

26

# Praktijk onderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

26

Het effect van toedienen van  
dunne varkensmest met de  
sleevoetenmachine bij kort  
en lang gras

J.M.G. Hol

dlo



Meetploeg verslag 34506-3300  
Maart 1992



# Praktijk onderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

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

J.M.G. Hol

Meetploeg verslag 34506-3300  
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 RESULTATEN EN DISCUSSIE	5
3.1 Bodem- en gewasomstandigheden	5
3.2 Weersomstandigheden	5
3.3 Mestsamenstelling	5
3.4 Ammoniakvervluchtiging	6
4 CONCLUSIE	8
LITERATUUR	9
Bijlage I Micrometeorologische massabalansmethode	10
Bijlage II Weersomstandigheden tijdens het experiment	15
Bijlage III 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 mengmest met de sleepvoetenmachine. Dit onderzoek bestond slechts uit twee experimenten, met één waarneming per 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 breedwerpig verspreiden; waardoor ammoniakemissie lager zal zijn. Doordat deze machine niet in de grond hoeft te snijden is minder trekkracht nodig om de mest toe te dienen. Deze machine is met name ook op zware en minder draagkrachtige gronden inzetbaar (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 zowel de grashoogte als de mestgift invloed hebben op de ammoniakemissie. De verwachting is dat de emissie sterker wordt beperkt naarmate het gras 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 m<sup>3</sup> varkensmengmest per hectare op grasland bij twee verschillende grashoogten toegediend.

## 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 16 april 1991 tot en met 20 april 1991. Voor dit experiment is gebruik gemaakt van dunne varkensmest die werd aangevoerd door een loonwerker uit de regio. De proeven zijn op grasland van het proefbedrijf 'De Vijf Roeden' van het IMAG-DLO 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 m<sup>3</sup>/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.

Door de grote kans op nachtvorst is de monsternam in de tweede nacht (na 35 uur) stopgezet. De volgende ochtend, 48 uur na toediening, werd de proef weer gestart. Echter tussen 48 en 72 uur na toediening is de stroomvoorziening uitgevallen, waardoor deze monsterperiode is uitgevallen.

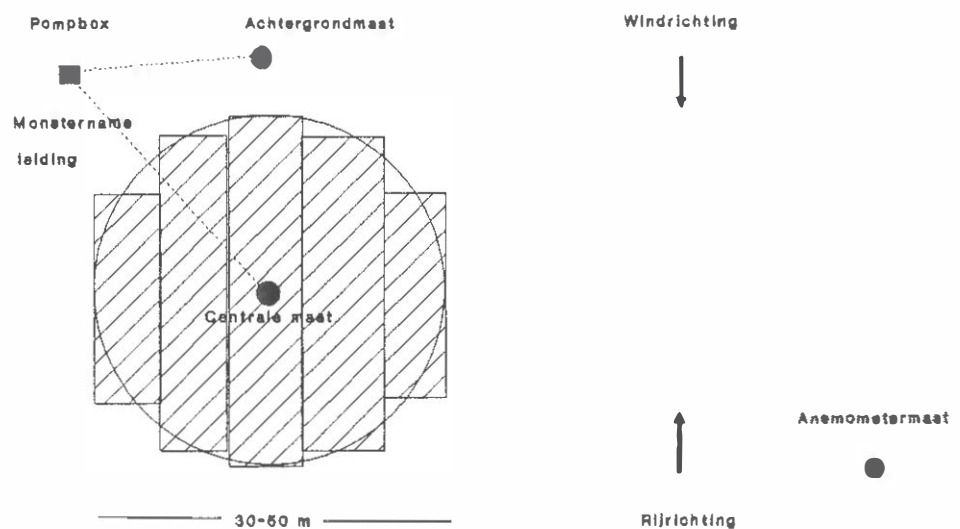
### 2.3 Uitvoering

Voor de start van het experiment is de grashoogte gemeten en zijn bodemonsters 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 colom 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 en -0,05 m
- luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte
- instraling

## 3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

### 3.1 Bodem- en gewasomstandigheden

De grondsoort waar de proefvelden op liggen wordt gekwalificeerd als komklei, 74 tot 78% afslibbaar. De bodem was aan het begin van dit experiment vochtig; er zaten nog geen scheuren in het land. Het vochtpercentage van de bodem lag voor de vier velden tussen de 23,1% en 25,5% (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. Het gemaaid gras was gemiddeld 6,1 cm hoog (16 metingen). Het langere gras was 11,6 cm hoog (16 metingen).

