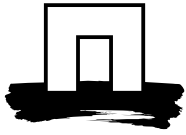




Ammoniakemissie bij toediening van mineralenconcentraat op beteeld bouwland en grasland

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





Ammoniakemissie bij toediening van mineralenconcentraat op beteeld bouwland en grasland

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

¹ Wageningen UR Plant Research International

² Wageningen UR Livestock Research

© 2011 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	11
2.4 Weersomstandigheden	11
3. Resultaten	13
3.1 Mestgift en mestsamenstelling	13
3.2 Weersomstandigheden	14
3.3 Ammoniakemissie	15
4. Discussie	21
5. Conclusie en aanbevelingen	23
Literatuur	25
Bijlage I. Toediening concentraat in graan met zodenbemester en sleepslangenmachine	2 pp.
Bijlage II. Toediening concentraat en rundermest op grasland met zodenbemester	1 p.
Bijlage III. Toediening concentraat in aardappelen met sleepslangenmachine	2 pp.
Bijlage IV. Weersomstandigheden tijdens de metingen	6 pp.

Voorwoord

Meerdere mestverwerkingsproducten komen momenteel op de markt, waaronder mineralenconcentraten, die toegepast worden als meststof in het kader van het door de EU goedgekeurde Experiment Mineralenconcentraat van het ministerie van EL&I. Bij de toepassing van deze nieuwe producten speelt naast de mestbenutting (opbrengsten, werkingscoëfficiënten) ook de optredende ammoniakemissie een belangrijke rol.

In overleg met het ministerie van EL&I is najaar 2009 een project geformuleerd om een eerste inzicht te verkrijgen in de verwachte ammoniakemissie bij de verschillende toepassingen van deze producten. In 2010 is in opdracht van EL&I het onderzoek naar de optredende ammoniakemissie uitgevoerd bij toediening van concentraat in graan, aardappelen en op grasland. In dit rapport worden de resultaten van de metingen weergegeven.

Samenvatting

Momenteel komen meerdere mestverwerkingsproducten op de markt, waaronder mineralenconcentraten, die toegepast worden als meststof in het kader van het door de EU goedgekeurde Experiment Mineralenconcentraat van het ministerie van EL&I. Deze producten wijken wat betreft hun nutriëntenconcentraties en toepassing af van de gangbare vloeibare dierlijke mest.

Inzicht in de verwachte ammoniakemissie bij de verschillende toepassingen van mineralenconcentraat is er nog nauwelijks. Verwacht wordt dat door toepassing onder een gewas op bouwland, door het gewasstadium, een emissiereductie mogelijk is en daardoor de mest niet ingewerkt hoeft te worden. De verwachting is ook dat de ammoniakemissie van het mineralenconcentraat verminderd wordt door de vloeibare (waterige) eigenschappen van het mineralenconcentraat en de lage dosering per ha. Echter de ammoniakemissie van het mineralenconcentraat kan verhoogd worden door de hoge $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie in het concentraat en doordat de lage dosering het inspoelingeffect beperkt.

Een onderzoek is uitgevoerd met de doelstelling om op basis van emissiemetingen, inzicht te verkrijgen in de verwachte ammoniakemissie bij verschillende toepassingsmethoden van mineralenconcentraat. Bij de opzet van het onderzoek is gekozen voor de volgende toepassingen:

- graan: toediening concentraat met een sleepslangenmachine en een zodenbemester (effect toedieningstechniek bij lage dosering in een gewas);
- grasland: toediening van concentraat en rundermest met een zodenbemester (effect verschil in samenstelling; nutriënten en vloeibaarheid);
- aardappelen: toediening van concentraat met een sleepslangenmachine vlak voor het sluiten van het gewas (emissie bij toediening onder een gewas).

De ammoniakemissie bij toediening van concentraat in graan was bij toediening met een zodenbemester 3% en bij toediening met een sleepslangenmachine 12% (emissie als percentage van de $\text{NH}_4\text{-N}$ gift). Hiermee is de gemeten emissie voor beide technieken lager dan de in het verleden gemeten emissie na toediening van dunne varkensmest. Zodenbemesting gaf een duidelijke emissieverlaging ten opzichte van toediening met een sleepslangenmachine.

De ammoniakemissie bij toediening van concentraat met een sleepslangenmachine in aardappelen was relatief hoog (16-20%), ten opzichte van de metingen die uitgevoerd zijn in graan, ondanks de plaatsing van het middel onder het gewas en de droge bodemomstandigheden. Een verklaring voor de hoge emissies zouden de warme weersomstandigheden en de ophoping van de mest onderin tussen de aardappelruggen kunnen zijn.

De ammoniakemissie bij toediening van concentraat op grasland was 8% en daarmee relatief laag ten opzichte van de emissie van 26% bij toediening van rundermest (bij uitdrukking van de emissie als percentage van de $\text{NH}_4\text{-N}$ gift). Indien naar de absolute emissies gekeken wordt dan zijn de verschillen duidelijk kleiner bij de toegepaste mestgiften, echter hierbij moet opgemerkt worden dat er ook verschillen waren in de mestgiften.

In 2010 konden 2 meetseries in graan, 2 op grasland en 2 in aardappelen uitgevoerd worden. Voor het doen van gefundeerde uitspraken over ammoniakemissie bij het toedienen van concentraat zijn meer herhalingen (meetseries over meerdere 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 bij gebruik van mineralenconcentraat en de erkenning van technieken als emissiearm. Herhaling van de metingen wordt aanbevolen voor een goede onderbouwing. Voor de toediening in aardappelen wordt daarbij aanbevolen om in de emissiemetingen ook het beperkt inwerken te onderzoeken op zandgrond.

Summary

More processed manures, like mineral concentrates, are becoming available for farmers. These products may differ in their nutrient content compared to not processed manure. Information on ammonia volatilisation after application of mineral concentrates is not available. The ammonia volatilisation may be reduced by the crop canopy covering the concentrate when applying it in arable crops and, also on grassland, by the low application rate and the more easy infiltration in the soil of the watery substance of the mineral concentrate. However, ammonia volatilisation may be increased due to the high $\text{NH}_4\text{-N}$ content of the concentrate and the low application rate may affect the infiltration into the soil.

To get better knowledge on the ammonia volatilisation after applying mineral concentrates a series of measurements were carried out. In these measurements the mineral concentrate was applied in winter wheat by shallow injection and band spreading, and in potato by band application just before closing of the crop canopy between the potato ridges. On grassland the ammonia volatilisation was measured after applying mineral concentrate and dairy manure by shallow injection.

The mean ammonia volatilisation following application of mineral concentrate in winter wheat was 3% after shallow injection and 12% after narrow band application. These volatilisation rates were lower than former measurements applying pig manure. In all experiments shallow injection reduced ammonia volatilisation compared to band spreading.

The ammonia volatilisation following concentrate application in potato was relatively high when compared to the application in winter wheat despite the large potato canopy covering the soil. Relatively warm weather conditions and the concentration of the mineral concentrate between the potato ridges may have caused the high ammonia volatilisation.

The mean ammonia volatilisation following shallow injection of mineral concentrate on grassland was 8% and after shallow injection of dairy manure 26% (volatilisation expressed as the percentage of ammoniacal nitrogen applied). The amount of ammonia lost may differ less, because the ammoniacal nitrogen content of the mineral concentrate is higher than of the dairy manure.

