

25

Praktijk onderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

25

3 1991
w 15

Het effect van toedienen van
dunne rundermest met de
sleepvoetenmachine bij kort
en lang gras

J.M.G. Hol

dlo



Praktijk onderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Het effect van toedienen van
dunne rundermest met de
sleepvoetenmachine bij kort
en lang gras

J.M.G. Hol

Meetploeg verslag 34506-3200
Maart 1992

De uitkomsten van dit onderzoek gelden alleen voor de omstandigheden waaronder de experimenten plaats vonden. Vergelijking is derhalve niet zonder meer mogelijk en is voorbehouden aan de rapporteur.

INHOUDSOPGAVE	
1 INLEIDING	2
2 METHODE	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Opzet	3
2.3 Uitvoering	3
3 RESTULTATEN EN DISCUSSIE	5
3.1 Bodem- en gewasomstandigheden	5
3.2 Weersomstandigheden	5
3.3 Mestsamenstelling	5
3.4 Ammoniakvervluchtiging	6
4 CONCLUSIE	9
LITERATUUR	10
Bijlage I Micrometeorologische massabalansmethode	11
Bijlage II Weersomstandigheden tijdens het experiment	16
Bijlage III Foutenanalyse	18
Bijlage IV Emissiesnelheid per meetmethode	19

1 INLEIDING

In opdracht van de begeleidingscommissie voor het intensiveringsonderzoek heeft de meetploeg, die door het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij is ingesteld, een onderzoek gedaan naar de beperking van de ammoniakemissie na toediening van dunne rundermest met de sleepvoetenmachine. Dit onderzoek bestond slechts uit één experiment en kon daardoor slechts indicatief zijn.

De sleepvoetenmachine legt de mest door middel van sleepvoeten in smalle strookjes onder het gras op de zode. Het oppervlak van de mest dat met de lucht in aanraking komt is daardoor veel kleiner dan bij bovengronds verspreiden; hoe kleiner het contactoppervlak lucht-mest is des te lager zal de ammoniakemissie zijn. Doordat deze machine niet in de grond hoeft te snijden is minder trekkracht nodig om de mest toe te dienen. Toepassing van deze machine zou met name op op zware en minder draagkrachtige gronden uitkomst kunnen bieden (Huijsmans, 1990).

In 1990 zijn ook experimenten gedaan naar de emissiebeperking na toediening met de sleepvoetenmachine (de Bode 1990 a,b,c,d). Hieruit bleek dat de grashoogte en de mestgift invloed hebben op de ammoniakemissie. De verwachting is dat de emissie vooral wordt beperkt wanneer het gras wat langer is. De mest wordt beter afgedekt. Een hogere mestgift zou een hogere emissie kunnen geven aangezien de mest minder goed tussen het gras gelegd kan worden waardoor het gras de mest minder kan afdekken. Vooral bij kort gras zal het effect van een grotere mestgift een hogere ammoniakemissie kunnen geven. Aangezien het effect van grashoogte en hogere mestgift op de ammoniakemissie nog niet voldoende is onderzocht werd in dit experiment, met behulp van de sleepvoetenmachine, 17 tot 18 m³/ha dunne rundermest op grasland bij twee verschillende grashoogten aangewend.

2 METHODE

2.1 Inleiding

De ammoniakemissie van een bemest veld wordt bepaald met behulp van de micrometeorologische massabalansmethode. In het kort komt deze methode neer op het meten van het verschil tussen aan- en afvoer van ammoniak over een bemest proefveld. Dit proefveld is cirkelvormig en heeft in het algemeen een oppervlakte die tussen 0,15 en 0,20 hectare ligt. Voor deze meetmethode zijn concentratie- en windsnelheidsmetingen op bepaalde hoogten nodig. In bijlage I wordt een korte toelichting op deze methode gegeven. Deze meetmethode is geschikt om de ammoniakemissie van verschillende soorten mest te vergelijken met de emissie van bovengronds breedwerpig uitgereden dunne mest. Ten opzichte van het laatste veld - het zogenaamde referentieveld- kan een reductiepercentage worden berekend. De ammoniakemissie wordt uitgedrukt als percentage van de opgebrachte hoeveelheid ammonium- en totaalstikstof.

2.2 Opzet

Het experiment is uitgevoerd van 9 april 1991 tot en met 13 april 1991. Voor dit experiment is gebruik gemaakt van dunne rundermest die op het melkveehouderij-proefbedrijf 'de Vijf Roeden' van het IMAG-DLO onder een ligboxenstal was opgeslagen. De proeven zijn op grasland van het proefbedrijf uitgevoerd. In totaal zijn vier proefvelden op grasland aangelegd. Twee proefvelden zijn uitgemaaid zodat de grashoogte ongeveer 6 cm werd. Bij de overige twee proefvelden werd de mest toegediend bij ongeveer 1500 kg ds/ha grasopbrengst. Op het gemaaid gras werd een proefveld met de sleepvoetenmachine aangelegd en een proefveld waarbij de mest bovengronds breedwerpig werd verspreid. Dit werd ook op het langere gras gedaan. De opzet was om een mestgift van 17 tot 18 m³/ha te geven.