### 3.2 Weersomstandigheden

De gehele meetperiode waren de weersomstandigheden ongeveer gelijk. Het was half tot zwaar bewolkt met af en toe een bui. Tijdens het experiment is in totaal is 4,5 mm regen gevallen. De temperatuur was overdag gemiddeld 8°C. 's Nachts koelde het sterk af. Net boven de grond (+5 cm) daalde de temperatuur 's nachts van -3°C tot minimaal -6°C. De temperatuur op de grond (0 cm) was tijdens dit experiment maximaal 9°C en daalde in de nacht tot minimaal 0°C. Overdag was er een matige tot vrij krachtige wind, de windsnelheid lag gemiddeld tussen de 6 en 7,5 m/s. 's Nachts nam de windsnelheid sterk af. In bijlage II zijn de weersomstandigheden tijdens de meetperiode opgenomen.

### 3.3 Mestsamenstelling

De samenstelling van de dunne varkensmest die in dit experiment werd gebruikt is vergeleken met de gemiddelde samenstelling van dunne varkensmest (Hoeksma, 1988). De samenstelling van de gebruikte mest week op twee punten duidelijk af. Het ammoniumgehalte was hoger in de gebruikte mest, 5025 mg/l ten opzichte van 3600 mg/l. De pH van 7,3 van de gebruikte mest was erg laag, deze waarde wordt door Hoeksma (1988) als laagste waarde in de spreiding (7,3 tot 8,6) gegeven.

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

Grootheid	[eenheid]	Dunne varkensmest	Gemiddeld
Ammoniumstikstof	[mg/kg]	5025	3600
Totaalstikstof	[mg/kg]	8155	6500
Fosfor	[mg/kg]	1670	1700
Kalium	[mg/kg]	5250	5600
pH		7,3	8,0
Droge stof	[g/kg]	86,6	74
Ruwe as	[% ds]	30,1	25
Vluchtige vetzuren	[mg/l]	17809	...

### 3.4 Ammoniakvervluchtiging

In tabel 2 staan de mesthoeveelheden die op de verschillende proefvelden zijn gegeven. De sleepvoetenmachine heeft te weinig mest opgebracht, namelijk gemiddeld 11,3 m<sup>3</sup>/ha in plaats van geplande 17 tot 18 m<sup>3</sup>/ha. Het is dus niet mogelijk om het effect van een hogere mestgift op de ammoniakemissie te bepalen. Bij bovengronds breedwerpig verspreiden was de gemiddelde mestgift 15,8 m<sup>3</sup>/ha.

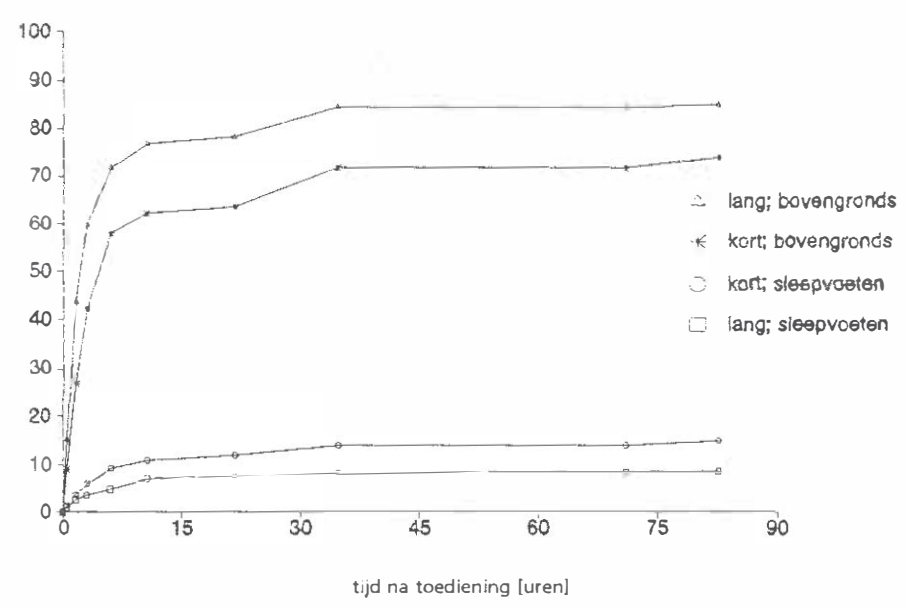
Tabel 2 Gemiddelde giften en ammoniakemissie van dunne varkensmest na toediening met behulp van de sleepvoetenmachine in vergelijking met bovengronds breedwerpig verspreiden.

