

AMMONIAKEMISSIE-ONDERZOEK
BIJ MENGEMESTAAFWENDING

- het effect van een aangepaste
sleepslangmachine op bouwland

M.J.C de Bode

De uitkomsten van dit onderzoek gelden alleen voor de omstandigheden, waaronder de experimenten plaats vonden. Onderlinge vergelijking tussen de cijfers van verschillende meetrapporten is niet zonder meer mogelijk.

Datum: mei 1990

Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Postbus 59, 6700 AB Wageningen

INHOUD

1 INLEIDING	2
2 METHODE	3
2.1 Opzet	3
2.2 Uitvoering	3
3 RESULTATEN EN DISCUSSIE	5
3.1 Weersomstandigheden	5
3.2 Mestsamenstelling	5
3.3 Ammoniakvervluchtiging	6
4 CONCLUSIE	7
Bijlage I de emissiesnelheid per meetperiode	8
Bijlage II de micrometeorologische methode	9
Bijlage III weersomstandigheden tijdens het experiment	12

1 INLEIDING

In opdracht van de begeleidingscommissie van het intensivering-onderzoek heeft het IMAG onderzocht of een aangepaste sleepslangmachine bij aanwenden van varkensmengmest op bouwland de ammoniakemissie zal verminderen. Deze aangepaste sleepslangmachine is ontworpen voor mestaanwending op grasland, waarbij de machine de mest in smalle strookjes onder het gras legt. Naast toepassing van de machine op grasland kan de machine ook op bouwland ingezet worden. Bij mestaanwending op bouwland werkt de machine de grond om en brengt daarbij de mest 6 cm diep in de grond.

2 METHODE

2.1 Opzet

Het experiment vond plaats op het IMAG-proefbedrijf " de Oostwaardhoeve " te Sloten. Dit is een akkerbouwbedrijf op lichte zavelgrond. In dit experiment is ook de mest van de " Oostwaardhoeve " gebruikt. Dit bedrijf gebruikt als dierlijke bemesting varkensmengmest, dat afkomstig is van andere bedrijven. De mest die op dit bedrijf voor aanwending wordt gebruikt is dus meestal enkele maanden oud.

Het aanwenden van mest met de aangepaste sleepslangmachine is vergeleken met bovengrondse aanwending en met bovengrondse aanwending, waarbij de mest direct na aanwending met een cultivator wordt ondergewerkt. Met elke aanwendingstechniek is een rond veld met een diameter van 40 m bemest. De opzet van het experiment was de drie proefvelden een gelijke mestgift te geven, zodat verschillen in ammoniakemissie niet aan de mestgift zijn toe te schrijven. De beoogde mestgift in dit experiment was 25 m³ mest per hectare.

Factoren die de emissie kunnen beïnvloeden zijn voor de vier velden zoveel mogelijk gelijk gehouden. De experimenten zijn daarom ongeveer gelijktijdig gestart zodat verschillen in weersinvloeden op de individuele metingen uitgesloten kunnen worden.

Uit voorgaand onderzoek (Pain and 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. Gekozen is 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.

De ammoniakemissie vanaf de proefvelden is bepaald d.m.v. micro-meteorologische massabalansmethode. In bijlage II is deze methode nader uiteengezet.