The results of the measurements give an indication of the ammonia volatilisation after application of mineral concentrates. Ammonia volatilisation may vary due to the circumstances i.e. weather conditions after the application. Therefore more measurements will be necessary for a good assessment of the ammonia volatilisation following the application of mineral concentrates. Furthermore, it is recommended to use some incorporation when applying the mineral concentrate in a potato crop.

1. Inleiding

Momenteel komen meerdere mestverwerkingsproducten op de markt, waaronder mineralenconcentraten, die toegepast worden als meststof in het kader van het door de EU goedgekeurde Experiment Mineralenconcentraat van het ministerie van EL&I. Deze producten wijken wat betreft hun nutriëntenconcentraties en toepassing af van de gangbare vloeibare dierlijke mest. Een andere werking en effecten zijn dan ook te verwachten. Bij de toepassing van deze nieuwe producten speelt naast de mestbenutting (opbrengsten, werkingscoëfficiënten) ook de optredende ammoniakemissie een belangrijke rol. De ammoniakemissie bij toediening van mineralenconcentraat ten opzichte van gangbare vloeibare dierlijke mest kan afwijken door:

- een andere nutriëntensamenstelling (hoge NH₄-N gehalte en zeer vloeibaar);
- dosering per hectare (lagere dosering door hoger NH₄-N gehalte in de mest).

Verwacht wordt dat door toepassing onder een gewas op bouwland, door het gewasstadium, een emissiereductie mogelijk is en daardoor de mest niet ingewerkt hoeft te worden. De verwachting is ook dat de ammoniakemissie van het mineralenconcentraat verminderd wordt door de vloeibare (waterige) eigenschappen van het mineralenconcentraat en de lage dosering per ha. Echter de ammoniakemissie van het mineralenconcentraat kan verhoogd worden door de hoge NH₄-N concentratie in het concentraat en doordat de lage dosering het inspoelingseffect beperkt.

Inzicht in de verwachte ammoniakemissie bij de verschillende toepassingen van mineralenconcentraat is er nog nauwelijks, terwijl dit wel gewenst is voor de verwachte werking en de mogelijkheden voor de toepassing (vereist werkingsresultaat in relatie tot toedieningstechniek en ammoniakemissie). Voor grasland is het de vraag in hoeverre de ammoniakemissie bij vergelijkbare mesttoedieningstechnieken bij mineralenconcentraat anders is dan bij gangbare dunne mest. Voor bouwland (graan) is de vraag of toedienen met de sleepslangenmachine vergelijkbare ammoniakemissie geeft als bij zodenbemesting. Voor bouwland (aardappelen) is de vraag of de parapluwerking van het gewas de ammoniakemissie substantieel vermindert bij de momenteel enige praktische toediening met een sleepslangenmachine. Om tegemoet te komen aan deze vragen is een onderzoek uitgevoerd met de doelstelling om op basis van emissiemetingen, inzicht te verkrijgen in de verwachte ammoniakemissie bij verschillende toepassingsmethoden van mineralenconcentraat. De effecten van toedieningstechniek, mestdosering en soort concentraat kunnen verstrengeld zijn; bij de opzet van het onderzoek is geprioriteerd om inzicht te krijgen in de toedieningstechniek. Dit betekent dat gewerkt is met een vooraf gekozen soort mineralenconcentraat en een vooraf vastgestelde mestdosering. Gekozen is voor emissiemetingen bij de volgende toepassingen:

- graan: toediening concentraat met een sleepslangenmachine en een zodenbemester (effect toedieningstechniek bij lage dosering in een gewas);
- grasland: toediening van concentraat en rundermest met een zodenbemester (effect verschil in samenstelling; nutriënten en vloeibaarheid);
- aardappelen: toediening van concentraat met een sleepslangenmachine vlak voor het sluiten van het gewas (emissie bij toediening onder een gewas).

In 2010 konden 2 meetseries in graan, 2 op grasland en 2 in aardappelen 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 gebruik van mineralenconcentraat en de erkenning van technieken als emissiearm.

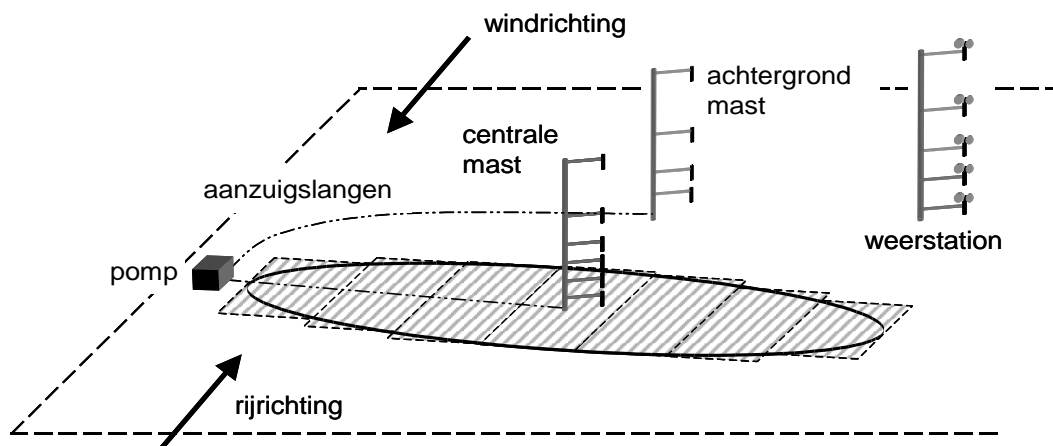
2. Materiaal en methode

Voor de toepassingen in graan, op grasland en in aardappelen zijn steeds twee meetseries uitgevoerd. Een meetserie bestaat uit een volledige emissiemeting op verschillende proefvelden. 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 zgn. micrometeorologische massabalansmethode. Bij deze meetmethode worden maximaal 4 proefvelden per keer (een meetserie) aangelegd. Een meting duurde ca 4 dagen, waarna een nieuwe meting/meetserie opgestart kon worden. Binnen één meetserie werden veelal 2 verschillende toepassingen in tweevoud aangelegd, zodat ze onderling vergeleken konden worden. Deze meetmethode wordt onder veldomstandigheden toegepast; het mineralenconcentraat of rundermest werd met een praktijkmachine toegediend op een perceel grasland, tarwe of aardappelen.

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 0,3, 0,6, 1,0, 1,9, en 3,4 m boven maaiveld, +mv); Bij de metingen in aardappelen waren deze punten op ca 0,2, 0,6, 1,5 en 2,8 m vanaf de bovenkant van het aardappelgewas. Bij de achtergrondmast waren dit 3 meetpunten (op ca 0,3, 1,9 en 3,4 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 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.



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

De bemeste proefvelden hadden een oppervlakte van ca 0,15 ha en waren bij benadering rond (diameter ca 42 m), zodat bij verschillende windrichtingen de aanstroamlengte 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.

