



Ammoniakemissie bij mesttoediening en inwerken in aardappelruggen en bij mesttoediening in sleuven op niet beteeld geploegd kleibouwland

J.F.M. Huijsmans & J.M.G. Hol





Ammoniakemissie bij mesttoediening en inwerken in aardappelruggen en bij mesttoediening in sleuven op niet beteeld geploegd kleibouwland

J.F.M. Huijsmans¹ & J.M.G. Hol²

¹ Wageningen UR Plant Research International

² Wageningen UR Livestock Research

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Agrosysteemkunde.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 - 48 06 85
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
Summary	5
1. Inleiding	7
2. Materiaal en methode	9
2.1 Meetmethode ammoniakemissie	9
2.2 Metingen	10
2.3 Mestgift en mestsamenstelling	10
2.4 Weersomstandigheden	10
3. Resultaten	13
3.1 Mestsamenstelling en mestgift	13
3.2 Weersomstandigheden	13
3.3 Ammoniakemissie	14
4. Discussie	17
5. Conclusie en aanbevelingen	19
6. Literatuur	21
Bijlage I Weersomstandigheden tijdens de metingen	1 p.

Voorwoord

Binnen de huidige regelgeving wordt aangegeven hoe mest emissiearm dient toegediend te worden op bouwland. Onderbouwing van de ammoniakemissie bij mesttoediening in sleuven op geploegd kleibouwland en bij toediening en direct onderwerken in aardappelruggen ontbreekt. In overleg met het ministerie van EL&I is in het voorjaar 2011 een project geformuleerd en is door EL&I opdracht verleend om een eerste inzicht te verkrijgen in de verwachte ammoniakemissie bij deze methoden van mesttoediening op bouwland. In dit rapport worden de resultaten van de metingen weergegeven.

Samenvatting

Binnen de huidige regelgeving voor mesttoediening in Nederland dient de mest op niet beteeld en op beteeld bouwland in één werkgang toegediend te worden, waarbij de mest in sleufjes in de grond wordt toegediend of op het grondoppervlak wordt toegediend en ondergewerkt, op zodanige wijze dat de mest intensief met de grond wordt vermengd en de mest als zodanig niet meer zichtbaar op het grondoppervlak ligt. Bij de mesttoediening in sleufjes in de grond dienen de sleufjes een maximale breedte te hebben van 5 cm en minimaal 5 cm diep te zijn; de sleufjes mogen 'open' blijven staan.

Voor de mesttoediening in aardappelen is een methode ontwikkeld waarbij de mest kort na het poten (voor opkomst gewas) op de aardappelruggen wordt verspreid en met sterwielen intensief met de grond wordt gemengd. Onbekend is of deze methode van mesttoediening op aardappelruggen leidt tot een voldoende lage ammoniakemissie. Daarnaast is ook onbekend hoe hoog de ammoniakemissie is bij mesttoediening in sleufjes op niet beteeld kleibouland. Voor de regelgeving, beoordeling, nationale emissieregistratie, fabrikanten, loonwerkers en telers is het van belang de hoogte van de ammoniakemissie bij mesttoediening in sleufjes op niet beteeld kleibouland en bij mesttoediening en inwerken op aardappelruggen te weten.

Om inzicht te krijgen in de hoogte van de ammoniakemissie bij de methoden 'mesttoediening in sleufjes op niet beteeld geploegd kleibouland' en 'mesttoediening en inwerken op aardappelruggen' zijn in 2011 onder praktijkomstandigheden emissiemetingen verricht.

De ammoniakemissie bij mesttoediening in sleuven op geploegd kleibouland was gemiddeld 18% van de $\text{NH}_4\text{-N}$ gift met een spreiding van 12 - 24% (n=4). Mesttoediening op aardappelruggen en direct inwerken resulteerde in een gemiddelde ammoniakemissie van 14% met een spreiding van 10 - 16% (n=4). De ammoniakemissie lijkt hiermee in de orde van grootte te liggen van de ammoniakemissie van mesttoediening en direct inwerken met een grondbewerkingswerktuig op niet beteeld bouwland en mesttoediening in sleuven in wintertarwe.

