

Postbus 47 | 6700 AA Wageningen

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit  
Directie Strategie, Kennis en Innovatie (SKI)  
t.a.v. directeur ir. A. de Veer  
Postbus 20401  
2500 EK Den Haag

Geachte mevrouw De Veer,

Op uw verzoek heeft de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) een analyse uitgevoerd van de mogelijke implicaties van een recente studie van het Centraal Bureau van de Statistiek (CBS) naar stikstofverliezen uit mest in stallen en mestopslagen (Van Bruggen en Geertjes, 2019). Op basis van die analyse heeft de CDM uw vier vragen beantwoord en zijn verschillende acties benoemd (zie bijlage).

De resultaten van de CBS-studie geven aan dat de totale gasvormige stikstofverliezen uit mest in stallen en mestopslagen ca 40 miljoen kg groter zijn dan eerder berekend. Een deel wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een onderschatting van de ammoniakemissies uit emissiearme stallen en enkele andere stalsystemen. Een ander deel is waarschijnlijk het resultaat van een onderschatting van overige stikstofverliezen, vooral bij stalsystemen met vaste mest. Deze bevindingen hebben mogelijk forse consequenties voor rapportages over ammoniakemissies aan EU en UNECE, en voor maatregelen in het kader van de 'stikstofproblematiek'.

De CBS-studie geeft aan dat de effectiviteit van emissiearme stallen, om ammoniakemissies te beperken, minder groot lijkt dan eerder bepaald. Diverse onafhankelijke signalen uit de praktijk bevestigen dat beeld, maar het ontbreekt aan robuuste metingen van de ammoniakemissies uit emissiearme stallen om de implicaties van de CBS-studie volledig kwantitatief te duiden.

De CDM adviseert om een achttal acties voortvarend uit te voeren, en om een onderzoeksplan met korte en lange-termijn onderzoek op te stellen en uit te voeren door vertegenwoordigers van de betrokken ministeries, landbouworganisaties, (internationale) onderzoeksinstituten, omgevingsdiensten en bouwers.

Ik hoop u hiermee afdoende geïnformeerd te hebben.

Hoogachtend,

Prof. dr. Oene Oenema

WOT Natuur & Milieu

Wettelijke  
Onderzoekstaken  
Natuur & Milieu

DATUM  
18 juni 2020

ONDERWERP  
CDM-advies 'Stikstofverliezen  
uit mest in stallen en  
mestopslagen'

ONS KENMERK  
2016494/WOTN&M/JvSE

POSTADRES  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen

BEZOEKADRES  
Wageningen Campus  
Gebouw 101 / Bodenummer  
554  
Droevendaalsesteeg 3  
6708 PB Wageningen

INTERNET  
[www.wur.nl/wotnatuurenmilieu](http://www.wur.nl/wotnatuurenmilieu)

KvK NUMMER  
09098104

## **Advies 'Stikstofverliezen uit mest in stallen en mestopslagen'**

### **Samenvatting**

Tijdens opslag van dierlijke mest treden gasvormige stikstofverliezen op via emissies van ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ), stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) en stikstofgas ( $\text{N}_2$ ). Daardoor ontstaat een verschil tussen de hoeveelheid stikstof (N) die in urine en feces door het vee wordt uitgescheiden en de hoeveelheid N in de mest die uiteindelijk beschikbaar is voor bemesting van het land. Dat verschil wordt in de Meststoffenwet aangeduid met 'stikstofcorrectie'. Het Centraal Bureau van de Statistiek (CBS) heeft een studie uitgevoerd naar N-verliezen uit mest in stallen en mestopslagen van een groot aantal praktijk-bedrijven in de periode 2015–2017 op basis van stikstof- en fosfaatgehalten in veevoer, dierlijke producten en mest. Daaruit blijkt dat de N-verliezen uit mest in stallen en mestopslagen gemiddeld groter zijn dan eerder is berekend via emissiefactoren volgens het National Emission Model Agriculture (NEMA). De verschillen tussen de CBS-methode en de NEMA-methode in N-verliezen zijn groter bij stalsystemen met vaste mest dan bij stalsystemen met drijfmest. Bovendien blijken de N-verliezen uit emissiearme stallen gemiddeld genomen niet kleiner te zijn dan die van gangbare stallen. Het ministerie van LNV heeft de CDM gevraagd een advies op te stellen over (i) de mogelijke implicaties van de CBS-studie en (ii) de te ondernemen acties.

Verkennde analyses met het model NEMA geven aan dat de totale N-verliezen uit stallen en mestopslagen enkele tientallen miljoenen kg groter zijn volgens de CBS-methode dan volgens de NEMA-methode. Een deel van dit verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een onderschatting van de  $\text{NH}_3$ -emissies uit emissiearme stallen en enkele andere stalsystemen. Een ander deel is waarschijnlijk het resultaat van een onderschatting van overige N-verliezen ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$  en  $\text{N}_2$ ), vooral bij stalsystemen met vaste mest. Door de onderschatting komt er minder stikstof via dierlijke mest op het land dan eerder berekend. Het netto-effect op de totale  $\text{NH}_3$ -emissie uit de landbouw is op dit moment niet bekend. Deze bevindingen hebben mogelijk forse consequenties voor rapportages over  $\text{NH}_3$ -emissies aan EU en UNECE, en voor maatregelen in het kader van de 'stikstofproblematiek'.

De CBS-studie geeft aan dat de effectiviteit van emissiearme stallen, om  $\text{NH}_3$ -emissie te beperken, minder groot lijkt dan eerder bepaald. Diverse onafhankelijke signalen uit de praktijk bevestigen dat beeld, maar het ontbreekt aan robuuste metingen van de  $\text{NH}_3$ -emissies uit emissiearme stallen om de implicaties van de CBS-studie volledig kwantitatief te duiden.

De CDM heeft een lijst met acht acties opgesteld om te komen tot een betere analyse van de effectiviteit van emissiearme stallen. Er is meer systeembenadering en in-situ monitoring van emissies nodig; een veelheid van factoren bepaalt het succes (of het falen) van emissiearme stallen. Voor een duurzame intensieve veehouderij zijn effectieve emissiearme stallen onontbeerlijk. Het is een gezamenlijke verantwoordelijkheid van stallenbouwers, eigenaren van emissiearme stallen, overheden en onderzoek om de effectiviteit van emissiearme stallen in de praktijk te borgen. Eigenaren van emissiearme stallen hebben forse investeringen gedaan in emissiearme stallen en weten nu niet of die stallen doen wat ze beogen te doen. Er is tot nu toe onvoldoende verificatie en controle geweest. Monitoring van emissies uit stallen maakt een betere controle mogelijk.

De CDM adviseert om een onderzoeksplan met korte en lange-termijn onderzoek op te stellen en uit te voeren door vertegenwoordigers van de betrokken ministeries, landbouworganisaties, (internationale) onderzoeksinstituten, omgevingsdiensten en bouwers.

## 1. Inleiding

Dierlijke mest in stallen en mestopslagen is een belangrijke bron van ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) in de atmosfeer. De grootte van de  $\text{NH}_3$ -emissies is afhankelijk van de diercategorie die de mest heeft geproduceerd, het rantsoen van het dier, staltype (vloertype, gebruik strooisel), type mestopslag, duur van de opslag en van de omgevingscondities. Stallen en mestopslagen zijn ook emissiebronnen van andere gasvormige stikstofverbindingen naar de atmosfeer, zoals lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ), stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) en stikstofgas ( $\text{N}_2$ ), en van het broeikasgas methaan ( $\text{CH}_4$ ). Er wordt aangenomen dat lekverliezen naar bodem en grondwater verwaarloosbaar klein zijn omdat mestopslagen aan de onderkant en zijkanten lekdicht (moeten) zijn. Dit laatste geldt overigens niet voor opslag van vaste mest in het veld, bijvoorbeeld op een kopakker.

Voor de landbouw is dierlijke mest een belangrijke bron van organische stof en nutriënten; mest dient ter voeding van bodem en gewas. Door stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen vermindert de bemestende waarde van de mest. Voor boer en samenleving is het van belang om te weten hoeveel stikstof (N) tijdens de opslag van mest verloren gaat, en in welke stikstofvormen (verbindingen) de stikstof naar de atmosfeer wordt uitgestoten.

Het Centraal Bureau van de Statistiek (CBS) heeft in oktober 2019 een rapport gepubliceerd over een studie naar stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen (Van Bruggen en Geertjes, 2019). De stikstofverliezen werden afgeleid op basis van analyses van de verhouding van stikstof- en fosfaatgehalten in urine en feces (excreties) door het dier en die in mest in stallen en mestopslagen van praktijkbedrijven over de periode 2015-2017. Deze methodiek is eerder toegepast door Bruins et al (2000) en Groenestein et al (2015), en beoordeeld door de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM, 2018a). Uit de CBS-studie blijkt onder andere dat de totale stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen groter zijn dan eerder berekend met het National Emission Model Agriculture (NEMA) door de CDM-werkgroep NEMA (via emissiefactoren voor  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$  en  $\text{NO}_x$ ; Lagerwerf et al., 2019). De verschillen bleken het grootst bij stalsystemen met vaste mest en bij emissiearme huisvesting; de stikstofverliezen uit emissiearme stallen bleken gemiddeld genomen niet kleiner te zijn dan die van gangbare stallen.

Het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) legt een verbinding tussen enkele bevindingen van de CBS-studie en een eerder uitgebracht advies van de CDM over onzekerheden in de berekening van de totale  $\text{NH}_3$ -emissies uit de landbouw in Nederland (CDM, 2018b). Het ministerie vraagt aan de CDM om een advies op te stellen over de volgende vragen (bijlage 1):

- 1) Welke conclusies kunnen worden getrokken over de effectiviteit van emissiearme stallen in de praktijk op basis van het CBS-rapport? In welke mate zijn emissies onderschat?
- 2) Wat zijn de consequenties van de resultaten van het CBS-rapport voor de uitgangspunten voor de berekening van de gasvormige stikstofverliezen die Nederland gebruikt voor rapportages over emissies aan EU (NEC-richtlijn), UNECE (Gotenburg protocol) en UNFCCC (Kyoto protocol)?
- 3) Welke acties zijn nodig om een betere analyse te maken van de effectiviteit van emissiearme stallen?
- 4) Welk empirisch onderzoek is nodig om de onzekerheden te verminderen in de berekening van de ammoniakemissies uit (i) emissiearme stalsystemen, (ii) emissiearme mesttoediening, en (iii) mestexport.

In reactie heeft de CDM een ad hoc werkgroep van experts ingesteld om het advies<sup>1</sup> op te stellen. De werkgroep is twee keer bij elkaar geweest en heeft verder schriftelijk commentaar gegeven via email. De leden van de werkgroep waren Wim Bussink (Nutriëntenmanagement Instituut NMI), Fred Stouthart (Omgevingsdienst Zuidoost Brabant), Piet Derikx (Wageningen Food Safety Research), Nico Ogink (Wageningen Livestock Research), Jan Dijkstra (Wageningen University, Diervoeding), Peter Groot Koerkamp (Wageningen University, Farm Technology groep), Gerard Velthof (Wageningen Environmental Research) en Oene Oenema (CDM).

Een eerste versie van het advies is 1 maart 2020 opgeleverd. In die versie konden de resultaten van een geplande consultatie van toezichthouders van Omgevingsdiensten niet worden meegenomen. Vanwege de maatregelen in het kader van de 'coronacrisis' en andere prioriteiten heeft de consultatie van toezichthouders van Omgevingsdiensten echter nog steeds niet kunnen plaatsvinden, ook omdat het ministerie van LNV heeft verzocht het advies medio juni 2020 op te leveren.

De antwoorden op de gestelde vragen worden in hoofdstuk 3 gegeven. In hoofdstuk 2 wordt de context beschreven.

---

<sup>1</sup> In onderhavig advies wordt geen onderscheid gemaakt tussen stikstofverliezen uit mest in stallen en stikstofverliezen uit mest in buitenopslagen. De CBS-studie gaat over 'stikstofverliezen uit mest in stallen en mestopslagen'. De resultaten van de CBS-studie geven niet aan of de stikstofverliezen optreden in stallen of in mestopslagen, noch in welke vorm de stikstof is vervluchtigd; dat onderscheid kan niet worden gemaakt (Van Bruggen en Geertjes, 2019). De berekende stikstofverliezen uit mest worden in de CBS-studie toegewezen aan stallen + mestopslagen. In NEMA wordt aangenomen dat 20% van de dunne mest van rundvee en varkens in buitenopslagen terechtkomt en dat in buitenopslagen 1% van de stikstof in dunne opgeslagen rundveemest en 2% van de stikstof in dunne opgeslagen varkensmest als ammoniak naar de atmosfeer verloren gaat (Van Bruggen et al., 2019). Voor vaste mest wordt in de berekeningen met NEMA aangenomen dat alle mest (inclusief alle pluimveemest) terechtkomt in buitenopslagen en dat 2% van de stikstof in vaste mest als ammoniak naar de atmosfeer verloren gaat. De hoeveelheid vaste rundvee- en varkensmest is ongeveer 5% van de totale hoeveelheid rundvee- en varkensmest die in Nederland wordt geproduceerd, afgeleid op basis van het type stalsysteem. Daarenboven wordt door scheiding van dunne mest op zowel varkens- als melkveebedrijven vaste mest geproduceerd die op het bedrijf (tijdelijk) wordt opgeslagen, en/of wordt hergebruikt als vulling van ligboxen. Deze hoeveelheid is de laatste jaren toegenomen. Het grootste deel van de gasvormige stikstofverliezen treden echter op in stalsystemen (met mestopslag in kelders).

## 2. Achtergrond

### 2.1. Stikstofproblematiek

Nederland heeft een productieve landbouw, een grote veestapel, een hoge bevolkingsdichtheid, een dicht wegennet, en een grote verscheidenheid aan landschappen en droge en natte natuurgebieden op een relatief klein areaal. Veel ondernemers, beheerders, managers, regionale en landelijke overheden, en gewone mensen hebben bovendien de ambitie om nog meer verlangens te realiseren op dat kleine areaal. Onlangs kwam het Adviescollege Stikstofproblematiek met haar adviezen onder de veelzeggende titels 'Niet alles kan' (Adviescollege, 2019) en 'Niet alles kan overal' (Adviescollege, 2020). Het Adviescollege heeft in de zomer van 2019 de opdracht gekregen om de minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) te adviseren over hoe om te gaan met 'de stikstofproblematiek' in Nederland.

De stikstofproblematiek in Nederland heeft meerdere gezichten. Het voornoemde Adviescollege adviseert over het terugdringen van de emissies van ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) en stikstofoxides ( $\text{NO}_x$ ) naar de atmosfeer opdat de depositie van stikstof op aangewezen natuurgebieden vermindert en verlies van biodiversiteit wordt beperkt. De stikstofproblematiek in Nederland gaat ook over hoge nitraatgehaltes in het grondwater van zandgronden, die gebruikt worden door de landbouw, en over eutrofiering van kustwateren, meren, plassen, beken, sloten en kanalen door stikstof (en fosfaat). Verder is lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) een krachtig broeikasgas en landbouw een relatief grote bron van  $\text{N}_2\text{O}$ ; in het klimaatbeleid zijn voorstellen gedaan om de emissies van  $\text{N}_2\text{O}$  terug te dringen. Onder 'stikstofproblematiek' wordt soms ook verstaan een onbalans in stikstofbemesting van gewassen (te weinig of te veel), of een onbalans in eiwitvoorziening van vee, of over een stikstoftekort in de mestboekhouding van een veebedrijf. De resultaten van de CBS-studie hebben raakvlakken met alle geschetste 'stikstofproblemen'; ze raken direct aan de problematiek van  $\text{NH}_3$ - en  $\text{NO}_x$ -emissies en N-depositie, maar indirect ook aan de problematiek van nitraatuitspoeling, broeikasgasemissies en van het 'stikstofgat' in de mestboekhouding van een bedrijf (zie ook paragraaf 2.2).

In alle gevallen is de kern van de stikstofproblematiek de confrontatie tussen economisch handelen en de belangen van milieu, natuur en gezondheid, die van locatie tot locatie (kunnen) variëren. Stikstof creëert een cascade van effecten in de voedselketen en in het milieu. Leven zonder stikstof is niet mogelijk, maar een overmaat schaadt de gezondheid van mens, dier en natuur. Daarbij speelt een rol dat het element stikstof (N) verschillende vormen kan aannemen ( $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  en organisch gebonden N), die verschillen in eigenschappen, en dat de omzetting van de ene in de andere vorm door microbiologische en biochemische processen niet altijd (eenvoudig) gemeten kan worden in de praktijk. De omzetting van de ene in de andere vorm wordt bovendien beïnvloed door omgevingscondities en management, en die variëren in ruimte en tijd. De fysische, chemische en microbiologische aspecten van de processen, die leiden tot de emissie van gasvormige stikstofverbindingen, zijn over het algemeen goed bekend, maar de omgevingscondities in stallen, mestopslagen en bodems zijn vaak niet nauwkeurig bekend, door de grote ruimtelijke en temporele variaties. Daardoor hebben berekeningen van de grootte van gasvormige stikstofverbindingen een relatief grote onzekerheid, zowel binnen stallen als tussen stallen. Effecten van emissiebeperkende maatregelen kunnen daardoor ook variëren, en er kunnen ongewenste neveneffecten ontstaan.

Door de Europese Unie (EU) en nationale en regionale overheden zijn wettelijke regels en verplichtingen ingevoerd om de uitstoot van stikstofverbindingen naar atmosfeer en oppervlakte

wateren te beperken<sup>2</sup>. Die regels en verplichtingen zijn veelal per sector (landbouw, industrie, verkeer, urbaan) en stikstofvorm (nitraat, ammoniak, stikstofoxide, lachgas) georganiseerd, deels omdat er sectorspecifieke emissies en effecten van regels zijn, deels ook omdat beleidsdepartementen sectorspecifiek en/of stikstofvorm-specifiek zijn georganiseerd. Op nationaal en regionaal niveau worden pogingen gedaan om meer afstemming te realiseren tussen de verschillende regels en verplichtingen, maar op de individuele bedrijven en de werkvloer wordt dat niet altijd zo gevoeld. In de praktijk overheerst vaak het gevoel van 'een woud van regels en verplichtingen', vooral ook omdat die regels en verplichtingen kosten met zich mee brengen en vaak belemmerend werken voor de bedrijfsvoering.