Met de gemeten ammoniakconcentraties werd per monsternamperiode 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. Met de gemeten windsnelheden werd per monsternamperiode ook een windsnelheidsprofiel berekend. Met de windrichting en de afmetingen van een proefveld werd per monsternamperiode de gemiddelde aanstroamlengte (fetch) tot de centrale mast bepaald. Vervolgens werd met het concentratie- en windprofiel en de fetch, de emissie per monsternamperiode berekend. 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 en soort concentraat kunnen verstrengeld zijn; bij de opzet van het onderzoek is geprioriteerd om inzicht te krijgen in de toedieningstechniek. Dit betekende dat gewerkt werd met een vooraf gekozen soort mineralenconcentraat en een vooraf vastgestelde mestdosering. De doseringen van het mineralenconcentraat of de dierlijke mest werden bepaald aan de hand van bemestingsadviezen. De metingen werden uitgevoerd vanaf het voorjaar in de periode dat mineralenconcentraat wordt toegepast als basis- of aanvullende bemesting. Dit betekende dat de toediening in graan werd uitgevoerd rondom eind april, in aardappelen vlak voor het sluiten van het gewas (eind juni) en op grasland na de 1^e snede (mei).

Graan

De metingen in graan werden uitgevoerd op proefbedrijf Oostwaardhoeve in Sloodorp, zodra de bodemomstandigheden in het voorjaar dusdanig waren dat mesttoediening mogelijk was. Daarbij is tussen de twee meetseries een paar weken ruimte genomen om ook een meetserie uit te kunnen voeren in een verder gevorderd gewasstadium. De meetseries zijn uitgevoerd in week 16 en 19. In alle metingen is uitgegaan van mineralenconcentraat en een voorjaarsmestgift van ca 100 kg N ha⁻¹. Het toedienen van het concentraat werd uitgevoerd met praktijkmachines: een sleepslangenmachine en een zodenbemester. Met de sleepslangenmachine werd het concentraat in stroken op

de grond tussen de planten toegediend door een getrokken tank met aangebouwde sleepslangenbemester (afgestelde werkbreedte 6 m). Toediening van het concentraat in sleuven in de grond werd uitgevoerd met een zelfrijdende bemester met aangebouwde 7,20 m brede zodenbemester (Bijlage 1). Per meetperiode werden vier proefvelden aangelegd met als variant het verschil in de methode van mesttoediening: twee velden sleepslangenbemester en twee velden zodenbemester.

Grasland

De metingen op grasland werden uitgevoerd op het proefbedrijf de Waiboerhoeve in Lelystad, direct na de eerste snede. De twee meetseries zijn aansluitend op elkaar uitgevoerd in week 20 en 21. In alle metingen is de emissie gemeten bij toediening van rundermest en mineralenconcentraat. Beide werden toegediend met een zodenbemester en een gift van *ca* 80 kg N ha⁻¹. Voor de toediening van de rundermest werd een getrokken tank met zodenbemester toegepast (werkbreedte 6 m) en voor de concentraattoediening een zelfrijdende bemester met aangebouwde 7,20 m brede zodenbemester (Bijlage 2). Per meetserie werden vier proefvelden aangelegd met als variant het verschil in mestsoort: twee velden rundermest en twee velden concentraat.

Aardappelen

De metingen in aardappelen werden uitgevoerd op proefbedrijf Oostwaardhoeve in Slootdorp, in de periode vlak voor het sluiten van het gewas tussen de rijen. De twee meetseries zijn aansluitend op elkaar uitgevoerd in week 25 en 26. In alle metingen is uitgegaan van mineralenconcentraat en een gift van *ca* 90 kg N ha⁻¹. Het toedienen van het concentraat werd uitgevoerd met een sleepslangenmachine (afgestelde werkbreedte 6 m), waarbij het concentraat tussen de aardappelruggen gedoseerd werd (Bijlage 3). Per meetperiode werden twee proefvelden aangelegd. Een vergelijking met een andere toepassing is niet gemaakt, omdat andere toedieningsapparatuur vooralsnog niet voorhanden is en een vergelijking met niet verwerkte mest geen praktijk is.

2.3 Mestgift en mestsamenstelling

Voorafgaand aan de aanleg van ieder proefveld werd de mesttank met mest of concentraat 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 gift bepaald. Mestmonsters werden genomen tijdens het uitrijden van een proefveld en gemiddeld per meetserie. De mestmonsters werden geanalyseerd op NH₄-N, N _{totaal}, drogestofgehalte en pH. Het mineralenconcentraat werd per vrachtwagen aangevoerd vanaf het loonbedrijf Kuunders daags voor de aanleg van de proeven in graan en grasland. Tijdens het onderzoek in graan en in aardappelen werd het concentraat opgeslagen in een afgesloten tussenopslag. Tijdens het onderzoek op grasland werd het een week opgeslagen in een open tussenopslag, waarna het getransporteerd werd naar de gesloten opslag op de locatie bij het graan- en aardappelonderzoek. De rundermest bij het onderzoek op grasland was afkomstig van een van de stallen op de Waiboerhoeve.

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 0,25, 0,40, 1,0, 1,75, 2,50 en 3,65 m +mv. Bij de metingen in de aardappelen werd de windsnelheid vanaf de bovenkant van het gewas gemeten, de gemiddelde meethoogten waren 0,15, 0,50, 1,15, 1,95, 3,0 m boven het aardappelgewas. 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.

3. Resultaten

3.1 Mestgift en mestsamenstelling

Per proefveld werd de mestgift en de mestsamenstelling bepaald. In tabel 1 staat de gemiddelde mest- of concentraatsamenstelling per meetserie gegeven. De stikstofcomponent in het concentraat bestond voornamelijk uit ammonium-N (> 90%). In de toegepaste rundermest was het aandeel ammonium-N gemiddeld 45%. Het concentraat had een gemiddeld drogestofgehalte van 4,2% en een pH 8 en de rundermest een drogestofgehalte van 7% en een pH 6,9.

Tabel 1. Mest- en concentraatsamenstelling (gemiddelde per meetserie).

Gewas	Week	Mestsoort	NH ₄ -N (g kg ⁻¹)	N _{totaal} (g kg ⁻¹)	Ds (%)	pH
Tarwe	16	Concentraat	8,07	8,85	4,4	8,2
Tarwe	19	Concentraat	8,10	8,74	4,2	8,1
Gras	20	Rundermest	1,57	3,64	7,4	6,9
		Concentraat	7,10	7,94	4,0	8,2
Gras	21	Rundermest	1,55	3,27	6,6	6,9
		Concentraat	7,13	7,75	4,1	8,1
Aardappel	25	Concentraat	6,97	7,71	4,5	7,7
Aardappel	26	Concentraat	6,66	7,34	4,0	7,7

In Tabel 2 is de mestgift per meetserie en per machine gegeven. De mesttoediening werd met praktijkmachines uitgevoerd die normaliter hogere mestgiften toedienen dan beoogd is bij de toediening van concentraat. De beoogde mestgiften konden goed gerealiseerd worden met deze praktijkmachines.

Tabel 2. Mestgift per proefveld voor de verschillende meetseries.