Voor het doen van gefundeerde uitspraken over ammoniakemissie bij mesttoediening en inwerken in aardappelruggen en mesttoediening in sleuven op geploegd kleibouland zijn meer herhalingen (meetsessies over meerdere tijdstippen of seizoenen) noodzakelijk gezien de variabiliteit bij emissiemetingen. De uitkomsten van dit onderzoek dienen dan ook in eerste instantie als basis voor een discussie over de verschillende toepassingen en verwachte ammoniakemissie. Herhaling van de metingen wordt aanbevolen voor een goede onderbouwing.

Summary

Low-emission manure application techniques are compulsory in The Netherlands. Low emission manure application on arable land comprises injection, direct incorporation or shallow injection. No data are available on the ammonia emission after shallow injection on ploughed clay soil in spring time. Furthermore ammonia emission data are lacking for the new manure application in sown potato, where manure is spread on top of the ridges and directly incorporated.

Field trials were carried out to get better knowledge on the ammonia volatilisation after shallow injection on ploughed clay soil in spring time and after manure application and incorporation on potato ridges. In these emission experiments with the various application techniques, the volatilization of NH_3 was determined using the micro-meteorological mass balance method.

The experiments showed that the mean ammonia volatilisation following shallow injection on the ploughed clay soil was 18% of the total ammoniacal nitrogen applied and varied in the four experiments from 12 - 24%. The manure application and incorporation on potato ridges resulted in an ammonia emission of 14% with a variation of 10 - 16% in the four experiments carried out. These emissions are at a comparable level as for direct incorporation on bare soil and shallow injection in winter wheat.

The results of the measurements give an indication of the ammonia volatilisation. Ammonia volatilisation may vary due to the circumstances i.e. field conditions and weather conditions after the application. Therefore more measurement circumstances will be necessary for the assessment of the ammonia volatilisation following shallow injection on bare soil and manure application and incorporation on potato ridges.

1. Inleiding

Binnen de huidige regelgeving voor mesttoediening in Nederland dient de mest op niet beteeld en op beteeld bouwland in één werkgang toegediend te worden, waarbij de mest in sleufjes in de grond wordt toegediend of op het grondoppervlak wordt toegediend en ondergewerkt, op zodanige wijze dat de mest intensief met de grond wordt vermengd en de mest als zodanig niet meer zichtbaar op het grondoppervlak ligt. Bij de mesttoediening in sleufjes in de grond dienen de sleufjes geen grotere breedte te hebben dan 5 cm en minimaal 5 cm diep te zijn; de sleufjes mogen 'open' blijven staan. Voor het in één werkgang inwerken kunnen bouwlandinjecteurs toegepast worden die de mest rechtstreeks onder de grond brengen of apparatuur die de mest op het grondoppervlak toedient en gelijk met een grondbewerkingswerktuig inwerkt. Voor de mesttoediening in sleufjes worden veelal zodenbemesters toegepast.

Voor de ammoniakemissie bij mestinjectie en mesttoediening met direct onderwerken op niet beteeld bouwland zijn in het verleden veel metingen uitgevoerd naar de optredende ammoniakemissie. Bij direct onderwerken wordt een emissiereductie bereikt van 70% en bij mestinjectie meer dan 95% ten opzichte van de ammoniakemissie bij bovengronds breedwerpige toediening (Huijsmans *et al.*, 2003; Huijsmans & Schils, 2009). De ammoniakemissie bij mesttoediening in sleufjes op niet beteeld bouwland is niet onderzocht.

In de graanteelt (beteeld bouwland) is mesttoediening in sleufjes een voor de hand liggende vorm voor de emissiearme mesttoediening. Direct inwerken en intensief mengen met de grond is in de graanteelt namelijk niet mogelijk. De mesttoediening op beteeld bouwland in andere gewassen dan graan vindt in Nederland momenteel nog maar beperkt plaats. Voor de mesttoediening in aardappelen is een methode ontwikkeld waarbij de mest kort na het poten (voor opkomst gewas) op de aardappelruggen wordt verspreid en met sterwielen intensief met de grond wordt gemengd. Onbekend is of deze methode van mesttoediening op aardappelruggen leidt tot een voldoende lage ammoniakemissie.

Voor de regelgeving, beoordeling en de nationale emissieregistratie is het van belang de hoogte van de ammoniakemissie bij mesttoediening in sleufjes op niet beteeld bouwland en bij mesttoediening en inwerken op aardappelruggen te weten. Maar ook fabrikanten van mesttoedieningsapparatuur, landbouwers en loonwerkers willen weten wat geaccepteerde mesttoedieningsmethoden zijn, mede omdat mesttoediening in een gewas (na poten van aardappelen) en mesttoediening in sleufjes gezien worden als goede mogelijkheden voor mesttoediening in het voorjaar op kleibouwland.