## **2.2. Stikstofverliezen uit dierlijke mest in stallen en mestopslagen**

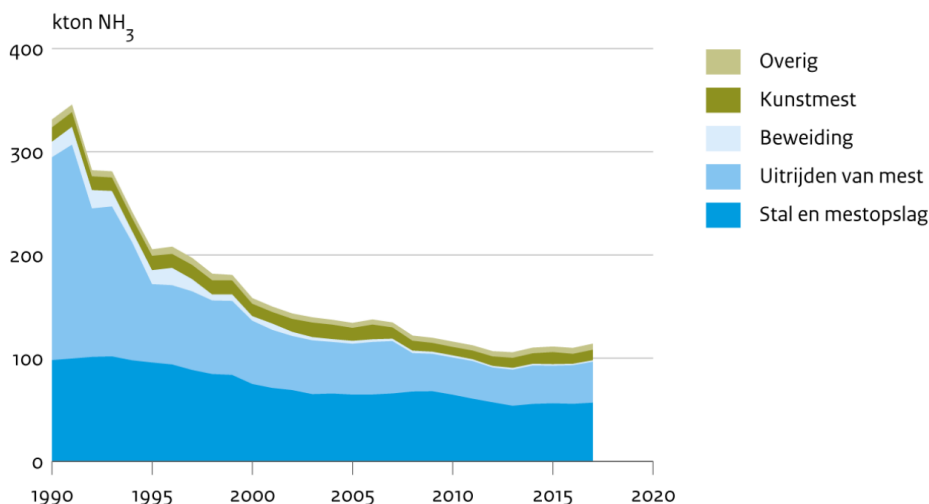
Dierlijke mest in stallen en mestopslagen speelt een grote rol in de voornoemde stikstofproblematiek. Dierlijke mest is een belangrijke bron van emissies van ammoniak (NH<sub>3</sub>) en broeikasgassen (methaan, lachgas) naar de atmosfeer. Ammoniak in de atmosfeer draagt bij aan de vorming van fijn stof (PM<sub>2.5</sub>), dat gezondheidsklachten bij mens en dier teweeg kan brengen, en aan stikstofdepositie, dat bijdraagt aan eutrofiering en verzuring van natuur, waardoor verlies aan biodiversiteit kan optreden. Methaan en lachgas zijn krachtige broeikasgassen en dragen bij aan klimaatverandering. Dierlijke mest is ook een belangrijke (stikstof)meststof. Emissiebeperkende maatregelen in stallen en mestopslagen dragen ertoe bij dat er meer N in de mest aanwezig is, waardoor de bemestende waarde groter wordt. Emissiebeperkende maatregelen en een goede benutting van dierlijke mest in de landbouw is daarom goed voor milieu, bodemkwaliteit, gewasopbrengst, klimaat en kringlooplandbouw (b.v., Sutton et al., 2011; Sommer et al., 2014; De Boer en van Ittersum, 2018).

De meeste dierlijke mest in Nederland wordt geproduceerd in stallen en wordt opgeslagen in mestputten onder de stalvloer of in mestopslagen buiten de stal. Na een opslagduur van maanden (de opslagcapaciteit van de meeste bedrijven is 6 tot 9 maanden) wordt de mest toegediend op landbouwgronden, al dan niet na bewerking. Bijna een kwart van de totale mestproductie (uitgedrukt in fosfaat) wordt geëxporteerd (NCM, 2019), omdat dit deel niet binnen de gebruiksnormen (en/of bemestingsadviezen) kan worden toegepast in Nederland.

Sinds de jaren negentig van de vorige eeuw zijn diverse maatregelen geïmplementeerd om vooral de emissies van NH<sub>3</sub> te verminderen. Emissiearme toediening van mest op het land heeft in de periode 1990-2000 een grote bijdrage geleverd aan het verminderen van de NH<sub>3</sub>-emissies (Figuur 1). Productierechten voor het houden van dieren en eiwitarm voeren hebben een effect gehad op de totale hoeveelheid stikstof in mest in stallen en mestopslagen en daardoor ook op de grootte van vrijwel alle gasvormige stikstofverliezen. Overkapping van mestopslagen buiten de stal en emissiearme stalsystemen hebben vooral effect op de emissies van NH<sub>3</sub>. Emissies uit stallen en mestopslagen zijn tot nu toe minder afgenomen dan de emissies bij mesttoediening (Figuur 1).

---

<sup>2</sup> Internationale verplichtingen waar Nederland aan moet voldoen, en waarbij stikstof een rol speelt, zijn de EU-NEC-richtlijn (NH<sub>3</sub> en NO<sub>x</sub> emissies), het UNECE-Göteborg Protocol (NH<sub>3</sub> en NO<sub>x</sub>-emissies), United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC; N<sub>2</sub>O-emissies en NH<sub>3</sub>- en NO<sub>3</sub>-emissies als indirecte bronnen van N<sub>2</sub>O-emissies), EU-Nitraatrichtlijn (NO<sub>3</sub>-concentratie in water) en EU-Kaderrichtlijnwater (N-concentratie water). Voor de EU-Vogel- en Habitatrichtlijnen moet natuur worden beschermd en een van de maatregelen hiervoor is beperking van stikstofdepositie op deze gebieden.



Bron: RIVM/Emissieregistratie

RIVM/sep19  
www.clo.nl/nl010116

Figuur 1. Veranderingen in de emissies van ammoniak (NH<sub>3</sub>) uit de landbouw in Nederland in de periode 1990-2017. (Bron: RIVM).

### 2.3. Stikstofcorrectiefactoren

Tijdens opslag van mest in stallen (mestputten) en opslagen buiten stallen treden gasvormige stikstofverliezen op, afhankelijk van de samenstelling van de mest, omgevingscondities en emissiebeperkende maatregelen. Door die stikstofverliezen ontstaat een verschil tussen de stikstofexcretie via urine en feces door het vee in de stal en de hoeveelheid stikstof in de mest die uiteindelijk beschikbaar is voor bemesting van het land. In de verplichte mestboekhouding (in het kader van de Meststoffenwet) wordt rekening gehouden met gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. Deze verliezen worden als 'onvermijdelijk' bestempeld, mits de verplichte NH<sub>3</sub>-emissiebeperkende maatregelen voor stallen en mestopslagen zijn geïmplementeerd. Voor staldieren zijn de zogenoemde stikstofcorrecties (in kg stikstof per dier per jaar) vermeld op de RVO-website in Tabel 4 (Diergebonden forfaitaire gehalten 2019; <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/12/Tabel-4-Diergebonden-normen-2019-2021.pdf>). De diergebonden forfaitaire gehalten en stikstofcorrecties worden geregeld herzien, op basis van nieuwe onderzoeksgegevens (e.g., Bikker et al., 2019).

Voor graasdieren op stal wordt in voornoemde Tabel 4 op de RVO-website enkel de zogenoemde netto-stikstofexcretie vermeld, d.w.z. de stikstofexcretie door graasdieren op stal is al gecorrigeerd voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. Ongeveer 10% (in zuidoost Nederland) tot 14% (in noordwest Nederland) van de mest van melkvee wordt geproduceerd in de wei door grazend vee (Van Bruggen, 2018). In de berekening van de stikstofcorrectie telt de mest, die in de wei wordt geproduceerd, niet mee (wordt buiten beschouwing gelaten).

Bij de stikstofcorrectie wordt geen onderscheid gemaakt naar de vorm waarin stikstof is geëmitteerd naar de atmosfeer. Uit berekeningen volgt dat de meeste stikstof als NH<sub>3</sub> naar de atmosfeer verdwijnt. De met het model NEMA berekende NH<sub>3</sub>-emissies uit stallen en mestopslagen waren in 2017 circa 56 miljoen kg NH<sub>3</sub> (ca 46 miljoen kg NH<sub>3</sub>-N), overeenkomend met ca 50% van de totale NH<sub>3</sub>-emissies uit de Nederlandse landbouw (Figuur 1). Verliezen aan overige stikstofverbindingen ontstaan door de emissies van N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> en N<sub>2</sub>. De omvang van de N<sub>2</sub>O-emissies uit stallen en

mestopslagen werden voor 2018 geschat op circa 1 miljoen kg N, die van NO<sub>x</sub> ook op circa 1 miljoen kg N en die van N<sub>2</sub> op circa 10 miljoen kg N (Van Bruggen et al., 2019). De onzekerheden in de berekende emissies van N<sub>2</sub>O, NO en N<sub>2</sub> zijn echter groot, ook omdat er geen of beperkte meetresultaten zijn<sup>3</sup>.

De grootte van de stikstofcorrectie is afhankelijk van diercategorie, stalsysteem, mestopslag en mestbewerking. De stikstofcorrectie varieert van minder dan 10% tot meer dan 50% van de door dieren uitgescheiden hoeveelheid stikstof in urine en feces (zie voornoemde Tabel 4 van de RVO-website). Deze grote variatie wordt veroorzaakt door de grote verscheidenheid in diercategorieën, stalsystemen, mesttypen en mestopslagsystemen en vormen van mestbewerking in de praktijk. De correctie is groter voor vaste mest dan voor dunne mest, omdat de gasvormige stikstofverliezen via N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> en N<sub>2</sub> aanzienlijk groter zijn bij systemen met vaste mest dan bij die met dunne mest.

Een juiste schatting van de stikstofcorrectie is van belang voor de mestboekhouding van veehouderijbedrijven, vooral voor bedrijven die mest moeten afvoeren, en voor de handhaving van het mest- en ammoniakbeleid. Een te lage stikstofcorrectie kan ertoe leiden dat volgens de gebruiksnormen meer stikstof met de mest van een veebedrijf moet worden afgevoerd dan in werkelijkheid nodig is (met als gevolg dat aanvullend met kunstmest wordt bemest om aan de behoefte van het gewas te voldoen). Ook kan het ertoe leiden dat er minder stikstof in mest op het land wordt toegediend dan berekend, waardoor een risico van opbrengstderving door stikstofgebrek kan optreden. Een te hoge stikstofcorrectie kan ertoe leiden dat er meer stikstof in mest op het land wordt toegediend dan volgens de gebruiksnormen dierlijke mest is toegestaan, waardoor meer nitraatuitspoeling kan optreden dan waarop de normen zijn gebaseerd. De stikstofcorrecties staan al jaren ter discussie; veehouders (en RVO en NVWA) lopen tegen het probleem aan dat er vaak minder stikstof in mest kan worden afgevoerd dan er volgens de mestboekhouding zou moeten worden afgevoerd. Het verschil tussen de hoeveelheid stikstof die volgens de mestboekhouding zou moeten worden afgevoerd en de hoeveelheid die boeren werkelijk afvoeren, is het zogenoemde 'stikstofgat'. Zowel bij LNV, RVO.nl, NVWA, het openbaar ministerie en de rechterlijke macht is dit bekend en wordt er rekening mee gehouden, d.w.z. het bestaan van het 'stikstofgat' wordt erkend.

#### **2.4. Berekening van de stikstofverliezen uit dierlijke mest in stallen en mestopslagen**

Vanaf 2009 worden de gasvormige emissies uit de landbouw door de CDM-werkgroep NEMA (National Emission Model Agriculture) berekend met het model NEMA (Velthof et al., 2012; Vonk et al., 2018; Lagerwerf et al., 2019). De werkgroep NEMA berekent de totale emissies van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub> en fijnstof (PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub>) uit de landbouw naar de atmosfeer. NEMA berekent de NH<sub>3</sub>-

---

<sup>3</sup> Er zijn diverse studies die hebben aangetoond dat N<sub>2</sub>O en NO<sub>x</sub> ontwijken aan mestopslagen, maar jaarrond metingen zijn weinig of niet uitgevoerd. Emissies van N<sub>2</sub> uit mestopslagen zijn voor zover bekend nooit direct gemeten (omdat het meettechnisch zeer moeilijk is vanwege de grote hoeveelheid N<sub>2</sub> in de atmosfeer; ca 80% van de atmosfeer bestaat uit N<sub>2</sub>). Emissies van N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> en N<sub>2</sub> uit bodems zijn wel gemeten, onder specifieke meetomstandigheden, en de resultaten van deze studies zijn gebruikt om verhoudingen van N<sub>2</sub>O: NO<sub>x</sub>: N<sub>2</sub> emissies af te leiden voor emissies uit mestopslagen (1:1:5 voor vaste mest en 1:1:10 voor dunne mest). Omdat er geen goede meetresultaten beschikbaar zijn, is Nederland verplicht om de IPCC-emissiefactoren voor N<sub>2</sub>O-emissies te hanteren (Tier 1); zonder goede meetresultaten kan niet worden afgeweken van de IPCC-emissiefactoren voor N<sub>2</sub>O-emissies (Tier 1). In NEMA worden de emissie van NO<sub>x</sub> en N<sub>2</sub> vervolgens afgeleid van de N<sub>2</sub>O-emissies op basis van voornoemde verhoudingen (Lagerwerf et al., 2019); deze verhoudingen kan Nederland wel zelfstandig aanpassen.



emissies uit stallen conform de emissiepercentages van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav), en die van N<sub>2</sub>O op basis van de Guidelines van de UNFCCC. Voor de berekening van emissies van NO<sub>x</sub> en N<sub>2</sub> uit stallen en mest-opslagen heeft NEMA een eigen systematiek ontwikkeld (Velthof et al., 2012; Lagerwerf et al., 2019). Deze berekeningen vormen de basis van de Nederlandse emissierapportages over de landbouw aan de Europese Commissie, UNECE en UNFCCC. Bij de herziening van de emissieberekeningen door NEMA in 2013 zijn de gasvormige stikstofverliezen via vooral nitrificatie-denitrificatie (NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub>) aangepast (verlaagd), omdat de IPCC de N<sub>2</sub>O-emissiefactoren voor mest in stallen en mestopslagen (Tier 1) had verlaagd. Nederland moet deze IPCC-emissiefactoren voor N<sub>2</sub>O uit stallen en mestopslagen hanteren, omdat er onvoldoende gegevens zijn voor een landen-specifieke methode.

De forfaitaire stikstofcorrecties (diergebonden normen, RVO-tabel 4) waren gebaseerd op de met NEMA berekende emissies van gasvormige N-verbindingen (Groenestein et al., 2015a). Door de aanpassingen van N<sub>2</sub>O-emissiefactoren in het model NEMA in 2013 is de stikstofcorrectie voor vooral vaste mest fors verlaagd, waardoor ook de forfaitaire stikstofcorrecties voor systemen met vaste mest naar beneden bijgesteld zouden moeten worden. De voorgestelde correctie heeft echter geleid tot vragen uit de praktijk en in reactie heeft het ministerie van LNV de stikstofcorrecties voor pluimvee destijds niet aangepast (verlaagd). Vanwege de grote onzekerheden in de stikstofcorrecties afgeleid van emissiefactoren voor NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> en N<sub>2</sub> heeft de CDM eerder geadviseerd om de stikstofcorrecties voor (in ieder geval) stallen met vaste mest af te leiden van 'voer-mestbalansen' (CDM, 2016; CDM, 2018). In 2019 heeft het ministerie van LNV dat advies overgenomen (Bikker et al., 2019).

Op verzoek van de CDM heeft het Centraal Bureau van de Statistiek (CBS) in 2017-2019 een uitgebreide studie uitgevoerd naar de mogelijkheid om de gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen te berekenen op basis van een analyse van de stikstof/fosfaat-verhoudingen in veevoer, vastlegging in dierlijke producten en in mest (die is afgevoerd) op praktijkbedrijven over de periode 2015-2017 (Van Bruggen en Geertjes, 2019). Daarbij zijn verschillende databestanden gekoppeld, namelijk de berekende excreties van stikstof en fosfaat per diercategorie, van de Werkgroep Uniformering berekening Mestcijfers (WUM), mestcodes, mestnummers, staltypen, en mestanalyseresultaten (Vervoersbewijzen Dierlijke Mest, VDM). De gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen zijn afgeleid van de gemiddelde stikstof/fosfaat-verhouding (uitgedrukt in kg N per kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) in de excretie per diercategorie en de gemiddelde stikstof/fosfaat-verhouding (uitgedrukt in kg N per kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) in mest die uit mestopslagen (inclusief die onder stallen) is bemonsterd en afgevoerd (per diercategorie en staltype):

$$\text{N-verlies (\%)} = ((\text{N/P}_{2}\text{O}_{5}\text{-excretie} - \text{N/P}_{2}\text{O}_{5}\text{-mestafvoer}) / \text{N/P}_{2}\text{O}_{5}\text{-excretie}) * 100\%.$$

Hierbij wordt verondersteld dat fosfaat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) niet verloren gaat uit mestopslagen (geen gasvormige verliezen), de gehalten van stikstof en fosfaat in mest nauwkeurig kunnen worden bepaald en in gelijke mate door verdunning met en verdamping van water worden beïnvloed, en dat de excretie van stikstof en fosfaat door het vee nauwkeurig kan worden berekend. Voor de excretie van stikstof en fosfaat is gebruik gemaakt van de WUM-cijfers, die de gemiddelde excretie per diercategorie weergeven voor heel Nederland (voor melkvee en jongvee van melkkoeien wordt onderscheid gemaakt tussen een regio met relatief veel (ZO NL) en relatief weinig (NW NL) snijmais in het

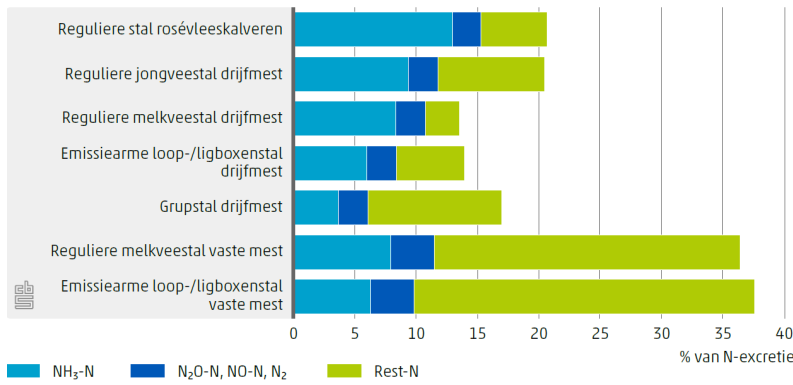
rantsoen). Er is dus geen bedrijfsspecifieke informatie gebruikt in de CBS-studie over de rantsoenen en over de N- en P-vastlegging in dierlijke producten. Er is aangenomen dat de WUM-excretiecijfers gemiddeld ook gelden voor de bedrijven die mest afvoeren en die in het onderzoek zijn betrokken. Groenestein et al (2015) geven aan dat er ook onzekerheden zijn in de analyse van stikstof en fosfaat in mest, en wijzen op de mogelijkheid dat varkensbedrijven fosfaatrijke 'bezinklagen' afvoeren en fosfaatarme 'drijfslagen' op eigen land benutten of bij de burens afzetten (zonder mestanalyseverplichtingen). Voorgaande impliceert dat er onzekerheden zijn in de berekende stikstofverliezen, vooral voor individuele bedrijven. In 2018 is de methode voor de berekening van de gasvormige stikstofverliezen, zoals toegepast in de CBS-studie, en een eerste concept van het CBS-rapport beoordeeld door de CDM (CDM, 2018). Een korte samenvatting van het review is in Box 1 weergegeven.