Factoren die de emissie kunnen beïnvloeden zijn voor de vier velden zoveel mogelijk gelijk gehouden. De experimenten zijn daarom zo snel mogelijk achter elkaar gestart zodat de invloed van verschillen in weersomstandigheden op de individuele metingen was uitgesloten.

Uit voorgaand onderzoek (Pain en Klarenbeek, 1988) is gebleken dat de emissie direct na het verspreiden van de mest snel verloopt. Om het verloop van de emissie te meten moeten de monsternamperiodes direct na het verspreiden van de mest kort zijn. Daarom is gekozen voor de volgende monsternamperiodes: 0-½ uur, ½-1½ uur, 1½-3 uur, 3-6 uur, 6 uur- schemering, schemering-zonsopkomst, zonsopkomst-48 uur, 48-72 uur en 72- 96 uur na uitrijden.

2.3 Uitvoering

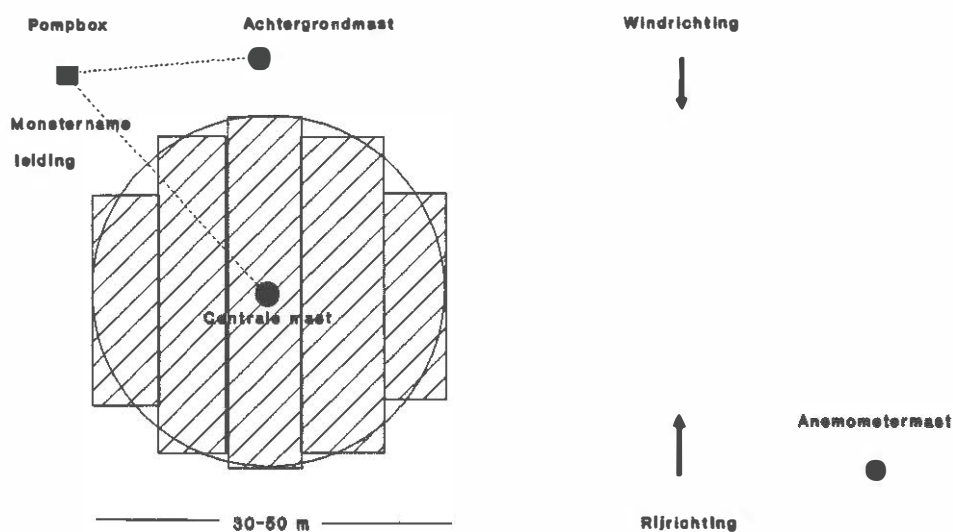
Voor de start van het experiment is de grashoogte gemeten en zijn bodemmonsters van de bovenste 5 cm genomen. De bodemvochtigheid (op basis van droog gewicht) wordt bepaald door de monsters minimaal 24 uur bij 105 °C te drogen.

Voor het uitrijden wordt de mest in viervoud bemonsterd. Een mestmonster worden geanalyseerd op: totaalstikstof, ammoniumstikstof, fosfor, kalium, pH, droge stof, ruwe as en vluchtige vetzuren. Van deze analyseresultaten wordt een gemiddelde berekend.

In figuur 1 staat het schema van een cirkelvormig proefveld met daarbij de posities van de pompbox, de achtergrond- en centrale mast. Nadat de helft van het proefveld is uitgereden is de centrale mast geplaatst en de meting gestart. Met deze mast wordt de ammoniakconcentratie bepaald in de lucht die over een afstand van de lengte van de straal van het veld is gegaan. Met de achtergrondmast, die

bovenwinds van de centrale mast stond, is de achtergrondconcentratie gemeten. In de masten zijn op verschillende hoogten flesjes met opvangvloeistof bevestigd. Met behulp van een pomp is de lucht door de flesjes gezogen, waarbij de ammoniak in de opvangvloeistof is achtergebleven. Als opvangvloeistof is 0,020 M salpeterzuur gebruikt. In het laboratorium van het IMAG-DLO is na de meetperiode de hoeveelheid ammonium in het salpeterzuur met een ionchromatograaf bepaald (Waters, proteïn-pak kolom sp 5pw).

Uit deze hoeveelheid en de flow door het flesje die voor en na een monsternamperiode is gemeten, is de ammoniakconcentratie in de lucht bepaald. Uit de windsnelheid op de verschillende hoogten en de gemeten concentratie volgt dan de hoeveelheid ammoniak die uit de mest is vervluchtigd.



Figuur 1. Schema van een proefveld voor de micrometeorologische massabalansmethode.

Voor een goede beschrijving van de omstandigheden waaronder het experiment is uitgevoerd worden de weersomstandigheden gemeten en continu geregistreerd. De volgende weergegevens zijn gemeten:

- windsnelheid op 0,24; 0,44; 0,89; 1,42; 2,44 en 3,74 m hoogte
- windrichting
- regenval
- luchttemperatuur op 0,05 en 1,5 m hoogte
- bodemtemperatuur op maaiveld
- luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte
- instraling

3 RESTULTATEN EN DISCUSSIE

3.1 Bodem- en gewasomstandigheden

De grondsoort waarop de proefvelden lagen wordt gekwalificeerd als komklei, 74% tot 78% afslibbaar. De bodem was aan het begin van dit experiment vochtig. Het vochtpercentage van de bodem lag voor de vier velden tussen de 32% tot 35% vocht (24 metingen). Aangezien bij dit experiment de grashoogte als één van de bepalende factoren voor de ammoniakemissie wordt gezien is de grashoogte net voor de start van het experiment gemeten met behulp van een eenvoudige grashoogtemeter. De gemiddelde gewas lengte was 6,2 cm (16 metingen) bij het gemaaide, korte gras en 12,1 cm (17 metingen) bij het lange gras.