Om tegemoet te komen aan de vragen rondom de optredende ammoniakemissie bij mesttoediening in sleufjes op niet beteeld kleibouwland en bij mesttoediening en inwerken op aardappelruggen is een onderzoek uitgevoerd met de doelstelling om op basis van emissiemetingen, inzicht te verkrijgen in de verwachte ammoniakemissie bij deze verschillende mesttoedieningsmethoden. In 2011 is een vergelijkend onderzoek uitgevoerd naar de ammoniakemissie bij toepassing van deze twee methoden van mesttoediening.

In 2011 konden twee meetseries uitgevoerd worden. Gezien de variabiliteit bij emissiemetingen is dit onderzoek dus te beperkt voor voldoende onderbouwing. De uitkomsten van dit onderzoek dienen dan ook in eerste instantie als basis voor een discussie over de verschillende toepassingen en verwachte ammoniakemissie bij deze methoden van mesttoediening.

2. Materiaal en methode

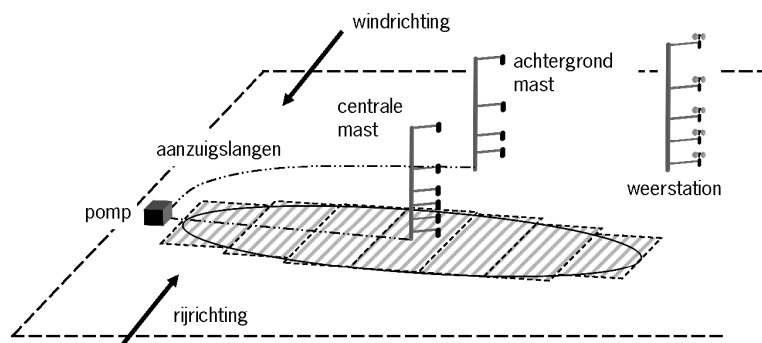
In totaal zijn twee meetseries uitgevoerd, waarin de ammoniakemissie bij mesttoediening en inwerken in aardappelruggen en bij mesttoediening in sleuven op onbeteeld bouwland is gemeten. Een meetserie bestaat uit een emissiemeting op vier verschillende proefvelden. Binnen één meetserie werden 2 velden aangelegd met mesttoediening op aardappelruggen en twee velden met mesttoediening in sleuven op onbeteeld bouwland, zodat ze onderling vergeleken konden worden. Een meting duurde ca. 4 dagen per proefveld, waarna een nieuwe meting/meetserie opgestart kon worden. Om in de praktijk ammoniakemissie bij verschillende toepassingen te kunnen meten werd gebruik gemaakt van cirkelvormige proefvelden (ca. 0,15 ha per proefobject). De emissiemetingen werden uitgevoerd met de micrometeorologische massabalansmethode onder veldomstandigheden zoals die in de praktijk voorkomen. In beide meetseries werd varkensmest toegediend met praktijkmachines.

2.1 Meetmethode ammoniakemissie

De ammoniakemissie werd gemeten met de micrometeorologische massabalans methode. De micrometeorologische massabalansmethode berust op de vergelijking van de 'binnenkomende' ammoniakstroom (flux) met de 'uitgaande' ammoniakstroom (Denmead, 1983). Beide fluxen worden gemeten in een denkbeeldig verticaal vlak dat loodrecht staat op de gemiddelde windrichting. Bij deze meetmethode wordt een cirkelvormig bemest proefveld aangelegd, waarbij de meetmast die de uitgaande ammoniakflux meet in het midden van de cirkel wordt geplaatst (centrale mast). De binnenkomende ammoniakflux wordt gemeten met een mast die bovenwinds aan de rand van de cirkel staat (achtergrond mast). Figuur 1 toont een overzicht van de opstelling van een meting volgens de micrometeorologische massabalans methode. Bij de centrale mast werden op 5 verschillende hoogtes (logaritmisches verdeeld) de bemonsteringspunten geplaatst (op ca. 0,25, 0,55, 1,1, 2,0, en 3,3 m boven maaiveld, +mv). Bij de achtergrondmast waren dit 3 meetpunten (op ca. 0,25, 2,0 en 3,3 m +mv).