**Box 1. Samenvatting review van het concept CBS-rapport (CDM, 2018).**

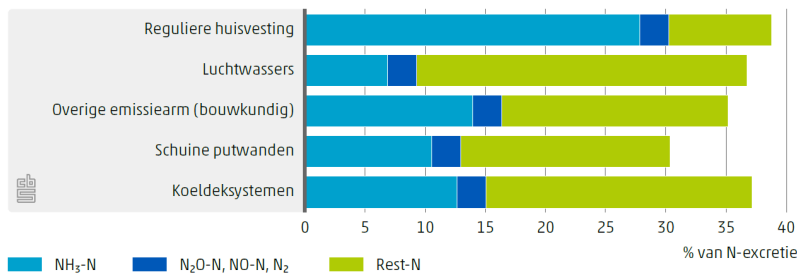
- De wetenschappelijke juistheid van de methode, om de totale gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen te berekenen, is door geen van de reviewers in twijfel getrokken. Wel zijn er vragen gesteld over de nauwkeurigheid van de gebruikte data.
- De massabalans methode is simpel en robuust. De betrouwbaarheid van de berekende totale stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen is afhankelijk van (i) de nauwkeurigheid van de berekende stikstof en fosfaatexcretie door het aanwezige vee, (ii) de nauwkeurigheid van de bemonstering van de mest en van de bepaling van de stikstof- en fosfaatgehalten in de mest, en (iii) de koppeling van data- en informatiestromen op bedrijfsniveau en de aggregatie van de resultaten naar de landelijke schaal.
- De reviewers plaatsten vraagtekens bij de nauwkeurigheid van de bemonstering van de mest en de bepaling van de stikstof- en fosfaatgehalten in de mest, daarbij verwijzend onder andere naar berichten in de pers over mestfraude. Er werden ook vraagtekens gezet bij de representativiteit van de geanalyseerde mestmonsters, omdat alleen de mest van bedrijven die mest afvoeren is bemonsterd. Het is onduidelijk hoeveel bedrijven en mestmonsters nodig zijn voor een robuuste schatting van het totale gasvormige stikstofverlies per staltype en mesttype bij gebruik van de CBS-methode.
- Zolang er geen betrouwbare methoden zijn om de verliezen van  $N_2$  uit stallen en mestopslagen te meten, heeft de massabalans-methode de potentie om de totale gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen nauwkeuriger te bepalen dan de NEMA-methode, vooral bij stalsystemen met vaste mest. De methode is echter te onnauwkeurig voor toepassing op individueel bedrijfsniveau.

De gasvormige stikstofverliezen zijn in de CBS-studie per diercategorie, stalsysteem en jaar gepresenteerd, in % van de hoeveelheid N die door het vee in een heel jaar is uitgescheiden (Bijlage B5.1 Stikstofverliezen van emissiearme en reguliere stallen). Qua orde van grootte komen de berekende stikstofverliezen in de CBS-studie overeen met die berekend door Bruins et al. (2000) voor vergelijkbare diercategorieën en stalsystemen, en met die van Groenestein et al (2015) voor dunne varkensmest en rundveemest. In de CBS-studie is ook een vergelijking gemaakt met de totale stikstofverliezen zoals berekend door NEMA.

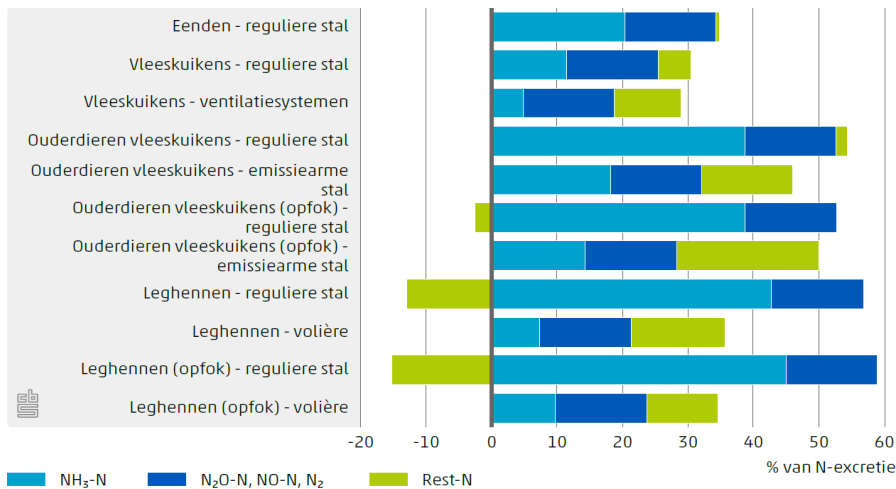
De berekende totale stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen in de CBS-studie zijn groter dan de som van de berekende emissies van  $NH_3$ ,  $NO_x$ ,  $N_2O$  en  $N_2$  uit stallen en mestopslagen volgens NEMA. Het verschil, uitgedrukt als % van de uitgescheiden N, wordt in de CBS-studie aangeduid met 'Rest-N'. Bij rundvee is de post 'Rest-N' relatief gering bij gangbare ligboxenstallen met drijfmest (<5%) en relatief groot bij stalsystemen met vaste mest (ca 25%). Opvallend is dat 'Rest-N' groter is bij emissiearme stallen dan bij gangbare stallen, en dat de totale gasvormige stikstofverliezen bij emissiearme en gangbare stallen van vergelijkbare grootte zijn (Figuren 2, 3 en 4).



Figuur 2. Gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen van rundveestalsystemen. De emissies van NH<sub>3</sub> zijn gebaseerd op de emissiepercentages van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) en de emissies van NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> zijn gebaseerd op NEMA (Lagerwerf et al., 2019). De post 'Rest-N' is het verschil in stikstofverliezen tussen de CBS-methode en NEMA-methode (Bron: Van Bruggen en Geertjes, 2019).



Figuur 3. Gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen van vleesvarkens. De emissies van NH<sub>3</sub> zijn gebaseerd op de emissiepercentages van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) en de emissies van NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> zijn gebaseerd op NEMA (Lagerwerf et al., 2019). De post 'Rest-N' is het verschil in stikstofverliezen tussen de CBS-methode en NEMA-methode (Bron: Van Bruggen en Geertjes, 2019).



Figuur 4. Gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen van pluimvee. De emissies van NH<sub>3</sub> zijn gebaseerd op de emissiepercentages van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) en de emissies van NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> zijn gebaseerd op een aangepast hoger emissiepercentage (14% conform forfaits in 2016-2019) dan die volgens NEMA (Lagerwerf et al., 2019). De post 'Rest-N' is het verschil in stikstofverliezen tussen de CBS-methode en NEMA-methode (Bron: Van Bruggen en Geertjes, 2019). Nb. de schaal van de x-as loopt tot 60%, die van figuren 2 en 3 tot 40%.

De hoge percentages 'Rest-N' in vaste mestsystemen bij melkvee en varkens geven aan dat een groot deel van de N-verliezen in deze systemen 'onverklaard' zijn, d.w.z. niet worden verklaard door de berekende emissies van NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> volgens NEMA (Figuren 2 en 3). Bij emissiearme stallen met luchtwassers is niet gecorrigeerd voor de NH<sub>3</sub> die is 'gevangen in spuiwater'; de post 'Rest-N' is hier niet representatief voor het onverklaarde stikstofverlies.

Bij pluimvee is de post 'Rest-N' (Figuur 4) kleiner dan bij rundvee en varkens (Figuren 2 en 3); dit is waarschijnlijk het gevolg van de berekende grotere verliezen via emissies van NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> bij vaste pluimveemest-systemen dan bij de drijfmest-systemen van varkens en rundvee (NB, de stikstofcorrecties voor pluimveestallen zijn niet aangepast in 2016 (zie 2<sup>de</sup> alinea van deze paragraaf en CDM, 2016). Ook zijn de emissies van NH<sub>3</sub> uit pluimveestallen relatief hoog. Bij drie pluimvee-staltypes is sprake van een negatieve Rest-N, wat duidt op geringere N-verliezen volgens de CBS-methode dan de NEMA-methode. De emissiearme pluimveestallen hebben een relatief grote post 'Rest-N' (volières, emissiearme stallen voor ouderdieren, vleeskuiken-ventilatiesystemen).

### **2.5. Onzekerheden in gemeten en berekende emissies uit dierlijke mest in stallen en mestopslagen**

Voor het afleiden van NH<sub>3</sub>-emissiefactoren per staltype (huisvestingssysteem) is een meetprotocol opgesteld (Ogink et al., 2011); per staltype worden op minimaal 4 locaties zes 24-uursmetingen uitgevoerd over een periode van een jaar. Per meting moet voldaan worden aan een minimum aantal criteria wat betreft stalbezetting, voermanagement, etc. Deze metingen zijn relatief duur en daarom zijn de NH<sub>3</sub>-emissies van slechts een beperkt aantal stallen en mestopslagen gemeten. De standaardafwijking van de gemeten NH<sub>3</sub>-emissies (in kg per dierplaats per jaar) per stal variëren globaal van 20% tot 50% (Mosquera et al., 2008; Dekker 2012).

In NEMA variëren de onzekerheden in de berekende totale NH<sub>3</sub>-emissies (uit stallen en mestopslagen en na toediening van mest op het land) globaal van 30 tot 100% per diercategorie, op nationale schaal (Vonk et al., 2018; Lagerwerf et al., 2019). De onzekerheden in berekende emissies worden veroorzaakt door onzekerheden in de grootte van de emissiefactoren, in de hoeveelheid mest en de samenstelling van die mest (N-gehalte, TAN-gehalte). Voor melkkoeien is de geschatte onzekerheid in de berekende emissies op nationale schaal 45%, voor varkens 37% en voor pluimvee 44-50% (Tabel 5.14 in Lagerwerf et al., 2019). De onzekerheid in de berekende totale NO<sub>x</sub>-emissies per diercategorie op nationale schaal variëren globaal van 150 tot meer dan 200%. Voor melkkoeien is de geschatte onzekerheid in de berekende NO<sub>x</sub>-emissies 186%, voor varkens 146% en voor pluimvee 206-208% (Tabel 6.17 in Lagerwerf et al., 2019). De onzekerheid in de berekende totale N<sub>2</sub>O-emissies per diercategorie op nationale schaal variëren globaal van 110 tot meer dan 200%. Voor melkkoeien is de geschatte onzekerheid in de berekende emissies 126-201%, voor varkens 113% en voor pluimvee 144% (Tabel 7.20 in Lagerwerf et al., 2019).

Er is geen specifieke onzekerheidsanalyse gerapporteerd voor de emissies van NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> uit stallen en mestopslagen. Lagerwerf et al (2019) schatten de onzekerheden in het volume mest buiten de stal op 25% voor dunne mest en op 50% voor vaste mest. De onzekerheden in de

ammoniakemissiefactor voor mestopslagen buiten de stal worden geschat op 200% en voor mest van vleeskuikens op 35%.

*Samengevat*, de onzekerheden in gemeten en berekende gasvormige stikstofemissies uit dierlijke mest in stallen en mestopslagen zijn relatief groot. De onzekerheden in de emissies worden veroorzaakt door een combinatie van de volgende factoren: (i) de grote verscheidenheid in diercategorieën, stalsystemen en management in de praktijk, (ii) de grote temporele variaties in omgevingscondities (temperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid, mestsamenstelling (pH, ammoniumgehalte, zuurstofgehalte)) die de grootte van de gasvormige stikstofemissies beïnvloeden, en (iii) de relatieve schaarste aan goede metingen, vooral met betrekking tot N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> en N<sub>2</sub>. De grote onzekerheid in gasvormige stikstofemissies uit dierlijke mest in stallen en mestopslagen is niet een typisch Nederlands probleem. De grote onzekerheid is een universeel probleem, maar wordt in andere landen minder ervaren omdat (i) de gemiddeld gasvormige stikstofemissies uit dierlijke mest in stallen en mestopslagen daar (veel) minder groot zijn (per ha landoppervlak) en dus veel minder als een probleem worden ervaren, en (ii) er weinig tot geen onderzoek wordt gedaan, waardoor deze landen een eenvoudige Tier 1 methodiek gebruiken voor de berekening en rapportage van de emissies van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> aan EU, UNECE en UNFCCC.

### 3. Beantwoording van de vragen van het ministerie van LNV.

*Vraag 1. Welke conclusies kunnen worden getrokken over de effectiviteit van emissiearme stallen in de praktijk op basis van het CBS-rapport? In welke mate zijn emissies onderschat?*

**Antwoord:**

De CBS-studie geeft aan dat effectiviteit van emissiearme stallen om ammoniakemissie te reduceren minder groot is dan de emissiefactoren van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) aangeven. Er zijn diverse onafhankelijke signalen uit de praktijk die dat beeld bevestigen (mondelijke mededelingen Omgevingsdiensten NO Brabant en Twente). maar het ontbreekt aan robuuste metingen van de NH<sub>3</sub>-emissies uit emissiearme stallen in de praktijk.

Uit indicatieve berekeningen met NEMA in het kader van het onderhavige advies blijkt dat de NH<sub>3</sub>-emissies uit emissiearme stallen mogelijk met circa 8 miljoen kg zijn onderschat. Op een totale NH<sub>3</sub>-emissie uit mest in stallen en mestopslagen van 57,1 miljoen kg in 2017 (Van Bruggen et al., 2019) is dat circa 14%.

**Toelichting**

Het doel van de CBS-studie was 'om na te gaan of de verschillen in de verhoudingen van stikstof en fosfaat in de excretie en in de afgevoerde mest op een bedrijf tot robuuste schattingen leidt van de gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen'. Dat is gedaan op basis van bestaande empirische gegevens over de jaren 2015-2017. Een aantal bevindingen van de CBS-studie vallen op:

- De totale gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen zijn (fors) hoger wanneer berekend volgens de CBS-systematiek dan wanneer berekend volgens de NEMA-systematiek (Figuren 2, 3 en 4). De verschillen zijn vooral groot bij stalsystemen met vaste mest. De verschillen zijn relatief beperkt (5 à 10%) bij stalsystemen met drijfmest van belangrijke diercategorieën (rundvee, figuur 2; vleesvarkens, figuur 3).
- De totale gasvormige stikstofverliezen per diercategorie verschillen niet veel tussen gangbare stallen en emissiearme stallen (Tabel 1).
- De verschillen tussen jaren in gasvormige stikstofverliezen per staltype en diercategorie zijn relatief klein. De mediane variatiecoëfficiënt is slechts 6% (n=35), en de gemiddelde variatiecoëfficiënt 14% (als witvleeskalveren worden uitgezonderd daalt de gemiddelde variatiecoëfficiënt naar 8%) (Bron: Bijlage B5.1; Van Bruggen en Geertjes, 2019). Dit geeft aan dat de door CBS toegepaste methodiek robuuste resultaten geeft.

De CBS-studie had niet tot doel om de effectiviteit van emissiearme stallen te verifiëren, maar het is wel opvallend dat de verschillen tussen gangbare stallen en emissiearme stallen in totale gasvormige stikstofverliezen per diercategorie zo klein zijn (Tabel 1). Gasvormige stikstofverliezen worden veroorzaakt door emissies van NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub>. Emissiearme stallen hebben tot doel om de emissies van NH<sub>3</sub> uit die stallen naar de atmosfeer te verminderen (en beperken niet (noodzakelijkerwijze) de emissies van NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> uit die stallen). Maar als wordt aangenomen dat emissies van NH<sub>3</sub> een grote bijdrage leveren aan de totale gasvormige emissies uit stallen, dan is de verwachting dat de totale gasvormige stikstofverliezen uit emissiearme stallen kleiner zijn dan die uit gangbare stallen. Dat blijkt gemiddeld genomen niet zo te zijn (Tabel 1). Emissiearme stallen hebben een grotere post 'Rest-N' dan gangbare stallen (Figuren 2, 3 en 4). Dit geeft aan dat de NH<sub>3</sub>-emissiebeperking door emissiearme stallen zeer waarschijnlijk wordt overschat (en/of dat de NH<sub>3</sub>-

emissiereductie leidt tot grotere verliezen aan NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> uit emissiearme stallen door nitrificatie-denitrificatie processen (afwenteling).

Tabel 1. Samenvattend overzicht van stikstofverliespercentages (in % van de N-excretie) voor emissiearme en overige huisvestingssystemen, met drijfmest of met vaste mest, berekend op basis van stikstof/fosfaatverhouding in opgeslagen mest. (Bron: Bijlage B5.1; Van Bruggen en Geertjes, 2019).

Diercategorieën/ staltypen	Drijfmest		Vaste mest	
	Emissiearm	Overig	Emissiearm	Overig
Melkkoeien	15	14	41	38
Fokvarkens	30	31	50	39
Vleesvarkens	35	39		
Leghennen en ouderdieren <18 weken			36/35*	43
Leghennen en ouderdieren >18 weken			27/36*	40
Ouderdieren vleeskuikens <20 weken			52	51
Ouderdieren vleeskuikens >20 weken			50	59
Vleeskuikens			30	30
Kalkoenen			44	28

\*) stallen met respectievelijk mestband/volière

Er is voor het onderhavige advies een indicatieve berekening gemaakt van de mogelijke overschatting van de NH<sub>3</sub>-emissiebeperking door emissiearme stallen. Volgens die berekeningen zijn de NH<sub>3</sub>-emissies uit emissiearme stallen mogelijk met ca 8,8 miljoen kg NH<sub>3</sub> onderschat. Hiervan komt 1,4 miljoen kg op het conto van de rundveehouderij, 2,6 miljoen kg op het conto van de varkenshouderij en 4,8 miljoen kg op het conto van de pluimveehouderij. Maar omdat er minder N in de dierlijke mest aanwezig is, die wordt toegediend op landbouwgrond, nemen de emissies bij toediening van dierlijke mest op het land met 0,7 miljoen kg af. Het netto-effect is dat de totale NH<sub>3</sub>-emissie waarschijnlijk met ca 8 miljoen kg NH<sub>3</sub> is onderschat (Bijlage 2).

De CBS-studie vraagt om een vervolg, bijvoorbeeld over de jaren 2018-2020, waarbij zo mogelijk gebruik wordt gemaakt van bedrijfsspecifieke rantsoenen. Om dat laatste mogelijk te maken zijn op korte termijn acties nodig om bedrijfsspecifieke rantsoenen beschikbaar te stellen voor een nauwkeuriger berekening van de totale stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen (dan eerder gedaan door CBS).

Vraag 2. Wat zijn de consequenties van de resultaten van het CBS-rapport voor de uitgangspunten voor de berekening van de gasvormige stikstofverliezen die Nederland gebruikt voor rapportages over emissies aan EU (NEC-richtlijn), UNECE (Gotenburg protocol) en UNFCCC (Kyoto protocol)?