Gras- lengte	Machine	Giften			Ammoniakemissie		
		mest [m <sup>3</sup> /ha]	NH <sub>4</sub> -N [kg/ha]	N-tot [kg/ha]	NH <sub>4</sub> -N [%]	N-tot [%]	
kort	Sleepvoeten	12,0	60,3	97,9	9,0	14,9	9,2
kort	Bovengronds	16,3	81,9	132,9	60,4	73,7	48,7
lang	Sleepvoeten	10,6	53,3	86,4	4,5	8,5	5,3
lang	Bovengronds	15,2	76,4	124,0	64,8	84,9	52,3

In figuur 2 is het verloop van de emissie gegeven na toediening van de mest. Vanaf 35 uur na toediening tot en met 72 uur na toediening lagen de metingen stil. De verschillen in emissie tussen bovengronds breedwerpig verspreiden en de sleepvoetenmachine waren in de eerste negen uur na toediening het grootst. Bij het korte gras (6,1 cm) gaf toediening van mest met de sleepvoetenmachine een emissie van 14,9% van de opgebrachte ammoniumstikstof. Ten opzichte van bovengronds breedwerpig verspreiden (73,7% emissie) is de emissiereductie 80%. Bij lang gras (11,6 cm) gaf toediening van mest met de sleepvoetenmachine een emissie van 8,5% van de opgebrachte ammoniumstikstof. Bovengronds breedwerpig verspreiden gaf een emissie van 84,9%, zodat de reductie van toediening met de sleepvoetenmachine 90% is. De emissiereductie als het gevolg van toediening met de sleepvoetenmachine in lang gras is 43% ten opzichte van toediening met de sleepvoetenmachine in kort gras.



emissie als % van opgebrachte NH<sub>4</sub>-N



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

De emissiereductie die wordt behaald na toediening van mest met de sleepvoetenmachine is in dit experiment beduidend hoger dan de experimenten uit 1990. In tabel 3 staan de resultaten uit 1990. In dit experiment gaven de referentievelden (bovengronds breedwerpig) een hogere emissie ten opzichte van de experimenten uit 1990. Daarnaast was de emissie vanaf de proefvelden die met de sleepvoetenmachine bemest waren lager dan in 1990.

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

Grashoogte	Gift [m <sup>3</sup> /ha]	Emissie [% opgebr. NH <sub>4</sub> N]		Emissiereductie [%]	Referentie
		sleepvoeten	bovengronds		
8 cm	7,9	13,6	56,8	76	de Bode (c)
8 cm	17,3	27,0	56,8	54	de Bode (c)
5 cm	8,8	27,0	40,6	34	de Bode (d)

## 4 CONCLUSIE

Het is niet gelukt om in dit experiment met de sleepvoetenmachine een hoge mestgift (17-18 m<sup>3</sup>/ha) toe te dienen. Dit betekent dat het niet mogelijk is om het effect van een hoge mestgift bij twee verschillende grashoogten op de ammoniakemissie te bepalen. In dit experiment werd slechts 11,3 m<sup>3</sup> varkensmest per hectare door de sleepvoetenmachine toegediend. Bij deze mestgift verminderde de sleepvoetenmachine de ammoniakemissie aanzienlijk ten opzichte van bovengronds breedwerpig verspreiden. Dit gold zowel voor toediening op kort als voor toediening op lang gras.

Bij een mestgift van 11,3 m<sup>3</sup>/ha gegeven met de sleepvoetenmachine was de emissie op kort gras 14,9%. Bij bovengronds breedwerpige toediening (gemiddelde mestgift 15,8 m<sup>3</sup>/ha) was de emissie 73,7% van de opgebrachte ammoniumstikstof. De emissiereductie door toediening met de sleepvoetenmachine bij een mestgift van 11,3 m<sup>3</sup>/ha was 80%. Op lang gras was de reductie bij deze mestgift duidelijk hoger namelijk 90%, waarbij 84,9% van de opgebrachte ammoniumstikstof bij bovengronds breedwerpig verspreiden vervluchtigde en 8,5% bij toediening met de sleepvoetenmachine.

Door met de sleepvoetenmachine in lang gras (11,6 cm) mest aan te wenden werd de emissie met 43% beperkt ten opzichte van toediening met de sleepvoetenmachine in kort gras (6,1 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.

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 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 [ $\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ];
- $x$  = aanstroamlengte, 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];
- $\bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z)$  = 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:

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

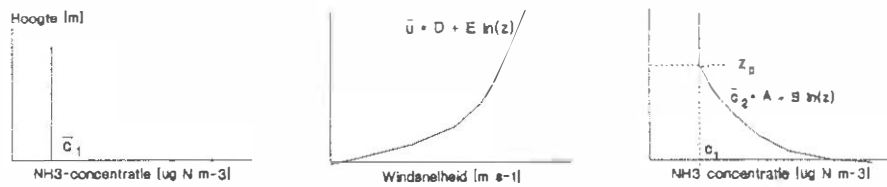
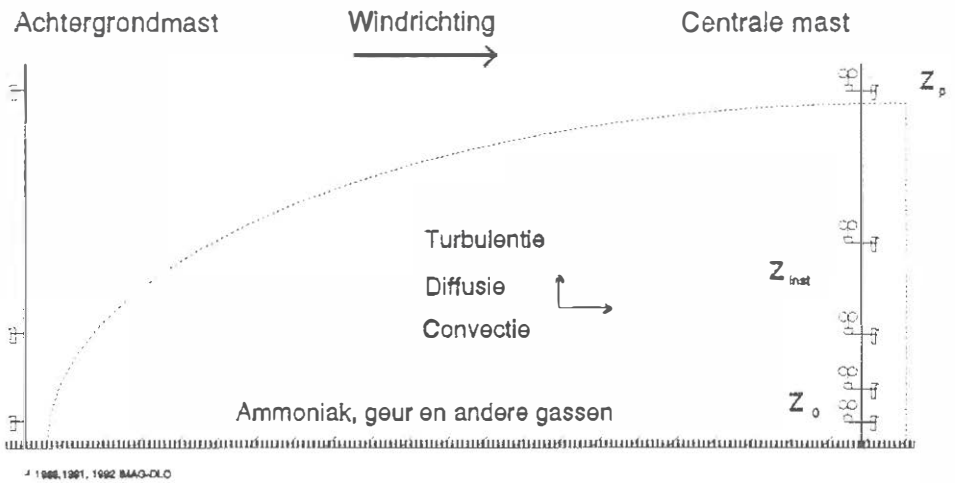
Bij aanwezigheid van ammoniak in de achtergrondlucht moeten zowel boven- als benedenwinds de profielen van de ammoniakconcentratie worden vastgesteld (Figuur 3b). Met deze profielen kan vervolgens het profiel van de horizontale flux worden berekend (zie Figuur 3c). De geïntegreerde horizontale flux over 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 aanstroamlengte:

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

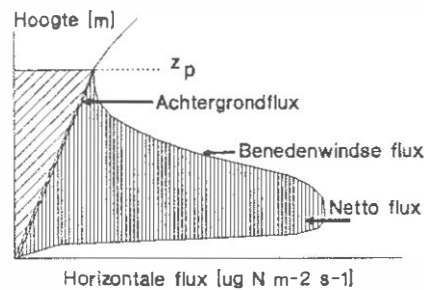
waarin:

- $F_N$  = nettoflux [ $\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ];
- $\bar{c}_1(z)$  = de gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte  $z$  [ $\text{g m}^{-3}$ ];
- $\bar{c}_2(z)$  = de gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte  $z$  [ $\text{g m}^{-3}$ ].

(a)



(b)



(c)

Figuur 3 Schematisch overzicht van de stappen in de bepaling van ammoniakemissie gebruikmakend van de micrometeorologische massabalansmethode; (a) veldopstelling in relatie tot windsnelheid, (b) typische vormen van de profielen van ammoniakconcentratie en windsnelheid en (c) de profielen van de horizontale flux boven- en benedenwinds van het veld (naar Ryden en McNeill, 1984).

Uit voorgaand onderzoek bleek dat er een lineair verband bestaat tussen de logaritme van de hoogte en de windsnelheid en tussen de logaritme van de hoogte en de ammoniakconcentratie:

$$u = D + E \ln(z) \quad (4)$$

$$c_2 = A + B \ln(z) \quad (5)$$

De ammoniakconcentratie in de achtergrondlucht is homogeen over de hoogte verdeeld.

## 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 HNO<sub>3</sub> 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<sup>-1</sup>. 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 monsternamepunten 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.

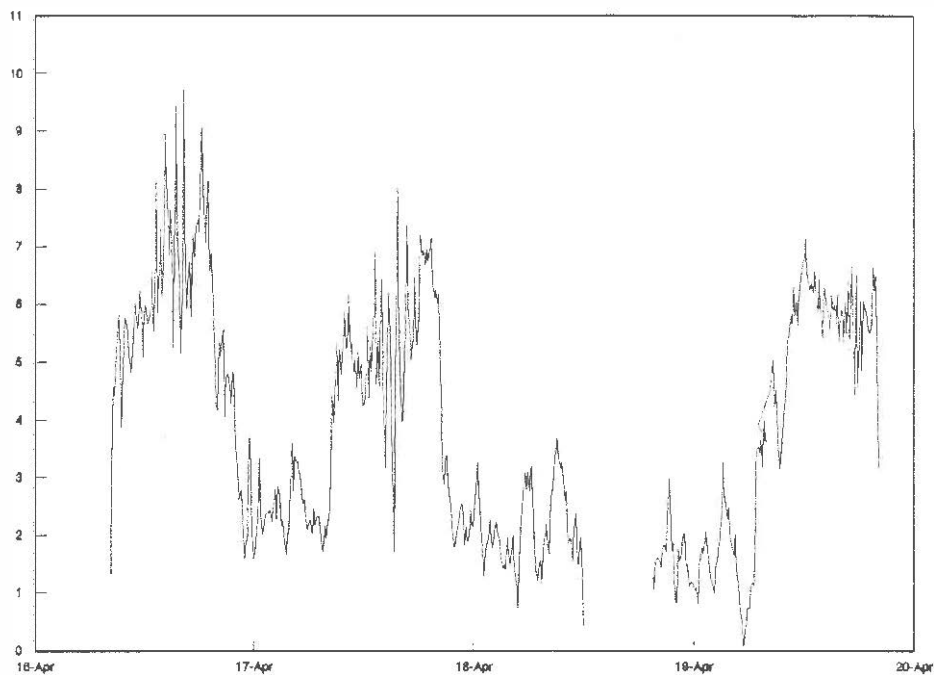
Denmead, O.T., Simpson, J.R. en J.R. Freney, 1977 - A direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia. *Soil Sci. Soc. Am.*, 41, p. 1001-1004.