De ammoniak in de lucht werd gemeten met behulp van een nat-chemische bemonsteringsmethode. Met impingers werd door middel van een pomp en aanzuigslangen gemiddeld $2,5 \text{ l min}^{-1}$ te bemonsteren lucht door gaswasflessen gevuld met 20 ml absorptievloeistof ($0,02 \text{ M HNO}_3$) geleid. De ammoniakemissie na het toedienen van mest neemt exponentieel af in de tijd. Daarom werden de monsternamperiodes ingedeeld in de volgende tijdsperiodes (uren na toediening van de mest): 0-1; 1-3; 3-6; 6-9; 9-24; 24-48; 48-72 en 72-96 uren. Het ammoniumgehalte in de absorptievloeistof werd bepaald met een 'foto spectrometer'. De hoeveelheid bemonsterde lucht werd tweemaal per bemonsteringsperiode bepaald met behulp van rotorflowmeters.

De bemeste proefvelden hadden een oppervlakte van ca. 0,15 ha en waren bij benadering rond (diameter ca. 45 m), zodat bij verschillende windrichtingen de aanstroombenlangte tot de centrale mast vrijwel gelijk bleef. Een cirkelvormig veld werd verkregen door de mest in banen uit te rijden. De lengte en breedte van deze banen werden opgemeten.



Figuur 1. Opbouw van een proefveld voor metingen volgens de micrometeorologische massabalansmethode. Diameter proefveld ca. 45 m.

Met de gemeten ammoniakconcentraties werd per monsternameperiode het concentratieprofiel bepaald, waarbij de concentratie afneemt met de hoogte van het monsternamepunt op de meetmast. Het concentratieprofiel werd gecorrigeerd voor de gemiddelde inkomende ammoniakflux (achtergrondmast bovenwinds), waarbij de ammoniakconcentratie voor alle drie de monsternamepunten ongeveer gelijk is. Tegelijkertijd werd per monsternameperiode op verschillende hoogten de windsnelheid gemeten (paragraaf 2.4), waarmee een windprofiel kon worden opgesteld. Met de windrichting en de afmetingen van een proefveld werd per monsternameperiode de gemiddelde aanstroomlengte (fetch) tot de centrale mast bepaald. Vervolgens werd met het concentratie- en windprofiel en de fetch, de emissie per monsternameperiode berekend (Denmead, 1983; Mulder & Huijsmans, 1994). De emissie per meetinterval wordt weergegeven als percentage van de met de mest toegediende $\text{NH}_4\text{-N}$. De totale (cumulatieve) emissie gedurende een meetessie (meetweek) wordt verkregen door optelling van de bepaalde emissies in de aaneengesloten meetintervallen.

2.2 Metingen

De effecten van toedieningstechniek, mestdosering, veld- en weersomstandigheden kunnen verstrengeld zijn; bij de opzet van het onderzoek is geprioriteerd om inzicht te krijgen in de toedieningstechniek. Dit betekende dat gewerkt werd met één mestsoort en een vooraf gekozen mestdosering en dat de metingen aan de verschillende technieken gelijktijdig werden uitgevoerd. De metingen werden uitgevoerd in het voorjaar in de periode dat de bemesting over kort tevoren gepote aardappelen wordt toegepast (kale aardappelruggen) of mesttoediening in sleuven wordt toegepast op nog niet gepoot aardappelland.

De metingen werden uitgevoerd op proefbedrijf Oostwaardhoeve in Slootdorp, zodra de bodemomstandigheden in het voorjaar dusdanig waren dat mesttoediening mogelijk was na het poten van aardappelen of vlak voor het poten van aardappelen. De twee meetseries zijn aaneensluitend op het betreffende bouwlandperceel uitgevoerd. De meetseries zijn uitgevoerd in week 16 en 17 van 2011. In alle metingen is uitgegaan van varkensmest en een mestgift van ca. $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Het toedienen van de varkensmest werd uitgevoerd met praktijkmachines. Bij de mesttoediening op de aardappelruggen werd de mest over de (kale) aardappelruggen verspreid en gelijktijdig ingewerkt (in één werkgang) in de ruggen met sterwielen over een afgestelde werkbreedte van 9,0 m (Figuur 2). De toediening van de mest in sleuven werd toegepast op geploegd kleibouwland met een zelfrijdende bemester met aangebouwde 8,4 m brede zodenbemester (Figuur 3). Per meetperiode werden vier proefvelden aangelegd met als variant het verschil in de methode van mesttoediening: twee velden op de aardappelruggen en twee velden op onbeteeld bouwland. Deze duplometing in een meetserie diende om variatie in de ammoniakemissie binnen dezelfde omstandigheden vast te stellen.