**Antwoord:**

De consequenties van de CBS-studie voor de rapportages aan EU, UNECE en UNFCCC zijn mogelijk groot, omdat er veranderingen optreden in de berekende emissies van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en NO<sub>x</sub> uit stallen en mestopslagen en bij mesttoediening. Er komt mogelijk ook minder stikstof via dierlijke mest op het

land dan eerder berekend en gerapporteerd in het kader van de EU-Nitraatrichtlijn, maar dit vergt nader onderzoek. De resultaten van de CBS-studie hebben mogelijk ook consequenties voor de discussies in Nederland over de grootte van de NH<sub>3</sub>-emissie uit de landbouw en over de bijdragen van de landbouw aan de noodzakelijke NH<sub>3</sub>-emissiebeperking om de stikstofdepositie op stikstofgevoelige natuurgebieden te verminderen.

De CDM adviseert om de uitgangspunten voor de berekening van de gasvormige stikstofverliezen, die Nederland gebruikt voor rapportages over emissies aan EU, UNECE en UNFCCC, aan te passen als de resultaten van de acties vermeld in de antwoorden op de vragen 3 en 4 daartoe verder aanleiding en onderbouwing voor geven. De uitgangspunten voor de berekening van de emissies bij de toediening van mest op het land dienen kunnen nu al rekening houden met de stikstofcorrectiefactoren zoals die via de massabalansmethode in de CBS-studie zijn afgeleid.

**Toelichting:**

De post 'Rest-N' in Figuren 2, 3 en 4 is dermate groot dat de emissies van NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> uit de landbouw waarschijnlijk significant hoger zijn dan nu worden berekend met NEMA. Een indicatieve berekening in het kader van onderhavig advies geven aan dat de post 'Rest-N' in de CBS-studie voor de Nederlandse landbouw overeenkomt met circa 40 miljoen kg N. Dit impliceert dat er 40 miljoen kg N meer uit stallen en mestopslagen naar het milieu verloren is gegaan dan eerder m.b.v. het model NEMA is berekend, en dat er circa 40 miljoen kg N minder via dierlijke mest op het land komt (of minder is geëxporteerd) dan eerder werd berekend. Ter vergelijking, de totale N-excretie was 503,5 miljoen kg N in 2018 (Van Bruggen en Gosselink, 2019); daarvan werd circa 300 miljoen kg op Nederlandse landbouwgrond toegediend, circa 50 miljoen werd geëxporteerd en circa 150 miljoen kg ging naar de atmosfeer verloren door (i) emissies uit stallen en mestopslagen, (ii) verbranding van kippenmest en (iii) kalvergierzuivering (NCM, 2019; Van Bruggen et al., 2019; CDM, 2018).

Het is zeer waarschijnlijk dat een deel van de Rest-N als NH<sub>3</sub> verloren is gegaan. Een deel van de NH<sub>3</sub> is volgens indicatieve berekeningen afkomstig van emissiearme stallen (ca 8,8 miljoen kg NH<sub>3</sub>; zie antwoord op vraag 1). Er zijn ook andere aanwijzingen dat sommige stallen een hogere NH<sub>3</sub>-uitstoot hebben dan de Rav emissiefactoren aangeven. Ellen et al. (2017) concludeerden in een overzichtsrapportage van pluimvee-emissiefactoren dat de Rav-factoren voor volière-stallen en voor nageschakelde droogtechnieken niet representatief zijn en waarschijnlijk te laag zijn ingeschat. Uit een experimentele studie van Snoek et al. (2017) bleek dat emissiearme vloeren in melkveestallen effectiviteit verliezen bij tekortschietend mestmanagement. De CDM-werkgroep sluit niet uit dat vooral NH<sub>3</sub>-emissies uit de melkveestallen groter zijn dan in de berekeningen (en vergunningen) tot nu toe is aangegeven. Het emissieoppervlak per melkkoe is in nieuwe (vergrote) melkveestallen relatief groot omdat er minder koeien zijn dan eerder begroot bij de bouw van de stal (door de invoering van het fosfaatrechtenstelsel, is het soms niet mogelijk geweest om het aantal koeien te houden dat eerder werd begroot).

Het andere deel van de Rest-N is waarschijnlijk verloren gegaan via emissies van N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> en N<sub>2</sub>, vooral uit stalsystemen met vaste mest. Vooral emissies van N<sub>2</sub> kunnen tot nu toe onderschat zijn, omdat er geen directe metingen zijn van N<sub>2</sub>-emissies uit stallen en mestopslagen. Bij vaste mest is Rest-N relatief groot, daar kunnen ook emissies van de andere N-verbindingen zijn onderschat.



Verder zijn de berekende emissies van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en NO<sub>x</sub> bij toediening van dierlijke mest waarschijnlijk overschat in de NEMA-berekeningen, omdat de hoeveelheid toegediende N via dierlijke mest is overschat (in totaal mogelijk met 40 miljoen kg). De berekende totale emissie van NH<sub>3</sub> bij de toediening van dierlijke mest op het land was 39,6 miljoen kg in 2017 (Van Bruggen et al., 2019). Als er 40 miljoen kg N minder via dierlijke mest op het land is toegediend dan eerder is berekend (op een totaal van 300 miljoen kg N is dat ca 13%), dan is de NH<sub>3</sub>-emissie bij de toediening van dierlijke mest op het land waarschijnlijk ook evenredig lager dan eerder berekend. Een vergelijkbare conclusie geldt waarschijnlijk voor de emissies van N<sub>2</sub>O en NO<sub>x</sub>.

De resultaten van de CBS-studie leiden tot extra onzekerheid in de omvang van de NH<sub>3</sub>-emissie uit de Nederlandse landbouw. De onzekerheid in de berekende NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen en mestopslagen (inclusief verwerking) is door de CDM-werkgroep NEMA geschat op 20% (Tabel 5.14 Lagerwerf et al., 2019). De onzekerheid in de berekende NH<sub>3</sub>-emissie bij mesttoediening is geschat op 38% (Tabel 10.31 Lagerwerf et al., 2019). De (extra) onzekerheid, gecreëerd door de resultaten van de CBS-studie, valt binnen de onzekerheidsmarges van de berekende NH<sub>3</sub>-emissies uit stallen en mestopslagen en bij toediening van dierlijke mest op het land volgens NEMA. De onzekerheden in de NH<sub>3</sub>-emissies zijn ook relatief groot ten opzichte van de beoogde emissiereductie door het pakket van structurele maatregelen dat het kabinet onlangs heeft vastgesteld voor de periode tot 2030 (LNV, 2020b).

Internationale conventies en afspraken verplichten Nederland (en andere EU-landen) om gasvormige de stikstofverliezen NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en NO<sub>x</sub> volgens bepaalde uitgangspunten te rapporteren. Een Tier 1 methode (voorgeschreven emissiefactoren) dient gebruikt te worden indien er weinig of geen resultaten van emissiemetingen beschikbaar zijn. Dit geldt bijvoorbeeld voor emissies van N<sub>2</sub>O en NO<sub>x</sub> uit stallen en mestopslagen. Nederland gebruikt eigen (specifieke) emissiefactoren voor NH<sub>3</sub>, omdat er relatief wel veel emissiemetingen beschikbaar zijn. Voor N<sub>2</sub>-emissies zijn er geen rapportageverplichtingen.

De CDM adviseert om de uitgangspunten voor de berekening van de gasvormige stikstofverliezen, die Nederland gebruikt voor rapportages over emissies aan EU, UNECE en UNFCCC, eventueel aan te passen als de resultaten van acties vermeld in de antwoorden op vragen 3 en 4 daartoe verder aanleiding geven en er voldoende empirische onderbouwing is. Die mogelijke aanpassingen hebben betrekking op de (i) de emissiefactoren voor NH<sub>3</sub> van emissiearme stallen (en overige stallen), en (ii) de emissiefactoren voor overige stikstofverbindingen, vooral van stalsystemen met vaste mest. In het antwoord op vraag 3 zijn een aantal acties benoemd die dienen te leiden tot nauwkeuriger schattingen van de emissiefactoren voor NH<sub>3</sub> van emissiearme stallen (en overige stallen). In het antwoord op vraag 4 is voorgesteld om aanvullend onderzoek te doen naar gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. De resultaten van dat onderzoek dienen te leiden tot nauwkeuriger schattingen van de emissies van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> en N<sub>2</sub> uit stallen en mestopslagen.

De CDM adviseert verder om in de berekeningen van de emissies bij mesttoediening, die Nederland gebruikt voor rapportages over emissies aan EU, UNECE en UNFCCC, rekening te houden met de stikstofcorrectiefactoren zoals die via de massabalansmethode in de CBS-studie zijn afgeleid. Met de nieuwe stikstofcorrectiefactoren komt er minder N via dierlijke mest op het land dan volgens de nu gehanteerde NEMA-systematiek, waardoor er ook minder emissies optreden bij de toediening van

mest. De stikstofcorrectiefactoren afgeleid van de massabalansmethode in de CBS-studie worden als relatief robuust beschouwd.

*Samengevat*, de mogelijke consequenties van CBS-studie voor de rapportages aan EU, UNECE en UNFCCC en voor de discussies over de vermindering van de stikstofdepositie op Natura-2000 gebieden zijn groot en vergen serieuze aandacht. De daadwerkelijke consequenties hangen af van de nauwkeurigheid van de geschatte 'Rest-N' en van de vorm waarin de 'Rest-N' uit de mest is verdwenen, vooral bij de emissiearme stallen. Er zijn dringend waarnemingen in de praktijk nodig om de omvang en nauwkeurigheid van de 'Rest-N' te kwantificeren bij diverse staltypen. Er zijn metingen nodig om na te gaan in welke vormen de stikstof verdwijnt uit opgeslagen mest. De CDM adviseert om de uitgangspunten voor de berekening van de gasvormige stikstofverliezen, die Nederland gebruikt voor rapportages over emissies aan EU, UNECE en UNFCCC, eventueel aan te passen als de resultaten van de acties vermeld in de antwoorden op vragen 3 en 4 daartoe voldoende aanleiding en onderbouwing geven.

*Vraag 3. Welke acties zijn nodig om een betere analyse te maken van de effectiviteit van emissiearme stallen?*

**Antwoord:**

De volgende opeenvolgende acties zijn gewenst om de consequenties van de CBS-studie beter te doorgronden en om een betere analyse te maken van de effectiviteit van emissiearme stallen. Elke actie dient tot aanbevelingen te leiden en kunnen ook gericht zijn op het verder aanscherpen van de doelen van volgende acties en/of kunnen leiden tot aanvullende acties.

1. Een analyse maken van het mestmanagement in emissiearme stallen in de praktijk. Een werkgroep van onderzoekers en omgevingsdiensten dient op korte termijn een analyse te maken van de situatie in de praktijk van hoe emissiearme stallen in de praktijk feitelijk worden gemanaged, op basis van een daartoe op te stellen checklijst, bedrijfsbezoeken en gesprekken met boeren.
2. Een workshop met stallenbouwers, adviseurs, vertegenwoordigers van landbouworganisaties en onderzoekers om het CBS-rapport en onderhavig advies te bespreken, en om ervaringen uit te wisselen over de huidige emissiearme stallen en om aanbevelingen te doen voor verbetering van de effectiviteit en efficiëntie van die stallen (ontwerp, gebruik, onderhoud, monitoring) op de korte termijn. Het is belangrijk om de stakeholders bij het proces van verbetering van de analyse van de effectiviteit van emissiearme stallen te betrekken en hun zienswijzen op het CBS-rapport en onderhavig advies mee te nemen in vervolgacties. Tevens is deze workshop bedoeld om na te gaan hoe de kwetsbaarheid van nieuwe en in ontwikkeling zijnde emissiearme stallen kan worden verminderd. Een output van deze workshop zou het eerder genoemde managementprotocol voor emissiearme stallen kunnen zijn.
3. Verificatie- en controlemetingen van NH<sub>3</sub>-emissies uit emissiearme stallen in de praktijk, gelijktijdig met berekeningen van de gasvormige stikstofverliezen via de

massabalansmethode volgens de CBS-studie. Er is een grote behoefte aan resultaten van robuuste emissiemetingen in emissiearme stallen om de Rav-factoren te verifiëren. Er is bovendien behoefte aan eenvoudige monitoringsystemen voor de praktijk, waarmee veehouders de vinger aan de pols kunnen houden en eventueel het voer- en mestmanagement kunnen bijsturen als de resultaten van de monitoring daartoe aanleiding geven.

4. De massabalansmethode van de CBS-studie verder verfijnen en toepassen op de jaren 2018 en 2019 (en 2020). De verfijning van de analyse dient betrekking te hebben op het koppelen van rantsoenen aan bedrijfsnummers en staltypes (bedrijfsspecifieke rantsoenen). Dit vergt (i) toegang tot data en goedkeuring om die data te gebruiken, en (ii) een tijdige planning omdat dit een omvangrijke actie kan zijn. De verfijning dient ook om mogelijke tekortkomingen in de vorige CBS-studie weg te nemen, de herhaling dient ter verificatie van de huidige studie. Publicatie van de CBS-studie in een internationaal wetenschappelijk tijdschrift wordt aangeraden, om de systematiek en resultaten te onderwerpen aan peer-review en om de resultaten en inzichten te delen met wetenschappers en beleidsmakers in het buitenland.
5. Een workshop met omgevingsdiensten, overheden, stallenbouwers, adviseurs en wetenschap over de uitvoering van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav), in het bijzonder de procedures van de Technische Advies Pool, die de aanvragen voor de Rav beoordeelt, het concept van proefstalstatus, meetplan, monitoring, etc. Deze workshop zou ook na moeten gaan (i) of de aanbevelingen van het rapport Berenschot (Oostdijk en Maas, 2014) zijn opgevolgd, en (ii) wat verder verbeterd kan worden ter ondersteuning van de verbetering van de (monitoring van de) effectiviteit van emissiearme stallen in de praktijk. Een bespreekpunt zou kunnen zijn het opnemen van het managementprotocol en in-situ emissie monitoring in het ontwerp en de toetsing door de Technische Advies Pool.
6. Een internationale workshop met experts (uit DK, D, CH, Fr, VK, B, It, VS) met als doelen (i) het bespreken van de CBS-studie en onderhavig review, (ii) uitwisseling van inzichten en ervaringen met emissiearme stallen, (iii) het reviewen van de methoden die gebruikt worden voor het meten van de NH<sub>3</sub>-emissies uit stallen, en (iv) een outline te maken en support te genereren voor een gezamenlijk internationaal onderzoeksprogramma gericht op het verder ontwikkelen van kennis en technieken voor het doorgronden en meten van gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen.
7. Het ontwerpen en uitvoeren van een internationaal meerjarig onderzoeksprogramma gericht op het verder ontwikkelen van kennis en technieken voor het meten van gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen, in samenwerking met buitenlandse experts. In het programma dienen mogelijkheden te zijn voor gezamenlijke meetcampagnes en voor uitwisseling van expertise en meettechnieken. In het programma dienen de volgende vragen centraal te staan (i) Waaraan moeten emissiearme stallen aan voldoen om langdurig effectief te blijven; welk management en onderhoudsprotocol hoort daarbij, (ii) Hoe meten we N-verliezen via NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O uit stallen nauwkeurig? (iii) Welke intrinsieke prikkels zijn nodig om een adequaat gebruik en management te stimuleren.

8. Nagaan wat de consequenties zijn van de veel hogere stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen voor de hoeveelheid dierlijke mest die uiteindelijk op het land terecht komt, en wat dat betekent voor de kalibratie van de modellen die de mest modelmatig verdelen in Nederland en de uitspoeling van nitraat (en ammonium) naar grondwater en oppervlaktewater berekenen. Als er door de post 'Rest-N' feitelijk 40 miljoen kg stikstof minder op het land terechtkomt dan eerder gedacht, dan zullen de modellen die de effecten van het mestbeleid op de kwaliteit van grondwater en oppervlaktewater berekenen opnieuw gekalibreerd moeten worden.

Het is een gezamenlijke verantwoordelijkheid van stallenbouwers, eigenaren/gebruikers van emissiearme stallen, overheden en onderzoek om de effectiviteit en efficiëntie van emissiearme stallen in de praktijk te verifiëren en te borgen. Eigenaren/gebruikers van emissiearme stallen hebben forse investeringen gedaan in emissiearme stallen en weten niet of die stallen doen wat ze beogen te doen. Stallenbouwers, overheden en onderzoek faciliteren/stimuleren de introductie van emissiearme stallen, maar er is tot nu toe onvoldoende verificatie en controle. Er is een gezamenlijke verantwoordelijkheid om dat wel te doen, omdat de mogelijke implicaties groot zijn van een onderschatting van de NH<sub>3</sub>-emissie uit emissiearme stallen.

*Vraag 4. Welk empirisch onderzoek is nodig om de onzekerheden te verminderen in de berekening van de ammoniakemissies uit (i) emissiearme stalsystemen, (ii) emissiearme mesttoediening, en (iii) mestexport.*

**Antwoord:**

Emissiearme stalsystemen

Er zijn en worden diverse maatregelen uitgezet door het kabinet om de emissies van NH<sub>3</sub> en broeikasgassen naar de atmosfeer terug te dringen (LNV, 2020). De urgentie van de maatregelen wordt groot genoemd. Een van de maatregelen is de 'Subsidiemodules brongerichte verduurzaming stal- en managementmaatregelen' (Sbv), gericht op emissie-reducerende maatregelen in zowel bestaande als nieuwe stallen. Daarvoor is een bedrag beschikbaar van 172 miljoen euro, vanaf april 2020. Daarenboven komen er coaches om boeren persoonlijk te helpen en komt er een netwerk van proefbedrijven in de melkveehouderij voor onderzoek en kennisdeling om uitstoot van methaan en ammoniak te verminderen (LNV, 2020).

In het antwoord op vraag 3 zijn 8 concrete en samenhangende acties benoemd om een betere analyse te maken van de effectiviteit van emissiearme stallen en om de monitoring van de effectiviteit in de praktijk te verbeteren. Verschillende acties omvatten ook een onderzoekscomponent. Dat onderzoek is niet enkel empirisch maar ook conceptueel/theoretisch, gericht op verbetering van de kennis en het managen van het systeem (systeembenadering). De CDM bepleit dat niet enkel empirisch onderzoek (gericht op waarnemen), maar ook conceptueel en theoretisch onderzoek nodig is, gericht op het begrijpen en verbeteren van het systeem en het management van de emissiearme stallen.