Gewas	Week	Toepassing	Mestsoort	Mestgift (m ³ ha ⁻¹)	Mestgift (kg NH ₄ -N ha ⁻¹)	Mestgift (kg N _{tot} ha ⁻¹)
Tarwe	16	Sleepslangen 1	Concentraat	12,7	102	112
		Sleepslangen 2	Concentraat	12,9	104	114
		Zodenbemesting 1	Concentraat	13,8	111	122
		Zodenbemesting 2	Concentraat	13,3	107	118
Tarwe	19	Sleepslangen 1	Concentraat	12,2	98	106
		Sleepslangen 2	Concentraat	12,9	105	113
		Zodenbemesting 1	Concentraat	13,6	110	119
		Zodenbemesting 2	Concentraat	12,9	104	113
Gras	20	Zodenbemesting 1	Rundermest	27,2	43	99
		Zodenbemesting 2	Rundermest	22,7	36	83
		Zodenbemesting 1	Concentraat	11,3	80	89
		Zodenbemesting 2	Concentraat	10,2	72	81
Gras	21	Zodenbemesting 1	Rundermest	21,8	34	71
		Zodenbemesting 2	Rundermest	22,7	35	74
		Zodenbemesting 1	Concentraat	13,2	94	102
		Zodenbemesting 2	Concentraat	13,7	98	106
Aardappel	25	Sleepslangen 1	Concentraat	13,0	91	100
		Sleepslangen 2	Concentraat	12,9	90	99
Aardappel	26	Sleepslangen 1	Concentraat	13,7	91	101
		Sleepslangen 2	Concentraat	14,1	94	104

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 4 worden voor iedere meetweek 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 (°C) en relatieve luchtvochtigheid (%) gedurende de eerste 9 uur na toedienen van de mest of het concentraat en de hoeveelheid neerslag (mm) gedurende de gehele meetperiode voor iedere meetweek.

Week	Wind (m s ⁻¹)	T (°C)	RV (%)	Neerslag (mm)
16	3,3	14,4	71	5
19	2,8	9,7	63	10
20	3,2	17,1	67	0
21	3,8	13,1	51	5
25	3,0	16,3	55	0
26	2,0	25,8	51	3

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 de volgende paragrafen worden de resultaten per toepassing (graan, aardappelen, grasland) besproken.

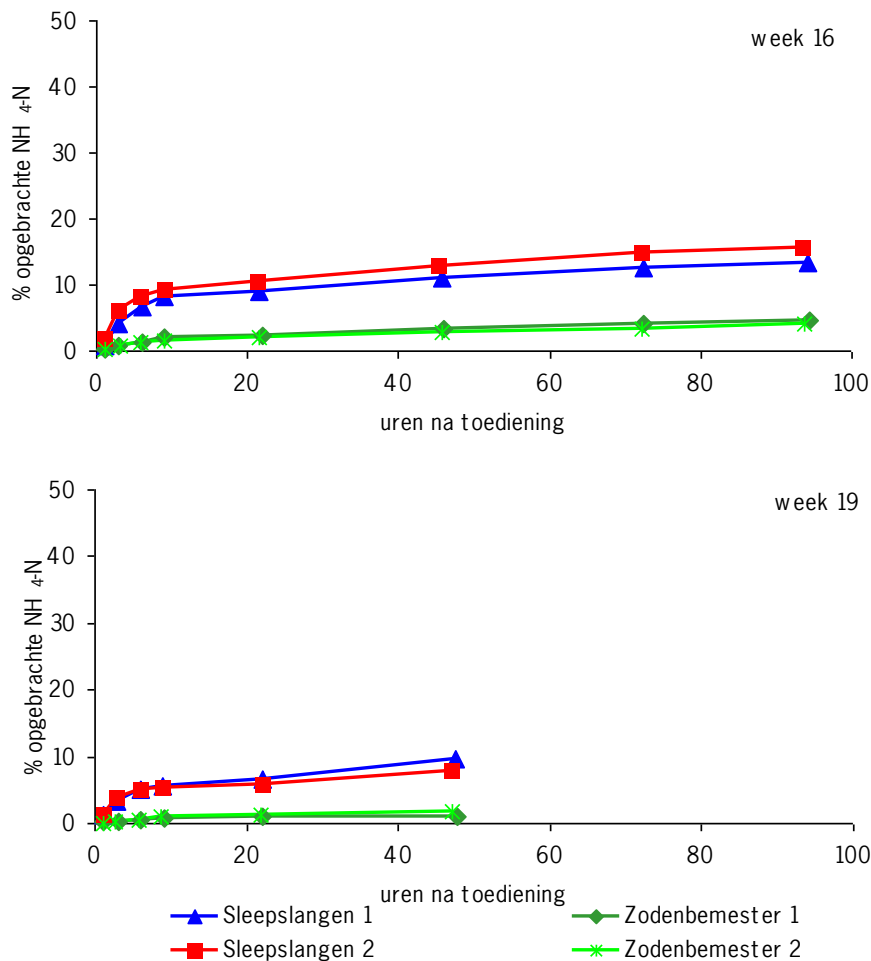
Graan

In Figuur 2 staan de emissieverlopen na de toediening van concentraat in graan met de sleepslangenmachine en zodenbemester. Tabel 4 geeft de totaal gemeten emissie voor de verschillende proefvelden per meetserie. De meting van de 2^e meetserie (week 19) is na 48 uur gestopt vanwege de hevige regenval tijdens de meting.

De ammoniakemissie varieerde bij toediening met de sleepslangenmachine van 8 tot 16% van de toegediende ammoniumstikstof en bij toediening met de zodenbemester van 1 tot 5%. Door de toediening in de grond (zodenbemesting) werd de ammoniakemissie met gemiddeld meer dan 75% gereduceerd ten opzichte van de toediening op de grond (sleepslangen). De verschillen in de hoogten van de emissie tussen beide meetweken kunnen mogelijk worden verklaard door verschillen in meteorologische omstandigheden en in gewasontwikkeling. Voor week 19 betekende dit dat minder wind, kouder, regen en meer gewas emissiereducerend werken.

Tabel 4. *Cumulatieve ammoniakemissie over de periode tot ca 94 uur (week 16) en 48 uur (week 19) na uitrijden van concentraat met een sleepslangenmachine en een zodenbemester in graan.*

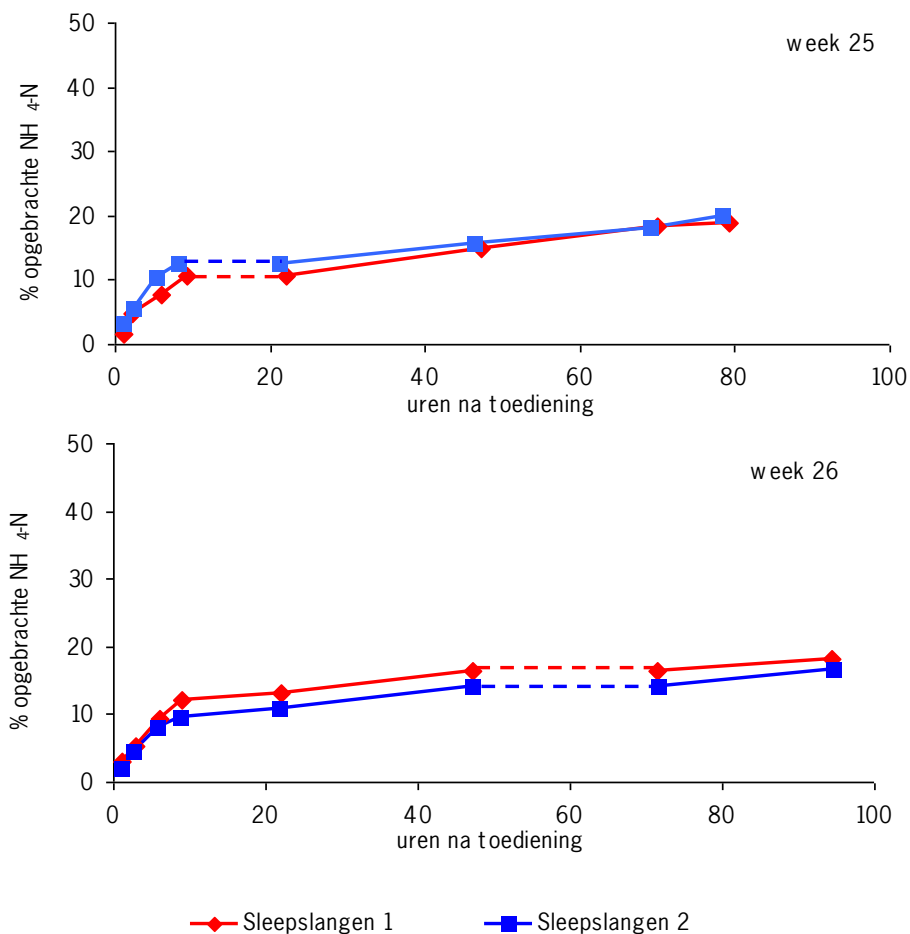
Gewas	Week	Toepassing	Ammoniakemissie (kg NH ₃ -N ha ⁻¹)	Ammoniakemissie (% NH ₄ -N gift)
Tarwe	16	Sleepslangen 1	16,2	15,6
		Sleepslangen 2	13,8	13,4
		Zodenbemesting 1	4,4	4,1
		Zodenbemesting 2	5,0	4,5
Tarwe	19	Sleepslangen 1	9,4	9,6
		Sleepslangen 2	8,3	8,0
		Zodenbemesting 1	1,1	1,0
		Zodenbemesting 2	1,7	1,7