2.3 Mestgift en mestsamenstelling

Voorafgaand aan de aanleg van ieder proefveld werd de mesttank met mest gevuld en de totale machine gewogen. Na het bemesten van een proefveld werd de machine teruggewogen. Uit het verschilgewicht en de afmetingen van het proefveld werd de mestgift bepaald. Mestmonsters werden genomen bij het vullen van de tanks en gemiddeld per meetserie. De mestmonsters werden geanalyseerd op $\text{NH}_4\text{-N}$, N_{totaal} , drogestofgehalte en pH.

2.4 Weersomstandigheden

Gedurende een gehele meetserie werd de windsnelheid met behulp van cup-anemometers (Vector Instruments type A100R) op 6 hoogtes (logaritmisch verdeeld) gemeten. De gemiddelde meethoogten waren 0,20, 0,40, 0,80, 1,50, 2,50 en 3,65 m +mv. De windrichting werd op 3,7 m hoogte gemeten (Vector Instruments W200P). De temperatuur en relatieve luchtvochtigheid werden met een rotronic (Hygromer) op 1,5 m hoogte bepaald. De neerslag werd op 0,2 m hoogte bepaald met een regenmeter volgens het weegprincipe. De weersgegevens werden verzameld met behulp van een datalogger, waarin de gemiddelden van de waarnemingen iedere 15 minuten werden opgeslagen.



Figuur 2. Mesttoediening op aardappelruggen en in één werkgang ingewerkt.



Figuur 3. Mesttoediening in sleuven op geploegd kleibouwland.

3. Resultaten

3.1 Mestsamenstelling en mestgift

Per meetserie werd de gemiddelde mestsamenstelling bepaald uit vier mestmonsters. In Tabel 1 staat de gemiddelde mestsamenstelling per meetserie gegeven.

Tabel 1. Mestsamenstelling (gemiddelde per meetserie).

Week	NH ₄ -N (g kg ⁻¹)	N _{totaal} (g kg ⁻¹)	Ds (%)	pH
16	5,46	7,53	9,1	7,2
17	5,19	7,21	8,6	7,3

In Tabel 2 is de mestgift per meetserie en per proefveld gegeven. De mesttoediening werd met praktijkmachines uitgevoerd. De beoogde mestgiften konden goed gerealiseerd worden met deze praktijkmachines. Bij de ruggenbemesting 1 in week 16 kwam de mestgift hoger uit; de dosering is in de daarop volgende proefvelden aangepast.

Tabel 2. Mestgift per proefveld voor de verschillende meetseries.

Week	Mesttoediening	Mestgift (m ³ ha ⁻¹)	Mestgift (kg NH ₄ -N ha ⁻¹)
16	Op aardappelruggen + inwerken 1	37,7	205,6
	Op aardappelruggen + inwerken 2	29,4	160,6
	In sleuven 1	29,2	159,2
	In sleuven 2	29,1	158,6
17	Op aardappelruggen + inwerken 1	30,0	156,6
	Op aardappelruggen + inwerken 2	30,2	156,7
	In sleuven 1	29,6	153,4
	In sleuven 2	28,5	147,8

3.2 Weersomstandigheden

Om de emissie van een proefveld te kunnen berekenen werd naast de ammoniakconcentratie, de windsnelheid en de windrichting bepaald. Ook werd de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht en de hoeveelheid neerslag geregistreerd per experiment. In Bijlage I worden de weersomstandigheden gedurende de periode van de ammoniakemissiemetingen weergegeven. In Tabel 3 staan de gemiddelde gegevens van de eerste 9 uur na de mesttoediening.

Tabel 3. Gemiddelde windsnelheid op ca. 2 m hoogte ($m s^{-1}$), temperatuur ($^{\circ}C$) en relatieve luchtvochtigheid (%) gedurende de eerste 9 uur na toedienen van de mest en de hoeveelheid neerslag (mm) gedurende de gehele meetperiode voor iedere meetweek.