3.2 Weersomstandigheden

Op de eerste dag van het experiment was het droog. De zon scheen tussen de wolken door, er waaide een zwakke wind van maximaal 4 m/s. De temperatuur lag tussen de 10°C en 15°C op 1,5 m hoogte. Gedurende de eerste twee nachten was er sprake van nachtvorst, waarbij in de eerste nacht, mede door het wegvallen van de wind, de temperatuur daalde tot -4°C (5 cm boven de grond). Op de derde dag van het experiment veranderde het weer, de windsnelheid nam toe tot maximaal 6 m/s. Ook de relatieve luchtvochtigheid veranderde deze daalde tot 40%. De temperatuur bleef ongeveer gelijk. In bijlage II zijn de weersomstandigheden tijdens de meetperiode opgenomen.

3.2 Mestsamenstelling

De mest is afkomstig van het proefbedrijf van het IMAG waar melkvee wordt gehouden. De mest is afkomstig van melkkoeien die als ruwvoerrantsoen 30% snijmais en 70% kuilgras (verdeling op droge stof basis) kregen. Verder werd krachtvoer via KMV (koppeling melkcontrole veevoeding) verstrekt.

Tabel 1 Gemiddelde samenstelling van de dunne rundermest die in dit experiment is gebruikt in vergelijking met de gemiddelde waarden uit Hoeksma (1988).

Grootheid	[eenheid]	Dunne rundermest	Gemiddeld
Ammoniumstikstof	[mg/kg]	1900	2400
Totaalstikstof	[mg/kg]	4260	4900
Fosfor	[mg/kg]	680	874
Kalium	[mg/kg]	3060	5146
pH		7,2	8,2
Droge stof	[g/kg]	74,8	96
Ruwe as	[% ds]	24,2	28
Vluchtige vetzuren	[mg/l]	8113	****

De samenstelling van de dunne rundermest die in dit experiment gebruikt werd is vergeleken met de gemiddelde samenstelling van dunne rundermest (Hoeksma, 1988). Uit tabel 1 blijkt dat de gemiddelde samenstelling van dunne rundermest op verschillende punten duidelijk afweek van de gebruikte mest. De pH gevonden door

Hoeksma is 8,2, terwijl de gebruikte mest een pH heeft van 7,2. Het fosfor- en het kaligehalte liggen lager bij de gebruikte mest maar dit heeft geen invloed op de ammoniakemissie. Daarnaast verschilde de hoeveelheid ammoniumstikstof in de gebruikte mest iets, namelijk 1900 mg/kg ten opzichte van 2400 mg/kg in de gemiddelde mest. De gehalten in de gebruikte mest vielen wel binnen de spreiding van de gemiddelde mest.

3.3 Ammoniakvervluchtiging

In tabel 2 staan de mestgiften die op de verschillende proefvelden zijn gegeven. De sleepvoetenmachine heeft te weinig mest opgebracht, namelijk gemiddeld 10,7 m³/ha in plaats van 17 tot 18 m³/ha. Het is dus niet mogelijk om het effect op de ammoniakemissie van een hogere mestgift te bepalen. Bij bovengronds breedwerpig verspreiden werd een gemiddelde mestgift van 15,8 m³/ha gegeven. Uit tunnelonderzoek blijkt dat voor mestgiften kleiner dan 30 m³/ha de relatieve ammoniakemissie bij bovengronds verspreiden vrijwel onafhankelijk is van de mestgift (Pain en Klarenbeek, 1988).