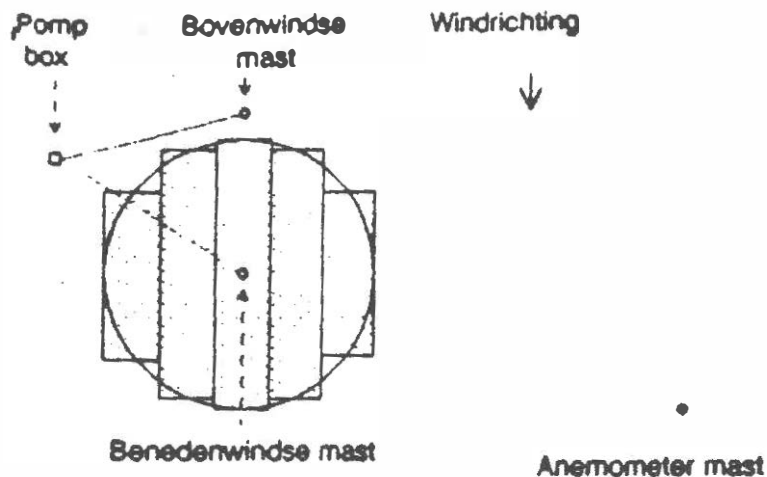
2.2 Uitvoering

De emissie vanaf het veld wordt bepaald met meetmasten van 3,5 m hoogte. Per veld zijn twee masten opgesteld: een mast aan de rand van het veld, in de richting waar de wind vandaan komt (bovenwinds) en een mast in het midden van het veld (Figuur 1). De hoeveelheid ammoniak die vanaf het veld vervluchtigt, wordt met deze twee masten bepaald. Met de mast aan de rand van het veld, wordt de hoeveelheid ammoniak, die door de wind het veld wordt ingevoerd, bepaald. De mast in het midden van het veld bepaalt de hoeveelheid ammoniak in de lucht, nadat de lucht over de helft van het veld is geblazen. Uit het verschil tussen de hoeveelheid ammoniak, die over het midden van het veld waait en die het veld inwaait, wordt de emissie berekend.

Voor de bepaling van de hoeveelheid ammoniak in de lucht wordt ammoniak op verschillende hoogten aan de mast opgevangen. Hiervoor zijn aan de mast flesjes bevestigd, die gevuld zijn met opvangvloeistof. Als opvangvloeistof is salpeterzuur gekozen. Met behulp van een pomp wordt lucht door de flesjes met opvangvloeistof gezogen, waarbij de ammoniak in het salpeterzuur achterblijft. In het laboratorium van het IMAG wordt vervolgens de ammoniumconcentratie in het salpeterzuur bepaald. Uit deze concentratie en windsnelheden tijdens de waarnemingen kan de hoeveelheid ammoniak, die uit de mest vervluchtigt is, worden berekend. Een uit-

voerige beschrijving van de meetmethode is te vinden in bijlage II.

Van de mest die wordt verspreid, wordt voor het uitrijden een monster in drievoud genomen. Dit mestmonster wordt geanalyseerd op : totaalstikstof (ammonium + organisch), ammonium, zuurtegraad, droge stof, asgehalte en vluchtige vetzuren.



Figuur 1: proefveld lay-out voor de micrometeorologische massabalansmethode

De weersomstandigheden zijn belangrijk voor verfluchtiging van ammoniak. Voor een goede beschrijving van de omstandigheden, waaronder de experimenten zijn uitgevoerd, zijn de volgende weergegevens continue geregistreerd:

- windsnelheid op 0.25, 0.50, 0.80, 1.25, 2.00 en 3.25 m hoogte;
- windrichting;
- regenval;
- luchttemperatuur op 1,5 m hoogte;
- luchtvochtigheid.

3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

Het experiment is uitgevoerd van 10 april 1990 tot en met 14 april 1990. Op 10 april zijn tussen 09:30 uur en 10:30 uur alle drie de velden uitgereden. Vervolgens is vier dagen lang de ammoniakemissie gemeten.

3.1 Weersomstandigheden

In de nacht voorafgaand aan het uitrijden van de mest vroom het, in de daaropvolgende ochtend liep de temperatuur snel op naar 10°C (bijlage III). Gedurende de dag van uitrijden was de wind vrij krachtig, de windsnelheid op 2 m lag tussen de 5 m/s en 8 m/s. De bewolking op de eerste dag was in de ochtend wisselend, in de middag werd het geheel bewolkt, waaruit in de namiddag en avond 4 mm regen viel. De relatieve luchtvochtigheid in de eerste uren na aanwending bedroeg 70% tot 80%, bij de toenemende bewolking werd de lucht later op de dag vochtiger.

In de resterende drie dagen van het experiment bleef het koel en zwaar bewolkt met op de laatste dag 5 mm regen. De maximumtemperatuur lag tussen de 10°C en 13°C. De wind in deze drie dagen was zwak uit variabele richtingen. De relatieve luchtvochtigheid was vrij hoog (70% - 80%).

3.2 Mestsamenstelling

De samenstelling van mest, die in dit experiment is gebruikt, verschilde licht van de gemiddelde samenstelling van varkensmest dat aan akkerbouwbedrijven wordt afgezet (Hoeksma, 1988). De gehalten van de stoffen, die in tabel 1 vermeld zijn waren allen lager dan de gemiddelde gehalten van deze stoffen in varkensmest.