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.

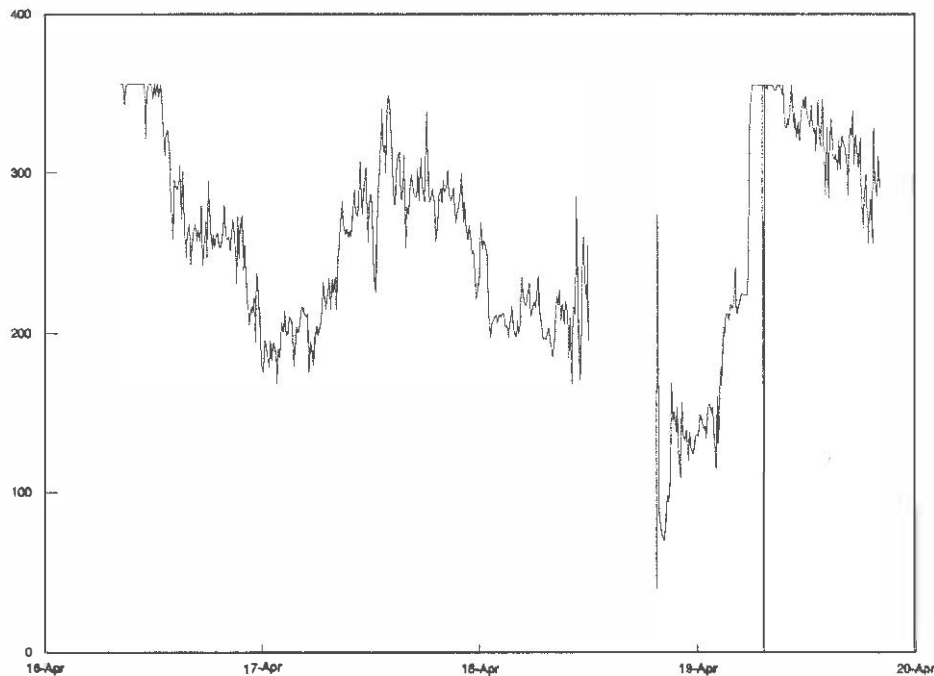
## Bijlage II Weersomstandigheden tijdens het experiment