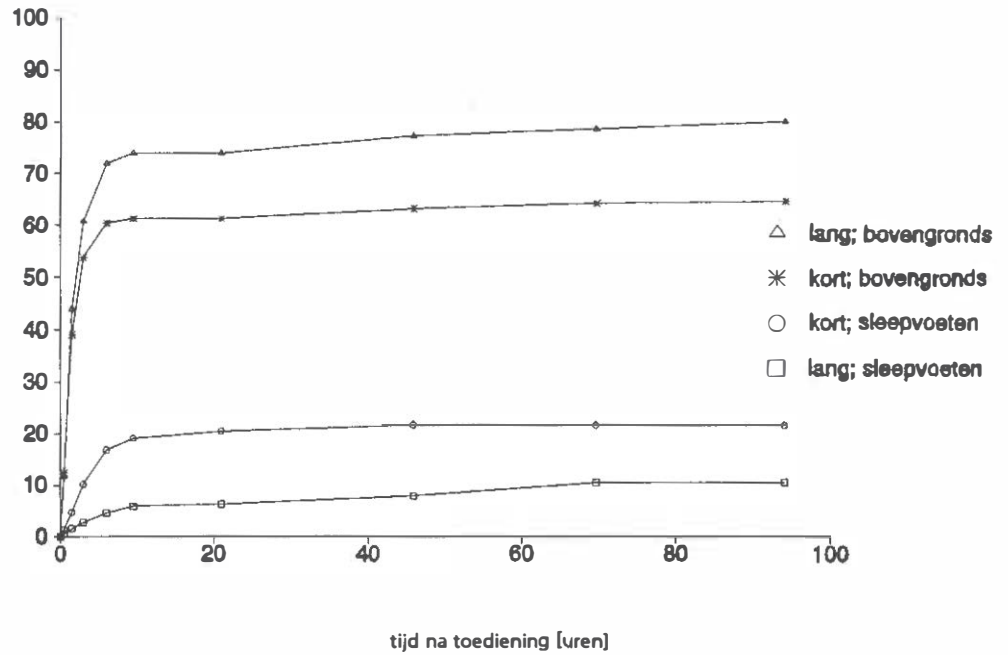
Tabel 2 Gemiddelde giften en ammoniakemissie van dunne rundermest na toediening met behulp van de sleepvoetenmachine in vergelijking met bovengronds breedwerpig verspreiden.

Gras- lengte	Machine	Giften			Ammoniakemissie		
		mest [m ³ /ha]	NH ₄ -N [kg/ha]	N-tot [kg/ha]	NH ₄ -N [kg/ha]	NH ₄ -N [%]	N-tot [%]
kort	Sleepvoeten	10,7	20,3	45,6	4,4	21,7	9,7
kort	Bovengronds	16,2	30,8	69,0	24,7	80,1	35,8
lang	Sleepvoeten	10,6	20,1	45,2	2,1	10,6	4,7
lang	Bovengronds	15,3	29,1	65,1	18,8	64,7	28,9

Bij het korte gras (6 cm) gaf toediening van mest met de sleepvoetenmachine een emissie van 21,7% van de opgebrachte ammoniumstikstof. Ten opzichte van bovengronds breedwerpig toedienen (80,1% emissie) is de emissiereductie 73%. Bij lang gras (12 cm) gaf toediening van mest met de sleepvoetenmachine een emissie van 10,6% van de opgebrachte ammoniumstikstof. Bovengronds breedwerpige toediening gaf een emissie van 64,7%, zodat de reductie van toediening met de sleepvoetenmachine 84% is.

In figuur 2 en bijlage III is te zien dat bij bovengronds verspreiden de emissie in de eerste uren na toediening hoog was. Na toediening met de sleepvoetenmachine is de emissie veel minder. 24 uur na de start van het experiment is de emissie op alle proefvelden ongeveer gelijk.

emissie als % van opgebrachte $\text{NH}_4\text{-N}$



Figuur 2 Het verloop van de ammoniakemissie na toediening van dunne rundermest met de sleepvoetenmachine in vergelijking met bovengronds breedwerpig verspreiden.

De gemeten emissiereductie in dit experiment bij kort gras komt goed overeen met de resultaten van de experimenten uit 1990 (tabel 3). De emissiereductie na toediening op lang gras is in dit experiment hoog (84%). In 1990 was dit maximaal 70%. Het grootste verschil is te vinden in de hoge emissie bij bovengronds breedwerpig toedienen deze lag in 1990 bij lang gras op 47,4% terwijl in dit experiment de emissie 64,6% van de opgebrachte ammoniumstikstof was. Bovendien was in dit experiment de emissie na toediening met de sleepvoetenmachine in lang gras slechts 10,6% dit is ook duidelijk lager dan in 1990 gevonden werd. De emissiereductie als het gevolg van toediening met de sleepvoetenmachine in lang gras is 51% ten opzichte van toediening met de sleepvoetenmachine in kort gras.

Tabel 3 Resultaten van experimenten uit 1990 waarbij de ammoniakemissie na toediening van dunne rundermest met de sleepvoetenmachine werd gemeten.

Grashoogte	Gift [m^3/ha]	Emissie [% opgebr. NH_4N]		Emissiereductie [%]	Referentie
		sleepvoeten	bovengronds		
lang	6,6	14,0	47,4	70	de Bode (a)
lang	19,0	18,4	47,4	61	de Bode (a)
8 cm	8,4	13,0	55,8	77	de Bode (b)
8 cm	17,3	27,0	55,8	52	de Bode (b)
5 cm	8,6	17,2	52,6	67	de Bode (d)

4 CONCLUSIE

Het toedienen van dunne rundermest met de sleepvoetenmachine verminderde de ammoniakemissie in dit experiment aanzienlijk ten opzichte van bovengronds breedwerpige toediening. Dit geldt zowel voor toediening op kort als voor toediening op lang gras. Bij een mestgift van 10,6 m³/ha gegeven door de sleepvoetenmachine is de emissie op kort gras 21,7% waarbij de bovengronds breedwerpig aangewende mest 80,1% van de opgebrachte ammoniumstikstof vervluchtigde. De emissiereductie door toediening met de sleepvoetenmachine was 73%. Op lang gras is de reductie duidelijk hoger namelijk 84%, waarbij 64,4% van de opgebrachte ammoniumstikstof bij bovengronds breedwerpige toediening vervluchtigde en 10,6% bij toediening met de sleepvoetenmachine.

