afhankelijk van het aantal vrijheidsgraden waarmee deze standaarddeviatie is geschat. Een conservatieve schatting voor de t-waarde is door deze te baseren op het aantal vrijheidsgraden van het aantal bedrijfslocaties in het meetprotocol ( $4-1 = 3$ ). Bij een eenzijdige toetsing met 95%-betrouwbaarheid is deze t-waarde 2,35. Gecombineerd levert dit een

waarde  $0,071 \times 2,35 = 0,16$  op. Op normale schaal betekent dit dat het gemeten gemiddelde met een factor 1,17 of meer moet afwijken om van een grenswaarde te verschillen met 95% kans. Wanneer bijvoorbeeld de grenswaarde 13,0 kg is voor de categorie A1.100, dan dient een nieuw emissiearm stalsysteem een gemiddelde meetresultaat van maximaal  $13,0/1,17 = 11,1$  kg op te leveren om aantoonbaar kleiner te zijn dan deze grenswaarde (we gaan er daarbij vanuit dat de grenswaarde zelf geen onzekerheid bevat).

### Bijlage 3 Berekening van het effect van mest-besmeurd oppervlak op stalemissie

Gegeven de ruime variatie in mest besmeurd oppervlak in de huidige melkveepraktijk (2,7-6,3 m<sup>2</sup>) en de duidelijke aanwijzingen uit onderzoek naar het emissieproces voor het effect van besmeurd oppervlak, heeft het de voorkeur om deze omgevingsvariabele te standaardiseren. Hiervoor zijn relaties tussen oppervlak en stalemissie nodig en dient het representatieve oppervlak te worden bepaald. Omdat statistische relaties niet te onderscheiden waren in de data-analyse van beschikbare emissiegegevens, wordt gebruik gemaakt van de relaties uit het stalemissiemodel voor melkvee. De rekenregels in dit model zijn ontwikkeld in onderzoek naar emissies (Monteny, 2000) en vastgelegd in het Snelstal-model. De software van deze versie is in 2011 geactualiseerd onder de benaming AmmoniakEmissie Model V2.0 (Wageningen Universiteit, 2011). Deze versie wordt gebruikt als ondersteuning bij het vaststellen van proefstalfactoren binnen de Rav. In dit rekenmodel is het mogelijk de effecten van besmeurd oppervlak door te rekenen. Bij de berekening is gebruik gemaakt van de standaardinstellingen die gebruikt worden voor het doorrekenen van proefstalfactoren, met een uitbreiding voor de standaardwaarde voor emitterend oppervlak (3,5 m<sup>2</sup>). De effecten van oppervlak zijn in opeenvolgende stappen vanaf 2,5 tot 7,0 m<sup>2</sup> per dierplaats doorgerekend. Het basisniveau van de stalemissie bij deze instelling bedraagt 11,2 kg NH<sub>3</sub> /jaar per dierplaats.