Figuur 2. Ammoniakemissie na toediening van concentraat met een sleepslangenmachine en een zodenbemester in graan.

Aardappelen

In Figuur 3 staan de emissieverlopen na de toediening van concentraat in aardappelen met de sleepslangenmachine. Bij meetserie 1 en 2 zijn respectievelijk monsternamperiodes 5 en 7 komen te vervallen vanwege de windstille periode gedurende de nacht. Voor deze perioden kon geen emissie worden gemeten; aangenomen is dat bij windstil weer de emissie verwaarloosbaar is.



Figuur 3. Ammoniakemissie na toediening van concentraat met een sleepslangenmachine in aardappelen.

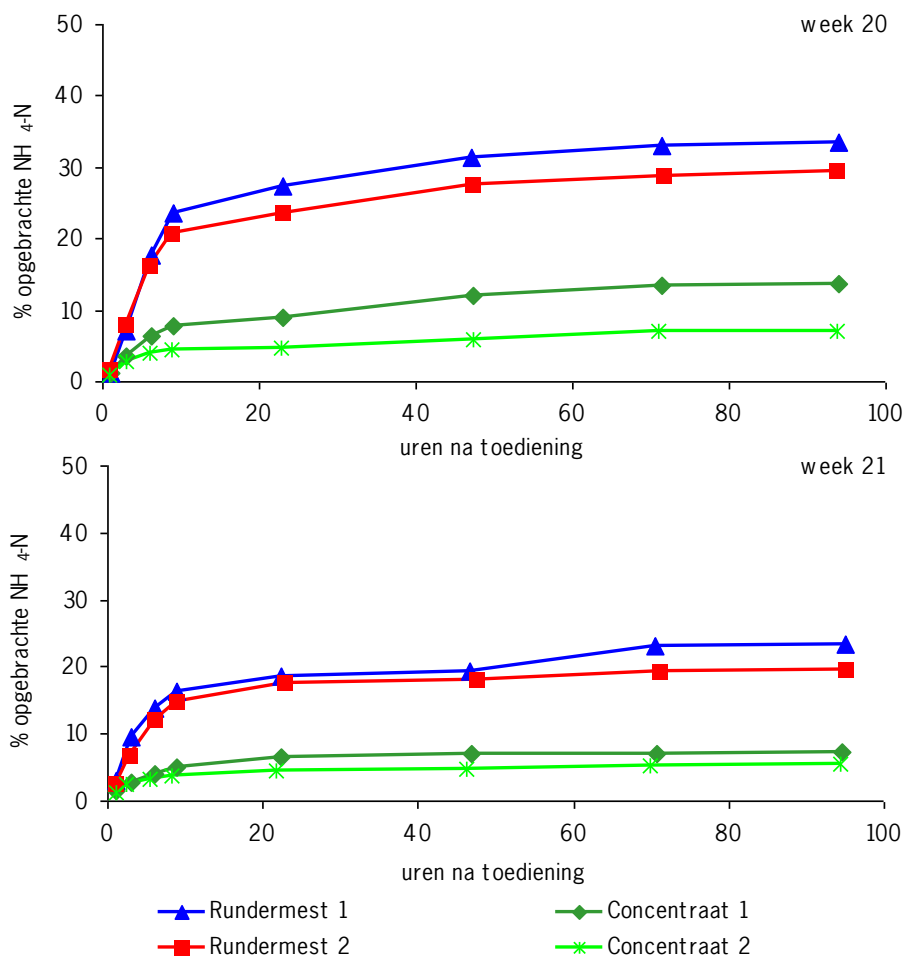
Tabel 5 geeft de totaal gemeten emissie voor de verschillende proefvelden per meetserie. Bij de toediening van concentraat is alleen de sleepslangenmachine toegepast. De ammoniakemissie varieerde van 16 tot 20% van de toegediende ammoniumstikstof.

Tabel 5. Cumulatieve ammoniakemissie over de periode tot ca 94 uur na uitrijden van concentraat met een sleepslangenmachine in aardappelen.

Gewas	Week	Toepassing	Ammoniakemissie ($\text{kg NH}_3\text{-N ha}^{-1}$)	Ammoniakemissie (% $\text{NH}_4\text{-N gift}$)
Aardappel	25	Sleepslangen 1	17,1	18,9
		Sleepslangen 2	18,0	20,0
Aardappel	26	Sleepslangen 1	16,7	18,2
		Sleepslangen 2	15,7	16,6

Grasland

In Figuur 4 staan de emissieverlopen na de toediening van concentraat en rundermest op grasland met een zodenbemester. Tabel 6 geeft de totaal gemeten emissie voor de verschillende proefvelden per meetserie.



Figuur 4. Ammoniakemissie na toediening van concentraat en rundermest met een zodenbemester op grasland.

De ammoniakemissie varieerde bij de toediening van rundermest van 20 tot 33% van de toegediende ammoniumstikstof en bij de toediening van concentraat van 5 tot 14%.

Bij onderlinge vergelijking van deze procentuele emissies reduceert het concentraat de emissie met meer dan 65% ten opzichte van rundermest. Indien naar de absolute emissies (kg ha⁻¹)gekeken wordt dan zijn de verschillen duidelijk kleiner bij de toegepaste mestgiften, echter hierbij moet opgemerkt worden dat er ook verschillen waren in de mestgiften. De ammoniakemissie bij toediening van rundermest met de zodenbemester is hoger dan de huidige emissiefactor van 19% voor zodenbemesting (Huijsmans *et al.*, 2011). De omstandigheden bij de start van de eerste meetweek (proefaanleg direct na maaien en inkuilen) hebben mogelijk bijgedragen aan een verhoogde ammoniakemissie.