Door met de sleepvoetenmachine in lang gras (12 cm) mest aan te wenden werd de emissie met 51% beperkt ten opzichte van toediening met de sleepvoetenmachine in kort gras (6 cm).

LITERATUUR

Bode, M.J.C., de, 1990a - Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmestaanwending. Het effect van een aangepaste sleepslangmachine. Wageningen, DLO-Meetploegverslag 34506-1200.

Bode, M.J.C., de, 1990b - Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmestaanwending. Het effect van een aangepaste sleepslangmachine bij aanwending van rundveemengmest op kort gemaaid gras. Wageningen, DLO-Meetploegverslag 34506-1500.

Bode, M.J.C., de, 1990c - Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmestaanwending. Het effect van een aangepaste sleepslangmachine bij aanwending van varkensmengmest op kort gemaaid gras. Wageningen, DLO-Meetploegverslag 34506-1600.

Bode, M.J.C., de, 1990d - Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmestaanwending. Het effect van een aangepaste sleepslangmachine bij aanwending van varkens- en rundveemengmest op kort gemaaid gras. Wageningen, DLO-Meetploegverslag 34506-1700.

Bruins, M.A. en J.F.M. Huijsmans, 1989 - De reductie van de ammoniakemissie uit varkensmest na toediening op bouwland. Wageningen, IMAG-DLO Rapport 225.

Hoeksma, P., 1988 - De samenstelling van drijfmest die naar akkerbouwbedrijven wordt afgezet. Wageningen, IMAG-DLO.

Huijsmans, J.F.M., 1990 - Ontwikkeling van emissie-arme mesttoedieningssystemen met betrekking tot de dosering en verdeling van de mest en de toediening op minder draagkrachtige en moeilijk berijdbare gronden. Wageningen, IMAG-DLO project in het kader van de Mest en ammoniak problematiek.

Pain, B.F. and J.V. Klarenbeek, 1988 - Anglo-Dutch experiments on odour and ammonia emissions from landspreading livestock wastes. Wageningen, IMAG-DLO research report 88-2.

Bijlage I Micrometeorologische massabalansmethode

Theorie

De metingen van de ammoniakemissie worden ondermeer uitgevoerd met de micrometeorologische massabalansmethode. Een uitgebreide beschrijving van deze methode is te vinden in Denmead (1983). Hier wordt volstaan met een beknopte beschrijving. De micrometeorologische massabalansmethode is gebaseerd op het verschil in aan- en afvoer van ammoniak over een proefveld (Figuur 3a). Bij afwezigheid van ammoniak bovenwinds van het proefveld wordt de ammoniakflux F vanaf het veld gegeven door:

$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} (\bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) + u'(z) \cdot c'(z)) dz \quad (1)$$

waarin:

- F = flux [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
- x = aanstroombgengte, de afstand tussen de plaats waar de wind het veld binnenkomt en de centrale mast [m];
- z_p = de hoogte waar de ammoniakconcentratie gelijk wordt aan de achtergrond (zie Figuur 3b) [m];
- z_0 = de ruwheidslengte (de hoogte waarop u gelijk aan 0 wordt) [m];
- $u(z) \cdot c(z)$ = de in de tijd gemiddelde horizontale flux veroorzaakt door horizontale convectie op hoogte z van de centrale mast [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
- $u'(z) \cdot c'(z)$ = de turbulente flux veroorzaakt door horizontale diffusie loodrecht op de windrichting [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$].

In het algemeen wordt aangenomen dat de laatste term verwaarloosbaar is ten opzichte van de convectieve term (Denmead, 1983; Denmead et al., 1977; Beauchamp et al., 1982; Beauchamp et al., 1987). Vergelijking (1) wordt daarom vereenvoudigd tot:

$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) dz \quad (2)$$

Bij aanwezigheid van ammoniak in de achtergrondlucht moeten zowel boven- als benedenwinds de profielen van de ammoniakconcentratie worden vastgesteld (Figuur 3b). Met deze profielen kan vervolgens het profiel van de horizontale flux worden berekend (zie Figuur 3c). De geïntegreerde horizontale flux over de hoogte levert voor beide meetposities de flux door een vertikaal vlak van eenheidsbreedte. De netto flux van het proefveld is het verschil tussen de fluxen door beide verticale vlakken. De flux kan worden uitgedrukt per landoppervlakte d.m.v. deling door de aanstroombgengte:

$$F_N = \frac{1}{x} \left(\int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z) dz - \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z) dz \right) \quad (3)$$

waarin:

- F_N = nettoflux [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
- $c_1(z)$ = de gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}];
- $c_2(z)$ = de gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}].

Uitvoering

Bij het uitrijden wordt de mest verspreid zoals in Figuur 1 is weergegeven. De diameter van een veld is ongeveer 45 m. Een cirkelvormig veld vergemakkelijkt de berekening van de emissie. De benedenwindse flux kan dan in het midden van het veld worden gemeten, zodat de fetch voor alle windrichtingen gelijk is.