Week	Wind ($m s^{-1}$)	T ($^{\circ}C$)	RV (%)	Neerslag (mm)
16	2,5	18,9	34	0
17	3,5	23,6	32	0

3.3 Ammoniakemissie

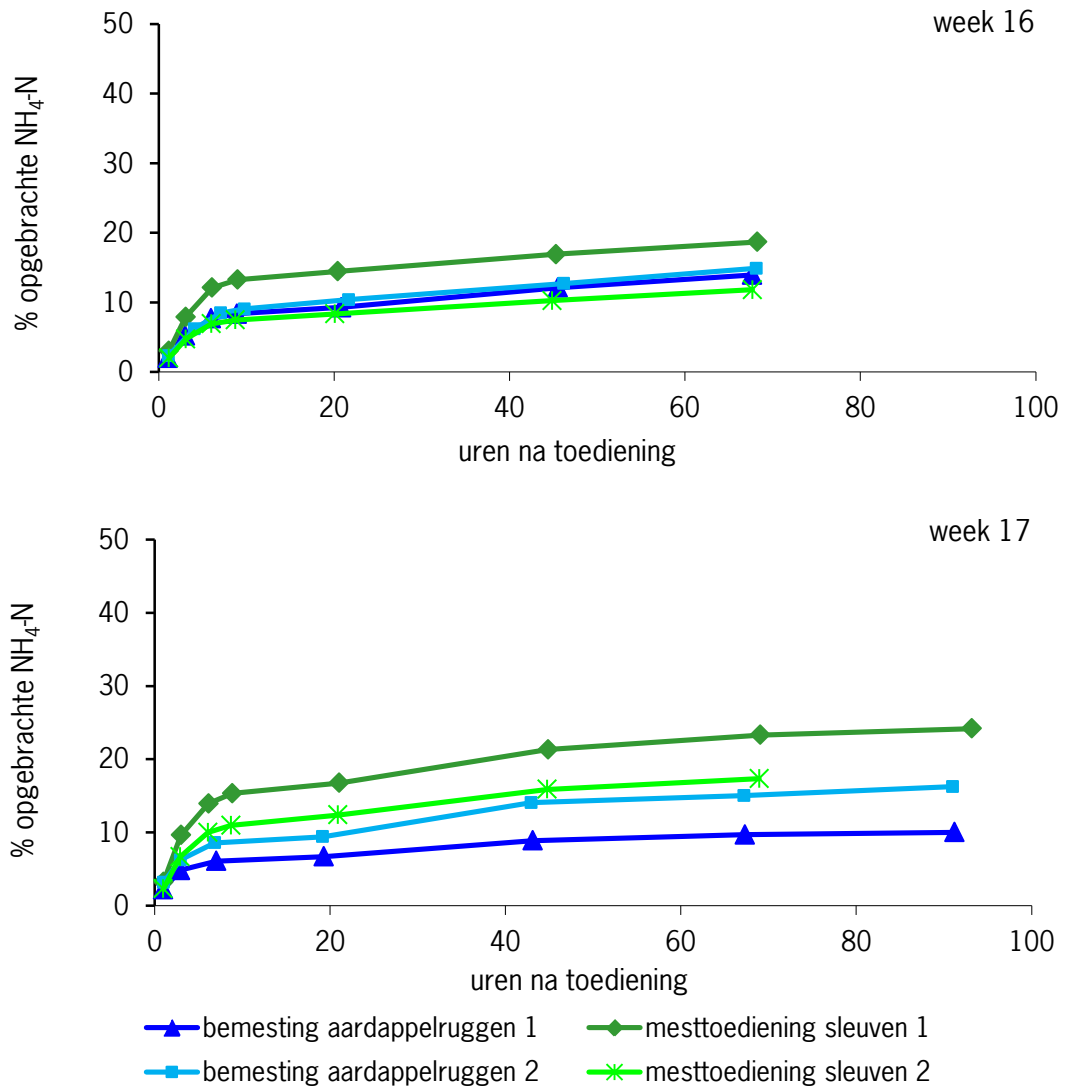
Tijdens een meting werd gedurende ca. 96 uur, direct volgend op het tijdstip van de mesttoediening, de ammoniakemissie gemeten. Alle metingen gaven het karakteristieke beeld van een verloop van de ammoniakemissie na mesttoediening: gedurende de eerste dag na toediening (de eerste 9 uur overdag) vond een groot aandeel van de emissie plaats en gedurende de daaropvolgende dagen een duidelijk lagere emissie tot een niveau van nauwelijks emissie.