Tabel 1 De gemiddelde samenstelling van de varkensmest, die in dit experiment is gebruikt

NH ₄ -N	(mg/l)	2780.
N-totaal	(mg/l)	4920
P	(mg/l)	1430
K	(mg/l)	5220
pH		7,9
droge stof	(g/kg)	64,2
as	(%)	34,7
V.V.Z.	(mg/l)	2270

3.3 Ammoniakvervluchtiging

Bij mestaanwending met de aangepaste sleepslangmachine vervluchtigde een kleiner gedeelte van de opgebrachte ammonium dan bij bovengrondse aanwending (tabel 2). Het verliespercentage nam af van 37,4% van de opgebrachte ammonium bij bovengrondse aanwending tot 12,1% van de opgebrachte ammonium bij aanwending met de aangepaste sleepslangmachine.

Ook in vergelijking met direct onderwerken met een cultivator na bovengrondse aanwending was het effect op de ammoniakemissie van de sleepslangmachine goed. De ammoniakemissie na onderwerken bleef in de eerste uren na aanwending vrij hoog (figuur 2), waardoor de totale emissie na vier dagen 20,7% van de opgebrachte ammonium bedroeg. Uit

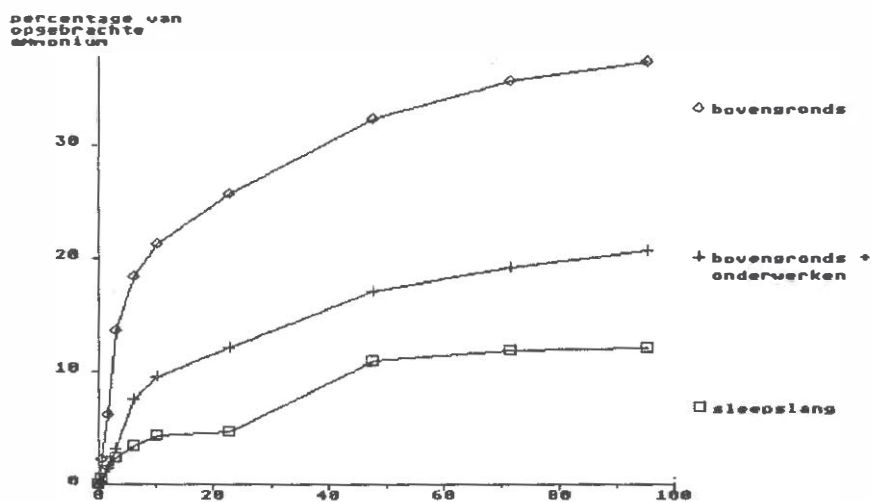
eerder onderzoek (Bruins,1989) is gebleken dat onderwerken met een cultivator veel minder effect op de ammoniakemissie heeft, dan onderwerken met een rotorkoep of een ploeg. Wanneer de opgebrachte mest met een ploeg of rotorkoep zou zijn ondergewerkt, zou het effect op de ammoniakemissie mogelijk gelijk of beter zijn geweest dan van de sleepslangmachine.

Tabel 2 Stikstofverlies bij aanwending van varkensmest op bouwland met behulp van een aangepaste sleepslangmachine in vergelijking met bovengrondse aanwending met en zonder onderwerken

	giften (kg/ha)			stikstofverlies		
	mest(x10 ³)	NH ₄ -N	N-tot	(kg/ha)	t.o.v. (%)	
					NH ₄ -N	N-tot
sleepslang	25,6	72	126	8,66	12,1 ^{12,1}	6,9
bovengronds	29,2	81	140	30,50	37,4 ^{37,4}	21,8
bovengronds met onderwerken	31,7	88	156	18,20	20,7 ^{20,7}	11,7

reductie %
68
68

De berekening van de ammoniakemissie bij mestaanwending met de aangepaste sleepslangmachine was in de eerste drie uur na uitrijden minder betrouwbaar. In tegenstelling tot de verwachting nam de ammoniakconcentratie nauwelijks af met de hoogte. Mogelijk is dit veroorzaakt door te veel menselijke activiteiten rond de meetmast in het midden van het veld. Dit zou de metingen hebben kunnen beïnvloeden. In de berekening van de emissie is toch een rechte lijnige afname van de ammoniakconcentratie met de logaritme van de hoogte aangenomen. De emissie, die met behulp van deze regressielijn is berekend, wijkt echter nauwelijks af van de emissie, die is berekend door de ammoniakconcentratie tussen twee meetpunten te interpoleren uit de concentratie op deze twee meetpunten. De berekende emissie in de eerste drie uur zal daarom waarschijnlijk weinig afwijken van de werkelijk opgetreden emissie.