De ammoniakconcentratie in het midden van het veld is gemeten door zo snel mogelijk na het uitrijden (in ieder geval binnen 15 min) een 3,5 meter hoge mast in het midden van het veld te plaatsen (centrale mast). De centrale mast bevat 7 monsternamepunten, die in hoogte logaritmisch over de mast zijn verdeeld. Een monsternamepunt bestaat uit een wasflesje gevuld met met 0,02 M HNO₃ als absorptievloeistof en een impinger. Een impinger maakt het mogelijk door middel van een pomp en aanzuigslangen lucht door de vloeistof te leiden. Het ammoniumgehalte in de absorptievloeistof is met behulp van een ionchromatograaf bepaald. De luchtsnelheid door de absorptievloeistof wordt ingesteld op 2,5 l min⁻¹. De flow wordt per meetperiode 2 keer nagemeten.

De achtergrondconcentratie is gemeten door bovenwinds van het veld een mast te plaatsen van 3,5 m hoogte (achtergrondmast). Vanwege het ontbreken van een profiel is deze mast van slechts 4 monstername punten voorzien. Bij draaiing van de wind wordt de achtergrondmast zo verplaatst dat deze bovenwinds van het veld blijft staan. Naast het proefveld is een mast opgesteld voorzien van 6 anemometers om het windprofiel te meten. Ook de anemometers zijn in hoogte logaritmisch over de mast verdeeld.

Literatuur

Beauchamp, E.G., Kidd, G.E. en G. Thurtell, 1978 - Ammonia volatilization from sewage sludge in the field. *J. Environ. Qual.*, 7, p. 141-146.

Beauchamp, E.G., Kidd, G.E. en G. Thurtell, 1982 - Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field. *Can. J. Soil Sci.*, 62, p. 11-29.

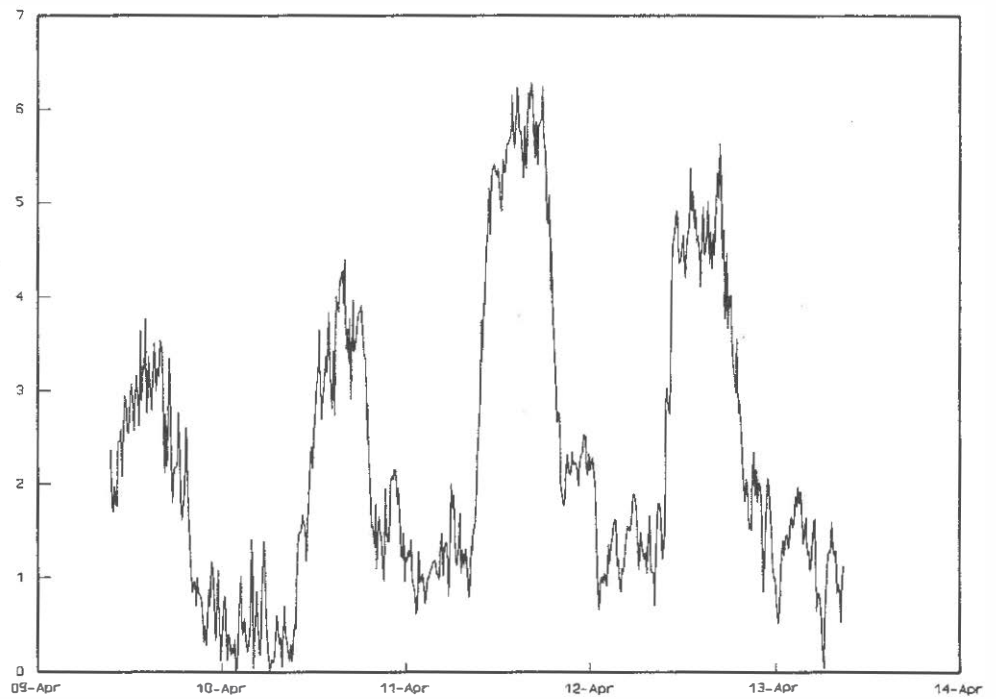
Denmead, O.T., Simpson, J.R. en J.R. Freney, 1977 - A direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia. *Soil Sci. Soc. Am.*, 41, p. 1001-1004.

Denmead, O.T., 1983 - Micrometeorological methods for measuring gaseous losses of nitrogen in the field. In: J.R. Freney en J.R. Simpson (eds). *Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems*. Den Haag, Martinus Nijhoff/Dr W Junk Pub.

Ryden, J.C. en J.E. McNeill, 1984 - Application of the micrometeorological mass balance method to the determination of ammonia loss from a grazed sward. *J. Sci. Food Agric.*, 35, p. 1297-1310.