Tabel 6. *Cumulatieve ammoniakemissie over de periode tot ca 94 uur na uitrijden van rundermest en concentraat met een zodenbemester op grasland.*

Gewas	Week	Toepassing	Ammoniakemissie (kg NH ₃ -N ha ⁻¹)	Ammoniakemissie (% NH ₄ -N gift)
Grasland	20	Rundermest 1	14,3	33,4
		Rundermest 2	10,5	29,4
		Concentraat 1	11,0	13,7
		Concentraat 2	5,2	7,2
Grasland	21	Rundermest 1	7,9	23,4
		Rundermest 2	6,9	19,7
		Concentraat 1	6,8	7,2
		Concentraat 2	5,5	5,6

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, het gewas 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 ammoniakemissie bij het toedienen van concentraat zijn meer herhalingen (meetsessies over meerdere seizoenen) noodzakelijk.

Uit de analyse van uitgebreid onderzoek bij mesttoediening op grasland en bouwland blijkt dat wanneer mest minder aan de buitenlucht bloot wordt gesteld de invloed van omgevingsfactoren vermindert en de spreiding in de emissies afneemt (Huijsmans *et al.*, 2001 en 2003). Het toepassen van een zodenbemester in graan draagt duidelijk bij aan verlaging van de emissie. De gewasontwikkeling en groei in de 2^e meetserie in graan en grasland hebben mogelijk bijgedragen aan een verlaging van de emissie; deze mogelijke bijdrage wordt bij de meetseries in aardappelen niet gezien.

De verschillende metingen zijn goed verlopen. De duplo metingen per toepassing in een meetserie komen goed overeen ondanks dat de emissie erg variabel kan zijn. 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 gemeten emissies na toediening van concentraat in graan zijn relatief laag bij uitdrukking van de emissie als percentage van de $\text{NH}_4\text{-N}$ gift ten opzichte van emissieonderzoek met onbewerkte dierlijke mest. Bij onderzoek naar toediening van varkensmest in graan in 2007 en 2008 werd bij zodenbemesting een emissie gemeten die lag tussen de 9 en 31% van de toegediende $\text{NH}_4\text{-N}$ en bij toediening met een sleepslangenmachine lag de emissie tussen de 24 en 47% van de toegediende $\text{NH}_4\text{-N}$ (Huijsmans en Hol, 2011). Voor beide technieken was de gemeten emissie in het huidige onderzoek na toediening van mineralenconcentraat lager. De gemiddelde reductie behaald door toepassen van de zodenbemester en onbewerkte mest was in 2007-2008 meer dan 40%. In het mineralenconcentraat-onderzoek werd een reductie van 75% berekend. Mogelijk dat het concentraat door zijn fysische eigenschappen sneller kan infiltreren in de bodem.

De ammoniakemissie bij toediening van concentraat met een sleepslangenmachine in aardappelen was relatief hoog (16-20%) ten opzichte van de metingen die uitgevoerd zijn in graan, ondanks de plaatsing van het middel onder het gewas en de droge bodemomstandigheden. Mogelijk dat de warme weersomstandigheden tijdens de metingen en de ophoping van mest onderin tussen de ruggen van de aardappelen tot hoge emissies hebben geleid. Deze omstandigheden zijn wel te verwachten rondom de periode van het sluiten van het gewas.

Bij zodenbemesting op grasland is binnen de proefopzet een directe vergelijking gemaakt tussen 2 mestsoorten. Het mineralenconcentraat verminderde de emissie met meer dan 65% ten opzichte van dunne rundermest. De gemeten emissie bij de dunne rundermest was hoger dan de gemiddelde emissiefactor (16%) bij zodebemesting op grasland en de gevonden trend van 19% (Huijsmans *et al.*, 2011). Mogelijk zijn de gemeten emissies te verklaren door de omstandigheden direct na de oogstsnede (sterk drogende weersomstandigheden zijn emissieverhogend; Huijsmans *et al.*, 2001 en 2003). Een laag emissiepercentage bij concentraat kan echter wel betekenen dat de absolute emissie (in kg) nog behoorlijk kan zijn, omdat de emissie wordt uitgedrukt als percentage van de toegediende $\text{NH}_4\text{-N}$ en het $\text{NH}_4\text{-N}$ gehalte van mineralenconcentraat hoger is dan bij onbewerkte dierlijke mest.

5. Conclusie en aanbevelingen

De ammoniakemissie bij toediening van concentraat in graan was bij toediening met een zodenbemester 3% en bij toediening met een sleepslangenmachine 12% (emissie als percentage van de $\text{NH}_4\text{-N}$ gift). Hiermee is de gemeten emissie voor beide technieken lager dan de in het verleden gemeten emissie na toediening van dunne varkensmest. Zodenbemesting gaf een duidelijke emissieverlaging ten opzichte van toediening met een sleepslangenmachine.

De ammoniakemissie bij toediening van concentraat met een sleepslangenmachine in aardappelen was relatief hoog (16-20%), ten opzichte van de metingen die uitgevoerd zijn in graan, ondanks de plaatsing van het middel onder het gewas en de droge bodemomstandigheden. Een verklaring voor de hoge emissies zouden de warme weersomstandigheden en de ophoping van de mest onderin tussen de aardappelruggen kunnen zijn.

De ammoniakemissie bij toediening van concentraat op grasland was 8% en daarmee relatief laag ten opzichte van de emissie van 26% bij toediening van rundermest (bij uitdrukking van de emissie als percentage van de $\text{NH}_4\text{-N}$ gift). Indien naar de absolute emissies gekeken wordt dan zijn de verschillen duidelijk kleiner bij de toegepaste mestgiften, echter hierbij moet opgemerkt worden dat er ook verschillen waren in de mestgiften.

Voor het doen van gefundeerde uitspraken over ammoniakemissie bij het toedienen van concentraat zijn meer herhalingen (meetsessies over meerdere 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 bij gebruik van mineralenconcentraat en de erkenning van technieken als emissiearm. Herhaling van de metingen wordt aanbevolen voor een goede onderbouwing. Voor de toediening in aardappelen wordt daarbij aanbevolen om in de emissiemetingen ook het beperkt inwerken te onderzoeken op zandgrond.

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 volatilisation from manure applied to grassland. Neth. J. of Agric. Sci. 49, 323-342.

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. en J.M.G. Hol, 2011.

Ammoniakemissie bij mesttoediening in graan. PRI rapport. Plant Research International, Wageningen (in voorbereiding).

Huijsmans, J.F.M., D.W. Bussink, C.M. Groenestein, G.L. Velthof & G.D. Vermeulen, 2011.

Ammonia emission factors for field-applied manure, fertilisers and grazing in The Netherlands. Submitted to Atmospheric Environment.

Bijlage I.

Toediening concentraat in graan met zodenbemester en sleeplangenmachine



zodenbemester (week 16)



sleeplangenmachine (week 16)



I-2



zodenbemester (week 19)



sleeslangenmachine (week 19)



Bijlage II.

Toediening concentraat en rundermest op grasland met zodenbemester



toediening concentraat



toediening rundermest

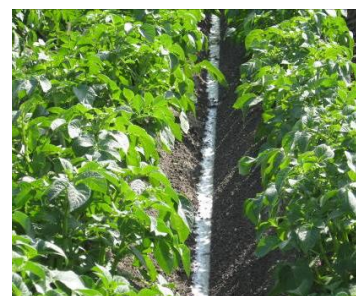


Bijlage III.