Figuur 2 Stikstofverlies bij aanwending van varkensmest op bouwland met behulp van een aangepaste sleepslangmachine in vergelijking met bovengrondse aanwending met en zonder onderwerken

4 CONCLUSIE

Het aanwenden van varkensmest op bouwland met de aangepaste sleepslangmachine verminderde de ammoniakemissie aanzienlijk ten opzichte van bovengronds aanwenden. Het stikstofverlies nam af van 37,4% van de opgebrachte hoeveelheid ammonium bij bovengrondse aanwending tot 12,1% van de opgebrachte hoeveelheid ammonium bij mestaanwending met de sleepslangmachine.

Op bouwland had aanwenden van mengmest met een aangepaste sleepslangmachine minder stikstofverlies tot gevolg dan bovengrondse aanwending, waarbij de mest direct met een cultivator werd ondergewerkt. Bij bovengrondse aanwending met onderwerken bedroeg de emissie 20,7% van de opgebrachte ammonium. Dit is duidelijk meer dan de 12,1% bij aanwending met de sleepslangmachine.

LITERATUUR

Bruins, M.A. en J.M.A. Huijsmans (1989)

De reductie van de ammoniakemissie uit varkensmest na toediening op bouwland; In- en onderwerkmethoden en tijdstippen van de bewerking na de mesttoediening; Mestsoorten van verschillende huisvestings-systemen. IMAG-rapport 225

Hoeksma, P. (1988)

De samenstelling van drijfmest die naar akkerbouwbedrijven wordt afgezet. IMAG

Pain, B.F. and J.V. Klarenbeek (1988)

Anglo-Dutch experiments on odour and ammonia emissions from land-spreading livestock wastes. IMAG-research report 88-2, Wageningen

OKE

nog nauwkeu!

WEEK:15	CM: 1	emissie		cumulatiefcultivator tweede		
periode	tijd	emissie	snellheid	verlies		
		(kg/ha.dag)	(kg/ha)	88	156	
		0		0.00	0	0
0_1 uur	0.3	0.5	10.12	0.21	0.2397	0.135216
1_1 uur	1	1.5	24.68	1.19	1.349628	0.761328
2_3 uur	2.2	3	24.71	2.66	3.026587	1.707305
3_6 uur	4.6	6.2	27.72	6.44	7.314126	4.125917
6_10 uur	8.2	10.1	10.16	8.10	9.198947	5.18915
10_23 uur	16.4	22.8	4.09	10.25	11.64224	6.567415
23_48 uur	35.2	47.7	4.10	14.50	16.4791	9.295903
48_71 uur	59.5	71.4	1.75	16.23	18.44684	10.40591
72_95 uur	83.5	95.3	1.58	17.79	20.21412	11.40284

P

WEEK:15	CM: 2	emissie		cumulatiefreferentie		
periode	tijd	emissie	snellheid	verlies		
		(kg/ha.dag)	(kg/ha)	81	140	
		0		0.00	0	0
0_0 uur	0.2	0.5	91.29	1.84	2.269851	1.313271
0_1 uur	1	1.5	79.37	5.04	6.216609	3.596752
1_4 uur	2.6	3.8	61.63	11.03	13.614	7.87667
4_6 uur	4.9	6.1	41.06	14.93	18.43718	10.66723
6_9 uur	7.5	9	19.64	17.32	21.38458	12.37251
9_23 uur	16	23	6.07	20.87	25.76268	14.90555
23_48 uur	35.3	47.5	5.30	26.28	32.44903	18.77408
48_71 uur	59.4	71.3	2.75	29.00	35.80605	20.71636
71_94 uur	82.9	94.4	1.52	30.47	37.61287	21.76173