m/s

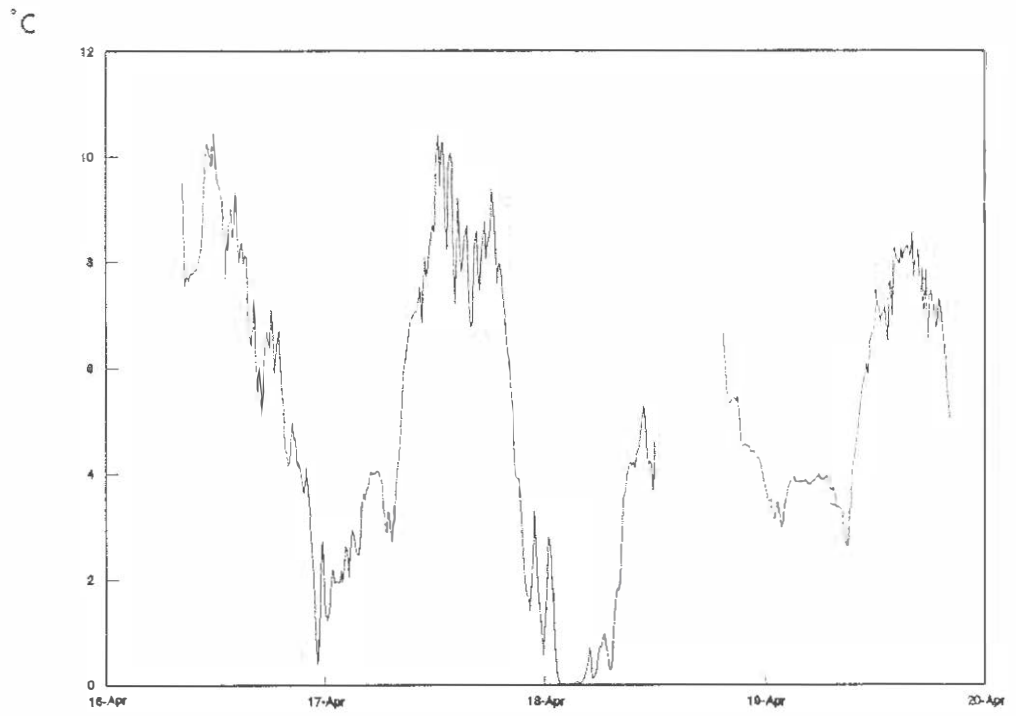


Figuur 4 Windsnelheid op 2,4 m hoogte

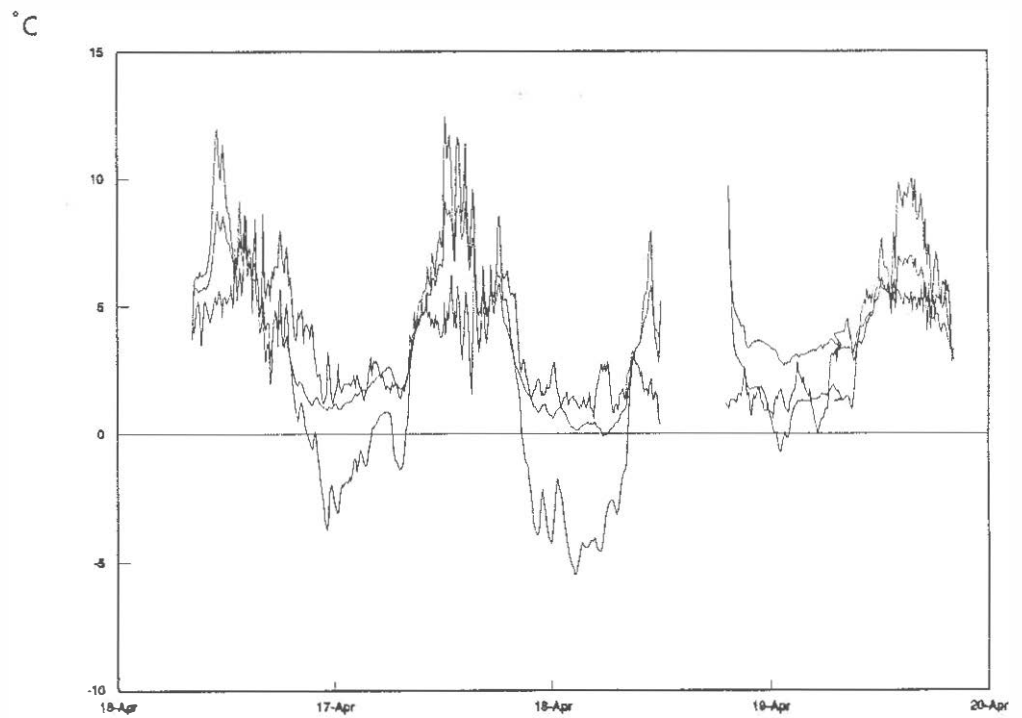
graden



Figuur 5 Windrichting

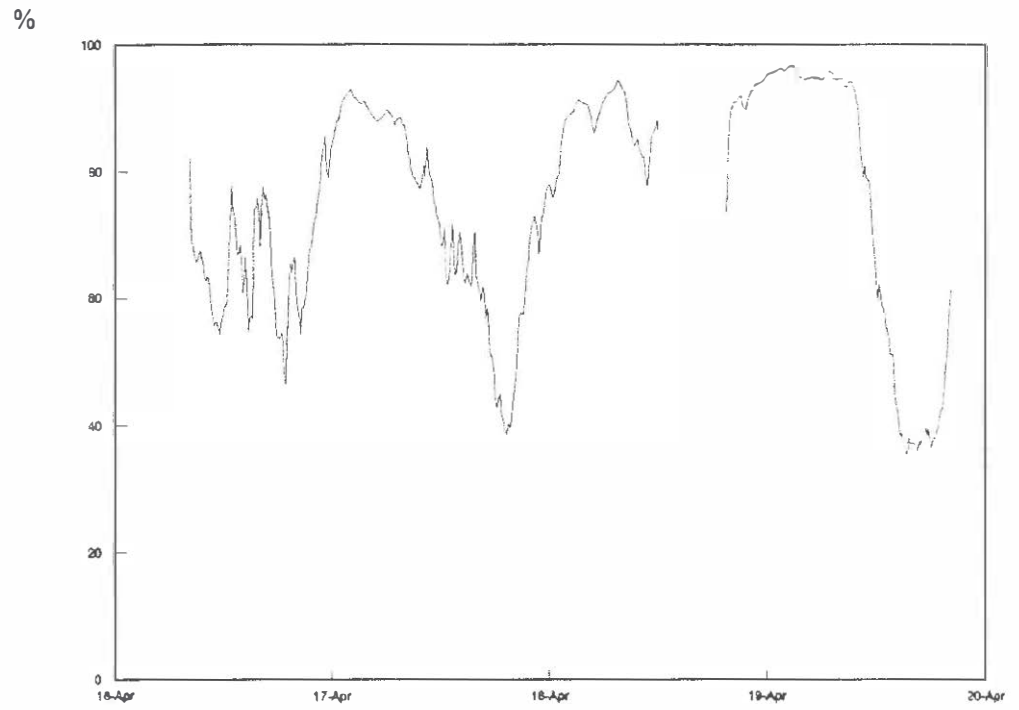


Figuur 6 Temperatuur op 1,5 m hoogte

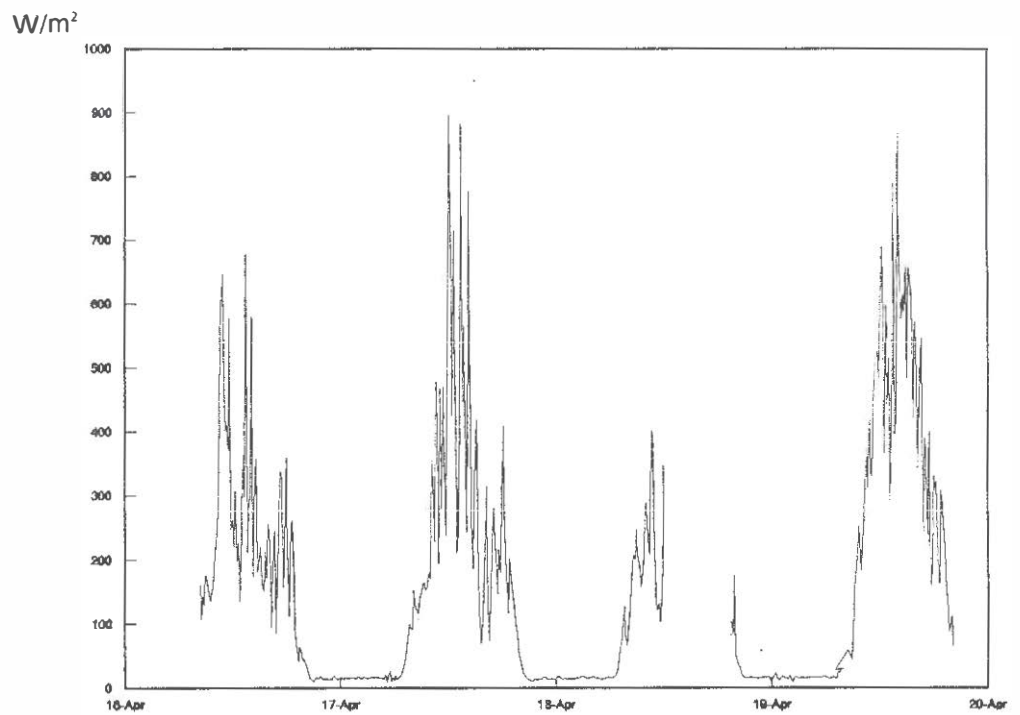


Figuur 7 Temperatuur op 0,05 m, maaiveld en -0,05 m

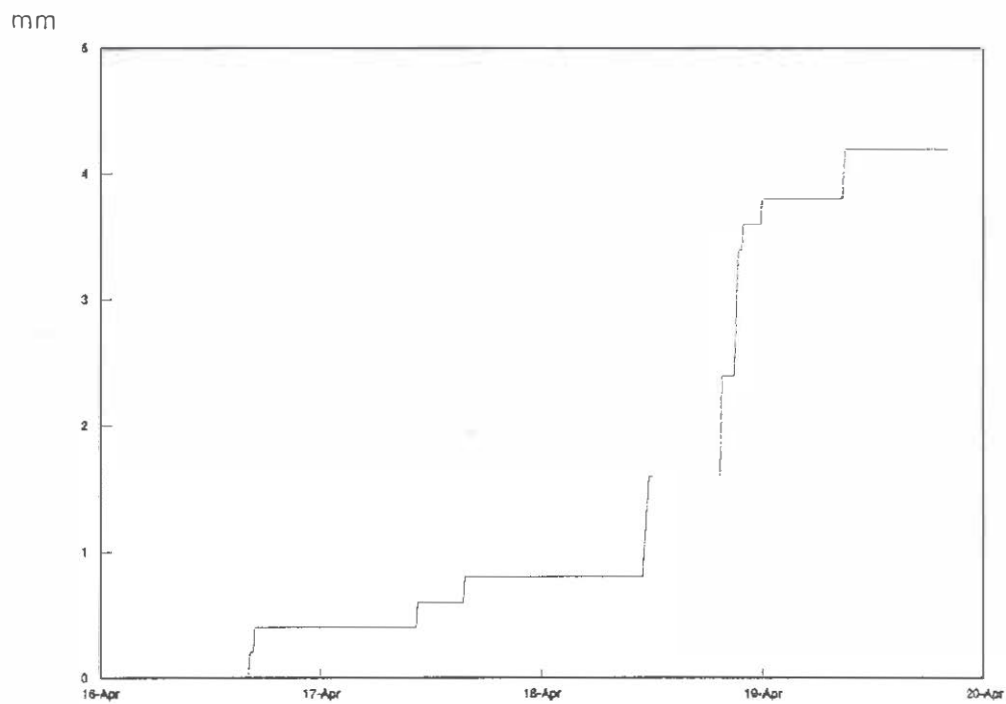




Figuur 8 Relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte



Figuur 9 Globale straling



Figuur 10 Regenval

## Bijlage III Emissiesnelheid per meetmethode

## Sleepvoetenmachine, kort gras

periode na uitrijden	emissiesnel- heid [kg/ha/dag]	cumulatief verlies [kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH <sub>4</sub> -N	N-tot
0 - ½ uur	40,80	0,85	1,41	0,87
½ - 1½ uur	32,06	2,19	3,63	2,24