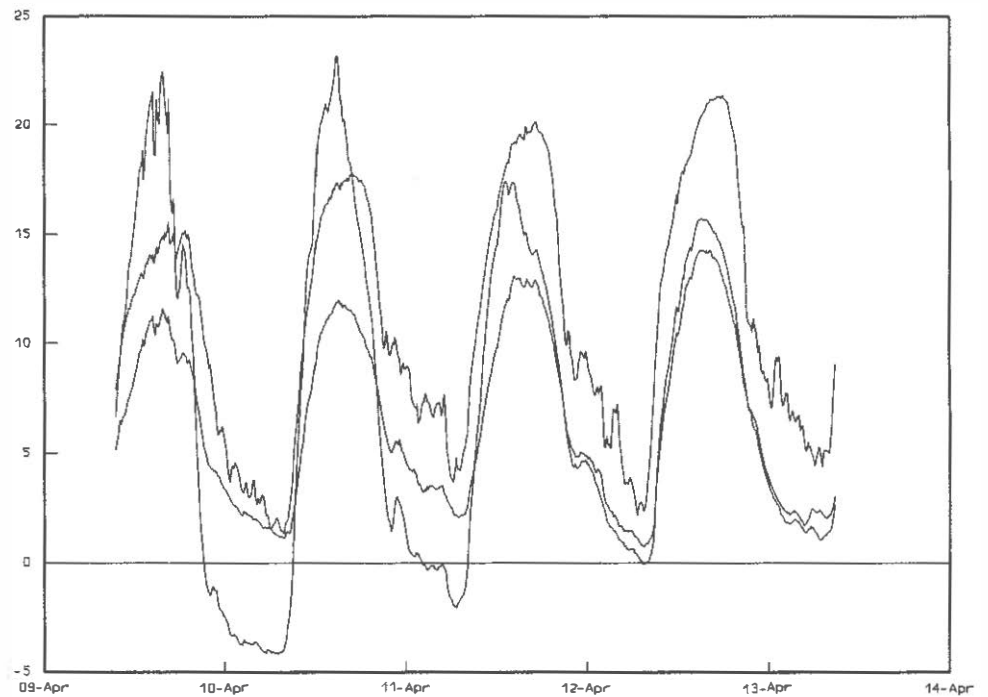
Bijlage II Weersomstandigheden tijdens het experiment