De CDM adviseert om een internationaal onderzoeksprogramma 'emissiearme stallen' op te zetten en uit te voeren dat gericht is op het verbeteren van huidige en in ontwikkeling zijnde emissiearme

stallen, om te voorkomen dat over een aantal jaren wederom de conclusie wordt getrokken dat emissiearme stallen niet doen wat ze beogen te doen (zie actie 7 in het antwoord op vraag 3). Het belang van een gezamenlijk en internationaal onderzoeksprogramma wordt benadrukt, omdat door uitwisseling van kennis, inzichten en (meet)technieken beter onderzoek kan worden gedaan, en een versnelling in de kennisverdieping en -verbreding kan optreden. Dat onderzoeksprogramma heeft idealiter de volgende onderdelen (i) systeemanalyse van verschillende stalconcepten, en de interacties met veevoerrantsoen, omgevingsfactoren (klimaat) en management, (ii) ontwikkeling van nieuwe analysetechnieken voor een nauwkeurige bepaling van de emissies van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> (en CH<sub>4</sub> en fijnstof), (iii) bepaling van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> (en CH<sub>4</sub>) emissies uit diverse stalsystemen en de factoren die invloed hebben op die emissies, inclusief het afleiden van indicatoren, (iv) het ontwikkelen en toetsen van maatregelen gericht op het verminderen van emissies (inclusief het managen van de factoren die invloed hebben op de effectiviteit van de maatregelen), (v) het opstellen van richtlijnen voor de ontwikkeling, beheer & onderhoud en monitoring van emissiearme stallen voor de praktijk. De CDM adviseert om een gezamenlijk onderzoeksplan te laten opstellen door een werkgroep met vertegenwoordigers van landbouworganisaties, de ministeries van LNV en I&W, omgevingsdiensten, RIVM, TNO en Wageningen UR, en met onderzoeksinstituten uit Denemarken, Duitsland en Engeland.

Parallel daaraan is het van belang om de huidige initiatieven rond de ontwikkeling van directe monitoring van emissies uit stallen te versterken en in de vorm van praktijkpilots geschikt te maken voor bredere toepassing. Op deze wijze wordt het mogelijk de werking van huidige en toekomstige emissiearme technieken real-time te volgen, effectief te managen, en beter te borgen. Deze ontwikkeling maakt het ook mogelijk stapsgewijs over te schakelen naar een regulering van stalemissies via doelvoorschriften i.p.v. middelvoorschriften. Door deze wijze van reguleren wordt de verantwoordelijkheid voor effectief functioneren van emissiearme systemen bij de betrokken bedrijven gelegd, is betere borging mogelijk en wordt een veel grotere mate van flexibiliteit in combinaties van toe te passen emissiearme maatregelen gecreëerd.

#### Emissiearme mesttoediening

Het onderzoek naar emissiearme mesttoediening heeft een langere geschiedenis dan het onderzoek naar emissiearme stallen, en het effect van emissiearme mesttoediening is veel groter geweest tot nu toe dan het effect van emissiearme stallen (Figuur 1). Maar ook bij emissiearme mesttoediening zijn er onzekerheden in de effectiviteit van bepaalde technieken en statistische analysemethoden. Ook stagneert de emissiereductie bij mesttoediening (figuur 1); de emissies dalen niet of nauwelijks verder. Ook is er behoefte aan meer kennis over mogelijke neveneffecten op bijvoorbeeld de emissies van N<sub>2</sub>O en NO<sub>x</sub>, en op de omvang van wormen en weidevogelpopulaties.

Dit pleit er voor om ook een onderzoeksprogramma te starten voor emissiearme mesttoediening, met als doelen (i) systeemanalyse van verschillende technieken en managementstrategieën om emissies bij mesttoediening te beperking, als functie van mestsamstelling, bodemtype, weersomstandigheden, gewasbedekking, en management, (ii) innovatieve toedieningstechnieken te ontwikkelen en te toetsen die een forse aanvullende emissiereductie bewerkstelligen zonder neveneffecten, (iii) de methoden voor de bepaling van de ammoniakemissies grondig te evalueren en te verbeteren, (iv) de mogelijke neveneffecten van huidige en mogelijke nieuwe emissiearme mesttoedieningstechnieken te kwantificeren, en (v) richtlijnen op te stellen voor best management

practices voor mesttoediening. Dit programma zou door een brede werkgroep van stakeholders en kennisinstellingen uitgewerkt moeten worden.

### Mestexport

De grootte van de mestexport is door de introductie van de verplichte mestverwerking fors toegenomen. Ook de monitoring van en controle op de export zijn verbeterd. Toch zijn er geregeld berichten over mestfraude waarbij wordt geconstateerd dat mest niet daadwerkelijk wordt verwerkt en geëxporteerd, maar op Nederlandse landbouwgrond wordt toegediend, buiten de controle om. Er wordt daardoor minder mest geëxporteerd en meer mest op Nederlandse landbouwgronden toegediend dan uit de registratie blijkt. Dit leidt ook tot onzekerheden in de berekende emissies. Er is meer kennisuitwisseling nodig over de vormen en grootte van mestfraude, opdat ook de onzekerheden in de berekende emissies worden verminderd. Er is dus uitwisseling van gegevens en kennis en versterkte handhaving nodig, zoals het ministerie onlangs ook heeft geïmplementeerd, en geen empirisch onderzoek.

### **Toelichting:**

Vraag 4 legt indirect een link met een eerder CDM-advies waarin een gevoeligheidsanalyse (onzekerheidsanalyse) is uitgevoerd van de NH<sub>3</sub>-emissies uit de Nederlandse landbouw, en waarin drie bronnen zijn geïdentificeerd die zouden kunnen bijdragen aan het dichten van het verschil tussen berekende NH<sub>3</sub>-emissies en 'benodigde' NH<sub>3</sub>-emissies om gemeten/berekende NH<sub>3</sub>-concentraties in de atmosfeer te kunnen verklaren (CDM, 2018b). Van de drie genoemde bronnen is de onzekerheid in de NH<sub>3</sub>-emissies van emissiearme stallen het grootst en die van mestexport het geringst. In het voornoemde CDM-advies worden drie aanbevelingen gedaan (CDM, 2018b):

1. Nagaan voor welke emissiearme stalsystemen er een duidelijk verschil is tussen de door NEMA en door CBS berekende N-verliezen. Vervolgens gerichte emissiemetingen uitvoeren voor stalsystemen met een duidelijk verschil, om te verifiëren of de emissiefactoren in Rav en NEMA bijgesteld moeten worden.
2. Een betere inventarisatie en monitoring van de mesttoediening in de praktijk te ontwikkelen dan via de huidige Landbouwtelling, met daarbij ook een inventarisatie van de hoeveelheden uitgereden mest en de aard van de mest verdeeld over het uitrijseizoen en de grondsoort.
3. Gegevens over mestfraude verzamelen die meegenomen kunnen worden in de emissieberekening; door mestfraude wordt minder geëxporteerd dan wordt geregistreerd, waardoor de NH<sub>3</sub>-emissie bij toediening van de op papier geëxporteerde mest toch in Nederland plaatsvindt. Door een betere grip op mestfraude kan nauwkeuriger de NH<sub>3</sub>-emissie verbonden met al dan niet geëxporteerde mest worden berekend.

In onderhavig advies worden die aanbevelingen uit het eerdere CDM-advies nog een keer onderstreept. Het maatschappelijk en economisch belang van nauwkeurige NH<sub>3</sub>-emissiecijfers is geweldig toegenomen in de voorbije jaren. Dat blijkt ook uit de recente brief van de minister van LNV aan de Tweede Kamer (LNV, 2020). Maar er is ook opwaardering nodig van het onderzoek naar (de ruimtelijke variaties in) emissies van NH<sub>3</sub> en broeikasgassen uit de landbouw en naar de ruimtelijke variaties in stikstofdepositie (CDM, 2018b).

Het meer strategisch-fundamenteel onderzoek (actie 7 in het antwoord op vraag 3) dient vooral gericht te zijn op het ontwikkelen en managen van robuuste emissiearme stalsystemen met dunne mest en vaste mest. Dat onderzoeksplan zou moeten aansluiten bij de 'Subsidiemodules

brongerichte verduurzaming stal- en managementmaatregelen' (Sbv) zoals genoemd in de brief van de minister van LNV aan de Tweede Kamer (LNV, 2020). Een onderdeel van dat plan zou ook moeten zijn het verder ontwikkelen van methoden voor het nauwkeurig kwantificeren en monitoren van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub> uit stallen en mestopslagen. Dat moet leiden tot een instrumentarium en protocol waarmee veehouders zelf ook kunnen monitoren (Bijlage 3).

Naast het strategisch-fundamentele onderzoek dient er ruimte te zijn voor korte termijn acties ('laaghangend fruit'), daar waar nu reeds duidelijk is wat de knelpunten zijn. Mogelijke korte termijn acties zijn bijvoorbeeld het opstellen van (i) richtlijnen en cursussen voor een systeembenadering bij emissiearme huisvesting voor de praktijk, (ii) een managementplan voor onderhoud en controle van luchtwassers, (iii) richtlijnen voor het schoonhouden en onderhouden van emissiearme vloeren, (iv) richtlijnen voor het indelen en managen van stallen met (tijdelijk) minder vee dan eerder gepland, en (v) richtlijnen voor het gebruik van dikke fractie van gescheiden mest in ligboxen. Met deze actie kan nu worden gestart. Deze acties zouden herhaaldelijk geëvalueerd en herzien moeten worden, als een periodieke Apk-keuring.

In een aanvullende adviesvraag, vraagt het ministerie van LNV aan de CDM om ook een recente publicatie in onderhavig advies te betrekken (zie Bijlage 4). Wageningse onderzoekers hebben onlangs een studie gepubliceerd waaruit blijkt dat de NH<sub>3</sub>-emissies bij mesttoediening met 10% zijn overschat, globaal overeenkomend met 4 miljoen kg NH<sub>3</sub> voor de Nederlandse landbouw (Goedhart et al., 2019). Het CDM heeft een zestal (buitenlandse) experts gevraagd of de resultaten en conclusies van deze studie voldoende robuust zijn om de NH<sub>3</sub>-emissies bij mesttoediening bij te stellen (aan te passen). De reviewers beamen dat het voorgestelde 'exponentiele concentratieprofiel' tot een betere emissieberekening leidt dat het tot nu toe gebruikte 'logaritmische concentratieprofiel'. Enkele reviewers geven aan dat deze kennis al langer bekend was en dat met de 'nieuwe' methodiek de berekende emissies op basis van de metingen in Nederland meer in overeenstemming komen met die in het buitenland. Ook wijzen reviewers op andere mogelijke onzekerheden in de emissieberekeningen en op de noodzaak om ook deze onzekerheden weg te nemen (Bijlage 5).

Aan de geadviseerde betere inventarisatie en monitoring van de mesttoediening in de praktijk wordt gewerkt. Blijft de vraag hoe de effectiviteit van emissiearm toedienen van mest op vooral grasland kan worden verbeterd. Recent is aangegeven dat het verdunnen van dunne mest met 0,5 deel water op 1 deel dunne mest naar verwachting leidt tot een emissiereductie van 20–30%, bij zodenbemesting van grasland op zandgrond (CDM, 2020). Geadviseerd wordt om die expert-schatting te onderbouwen met empirische metingen, en om een verdere emissiereductie te bewerkstelligen door innovaties in mesttoediening.

#### 4. Referenties

Adviescollege (2019) Niet alles kan - Eerste advies Adviescollege Stikstofproblematiek.

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/09/25/eerste-advies-adviescollege-stikstofproblematiek>

Adviescollege (2020) Niet alles kan overal - Eindadvies structurele aanpak. Adviescollege

Stikstofproblematiek. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/06/08/niet-alles-kan-overal>

Bikker, P., L.B. Šebek, C. van Bruggen & O. Oenema (2019) Stikstof- en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren. Herziening excretieforfaits Meststoffenwet 2019. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen, WOt-technical report 152. 80 blz.

Bruins, W.J.; Dijksterhuis, G.H.; Velthof, G.L.; Ketelaars, J.J.M.H. (2000) Stikstofvervluchtiging uit mest: berekening op basis van mineralenbalansen. Plant Research International. Rapport 29

<http://edepot.wur.nl/46032>

CDM (2016) CDM-advies 'excretienormen voor biologisch gehouden leghennen. Brief 16/N&M0155 van 22 november 2016. <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Projecten/Commissie-van-Deskundigen-Meststoffenwet-CDM/Documenten/Stikstof-en-fosfaatexcreties.htm>

CDM (2018a) Review stikstofcorrectie voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen.

CDM (2018b) Analyse van de ammoniakemissie uit de landbouw in de periode 2005-2016.

[https://www.wur.nl/upload\\_mm/9/f/e/9db0bb93-a7c7-4f68-bfe7-7268648fa09e\\_1837350\\_CDM-advies%20analyse%20onzekerheden%20in%20ammoniakemissies.pdf](https://www.wur.nl/upload_mm/9/f/e/9db0bb93-a7c7-4f68-bfe7-7268648fa09e_1837350_CDM-advies%20analyse%20onzekerheden%20in%20ammoniakemissies.pdf).

CDM (2019) Analyse van ammoniakemissie-beperkende maatregelen in het kader van PAS.

[https://www.wur.nl/upload\\_mm/5/5/c/f18c2ac4-ab70-49b9-96e4-547a3b0ac427\\_1910363\\_CDM-advies.pdf](https://www.wur.nl/upload_mm/5/5/c/f18c2ac4-ab70-49b9-96e4-547a3b0ac427_1910363_CDM-advies.pdf).

CDM (2020) Effecten van verdunning van mest bij mestaanwending op zandgrond.

[https://www.wur.nl/upload\\_mm/e/5/3/41aaaf9f-bb24-423c-8155-2e6fe2ee00fb\\_2000558\\_CDM%20Advies%20Effecten%20van%20verdunning%20van%20mest%20bij%20mestaanwending%20op%20zandgrond.pdf](https://www.wur.nl/upload_mm/e/5/3/41aaaf9f-bb24-423c-8155-2e6fe2ee00fb_2000558_CDM%20Advies%20Effecten%20van%20verdunning%20van%20mest%20bij%20mestaanwending%20op%20zandgrond.pdf)

Commissie geurhinder veehouderijen (2019) Geur bekennen - Combi-luchtwassers, varkenshouderijen en geurhinder. Adviesrapport. Overlegorgaan Fysieke Leefomgeving. Den Haag.

De Boer, I.J.M. & van Ittersum, M.K. (2018) Circularity in Agricultural production. Wageningen University & Research.

Dekker S.E.M. (2012) Exploring ecological sustainability in the production chain of organic eggs. PhD thesis Wageningen University, 175 pp.



Ellen, H.H., C.M. Groenestein, N.W.M. Ogink (2017) Actualisering ammoniak emissiefactoren Pluimvee. Advies voor aanpassing in de Regeling ammoniak en veehouderij. Wageningen Livestock Research, Rapport 1015. (<https://edepot.wur.nl/407972>)

Goedhart, P.W., J. Mosquera, & J.F.M. Huijsmans (2020) Estimating ammonia emission after field application of manure by the integrated horizontal flux method: a comparison of concentration and wind speed profiles. Soil Use Management. DOI: 10.1111/sum.12564

Groenestein, C.M., J. de Wit, C. van Bruggen & O. Oenema (2015a). Stikstof- en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren. Herziening excretieforfaits Meststoffenwet 2015. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen, WOt-technical report 45.

Groenestein, C.M. , P. Bikker, P. Hoeksma, R. Zom, & C. van Bruggen (2015b) Excretieforfaits van mest: verschillen tussen berekende en gemeten N/P2O5 ratio's in mest. Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 748. 36 blz.

Lagerwerf, L.A., A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2019) Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands. Calculations of CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, NMVOC, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and CO<sub>2</sub> with the National Emission Model for Agriculture (NEMA) – update 2019. Wageningen, The Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment. WOt-technical report 148.

LNV (2020) Voortgang stikstofproblematiek: maatregelen landbouw en verdere impuls gebiedsgerichte aanpak. Brief van minister Carola Schouten, Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit aan de Tweede Kamer, 7 februari 2020. Brief DGA-DAD / 20032998.

LNV (2020b) Voortgang stikstofproblematiek: structurele aanpak. Brief van minister Carola Schouten, Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit aan de Tweede Kamer, 24 april 2020. Brief BPZ / 20120075.

Melse, R., Nijeboer, G. M., & Ogink, N. W. M. (2018) Air Scrubber Performance At Pig Farms In Practice; Odour And Ammonia Removal Still A Challenge. Abstract from AgEng2018, Wageningen, Netherlands.

Mosquera, J., Hol, J.M.G. & Ogink, N.W.M. (2008) Analyse ammoniakemissieniveaus van praktijkbedrijven in de varkenshouderij (1990-2003). Animal Sciences Group, Rapport 135, Lelystad.

NCM (2019) Landelijke inventarisatie export en verwerking dierlijke mest 2019. Nederlands Centrum Mestverwaarding.  
<https://www.mestverwaarding.nl/storage/article/files/2019/10/5db1fceb2b362.pdf>.

Ogink, N.W.M., J. Mosquera, J.M.G. Hol (2011) Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010. Rapport 454. Livestock Research, Lelystad.

Oostdijk, A. & F. Maas (2014) Naar een ander stelsel voor (proef)stalbeoordeling. Berenschot 49275.

RVO (2019) Tabel 4 Diergebonden forfaitaire gehalten 2019.

(<https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mestbeleid/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen>).

Snoek, J.W., H. Stigter, G. C.C. Kupers, P.W.G. Groot Koerkamp, & N. W.M. Ogink (2017) Assessing fresh urine puddle chemistry in commercial dairy cow houses. *Biosystems Engineering*, 159, p.143-153.

Sommer, S.G. et al (Eds) (2013) *Animal Manure Recycling – Treatment and Management*. Wiley.

Sutton, M.A. et al. (Eds) (2011) *The European Nitrogen Assessment*, Cambridge University Press.

Van Bruggen, C. & K. Geertjes (2019) Stikstofverlies uit opgeslagen mest - Stikstofverlies berekend uit het verschil in verhouding tussen stikstof en fosfaat bij excretie en bij mestafvoer. © Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen/Bonaire, 2019.

Van Bruggen, C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2019) Emissies naar lucht uit de landbouw in 2017. Berekeningen met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOt-technical report 147. 131 pp.; 48 tab.; 6 figs.; 65 ref.; 6 bijl. [https://www.wur.nl/upload\\_mm/c/5/b/60eb9d19-a8a3-4a50-b0e0-fef497545577\\_WOt-technical%20report%20147%20webversie.pdf](https://www.wur.nl/upload_mm/c/5/b/60eb9d19-a8a3-4a50-b0e0-fef497545577_WOt-technical%20report%20147%20webversie.pdf).