1½ - 3 uur	22,18	3,54	5,87	3,62
3 - 6 uur	15,17	5,49	9,11	5,61
6 - 11 uur	5,15	6,48	10,75	6,62
11 - 22 uur	1,24	7,07	11,72	6,62
22 - 35 uur	2,22	8,31	13,79	7,22
35 - 71 uur				
71 - 83 uur	1,31	8,96	14,87	9,16

## Sleepvoetenmachine, lang gras

periode na uitrijden	emissiesnel- heid [kg/ha/dag]	cumulatief verlies [kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH <sub>4</sub> -N	N-tot
0 - ½ uur	23,41	0,49	0,92	0,57
½ - 1½ uur	21,52	1,25	2,54	1,56
1½ - 4 uur	8,77	1,83	3,43	2,12
4 - 6 uur	7,21	2,50	4,68	2,89
6 - 10 uur	6,09	3,57	6,69	4,13
10 - 22 uur	0,84	3,96	7,44	4,58
22 - 35 uur	0,80	4,39	8,25	5,08
35 - 70 uur				
70 - 82 uur	0,29	4,54	8,51	5,25

### Bovengronds breedwerpig, kort gras

periode	emissiesnel- heid	cumulatief verlies		
		[kg/ha]	[%] t.o.v.	
na uitrijden	[kg/ha/dag]		[kg/ha]	NH <sub>4</sub> -N
0 - ½ uur	349,19	7,27	8,88	5,47
½ - 1½ uur	348,53	21,80	26,61	16,40
1½ - 3 uur	207,33	34,61	42,26	26,04
3 - 6 uur	104,14	47,56	58,07	35,79
6 - 11 uur	16,89	50,92	62,18	38,31
11 - 22 uur	2,26	51,98	63,47	39,11
22 - 35 uur	12,70	58,65	71,61	44,13
35 - 71 uur				
71 - 83 uur	3,52	60,39	73,74	45,44

### Bovengronds breedwerpig, lang gras

periode	emissiesnel- heid	cumulatief verlies		
		[kg/ha]	[%] t.o.v.	
na uitrijden	[kg/ha/dag]		[kg/ha]	NH <sub>4</sub> -N
0 - ½ uur	556,66	11,60	15,18	9,35
½ - 1½ uur	506,81	33,42	43,74	26,95
1½ - 3 uur	206,69	45,62	59,71	36,79
3 - 6 uur	72,15	54,69	71,58	44,10
6 - 9 uur	20,75	58,58	76,67	47,24
9 - 22 uur	2,29	59,64	78,06	48,10
22 - 46 uur	8,78	64,36	84,24	51,90
46 - 70 uur				
70 - 95 uur	0,96	64,84	84,87	52,29