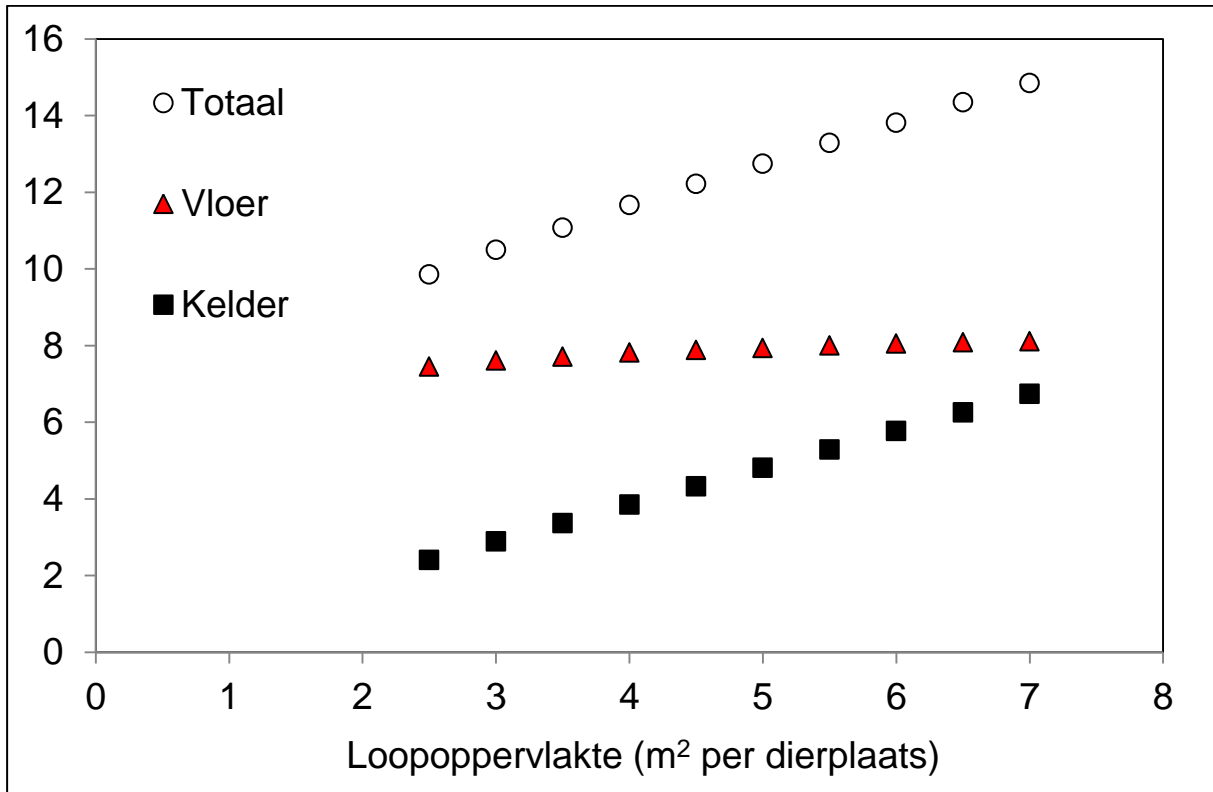
Parameter	Instelling
Aantal dierplaatsen	100
Aantal urinelozingen	10
Ureum-N gehalte urine (g/l)	5
Ammonium-N gehalte van de mengmest (g/kg)	3,5
Beweidingsduur (uur/dag)	0
Vloeroppervlak (m <sup>2</sup> /dierplaats)	2,5 – 7,0
Temperatuur (°C)	10
Luchtsnelheid (m/s)	0,15
Plasoppervlak (m <sup>2</sup>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

Dit leverde de onderstaande resultaten, na 10 runs per instelling. De emissies zijn uitgedrukt in kg. De procentuele resultaten zijn uitgedrukt ten opzichte van de corresponderende emissiewaarde bij 3,5 m<sup>2</sup>.

Oppv (m <sup>2</sup> )	Totaal	Vloer	Kelder	% totaal	% vloer	% kelder
2.5	9.86	7.45	2.41	89	97	72
3.0	10.50	7.61	2.89	95	99	86
3.5	11.08	7.71	3.37	100	100	100
4.0	11.67	7.82	3.85	105	101	114
4.5	12.22	7.89	4.33	110	102	128
5.0	12.75	7.94	4.81	115	103	143
5.5	13.29	8.00	5.29	120	104	157
6.0	13.82	8.05	5.77	125	104	171
6.5	14.35	8.09	6.26	130	105	186
7.0	14.85	8.11	6.74	134	105	200



In onderstaande figuur is het effect op de kelder- en vloeremissie weergegeven. Hieruit blijkt dat de vloer vanaf 2,5 m<sup>2</sup> al bijna is uitgeëmitteerd en dat de stijgende emissie bij toenemend besmeurd oppervlak bijna uitsluitend aan de kelderemissie is toe te schrijven.





Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl) | [www.livestockresearch.wur.nl](http://www.livestockresearch.wur.nl)