Van Bruggen, C. & M. Gosseling (2019) Dierlijke mest en mineralen 1990–2018. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

Van Bruggen, C. (2018) Dierlijke mest en mineralen 2017. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen, & J.F.M. Huijsmans (2012) [A model for inventory of ammonia emissions from agriculture in the Netherlands](#). *Atmospheric Environment* 46, 248-255.

Vonk, J., S.M. van der Sluis, A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar & G.L. Velthof (2018) Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands – update 2018. Calculations of CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and CO<sub>2</sub> with the National Emission Model for Agriculture (NEMA). Wageningen, The Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment. WOt-technical report 115. 176 p

WUM ( 2010) Gestandaardiseerde berekeningsmethode voor dierlijke mest en mineralen. Standaardcijfers 1990–2008. Werkgroep Uniformering berekening Mesten mineralencijfers (redactie C. van Bruggen). CBS, PBL, LEI-Wageningen UR, Wageningen UR-Livestock Research, Ministerie van LNV en RIVM. CBS, Den Haag.



## Bijlage 1. Adviesaanvraag



Ministerie van Landbouw,  
Natuur en Voedselkwaliteit

> Retouradres Postbus 20401 2500 EK Den Haag

Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM)  
De heer prof.dr.ir. O. Oenema  
Postbus 47  
6700 AA WAGENINGEN

**Directoraat-generaal Agro**

**Bezoekadres**  
Bezuidenhoutseweg 73  
2594 AC Den Haag

**Postadres**  
Postbus 20401  
2500 EK Den Haag

**Overheidsidentificatienr**  
0000001858272854000

T 070 379 8911 (algemeen)  
F 070 378 6100 (algemeen)  
www.rijksoverheid.nl/inv

**Behandeld door**

Datum - 10 DECEMBER 2019 -

Betreft adviesaanvraag Commissie van Deskundigen Meststoffenwet

Geachte heer Oenema,

**Ons kenmerk**  
DGA / 19278371

**Uw kenmerk**

**Bijlage(n)**

Op 25 oktober 2019 is het CBS-rapport "Stikstofverlies uit opgeslagen mest" naar de Eerste Kamer gestuurd als bijlage van een brief van de minister van LNV over "Wijziging van de Meststoffenwet in verband met tijdelijke verhoging van het afromingspercentage bij overgang van een fosfaatrecht" (Kamerstuk 35208, nr. F). De resultaten uit dit rapport geven aanwijzingen dat de effectiviteit van emissiearme stallen lager is dan verondersteld.

Op basis van een eerdere versie van dit CBS-rapport en het uiteenlopen van de trend in gemeten ammoniakconcentratie en berekende ammoniakemissie heeft het CDM op 3 december 2018 advies uitgebracht over de analyse van de ammoniakemissie in de periode 2005-2016. Het CDM heeft in dit advies drie factoren onderscheiden die mogelijk hebben geleid tot een onderschatting van de opgetreden ammoniakemissie. Deze drie factoren zijn:

- i) de emissiereductie door emissiearme stallen
- ii) de afzet van mest buiten de Nederlandse landbouw
- iii) de toepassing van emissiearme mesttoedieningstechnieken.

Het CDM adviseerde om de onzekerheden in bovengenoemde factoren zoveel mogelijk weg te nemen met empirisch onderzoek. De minister heeft in de brief van 14 januari 2019 (Kamerstuk 32670, nr.143) toegezegd deze aanbevelingen van de CDM over te nemen.

### Verzoek om advies

Ik verzoek u een advies op te stellen over:

- Welke conclusies over de effectiviteit van emissiearme stallen om ammoniak te reduceren kunnen getrokken worden uit het CBS-rapport "Stikstofverlies uit opgeslagen mest". Kunt u een inschatting maken of en in welke mate de ammoniakemissie in de afgelopen jaren is overschat?
- Welke acties zijn nodig om een betere analyse te maken van de effectiviteit van emissiearme stallen?
- Welk empirisch onderzoek is er nodig is om de onzekerheid te verminderen in de factoren die genoemd zijn in het advies van de CDM in 2018:
  - i) effectiviteit van emissiearme stallen,
  - ii) toepassing en effectiviteit van emissiearme mestaanwendingsstechnieken en
  - iii) de afzet buiten de Nederlandse landbouw

Directoraat-generaal Agro

Ons kenmerk  
DGA / 19278371

- 
- Wat zijn de consequenties van de resultaten van het rapport van het CBS op de uitgangspunten van de berekening van gasvormige stikstofverliezen (NEMA), die Nederland gebruikt voor rapportages aan de EU (NEC-richtlijn), UNECE (Gothenborg Protocol) en UNFCCC (Klimaatconventie).

Ik zou uw advies graag uiterlijk 1 maart 2020 willen ontvangen.

Hoogachtend,

Mevr. ir. A. de Veer  
Directeur Strategie, Kennis en Innovatie

**Bijlage 2. Toelichting bij antwoord op vraag 1 'Welke conclusies kunnen worden getrokken over de effectiviteit van emissiearme stallen in de praktijk op basis van het CBS-rapport? In welke mate zijn emissies onderschat?'**

De CBS-studie geeft aan dat effectiviteit van emissiearme stallen minder groot is dan de emissiefactoren van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) aangeven. Deze constatering zet aan tot nadenken. Is de bevinding van de CBS-studie over emissiearme stallen voldoende robuust om er überhaupt implicaties aan te verbinden? Is de vergelijking (uitsplitsing) van gangbare en emissiearme stallen in de CBS-studie realistisch; is de aanname voor deze twee groepen stalsystemen dat de bedrijfsvoering en rantsoenen vergelijkbaar zijn wel correct? Zijn er voldoende stallen in de vergelijking meegenomen? Lastige vragen die niet eenvoudig te beantwoorden zijn. De CBS-studie is uitgebreid en enig in zijn soort, zeker op de ruimtelijke schaal en het detailniveau (verschillende stalsystemen) waarop de studie is uitgevoerd. Er zijn ook (internationaal) geen andere studies bekend die een vergelijkbare analyse hebben gemaakt. De studies van Bruins et al (2000) en Groenestein et al (2015) zijn uitgevoerd op het niveau van diercategorieën, zonder onderscheid tussen stalsystemen te maken; de resultaten van deze studies zijn echter niet in tegenspraak met de bevindingen van de CBS-studie. Daarenboven is in de CBS-studie een selectieproces toegepast waarbij enkel bedrijven, stallen en mestmonsters zijn geselecteerd waarvan de juistheid kan worden geverifieerd. Bovendien zijn in de CBS-studie diverse onzekerheidsanalyses uitgevoerd die bevestigen dat de uitkomsten van de berekende N-verliezen robuust zijn. De CDM-werkgroep beoordeelt de resultaten van de CBS-studie daarom als voldoende betrouwbaar om de afwezigheid van een duidelijk verschil in N-verlies tussen emissiearme stallen en gangbare stallen, en de grote post 'rest-N' in figuren 2, 3 en 4 als 'verontrustend' te kunnen beoordelen.

Er is in de CBS-studie geen informatie verzameld om te verifiëren dat de bedrijfsvoering en rantsoenen op bedrijven met gangbare stallen en emissiearme stallen vergelijkbaar was. Het valt niet uit te sluiten dat bedrijven met emissiearme stallen een bedrijfsvoering hebben met een andere verhouding van stikstof/fosfaat in het rantsoen, en daardoor ook een andere stikstof/fosfaat verhouding in de excretie van de dieren. Ook is niet uit te sluiten dat in de melkveehouderij meer emissiearme stallen dan gangbare stallen gebruik maken van de vaste fractie van gescheiden rundveemest als vulmateriaal voor ligboxen. Het N-verlies uit stallen en mestopslagen kan toenemen bij gebruik van de vaste fractie in ligboxen, als gevolg van composteringsprocessen en uitdampen van de ammonium die in de vaste fractie aanwezig is. Vanaf ongeveer 2012 zijn veel nieuwe en grote melkveestallen gebouwd, anticiperend op het einde van het melkquotumstelsel. Veel melkveebedrijven passen mestscheiding toe, om de fosfaatrijke vaste fractie af te kunnen voeren om aan de wetgeving te voldoen, en om de vaste fractie te kunnen gebruiken als strooisel in ligboxen. Wanneer de vaste fractie als vulmateriaal vooral bij emissiearme stallen wordt toegepast, dan kan dit bijdragen tot een geringer verschil in N-verlies tussen emissiearme en gangbare melkveestallen. Naar schatting maakt 10 tot 20% van de melkveebedrijven gebruik van vaste mest fractie als strooisel in ligboxen (KWIN, 2020).

Verder speelt een rol dat bij de bouw van veel nieuwe emissiearme stallen rekening gehouden is groei, met een toename van het aantal dieren, maar door de overschrijding van het fosfaatproductieplafond in 2016 en de daaropvolgende implementatie van het fosfaatreductieplan en fosfaatrechtenstelsel is die groei vaak niet gerealiseerd, waardoor een systematische

onderbezetting is opgetreden. Daardoor is het emitterende oppervlak per dier vaak groter dan eerder gepland, waardoor emissies hoger uitvallen dan de Rav-emissiefactor.

De CDM-werkgroep beschikt niet over informatie dat emissiearme stallen gemiddeld genomen een lagere stikstof-fosfaatverhouding in het rantsoen hebben dan gangbare stallen en dat meer (relatief) emissiearme stallen de vaste fractie van gescheiden mest als vulmateriaal voor ligboxen gebruiken dan gangbare stallen. Verder is er geen kwantitatieve informatie beschikbaar over de toename van emitterend oppervlak in emissiearme stallen als gevolg van onderbezetting.

In Tabel B1 is het aandeel emissiearme huisvesting in de totale huisvesting weergegeven voor de periode 2005-2016. Het aandeel emissiearme huisvesting is de laatste jaren toegenomen. Het aandeel neemt toe in de volgorde melkvee < varkens < pluimvee. (Van Bruggen et al., 2018; CDM, 2019).

*Tabel B1. Aandeel emissiearme huisvesting in procent van de totale huisvesting, voor de periode 2005-2016. (Bron: Van Bruggen et al., 2018; CDM, 2019).*

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Melkkoeien	8	8	5	5	5	5	10	10	10	10	19	21
Zeugen en biggen	36	36	38	38	38	45	54	57	69	71	75	75
Vlees- en opfokvarkens	29	29	33	33	33	44	52	55	69	71	73	78
Opfokhennen	65	65	80	80	80	80	86	86	90	90	81	82
Leghennen	67	67	83	83	83	87	88	88	94	94	96	96
Ouderdieren van vleeskuikens-opfok	0	0	0	0	0	0	15	16	16	16	43	52
Ouderdieren van vleeskuikens	26	26	23	23	23	31	52	52	52	52	85	87
Vleeskuikens	9	9	18	18	18	36	67	67	82	82	87	88

Het aantal bedrijven in de vergelijking van emissiearme en gangbare stalsystemen is ongelijk, en voor enkele combinaties van diercategorieën en stalsystemen is het aantal gering (Tabel B2). Voor categorieën met veel bedrijven (melkkoeien, vleesvarkens) is de schatting van het gasvormige stikstofverlies veel robuuster (ondanks de ongelijke verdeling van aantallen bedrijven over emissiearm versus gangbaar) dan voor categorieën met relatief weinig bedrijven (fokvarkens, kalkoenen). Naar verwachting kunnen er over drie jaar, als er voor bepaalde categorieën meer data beschikbaar zijn gekomen, robuustere schattingen van het stikstofverlies worden gemaakt.

Door Groenestein et al (2015b) is gesuggereerd dat het afvoeren van de fosfaatrijke bezinklagen en het lokaal afzetten van fosfaatarme bovenlagen op varkensbedrijven de robuustheid van de CBS-methodiek mogelijk ondergraaft. In het CDM-review van de CBS-methodiek (op basis van een eerder conceptrapport waarin resultaten van één jaar waren geanalyseerd) is gesteld dat mestfraude en fraude met analyseresultaten de betrouwbaarheid van de CBS-methodiek ondergraaft (CDM, 2018). Mestfraude is inderdaad een serieus probleem in Nederland. Het selectief bemonsteren van fosfaatrijke delen in afgevoerde (vaste) mest, of het kunstmatig verrijken van monsters van afgevoerde (vaste mest) met fosfaat leidt tot een relatief lage verhouding van stikstof/fosfaat in de afgevoerde mest en dus tot een relatief hoge schatting van de gasvormige stikstofverliezen, volgens



de CBS-systematiek. Indien dit mechanisme (op grote schaal) optreedt dan worden de totale gasvormige stikstofverliezen overschat in de CBS-systematiek. In theorie zou dit mechanisme de vergelijking tussen emissiearme en gangbare stallen kunnen verstoren. Als bedrijven met emissiearme stallen meer mestfraude toepassen dan bedrijven met gangbare stallen, dan zouden emissiearme stallen een relatief hoger stikstofverlies genereren dan bedrijven met gangbare stallen, en omgekeerd). Een relatie tussen emissiearme stallen en fraude met mestanalyses is niet eerder gelegd en lijkt niet aannemelijk.

Tabel B2. Samenvattend overzicht van de aantallen bedrijven in drie jaar die in de vergelijking zijn betrokken van de stikstofverliespercentages voor emissiearme en overige huisvestingssystemen, met drijfmest of met vaste mest. (Bron: Bijlage B5.1; Van Bruggen en Geertjes, 2019).

Diercategorieën/ staltypen	Drijfmest		Vaste mest	
	Emissiearm	Overig	Emissiearm	Overig
Melkkoeien	592	2574	85	294
Fokvarkens	81	202	21	24
Vleesvarkens	764	3269		
Leghennen en ouderdieren <18 weken			28/153*	145
Leghennen en ouderdieren >18 weken			113/1091*	429
Ouderdieren vleeskuikens <20 weken			39	67
Ouderdieren vleeskuikens >20 weken			274	39
Vleeskuikens			984	173
Kalkoenen			9	40

\*) stallen met mestband/volière

Sinds november 2017 wordt de dikke fractie van gescheiden dunne rundvee- en varkensmest (mestcodes 13 en 43) per vracht bemonsterd door onafhankelijke monsternemers. Daardoor zijn ongeloofwaardige hoge stikstof- en fosfaatgehalte in mestmonsters en de mogelijkheden tot mestfraude sterk verminderd. Alle verdachte mestanalyses zijn in de CBS-studie ook verwijderd.

Zijn er andere aanwijzingen die iets kunnen zeggen over de effectiviteit van emissiearme stallen? Ervaringen van deskundigen in de onderhavige CDM-werkgroep geven aan dat emissiearme stallen complexe systemen zijn, d.w.z., de emissiebeperking wordt door een complex van factoren beïnvloed. Ze pleiten voor meer systeembenadering, waarbij rekening wordt gehouden met alle factoren die de grootte van de NH<sub>3</sub>-emissies uit stallen en mestopslagsystemen beïnvloeden. Belangrijke factoren zijn: het (dier, voer, mest, stal) management door de veehouder, voersamenstelling, vloertype, werking en frequentie van mestschuiven (mestrobots), ventilatie, voerbakkenplaatsing, en mestmixin (zie ook Box 2). Ook de staat van het onderhoud en de slijtage van materialen en technieken beïnvloeden de grootte van de NH<sub>3</sub>-emissies uit stallen. De CDM-werkgroep is daarom niet verbaasd dat de effectiviteit van emissiearme stalsystemen minder zou zijn dan eerder gedacht, omdat een systeembenadering en -aanpak te veel ontbreekt in de praktijk van emissiearme stallen. Bij de huidige emissiearme stallen ontbreekt een 'managementprotocol', d.w.z. een overzicht van aanwijzingen en voorschriften om emissiearme stallen effectief te maken, en er ontbreekt (jaarlijkse) controle zoals bij een APK.



**Box 2. Kritische factoren voor emissiereductie bij emissiearme stallen**

Voor varkens en rundvee geldt dat de hoeveelheid en samenstelling van de urine en feces op stalvloeren, in mestopslagen onder de stalvloeren en mestopslagen in de buitenlucht de grootte van de ammoniakemissie sterk beïnvloeden. De samenstelling van de urine en feces is vooral afhankelijk van diercategorie en rantsoen. Daarenboven is de ammoniakemissie afhankelijk van:

- Het staltype en vloertype;
- Het (dier, voer, mest en stal) management van de veehouder, en de interactie tussen staltype en management;
- De mate van vloerbevuilding in de stal als gevolg van 'verstoord mestgedrag' van de dieren; dit is afhankelijk van vloertype, hokvorm en -inrichting, voersysteem, ventilatiesysteem en temperatuur, en gebruik van strooisel;
- Het emitterend oppervlak van de mestopslag onder de stalvloer, de grootte van de openingen naar de stal of buitenlucht, het optreden van putventilatie, luchtvochtigheid en temperatuur, en de frequentie van mestmixen en leeghalen van de mestopslag
- De uitvoering van de mestopslag buiten de stal, zoals afdekking van silo's, mate van afsluiting, het optreden van lekverliezen door luchtverversing, de duur van de opslag en van de omgevingscondities (temperatuur, wind, zon).

In de systeembeschrijvingen voor varkens- en pluimveestallen zijn een aantal kritische aspecten van emissiereductie niet opgenomen, zoals rantsoensamenstelling, management, hokvorm en inrichting, voersysteem en ventilatiesysteem. Dit kunnen *succesfactoren* voor emissiebeperking zijn, maar in de praktijk ook *faalfactoren*, vooral als deze factoren te wensen overlaten.

Bij pluimvee gaat het vooral om snelle (geforceerde) droging van de mest op de mestbanden onder de roostervloeren en op strooiselvloeren. Effectieve droging voorkomt de omzetting van urinezuur naar ureum en daarmee de vorming van ammoniak uit ureum. Daarnaast is de frequentie van mest verwijderen uit de stal van belang, maar dan moet wel geborgd zijn dat de mest buiten de stal droog wordt opgeslagen. Dit laatste is in de praktijk niet altijd gegarandeerd, waardoor stikstofverliezen groter kunnen zijn dan uit emissiefactoren blijkt.