m/s

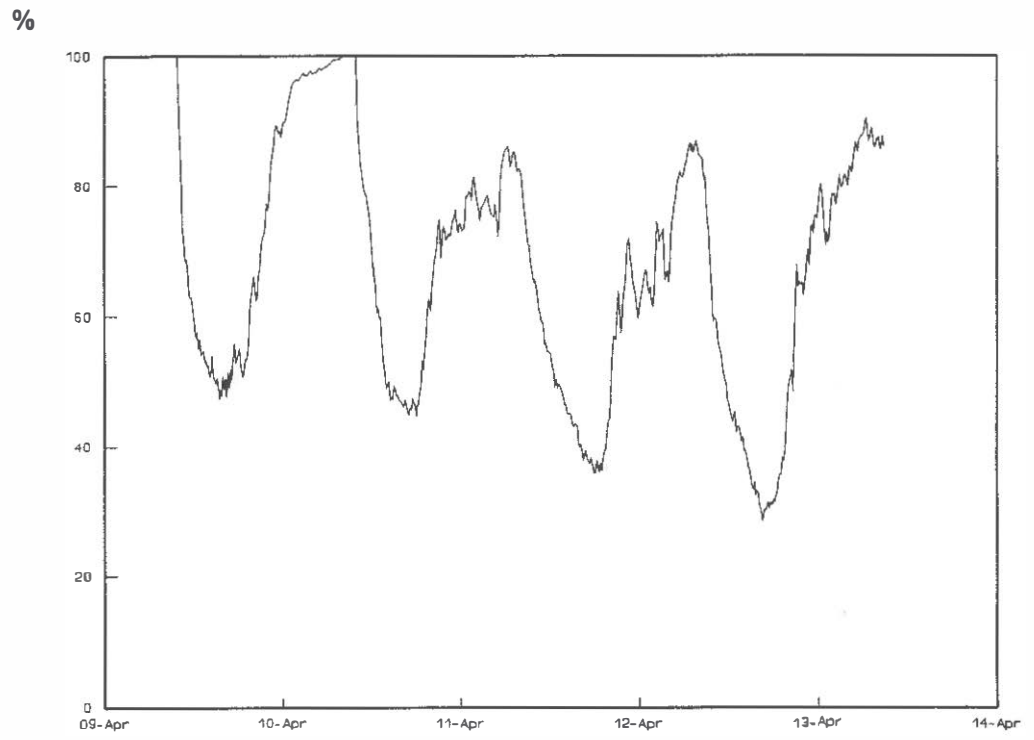


Figuur 4 Windsnelheid op 2,4 m hoogte

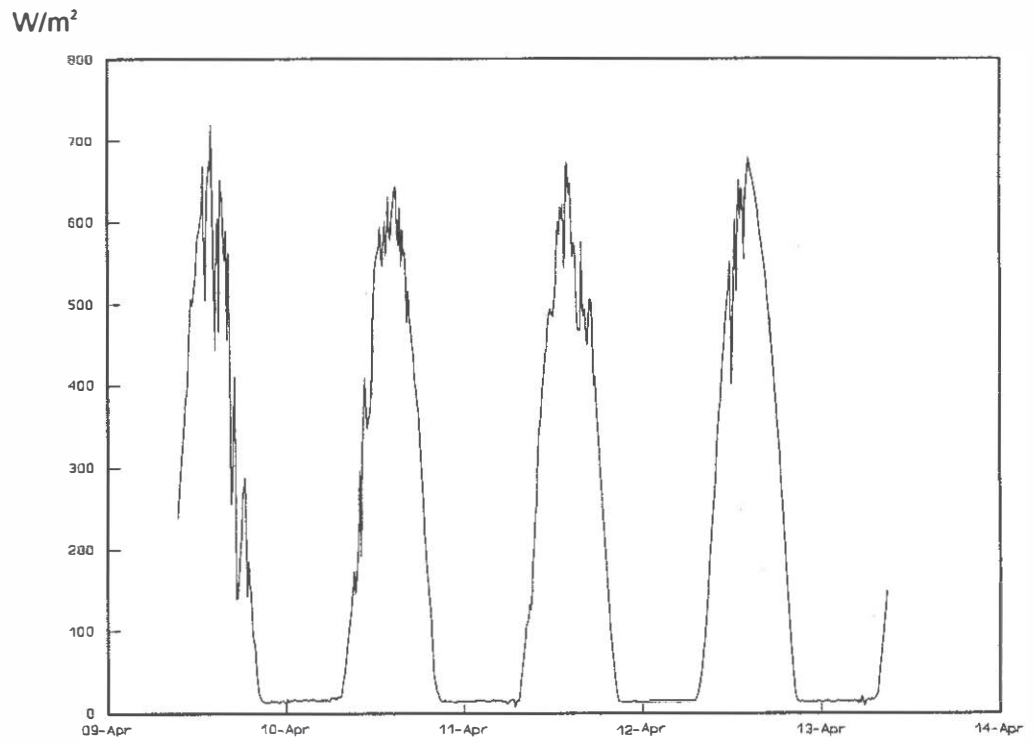
°C



Figuur 5 Temperatuur op 1,5 m hoogte, 0,05 m boven de grond en op de grond



Figuur 6 Relatieve luchtvochtigheid



Figuur 7 Globale straling

Bijlage III Emissiesnelheid per meetmethode

Sleepvoetenmachine, kort gras

periode na uitrijden	emissiesnel- heid [kg/ha/dag]	cumulatief verlies [kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
0 - ½ uur	14,10	0,29	1,44	0,64
½ - 1½ uur	15,98	0,96	4,73	2,11
1½ - 3 uur	18,17	2,08	10,26	4,56
3 - 6 uur	11,05	3,43	16,88	7,52
6 - 8 uur	2,84	3,88	19,14	8,51
8 - 20 uur	0,60	4,17	20,55	9,14
20 - 45 uur	0,23	4,41	21,70	9,67
45 - 69 uur	-0,79	4,41	21,70	9,67
69 - 93 uur	-0,34	4,41	21,70	9,67

Sleepvoetenmachine, lang gras

periode na uitrijden	emissiesnel- heid [kg/ha/dag]	cumulatief verlies [kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
0 - ½ uur	5,39	0,11	0,56	0,24
½ - 1½ uur	5,06	0,32	1,57	0,71
1½ - 3 uur	3,86	0,55	2,76	1,22
3 - 6 uur	3,09	0,93	4,64	2,06
6 - 8 uur	1,80	1,19	5,92	2,63
8 - 20 uur	0,20	1,28	6,39	2,83
20 - 45 uur	0,30	1,60	7,96	3,54
45 - 69 uur	0,53	2,12	10,57	4,69
69 - 93 uur	-0,01	2,12	10,57	4,69

~~Bovengronds breedwerpig, kort gras~~ *lang gras*

periode	emissiesnel- heid	cumulatief verlies		
		[kg/ha]	[%] t.o.v.	
na uitrijden	[kg/ha/dag]		[kg/ha]	NH ₄ -N
0 - ½ uur	179,95	3,62	12,45	5,25
½ - 1½ uur	185,42	11,35	39,00	16,45
1½ - 3 uur	69,33	15,63	53,73	22,65
3 - 6 uur	15,50	17,57	60,38	25,46
6 - 9 uur	1,67	17,82	61,23	25,83
9 - 22 uur	-0,06	17,82	61,23	25,83
22 - 47 uur	0,53	18,36	63,10	26,61
47 - 71 uur	0,32	18,68	64,19	27,07
71 - 94 uur	0,14	18,82	64,67	27,28

kaart
Bovengronds breedwerpig, lang gras

periode	emissiesnel- heid	cumulatief verlies		
		[kg/ha]	[%] t.o.v.	
na uitrijden	[kg/ha/dag]		[kg/ha]	NH ₄ -N
0 - ½ uur	173,77	3,62	11,75	5,56
½ - 1½ uur	273,65	13,52	43,90	20,77
1½ - 3 uur	83,54	18,69	60,67	28,71
3 - 6 uur	27,90	22,17	71,99	34,06
6 - 9 uur	3,57	22,76	73,89	34,96
9 - 22 uur	-0,10	22,76	73,89	34,96
22 - 46 uur	0,99	23,79	77,25	36,54
46 - 70 uur	0,44	24,22	78,65	37,20
70 - 95 uur	0,45	24,67	80,10	37,90