Toediening concentraat in aardappelen met sleepslangenmachine



sleepslangenmachine (week 25)



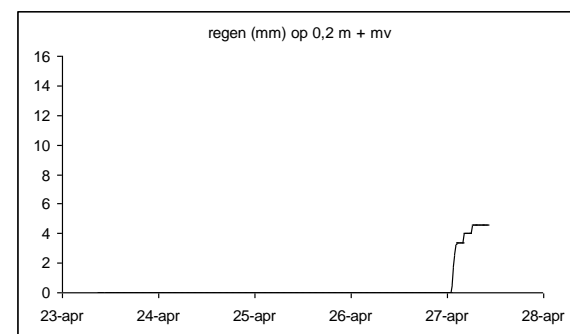
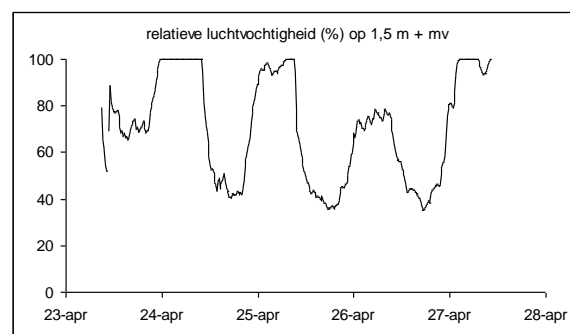
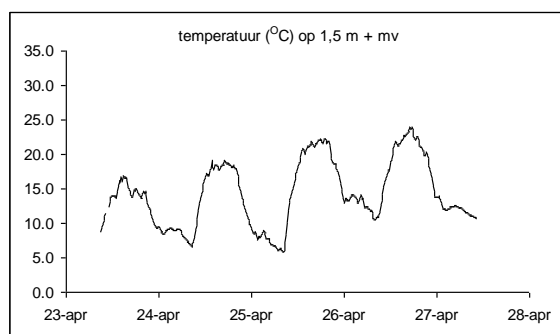
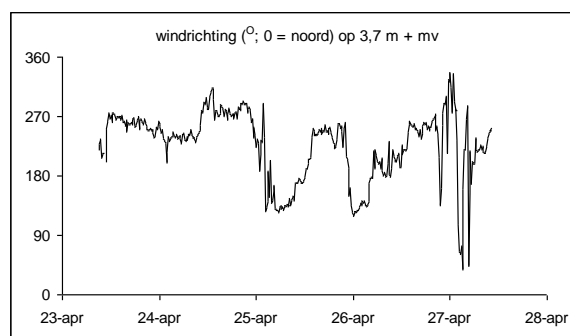
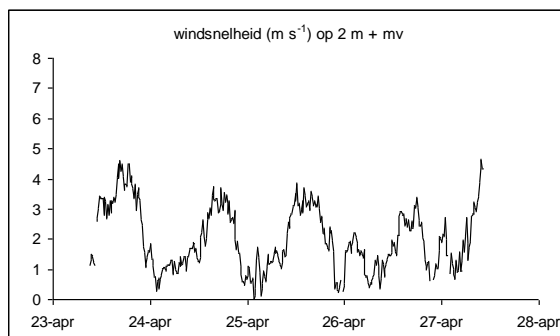
sleepslangenmachine (week 26)



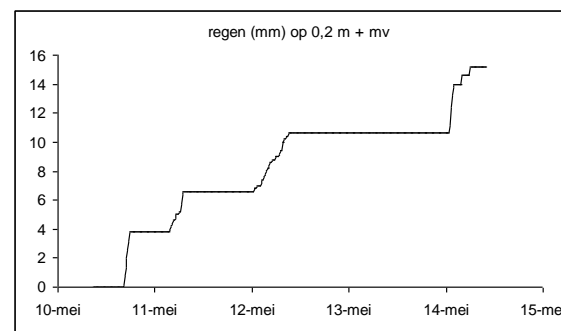
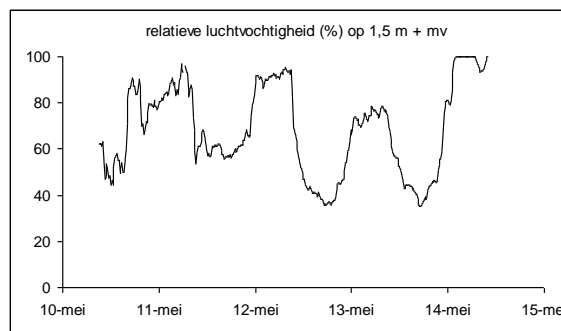
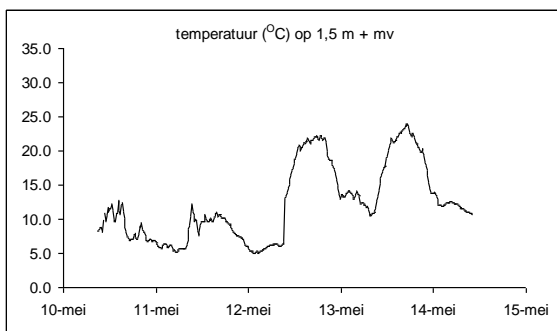
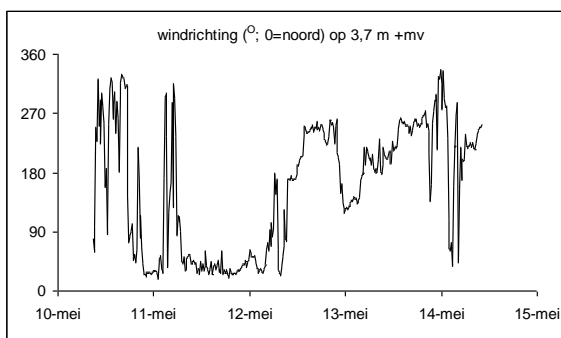
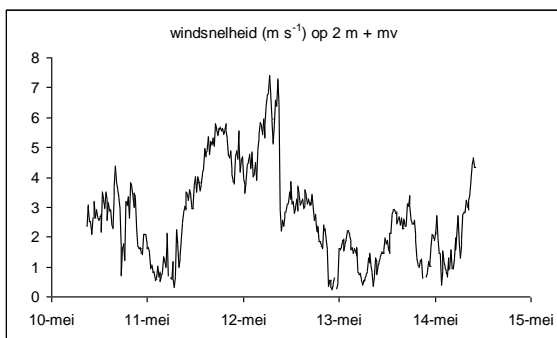
Bijlage IV.