De vraag is ook of de systematiek van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) voor emissiearme stallen (Box 3) voldoende robuust is om de emissiefactoren (c.q. de gemeten emissiereducties) in de praktijk te borgen. Dat de ammoniakemissies in de praktijk mogelijk hoger kunnen zijn dan de emissiefactoren aangeven, blijkt uit het volgende signalen:

- Toezichthouders van Omgevingsdiensten controleren of de stal aan de vereisten voldoet (Box 3). Ook als de stal voldoet aan de technische vereisten, signaleren de toezichthouders herhaaldelijk vloer- en hokbevuilding in emissiearme varkensstallen, urineplassen op emissiearme vloeren en dergelijke. Dit zijn aanwijzingen dat de ammoniakemissies uit de stal waarschijnlijk hoger zijn dan verwacht mag worden op basis van emissiefactoren voor emissiearme stallen. Dit beeld wordt bevestigd op momenten dat de gasalert-meter afgaat bij een ammoniakconcentratie hoger dan 50 ppm (voor de veiligheid en de gezondheid dient de toezichthouder de stalcontrole te stoppen en de stal te verlaten). In het netwerk Mineral Valley Twente heeft de Omgevingsdienst Twente onlangs metingen uitgevoerd van NH<sub>3</sub>-concentraties boven stalvloeren en in de nok van stallen van 36 rundveestallen in Twente, en die gerelateerd aan eiwitgehalte in het rantsoen, melkproductie, ureumgehalte in de melk. De variatie tussen stallen in NH<sub>3</sub>-concentraties was groot, maar emissiearme stallen hadden gemiddeld genomen geen lagere NH<sub>3</sub>-concentraties. (mondelijke mededelingen Wilco Pasman, senior beleidsmedewerker Plattelandsontwikkeling gemeente Twente, en Gerrit Stobbelaar, Omgevingsdienst Twente).

- Een andere aanwijzing is te vinden in het rapport "Naar een ander stelsel voor (proef)stalbeoordeling" van Berenschot (Oostdijk en Maas, 2014). De meetverplichting voor emissiearme stallen met een voorlopig emissiecijfer wordt in de praktijk niet altijd opgevolgd. Als onbedoeld gevolg van de introductie van voorlopige emissiefactoren lijkt de sector de meetverplichting te ontwijken. Stalsystemen en varianten worden opnieuw aangemeld om opnieuw gebruik te maken van de proefstalregeling. Daardoor is het mogelijk dat er in de praktijk emissiearme stallen zijn waarvan niet is gemeten of ze doen wat ze beogen te doen, namelijk de NH<sub>3</sub>-emissie uit die stal met x% te verminderen. In tabel B3 staan de stalsystemen weergegeven die niet met emissiemetingen zijn gecontroleerd. Uit bijlage 7.1 van het CBS-rapport blijkt dat het aandeel van de in tabel 3 genoemde systemen met een voorlopige emissiefactor 15% was in 2017, van de 400 emissiearme melkveebedrijven. Het berekende stikstofverlies van deze stalsystemen is minder dan het gemiddelde van alle emissiearme melkveebedrijven. Dit betekent dat deze stalsystemen niet alleen verantwoordelijk kunnen zijn voor het slechte resultaat van de emissiearme stallen in de CBS-studie.
- Het blijkt voor sommige stallenbouwers aantrekkelijker te zijn om eigen versies van emissiearme stallen op de markt te brengen die voldoen aan de beschrijving van Rav-codes van stalvloeren ingediend door andere fabrikanten. Het is niet duidelijk of deze zogenaamde 'stal-klonen' wel zo effectief zijn als de originele staluitvoeringen die zijn doorgemeten. De omvang van deze praktijk is moeilijk vast te stellen.
- Emissiemetingen ter verificatie van de voorlopige emissiepercentages worden uitgevoerd aan in het algemeen nieuwe stallen, die meestal een proefstalstatus hebben (Ogink et al., 2010). Dit impliceert dat omstandigheden in emissiearme stallen in de praktijk, zeker na een aantal jaren, anders kunnen zijn dan in de situaties van de meetopstellingen.
- Bij het meten van NH<sub>3</sub>-emissies uit emissiearme stallen, ter verificatie van de voorlopige emissiepercentages, wordt het emissiearme principe van de stal niet geverifieerd. Als een lagere emissie wordt gemeten dan is niet bekend wat de oorzaak daarvan is (zou bijvoorbeeld ook het gevolg van een eiwitarm rantsoen kunnen zijn). In een aantal gevallen is er twijfel over de juiste werking van de vloer bij melkvee.
- Er worden geen verificatiemetingen (monitoring) uitgevoerd aan emissiearme stallen in de praktijk om na te gaan welke emissiereductie in de praktijk in emissiearme stallen wordt gerealiseerd (er zijn geen algemene periodieke keuringen, geen Apk-keuringen). Daardoor is het niet bekend of emissiearme stallen op de langere termijn doen wat ze beogen te doen.
- Stallen met (gecombineerde) luchtwassers blijken in de praktijk minder NH<sub>3</sub> uit de stallucht te wassen dan eerder gedacht (zijn minder effectief) en luchtwassers met een 'biologische nabehandeling' blijken een deel van de gevangen NH<sub>3</sub> vervolgens als NO<sub>x</sub> te emitteren (zijn minder efficiënt dan eerder gedacht) (Melse et al. 2018). De resultaten van de CBS-studie kunnen echter niet worden gebruikt om de effectiviteit van stallen met luchtwassers te toetsen, omdat CBS geen informatie had over de hoeveelheid NH<sub>3</sub>-N 'gevangen' in spuiwater.

Tabel B3. Stalsystemen met voorlopige emissiefactoren die niet zijn doorgezet naar definitieve emissiefactoren.

Rav-code	Voorlopige emissiefactor, kg NH <sub>3</sub> /dierplaats per jaar	Leverancier
A 1.9	6.0	Groene vlag, roostervloer en afdichtflappen
A 1.11	11.8	Swaans beton, Patent comfort vloer G1
A 1.12	12.2	HCl, W2 vloer Concretit, C5
A 1.15	10.3	Swaans beton, Patent Comfort vloer G2
A 1.16	11.7	Herakles (gietasfalt op afschot met giergoot)
A 1.17	5.1	Luchtwater
A 1.29	9.9	Berkelbeton D4-vloer

**Box 3. Regeling ammoniak en veehouderij (Rav)**

De systematiek van de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) is ontstaan in de jaren negentig van de vorige eeuw bij de introductie van Groen-Labelstallen. Het continue meten van de ammoniakemissie uit stallen was destijds en nu nog steeds niet haalbaar en niet betaalbaar. Daarom is destijds gekozen voor de nog steeds geldende systematiek van (1) emissies meten aan proefstallen - (2) voorlopige emissiefactor vaststellen voor de proefstallen voor de vergunningverlening - (3) emissiefactor bepalen op basis van de meetrapporten - (4) emissiefactor opnemen in de Rav met een (5) bijbehorende systeembeschrijving van de emissiearme stal of luchtwater. De systeembeschrijving is cruciaal voor de navolging in de praktijk. De systeembeschrijving bevat middelvoorschriften; de (bouw)technische "uitvoeringseisen" en "gebruikseisen". Deze zijn gebaseerd op de *succesfactoren voor emissiereductie* (zie box 3), volgens het werkingsprincipe van het emissiearme stalsysteem. Met de systeembeschrijving in de hand is de veehouder in staat om een emissiearme stal 'volgens regels der kunst' te bouwen, gebruiken en onderhouden. De systeembeschrijving geldt zowel voor vergunningplichtige als meldingsplichtige veehouderijen (artikel 3.123 Activiteitenbesluit van paragraaf 3.5.8 van het Activiteitenbesluit; het houden van landbouwhuisdieren). Toezichthouders van Omgevingsdiensten controleren aan de hand van de systeembeschrijving of de genoemde middelvoorschriften / eisen worden nageleefd.

In het kader van onderhavig advies zijn oriënterende analyses gemaakt van de mogelijke onderschatting van de NH<sub>3</sub>-emissies uit emissiearme stallen met behulp van het model NEMA. Daarbij zijn twee varianten geanalyseerd. In variant 1 is aangenomen dat emissiearme huisvesting geen NH<sub>3</sub>-emissiebeperkend effect heeft (extreme case). In variant 2 is aangenomen dat emissiearme huisvesting een beperkt NH<sub>3</sub>-emissiebeperkend effect heeft, dat kan worden geschat op basis van de resultaten de CBS-studie.

**Variante 1. Doorrekening bij de aanname dat emissiearme huisvesting geen effect heeft.**

De veronderstelling is dat emissiearme voorzieningen geen effect hebben en dat dus de emissiefactor van deze stallen gelijk is aan de emissiefactor van reguliere stallen. Een positief effect van emissiearme stallen, zoals bij sommige varkensstallen en pluimveestallen (volière), op basis van de N/P-verhoudingen is dus genegeerd. Bij stallen voor legpluimvee is het aandeel en de emissiefactor van kooihuisvesting (groepskooi, verrijkte kooi) ongewijzigd gelaten. Aan de overige stallen is de emissiefactor van reguliere grondhuisvesting toegekend. Het resultaat van deze variant is dat het NH<sub>3</sub>-verlies sterk wordt opgeblazen met name bij pluimvee doordat ook aan volièrestallen

nu de emissiefactor van reguliere grondhuisvesting wordt toegekend. Daarbij lijkt de emissiefactor per dierplaats van reguliere grondhuisvesting van leghennen (te) hoog in vergelijking met de totale N-verliezen op basis van de N/P-verhouding. Het niet-verklaarde deel van de N-verliezen is zelfs negatief voor deze stallen.

**Variante 2. Doorrekening bij de aanname dat emissiearme huisvesting beperkt effect heeft.**

Deze variant is een verfijning van de vorige waarbij gebruik is gemaakt van de N-verliezen in het CBS-rapport. De verfijning komt erop neer dat voor emissiearme stallen met een lager totaal N-verlies dan de reguliere stal, het NH<sub>3</sub>-verlies niet gelijk wordt gesteld aan dat van de reguliere stal, maar rekening wordt gehouden met het lagere N-verlies. Dit is gedaan door het N-verlies dat niet verklaard wordt uit emissiefactoren in NEMA (rest N-verlies) van de emissiearme stal gelijk te stellen aan dat van de reguliere stal. Het NH<sub>3</sub>-verlies van de emissiearme stal is vervolgens berekend als het totale N-verlies van de emissiearme stal minus Rest N reguliere stal minus overig N-verlies. Netto komt dit neer op het verhogen van het overig N-verlies (N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>) van emissiearme stallen met de Rest-N van reguliere stallen, en de veronderstelling dat de overige niet-verklaarde N van emissiearme stallen uit extra NH<sub>3</sub>-emissie bestaat. De relatieve verandering (verhoging) van de NH<sub>3</sub>-emissie is verwerkt in een aangepaste emissie per dierplaats. Het totale N-verlies van emissiearme stallen die op basis van het rapport beter presteren dan de reguliere stal blijft zo ongewijzigd.

Voorbeeld:

Reguliere huisvesting heeft een totaal N-verlies van 40% van de N-excretie, verdeeld in 25% NH<sub>3</sub>-verlies, 5% overig N-verlies en 10% Rest N-verlies (niet verklaard uit emissiefactoren NEMA). De emissiearme huisvesting presteert beter en heeft een totaal verlies van 30% van de N-excretie, verdeeld in 5% NH<sub>3</sub>-verlies, 5% overig N-verlies en 20% rest N-verlies. De toename van het rest N-verlies van 10 naar 20% veronderstelt dat de gehanteerde emissiefactoren voor emissiearme huisvesting in NEMA te laag zijn. Het herziene NH<sub>3</sub>-verlies van de emissiearme huisvesting (15%) is vervolgens berekend uit het verschil tussen het totale N-verlies (30%) en de som van het Rest N-verlies bij reguliere huisvesting (10%) en het overig N-verlies (5%). Het NH<sub>3</sub>-verlies van de emissiearme stal wordt dus drie keer zo hoog maar het totale verlies blijft 30%.

Uitwerking per stalgroep (zie Tabel B4):

Melkkoeien: de totale N-verliezen van reguliere en emissiearme stallen zijn nagenoeg gelijk. De factoren zijn daarom niet aangepast maar het aandeel reguliere stallen is op 100% gezet.

Varkens: Voor vleesvarkens is voor emissiearme stallen de verhoging van de NH<sub>3</sub>-emissie berekend uit drie aggregaties van emissiearme staltypen: koeldekssystemen, schuine putwanden en overige emissiearme stallen (excl. luchtwassers)

Leghennen: voor leghennen in opfok en leg is berekend wat de verhoging moet zijn van het NH<sub>3</sub>-verlies van de volièrestal bij eenzelfde Rest N-verlies als dat van de reguliere stal. Echter, het rest N-verlies is bij reguliere stallen negatief wat een indicatie is dat de verhoogde NH<sub>3</sub>-emissiefactoren per dierplaats (Ellen et al) een overschatting geven van het NH<sub>3</sub>-verlies. Het Rest N-verlies is daarom voor volièrestallen 0%.

Vleeskuikens: de verhoging van het NH<sub>3</sub>-verlies van stallen met ventilatiesystemen (80% van de emissiearme stallen) is berekend bij eenzelfde Rest N-verlies als dat van de reguliere stal. De verhoging is toegepast op alle emissiearme systemen, excl. luchtwassers.

Ouderdieren van vleeskuikens-opfok en leg: de verhoging van het NH<sub>3</sub>-verlies van emissiearme stallen is berekend bij eenzelfde Rest N-verlies als dat van de reguliere stal. De verhoging is toegepast op alle emissiearme systemen.

Overig pluimvee: de NH<sub>3</sub>-emissiefactoren zijn niet aangepast maar implementatiegraden zijn voor 100% op regulier gezet.

Tabel B4. Samenvatting van de berekende NH<sub>3</sub>-emissies per diercategorie en emissiebron voor het jaar 2018 (referentie) en voor twee varianten, waarbij is aangenomen dat emissiearme stallen geen emissiebeperkend effect hebben (variant 1) en een beperkt effect hebben (variant 2). Emissies zijn weergegeven in miljoen kg NH<sub>3</sub> (Bron: resultaten oriënterende analyses m.b.v. het model NEMA).

	Referentie (2018)	Variant 1: geen effect emissiearm	Variant 2: beperkt effect emissiearm <sup>1)</sup>
Rundvee	65,6	66,8	66,8
stal en opslag	32,3	33,7	33,7
Stal	31,4	32,8	32,8
opslag	0,9	0,9	0,9
weiden	1,2	1,2	1,2
toedienen	32,0	31,8	31,8
mestbe- en verwerking	0,1	0,1	0,1
Varkens	19,1	21,6	21,4
stal en opslag	12,0	15,0	14,6
stal	11,6	14,6	14,2
opslag	0,4	0,3	0,3
toedienen	6,5	6,0	6,1
mestbe- en verwerking	0,6	0,6	0,6
Pluimvee	10,4	22,4	15,2
stal en opslag	8,9	21,4	13,9
stal	7,4	20,8	12,4
opslag	1,5	0,6	1,5
toedienen	1,3	0,9	1,2
mestbe- en verwerking	0,1	0,1	0,1
Overige diercategorieën	8,7	8,7	8,7
stal en opslag	3,3	3,3	3,3
stal	2,9	2,9	2,9
opslag	0,4	0,4	0,4
weiden	0,7	0,7	0,7
toedienen	4,7	4,7	4,7
Overige bronnen	14,3	14,3	14,3
Totaal	118,0	133,8	126,2

<sup>1)</sup> Er is rekening gehouden met een lager N-verlies van emissiearme systemen ten opzichte van reguliere huisvesting op basis van het rapport over N-verliezen van opgeslagen mest.

Samengevat, de CBS-studie geeft aan dat de totale gasvormige stikstofverliezen uit emissiearme stallen van vergelijkbare grootte zijn als die van gangbare stallen. Dit impliceert dat de effectiviteit van emissiearme stallen in de praktijk minder groot is dan beoogd. De resultaten van de CBS-studie kunnen echter niet gebruikt worden om met voldoende zekerheid af te leiden met hoeveel procent de NH<sub>3</sub>-emissie uit emissiearme stallen in de Rav-waarden en de emissie-inventarisatie wordt onderschat in de praktijk.

De resultaten van de CBS-studie leiden tot de conclusie dat de emissies van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> en N<sub>2</sub> uit stallen en opslagen en bij mesttoediening herzien moeten worden (zie ook antwoord op vraag 2).

### **Bijlage 3. Naar een strategisch onderzoeksplan Robuuste emissiearme stallen.**

Er is een kritische (her)analyse nodig van de sterktes en zwaktes van het geheel van huidige emissiearme systemen, technieken en managementvoorschriften in Nederland. Waar zijn kosteneffectieve mogelijkheden om de emissies verder te beperken zonder ongewenste neveneffecten? Welke stalsystemen en ontwerpen zijn het meest robuust en bieden de meeste kans op een effectieve emissiereductie? Hoe kan de emissiebeperkende werking van emissiearme stallen beter worden geborgd? Hoe kunnen de emissies van overige stikstofverbindingen ( $N_2O$ ,  $NO$  en  $N_2$ ) uit stallen en mestopslagen worden verminderd? Meer weidegang wordt voorgesteld als een oplossing voor veel minder ammoniakemissie, maar als de beweidingsduur slechts kort is (siëstabeweiding) dan is het effect beperkt omdat stalvloeren lang nat en emitterend kunnen blijven (na-ijleffect). Daarbij speelt ook een rol dat het weidend vee vaak eiwitrijk gras tot zich neemt en dat de bijbehorende N-rijke excreties in de stal plaatsvinden. Zijn ligboxen gevuld met de dikke fractie van gescheiden rundveemest wel of niet een bron van  $NH_3$ -emissies en overige N-verliezen? Hoe kunnen massabalansen, op basis van verschillen in de verhoudingen van stikstof en fosfaat in voer en mest, meer benut worden bij het verifiëren van de effectiviteit van emissiearme stallen?

Voor een duurzame intensieve veehouderij zijn effectieve emissiearme stallen onontbeerlijk. In het adviesrapport 'Geur bekennen' (Commissie geurhinder veehouderijen, 2019) is geconstateerd dat structurele verbeteringen nodig zijn om de geuroverlast door de veehouderij voor omwonenden te beperken. Er zijn geurmetingen en grenswaarden per stal nodig. Een vergelijkbare aanbeveling kan worden gemaakt voor emissiearme stallen; de veehouder heeft resultaten van  $NH_3$ -metingen en grenswaarden nodig om te kunnen sturen. Dezelfde metingen bieden Omgevingsdiensten de mogelijkheid om te verifiëren of de emissiearme stalsystemen aan de gestelde eisen voldoen. Dit is de situatie waarnaar gestreefd zou moeten worden. Het vereist dat er sensoren beschikbaar komen om  $NH_3$ -concentraties in stallen te kunnen meten en rekenprogramma's om  $NH_3$ -emissies uit die stallen te kunnen berekenen. Daarbij hoort een wettelijke en juridische verankering. Het alternatief is om de systeembeschrijvingen van emissiearme stallen verder te detailleren en middelvoorschriften (managementprotocol) verder uit te werken. Dit laatste impliceert dat Omgevingsdiensten zowel op de technische bouwvoorschriften als op een reeks van middelvoorschriften zullen moeten controleren. De CDM-werkgroep is van mening dat de laatste optie enkel een tijdelijke optie kan zijn en dat gestreefd dient te worden naar metingen per emissiearme stal. Zowel het managementprotocol als het meetinstrumentarium per staltype dienen ontwikkeld en getoetst te kunnen worden.