In Figuur 4 staan de emissieverlopen van de metingen. In week 16 zijn alle metingen een dag eerder gestopt om het gehele proefveld eerder beschikbaar te krijgen voor de teelt van een akkerbouwgewas. In week 17 is bij één van de proefvelden met zodenbemesting (nr 2) de meting 24 uur eerder gestopt door het uitvallen van meetapparatuur. Tabel 4 geeft de totaal gemeten ammoniakemissie voor de verschillende proefvelden per meetserie.

De ammoniakemissie varieerde bij de mesttoediening op aardappelruggen met inwerken van 10 tot 16% van de toegediende ammoniumstikstof en bij toediening in sleuven op onbeteeld kleibouwwand van 12 tot 24%. De verschillen in de gemeten ammoniakemissie binnen een meetweek en tussen de verschillende meetweken kunnen een gevolg zijn van de omstandigheden waaronder de metingen zijn uitgevoerd. Deze omstandigheden kunnen variëren als gevolg van andere weersomstandigheden, bodemgesteldheid, mestverdeling en samenstelling en de wijze van toediening. Gemiddeld genomen was de ammoniakemissie bij de mesttoediening op de aardappelruggen met inwerken iets lager dan bij de mesttoediening in sleuven op geploegd land (kleigrond).

Tabel 4. Cumulatieve ammoniakemissie over de periode tot ca. 94 uur (week 16 en 17) na mesttoediening en inwerken op aardappelruggen en mesttoediening in sleuven op geploegd kleibouwwand.

Week	Toepassing	Ammoniakemissie ($kg NH_3-N ha^{-1}$)	Ammoniakemissie (% NH_4-N gift)
16	Op aardappelruggen + inwerken 1	28,7	13,9
	Op aardappelruggen + inwerken 2	23,9	14,9
	In sleuven 1	29,7	18,7
	In sleuven 2	18,7	11,8
17	Op aardappelruggen + inwerken 1	15,6	10,0
	Op aardappelruggen + inwerken 2	25,5	16,3
	In sleuven 1	37,1	24,2
	In sleuven 2	25,6	17,3



Figuur 4. Ammoniakemissie na mesttoediening en inwerken op aardappelruggen en mesttoediening in sleuven op geploegd kleibouwland.

4. Discussie

Elke meetsessie (meetweek) moet gezien worden als één meting. Verschillende meetsessies kunnen gezien worden als herhalingen, echter de omstandigheden waaronder gemeten is, zullen verschillend zijn voor de grond, de mest en het weer. Vanuit eerder onderzoek, uitgevoerd op grasland en bouwland, blijkt dat er veel herhalingen nodig zijn om statistisch onderbouwde uitspraken te kunnen doen over effecten van bodem- en weersomstandigheden en mestsamenstelling op de ammoniakemissie. Ook voor het doen van gefundeerde uitspraken over de ammoniakemissie bij verschillende methoden van mesttoediening zijn meer herhalingen (meetsessies over meerdere tijdstippen of seizoenen) noodzakelijk om verschillende omstandigheden in de metingen te betrekken en zo een betere schatting van de emissie te kunnen maken. Ammoniakemissie na mesttoediening is namelijk sterk afhankelijk van de heersende bodem- en weersomstandigheden. In de praktijk betekent dit dat in het Nederlandse onderzoek veelal meer dan vier meetseries per situatie uitgevoerd worden. Dit betekent dat 8 metingen (4 meetseries) aan een bepaalde techniek/situatie worden uitgevoerd onder verschillende omstandigheden. In het huidige onderzoek zijn 4 metingen per toedieningsmethode uitgevoerd onder vergelijkbare omstandigheden.

De verschillende metingen zijn goed verlopen. Ook in deze metingen vindt de piek in de emissie plaats in de eerste uren na toediening, zoals dit ook in andere emissieonderzoeken met dierlijke mest is aangetoond (Huijsmans *et al.*, 2001 en 2003). De duplometing in een meetserie aan één toedieningsmethode diende om variatie in de ammoniakemissie binnen dezelfde omstandigheden vast te stellen. De verschillen in de gemeten ammoniakemissie binnen een meetweek en tussen de verschillende meetweken kunnen een gevolg zijn van de omstandigheden waaronder de metingen zijn uitgevoerd. Deze omstandigheden kunnen variëren als gevolg van andere weersomstandigheden, bodemgesteldheid, mestverdeling en samenstelling en de wijze van toediening. Als gevolg van deze variatie is dan ook een groter aantal emissiemetingen aan een bepaalde toedieningsmethode en onder verschillende omstandigheden noodzakelijk om een goede schatting van de ammoniakemissie te kunnen maken.