Weersomstandigheden tijdens de metingen

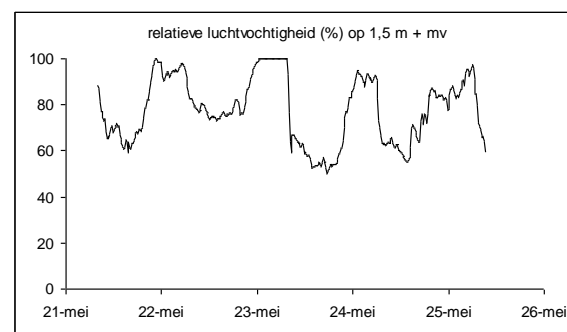
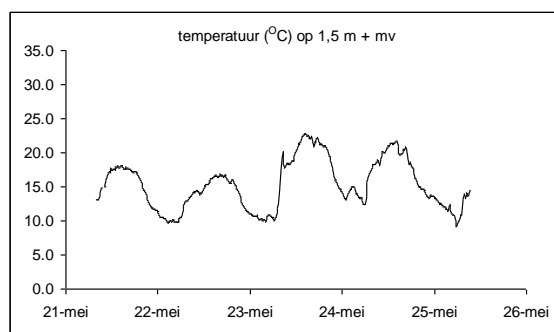
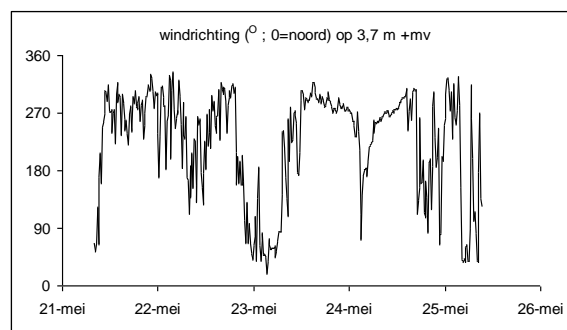
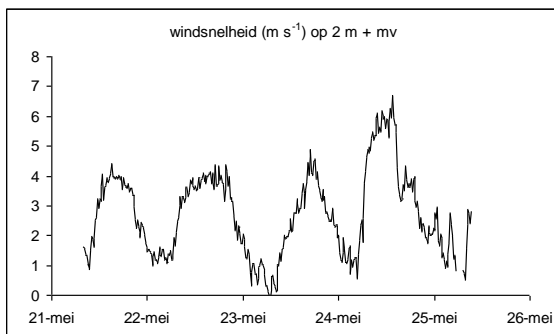
Weersomstandigheden week 16-2010 (23-04-2010/27-05-2010)



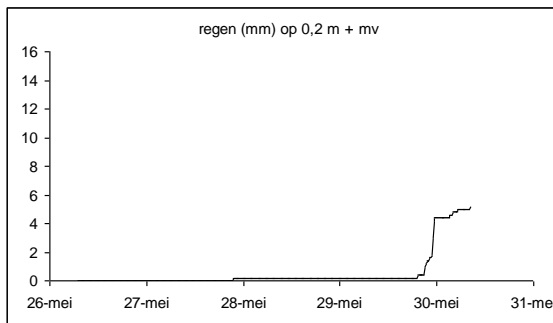
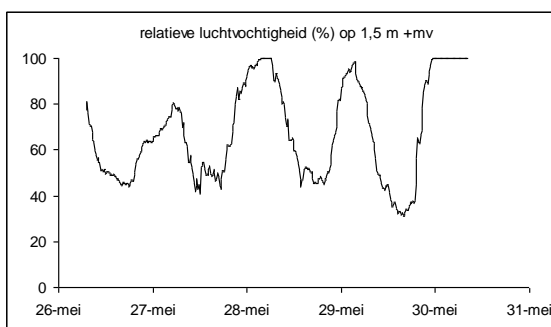
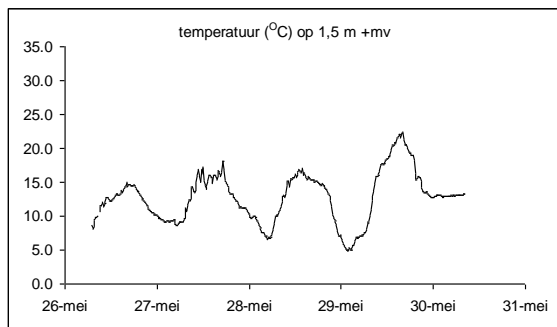
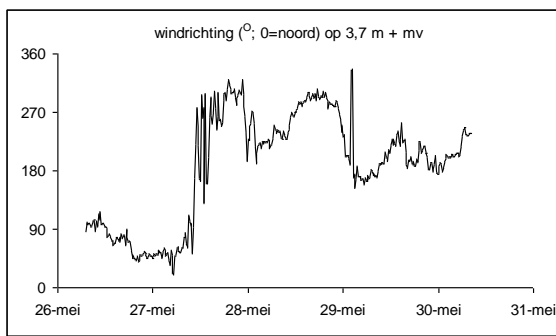
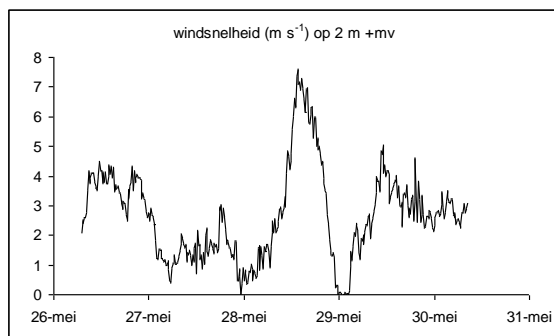
Weersomstandigheden week 19-2010 (10-05-2010/15-05-2010); emissiemeting gestopt op 12-05-2010, 9 uur



Weersomstandigheden week 20-2010 (21-05-2010/25-05-2010)
Er was in deze week geen neerslag

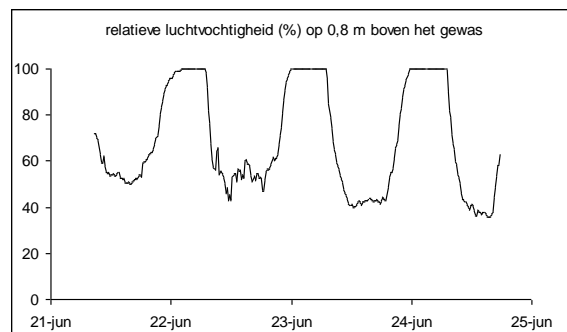
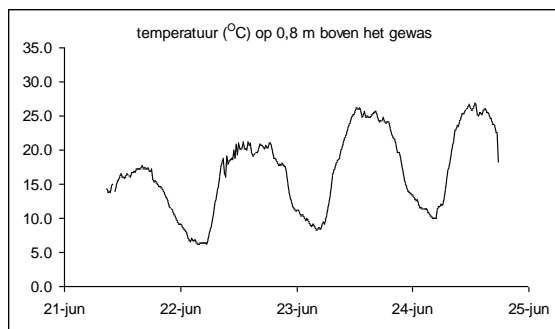
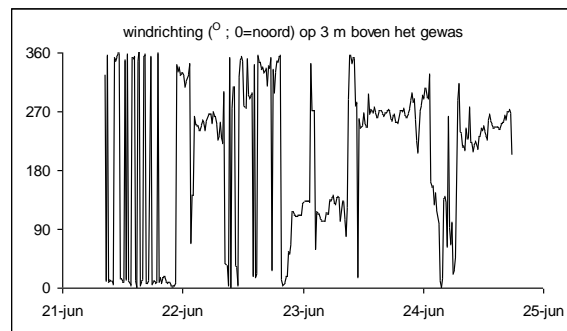
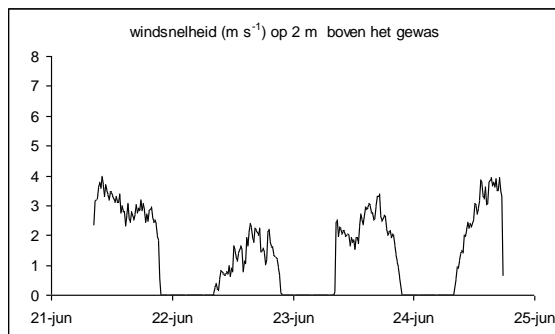


Weersomstandigheden week 21-2010 (26-05-2010/30-05-2010)



Weersomstandigheden week 25-2010 (21-06-2010/24-06-2010)

Er was in deze week geen neerslag



Weersomstandigheden week 26-2010 (28-06-2010/01-07-2010)