Samenvattend, er is een strategisch onderzoeksplan nodig om robuuste emissiearme stallen te ontwikkelen en te management. Daarvoor is gericht empirisch onderzoek nodig.

## Bijlage 4. Adviesaanvraag

Ministerie van Landbouw,  
Natuur en Voedselkwaliteit

> Retouradres Postbus 20401 2500 EK Den Haag

De Commissie van Deskundigen Meststoffenwet  
de heer prof. dr. ir. O. Oenema  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen

### Directoraat-generaal Agro

**Bezoekadres**  
Bezuidenhoutseweg 73  
2594 AC Den Haag

**Postadres**  
Postbus 20401  
2500 EK Den Haag

**Overheidsidentificatienr**  
00000001858272854000

T 070 379 8911 (algemeen)  
F 070 378 6100 (algemeen)  
[www.rijksoverheid.nl/lnv](http://www.rijksoverheid.nl/lnv)

### Behandeld door

Datum

Betreft Aanvullende vraag op adviesaanvraag (DGA/19278371)

Geachte heer Oenema,

Op 28 januari publiceerde het magazine Resource van Wageningen University & Research een artikel, waarin werd geconcludeerd dat de ammoniakemissie bij het aanwenden van dierlijke mest tot nu toe met 10% werd overschat. Dit artikel was gebaseerd op een wetenschappelijke publicatie waarin de resultaten uit het verleden statistisch op een andere manier waren verwerkt.

Ik wil u vragen of u deze publicatie mee wilt nemen in het advies dat u op mijn verzoek (DGA/19278371) gaat uitbrengen over verbeteringen van de berekeningen van de ammoniakemissie.

Zoals reeds per mail is gewisseld, verwacht ik uw advies voor de zomer van 2020.

Hoogachtend,

Mevr. ir. A. de Veer  
Directeur Strategie, Kennis & Innovatie

**Ons kenmerk**  
DGA / 20120738

**Uw kenmerk**

**Bijlage(n)**



## Bijlage 5. Reacties reviewers

**Reflections of experts from Germany, Denmark, Ireland, Switzerland and the Netherlands on the paper "Estimating ammonia emission after field application of manure by the integrated horizontal flux method: a comparison of concentration and wind speed profiles" by Paul W. Goedhart, Julio Mosquera and Jan F. M. Huijsmans, which was published in Soil Use and Management in 2020 (DOI: 10.1111/sum.12564).**

### Summary

The paper 'Estimating ammonia emission after field application of manure by the integrated horizontal flux method: a comparison of concentration and wind speed profiles' deals with a statistical re-analysis of 160 ammonia emission experiments on grassland carried out in the Netherlands between 1997 and 2017. The new statistical model led to 10% lower ammonia emissions.

The ministry of Agriculture, Nature and Food Quality (LNV) in the Netherlands has sent a request for advice to the Scientific Committee of the Nutrient Management Policy in The Netherlands (CDM) about the possible implications of the conclusions of this paper. Are the conclusions sufficiently robust to revise the method for estimated ammonia emissions from slurries applied to grassland in the national emission inventory (NEMA, Emissieregistratie)?

The CDM has invited experts from different countries to provide their views on the paper of Goedhart et al (2020), and to indicate the possible implications of the paper. Five experts have sent their view via email (one other invitee declined because of a busy schedule, and another one agreed to submit a review but in the end did not). The views are included in the annex of this note.

Basically all reviewers agree that applying an exponential concentration model leads to a better fit to the measured data than a logarithmic model, as concluded by Goedhart et al (2020). Some experts indicate that this has been known already for quite some time. One of the experts indicated that decreasing the measured emissions by 10% would bring the data from the Netherlands more in line with those from other countries. Most of the experts indicated that there are several other uncertainties in the outcome of measurements with the integrated horizontal flux method, and that these uncertainties should be addressed simultaneously.

In summary, applying an exponential model instead of a logarithmic model gives likely a closer match between calculated and actual emissions, but other uncertainties in the ammonia emissions as derived from the integrated horizontal flux method should not be neglected.

The reviews (responses to the requests for a review) are presented below.

**Response from Dr Karl Richards, Teagasc, Ireland**

The paper by Goedhart et al. 2019 addresses some issues surrounding the Integrated Horizontal Flux method. The IHF method as the authors state is a robust method, as it does not introduce any artifacts to atmospheric diffusion from the surface (such as disruption of the boundary layer, etc.). Ryden & McNeill (1984) assessed this method and concluded that regressions of wind speed or ammonia concentration versus height were logarithmic. Several modifications to the IHF approach have been made (Wilson et al. 1982, Leuning et al. 1985, Wilson & Shum 1992) and biases/errors may arise from several sources: a) zero-plane displacement height ( $z_0$ ), b) logarithmic regression fit to the concentration/wind profile and c) diffusive flux across the plot.

In general, the paper conclusions appear robust based on the relationship to the measured datasets. The use of gamma-distributed errors for the large concentration range is particularly useful. Previous studies have shown that ignoring turbulent diffusive flux can lead to flux overestimates of between 5 – 20% of mean flux (Wilson & Shum 1992, Desjardins et al. 2004). Other studies, including some of ours indicate that  $z_0$  is important where fetch is limited and/or crop height is highly variable. I note that  $z_0$  had little impact on studies analysed in this paper due to short grass heights and this is consistent with our results from our studies on grass and crops (Dowling et al. 2008, Meade et al. 2011).

In terms of our approach to calculating  $Q_0$ , the flux at the emitting surface, emissions using IHF are calculated using  $Flux = 1/L \int_0^\infty \bar{u}(z) (\bar{c}_{out} - \bar{c}_{in}) dz$ , where L is fetch, u is windspeed and C is gas concentration. Here, we have taken a number of approaches, but have found that the best approach was to utilize integrate between heights using the trapezoidal rule which gives  $Flux = \sum_{i=1}^n \frac{(\bar{z}_i - \bar{z}_{i-1}) (\bar{u}_i (\Delta \bar{c}_i) + \bar{u}_{i-1} (\Delta \bar{c}_{i-1}))}{2}$  where n is the number of sampling heights (usually = 6). We have compared this to both the Ryden and McNeill regression approach and interpolation approach (see Wagner –Riddle et al. 2006). A comparison with a bLS approach has also been carried out.

Generally we found that using log-based regression was less satisfactory compared to the trapezoid or interpolation approaches, both of which compared well to bLS. We did consider an exponential-based relationship, found good agreement, but also found that in some cases the fluxes were significantly underestimated. I do note that the authors of the paper sound a note of caution that either the log-based or exp-based approaches can be used for different shifts, dependent on the shape of the profile. My own opinion is that use of an interpolation-based approach at six heights combined with robust background measurements might be a more consistent approach, regardless of time period post-application. Doubtless, uncertainty arising from time periods >96 hours post spreading can introduce considerable uncertainty into measurements but are required when comparing say broadcast to injection of trailing shoe application.

In general, I would agree that the exp regression fits the datasets in the paper better than the log-based regression approach and that the log-based fit is prone to overestimation of the surface ammonia emission. My only concern is that you may end up with an underestimate using exclusively the exp approach. In turn a rules-based approach where either log- or exp- can be used based on profile shape can introduce an element of subjectivity.

## References

Desjardins R, Denmead OT, Harper L, McBain M, Masse D, Kaharabata S (2004) Evaluation of a micrometeorological mass balance method employing an open-path laser for measuring methane emissions. *Atmos Environ* 38: 6855–6866.

Flesch TK, Wilson JD, Harper LA, Crenna BP, Sharpe RR (2004) Deducing ground to air emissions from observed trace gas concentrations: a field trial. *J Appl. Meteorol* 43:487–502.

Goedhart PW, Mosquera J, Huijsmans JFM (2019). *Soil Use and Management* DOI: 10.1111/sum.12564.

Leuning R, Freney JR, Denmead OT, Simpson JR (1985) A sampler for measuring atmospheric ammonia flux. *Atmos Environ* 19:1117–1124.

G. Meade, K. Pierce, J.V. O'Doherty, C. Mueller, G. Lanigan, T. McCabe (2011) Ammonia and nitrous oxide emissions following land application of high and low nitrogen pig manures to winter wheat at three growth stages. *Agr Ecosyst Environ*, 140 (2011), pp. 208-217.

Ryden JC, McNeill JE (1984) Application of the micrometeorological mass balance method for the determination of ammonia loss from a grazed sward. *J Sci Food Agric* 35:1297–1310.

Wagner-Riddle et al. 2006 *Agricultural and Forest Meteorology* 136 (2006) 175–187

Wilson, J.D., Thurtell, G.W., Kidd, G.E., Beauchamp, E.G., 1982. Estimation of the rate of gaseous mass transfer from a surface source plot to the atmosphere. *Atmos. Environ.* 16, 1861–1867.

Wilson, J.D., Shum, W.K.N., 1992. A re-examination of the integrated horizontal flux method for estimating volatilization from circular plots. *Agric. For. Meteorol.* 57, 281–295.

### Response from Dr Wim Bussink, NMI, Nederland

Het artikel van Goedhart et al. geeft een gedegen inzicht in factoren die van invloed zijn op het bepalen van de ammoniakemissie met de IHF methode, zoals die toegepast wordt bij emissiemetingen bij mesttoedieningstechnieken. De basis veronderstelling bij IHF, dat het concentratieprofiel log lineair is, is vaak niet juist c.q. een te grove aanname. (Dat is overigens al heel lang bekend). In hun analyse laten Goedhart et al. duidelijk zien dat een exponentiële curve fitting van het concentratieprofiel beter is. Het gevolg is dat de emissie ongeveer 10% daalt over de brede range aan experimenten (zowel bij hoge als lage emissiewaarden). Belangrijk daarbij is de constatering dat **de emissiereductiefactor** tov bovengronds toedienen niet of nauwelijks veranderd. In hun verdere analyse laten ze zien dat het toepassen van een iets anders (theoretisch juister) windprofiel de emissie met minder dan 3% verlaagd.

**Samengevat:** Het werkt toont duidelijk aan dat de emissie is overschat en dat bijstellingen nodig zijn. Het is echter nog te vroeg om tot een integrale bijstelling van 10% te komen. Ook andere factoren moeten dan meegenomen worden (zie hieronder).

Een ander discussiepunt is dat de IHF methode horizontale diffusie negeert. Dit is ook al heel lang bekend. Het gevolg is dat dit tot een overschatting van 5 tot 10% van de emissie kan leiden. Het bovenstaande argument in combinatie met een ander windprofiel zou dus tot een bijna 20% lagere emissie kunnen leiden tov de waarden die nu gerapporteerd worden. Daar tegenover staat dat nog niet duidelijk is welke invloed "time integrated measurements" hebben op het meetresultaat. Anders gezegd zouden 2 perioden van 12 uur in plaats van 1 keer 24 uur tot een ander meetresultaat leiden (hypothese: ik vermoed van wel: 2 keer 12 een hogere waarde).

Op basis van dit wetenschappelijk artikel is er zeker aanleiding om de emissiefactoren voor Nederland te herzien. Echter dat moet dan wel compleet gebeuren met medeneming van:

- Effect model concentratie profiel
- Effect model windsnelheidsmodel
- Effect horizontale diffusie
- Effect time integrated measurements

Daarbij wil ik nog een andere factor toevoegen. De afgelopen 30 jaar zijn de toedieningsmethoden licht gewijzigd. Was begin negentiger jaren een rijafstand van 20 cm of meer standaard bij zodenbemesting, het laatste decennium is dat veelal 18,75 cm. Dat betekent dat de afgelopen decennia het contactoppervlak van mest met de atmosfeer is toegenomen. Een andere factor die gewijzigd is de achtergrondconcentratie van ammoniak die is de afgelopen 30 jaar duidelijk gedaald. Indien er een integrale analyse plaats gaat vinden is het ook aan te raden om vast te stellen in welke mate dat effect heeft gehad op de emissiefactoren en tot welke emissiefactor dat leidt anno 2020 (inclusief de bovengenoemde 4 punten).

Nb. Er wordt een opmerking gemaakt dat soms toch een log lineair concentratie profiel beter is. Uiteindelijk wordt de keuze gemaakt tussen 1 van beide methoden. Het kan niet zo zijn dat voor de éne proef log lineair en voor de andere de exponentiële wordt gebruikt.

Wim Bussink (NMI), 16 maart 2020

**Response from Dr Jörg Sintermann, Kanton Zürich , Abteilung Luft, Schwitserland**

As of February 25th 2020, Prof. Oenema has asked me of my opinion if the findings of the paper by Goedhart et al. (2020) in Soil Use and Management are robust and conclusive. My following reply reflects my personal thoughts including experience from my past scientific career. It comes as my private opinion.

The IHF in principle seems to be a robust method for emission determination. Key steps are, amongst others:

- a realistic description of the vertical profiles of wind speed and concentration,
- performing the profile measurements in the center of a quasi-circular plot,
- considering a sound 'background' - (or rather: inflow-) concentration (and, in the case of two adjacent emission plots, one has to make sure that no advection from one plot into the other passes unaccounted by the inflow concentration),
- and, of course, having accurate measurements.

Goedhart et al. primarily address the first point (and partly the third) and identify that the formerly used logarithmic profile fit for concentrations is not sufficiently realistic. They evaluate an exponential fit, accounting for gamma distributed errors, to perform better. It is also my experience that the log profile is not sufficiently realistic and hence, in Switzerland, we have used the exponential function as an alternative in the past. It is plausible, that the vertical concentration profile from a confined emission plot, such as used with the IHF, is not logarithmic, since, in turbulence theory, log profiles only establish within an internal boundary layer in equilibrium. Due to the limited plot size there will be vertical flux diversion causing deviation from the log profile. Either way, it is important to simply have an accurate profile description and, in that respect, it is good that the fitted profiles were additionally tested by visual inspection. This is important, since using different profile functions even may produce the same emission rate due to compensating errors in one fit (e.g. underestimation in one part of the profile, overestimation in the other).

From the information presented by Goedhart et al., the new calculation poses a clear improvement, removing some seemingly relevant bias in past emission calculation of those experiments. Personally, I think, although shown to have a small effect, it would be straightforward to consider the aerodynamic displacement height in both, the concentration and wind speed profile, since this is common procedure in micrometeorology and also MOST wind speed profiles have been commonly derived that way. The assumption of a log wind speed profile is a reasonable approximation considering MOST, especially under neutral turbulence (which I assume occurred at most experiments in the Netherlands). I do agree with the authors, that putting a lot of effort into achieving best possible overall accuracy might not be worthwhile in light of more urgent research questions. However, one has to be aware, that NH<sub>3</sub> emissions, even when derived by IHF, are prone to further systematic bias, apart from profile description. Those biases are sometimes challenging to quantify and may seem smaller individually, but they might add up. Generally, these might be:

- horizontal turbulent transport leading to overestimation (as noted by the authors) when using concentration and wind measurements separately. According to (scarce) literature and bLS modelling by C. Häni, this can lead to a bias of a few, up to about 15%, depending on meteorology, surface and plot configuration;

- measurement bias in wind speed (e.g. possible cup anemometer overspeeding or delay at light winds)
- uncertain background concentration because of variable wind directions with adjacent emissions.
- the 'oasis effect' leading to enhanced emissions on smaller emission plots and close to the plot edges.

It seems to me, that the most important bias, namely the inaccurate profile description, has successfully been dealt with by Goedhart et al. The derived corrected emissions, however, will surely remain an upper estimate, let alone because of the influence of horizontal turbulence. I do acknowledge that it is a difficult task to address all uncertainties scientifically satisfying. For many research questions the overall answer would not change. In the Dutch side-by-side experiments, the effect of horizontal turbulence and oasis will occur at both experimental plots (broadcasting vs. emission reduction techniques) and hence the relative comparison of the both likely remain sufficiently robust.

Best regards,  
Dr. Jörg Sintermann

---

**Response from Drs Sven Sommer and Sasha Hafner, Aarhus University, Denmark**

I have read the very interesting and fine article written by Goedhart, Mosquera and Huijsmans. They very convincingly show that the traditional method of analyzing the data from measurements with the standard IHF setup may contribute to overestimation of the emission. This is a problem and emission factors based on these measurements should be corrected. Still I think that before doing so then the management of this method in the field should be examined by relating the results from the measurements with other methods, that may not have the problems related to the standard IHF method e.g. horizontal diffusion.

There may be other problems. My impression is, that Jan Huijsmans are measuring NH<sub>3</sub>(g) with acid traps, which is giving an average emission for a measuring period. Correct me if I am wrong. We have been using acid traps (bubblers), and had some problems with variation in flow through these, but Jan may have avoided this by also measuring the total flow of air with gas meters. I do not know exactly how he is measuring NH<sub>3</sub>(g) concentration. I could not find articles presenting how measurements were carried out on Web of Science, my fault I am sure. Further I am wondering, if it is a problem that NH<sub>3</sub> concentration is measured as an average for a period where wind is fluctuating, and if this may also contribute to some bias – maybe not much but one could look into it. There is little information about precision of the NH<sub>3</sub>(g) concentration measured with bubblers, but it may be useful to carry out a study of the precision.

In conclusion there may be good reasons for recalculating emission factors, but before doing so it may be a good idea to carry out a test of the whole measuring set up, i.e. compare measurements with the standard IHF method used in the Netherlands and compare these with emission measured with new fast response and precise measuring instruments.

It was shown in the ALFAM study that Dutch emission data deviated from the data submitted by other partners, and we could not find a rationale for this deviation, which could have been high DM of slurry, clay-sand soil characteristics, higher pH, higher temperature etc.. The basic physical and chemical processes of NH<sub>3</sub> emission in the Netherlands is similar to those in other countries, so the reason is either that soil and slurry characteristics are different or the set up for measuring emissions are carried out differently than in studies carried out outside the Netherlands. Feeding may change slurry viscosity, so that it is higher than expected at same DM content and infiltration may differ due to soil characteristics not accounted for in the ALFAM dataset. It would be an idea to study and provide information about, why there is this higher emission of NH<sub>3</sub> in Dutch studies. In the article by Hafner et al. 2018 I propose quote "a comparison of measurement techniques (and possibly application techniques) at the same location and time may be the only way to definitively assess the contribution of measurement technique biases on results (as suggested by"

In my view there are many problems with the emission factor concept. I am in favor of developing simple emissions models instead of using emission factors, and the best would be if we could agree on one model that is used throughout EU (+UK), this will make the emission calculations more transparent. In Denmark the old ALFAM model was used to assess the emission as related to 1) the time of year slurry was applied in the field, 2) slurry characteristic and 3) application method. It is

now decided to use the new ALFAM model for the calculation of NH<sub>3</sub> emission. I am mentioning this because it may affect my review given above.

Sven Gjedde Sommer  
Professor