Voor de ammoniakemissie bij mestinjectie en mesttoediening en direct onderwerken op niet beteeld bouwland zijn in het verleden veel metingen uitgevoerd naar de optredende ammoniakemissie. Bij direct onderwerken wordt een gemiddelde ammoniakemissie bereikt van 22% (% $\text{NH}_4\text{-N}$ gift) met een spreiding in de emissie van 3 - 45% (n=25) (Huijsmans & Schils, 2009). De ammoniakemissie bij mesttoediening in sleuven in wintertarwe is gemiddeld 24% (Mulder & Huijsmans, 1994; Huijsmans *et al.*, 2002; Huijsmans & Hol, 2012) met een spreiding in de emissie van 10 - 49% (n=17). In het huidige onderzoek resulteerde de ammoniakemissie bij mesttoediening in sleuven op geploegd land in een gemiddelde ammoniakemissie van 18% met een spreiding van 12 - 24% (n=4) en toediening op aardappelruggen met inwerken in een gemiddelde ammoniakemissie van 14% met een spreiding van 10 - 16% (n=4). De ammoniakemissie lijkt dus in de orde van grootte van de ammoniakemissie van de technieken met direct onderwerken op niet beteeld bouwland en mesttoediening in sleuven in wintertarwe. Zoals al eerder bediscussieerd is het aantal metingen, en daarmee de verschillende veld- en weersomstandigheden, nog te beperkt om harde conclusies te trekken.

5. Conclusie en aanbevelingen

In het huidige onderzoek resulteerde de ammoniakemissie bij mesttoediening in sleuven op geploegd kleibouland in een gemiddelde ammoniakemissie van 18% met een spreiding van 12 - 24% (n=4). Mesttoediening en inwerken op aardappelruggen resulteerde in een gemiddelde ammoniakemissie van 14% met een spreiding van 10 - 16% (n=4). De ammoniakemissie lijkt hiermee in de orde van grootte te liggen van de ammoniakemissie van de technieken die mest direct onderwerken op niet beteeld bouwland en mesttoediening in sleuven in wintertarwe.

Voor het doen van gefundeerde onderbouwde uitspraken over ammoniakemissie bij mesttoediening en inwerken op aardappelruggen en mesttoediening in sleuven op geploegd kleibouland zijn meer herhalingen (meetsessies over meerdere tijdstippen of seizoenen) noodzakelijk gezien de variabiliteit bij emissiemetingen.

6. Literatuur

Denmead, O.T., 1983.

Micrometeorological methods for measuring gaseous losses of nitrogen in the field, in: J.R. Freney & J.R. Simpson (eds), Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Pub., Den Haag.

Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & M.M.W.B. Hendriks, 2001.

Effect of application technique, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to grassland. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 49: 323-342.

Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & B. Verwijs, 2002.

Mesttoediening op bouwland in het voorjaar. Metingen ammoniakemissie bij mesttoediening in graan. IMAG Nota P2002-83, Wageningen, pp. 21.

Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & G.D. Vermeulen, 2003.

Effect of application method, manure characteristics, atmosphere and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to arable land. *Atmospheric Environment* 37: 3669-3680.

Huijsmans, J.F.M. & R.L.M. Schils, 2009.

Ammonia and nitrous oxide emissions following field-application of manure: state of art measurements in the Netherlands. *Proceedings 655, International Fertiliser Society*, 35 pp.

Huijsmans, J.F.M. & J.M.G. Hol, 2012.

Ammoniakemissie bij mesttoediening in wintertarwe op kleibouland. PRI rapport 446. *Plant Research International*, Wageningen, pp. 21.

Mulder, E.M. & J.F.M. Huijsmans, 1994.

Beperking ammoniakemissie bij mesttoediening; overzicht metingen DLO-veldmeetploeg 1990-1993. *Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij* 18. DLO, Wageningen, pp. 71.

Bijlage I

Weersomstandigheden tijdens de metingen

Weersomstandigheden week 16 en 17 2011 (18-04-2011/25-04-2011)

Er was in beide weken geen neerslag