P

WEEK:15	CM: 3	emissie		cumulatiefsleepvoet		
periode	tijd	emissie	snellheid	verlies		
		(kg/ha.dag)	(kg/ha)	72	126	
		0		0.00	0	0
0_1 uur	0.3	0.6	14.61	0.36	0.49324	0.281852
1_2 uur	1.1	1.5	27.98	1.44	2.004275	1.1453
2_3 uur	2.3	3.1	4.27	1.72	2.383322	1.361898
3_6 uur	4.4	5.7	7.32	2.53	3.513646	2.007798
6_9 uur	7.2	8.7	6.17	3.28	4.56106	2.60632
9_23 uur	15.6	22.6	0.39	3.51	4.877394	2.787082
23_47 uur	35	47.5	4.33	8.00	11.11451	6.351147
47_71 uur	59.2	71	0.62	8.61	11.96104	6.834878
71_94 uur	82.6	94.3	0.18	8.79	12.206	6.974854

P

WEEK:15	CM: 4	emissie		cumulatiefinjecteur		
periode	tijd	emissie	snellheid	verlies		

injecteur

			(kg/ha.dag)	(kg/ha)	104	191
		0		0.00	0	0
1 uur	0.3	0.5	9.60	0.21	0.205222	0.111744
1-2 uur	1.1	1.7	5.39	0.48	0.457126	0.248906
2-3 uur	2.4	3.2	1.39	0.56	0.539583	0.293804
3-6 uur	4.6	6.1	0.58	0.63	0.607442	0.330754
6-9 uur	7.6	9	2.35	0.92	0.885385	0.482094
9-23 uur	15.8	22.6	0.62	1.27	1.224362	0.666668
23-48 uur	35.2	47.7	0.36	1.65	1.59044	0.865999
48-71 uur	59.5	71.3	0.22	1.87	1.802708	0.981579
72-95 uur	83.4	95	0.05	1.93	1.851331	1.008054

Bijlage I

De emissiesnelheid per meetperiode

fout.

bovengrondse aanwending gevolgd
door onderwerken met een cultivator

periode	emissie snelheid (kg/ha.dag)	cumulatief verlies (kg/ha)	cum. verlies t.o.v. opgebrachte ammonium
0 - ½ uur	10,14	0,21	0,24
½ - 1½ uur	25,63	1,23	1,39
1½ - 3 uur	25,66	2,76	3,13
3 - 6 uur	28,79	6,68	7,58
6 - 10 uur	10,56	8,40	9,53
10 - 23 uur	4,26	10,64	12,07
23 - 48 uur	4,27	15,07	17,09
48 - 71 uur	1,90	16,95	19,23
72 - 95 uur	1,27	18,20	20,65

bovengrondse aanwending

periode	emissie snelheid (kg/ha.dag)	cumulatief verlies (kg/ha)	cum. verlies t.o.v. opgebrachte ammonium
0 - ½ uur	91,38	1,84	2,26
½ - 1½ uur	79,44	5,04	6,19
1½ - 4 uur	61,71	11,04	13,55
4 - 6 uur	41,12	14,95	18,35
6 - 9 uur	19,67	17,34	21,29
9 - 23 uur	6,08	20,89	25,64
23 - 48 uur	5,31	26,32	32,30
48 - 71 uur	2,76	29,04	35,64
71 - 94 uur	1,52	30,50	37,44

sleepslangmachine

periode	emissie snelheid (kg/ha.dag)	cumulatief verlies (kg/ha)	cum. verlies t.o.v. opgebrachte ammonium
0 - ½ uur	15,29	0,37	0,52
½ - 1½ uur	26,35	1,40	1,95
1½ - 3 uur	4,27	1,67	2,33
3 - 6 uur	6,78	2,42	3,38
6 - 9 uur	5,25	3,06	4,28
9 - 23 uur	0,45	3,32	4,64
23 - 47 uur	4,38	7,87	10,97
47 - 71 uur	0,62	8,48	11,83
71 - 94 uur	0,19	8,66	12,08

Bijlage II

Micrometeorologische massabalansmethode

De metingen naar de emissie van ammoniak zijn ondermeer uitgevoerd met de micrometeorologische balansmethode. 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 1a). Bij afwezigheid van ammoniak bovenwinds van het proefveld wordt de ammoniakflux vanaf het veld gegeven door:

$$F = 1/x \int_{z_0}^{z_p} u.c \, dz \quad (1)$$

waarin:

- F = flux ($\text{g.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)
- x = fetch, de afstand tussen de plaats waar de wind het veld binnenkomt en de centrale mast (m)
- z_p = de hoogte boven de centrale mast waar de ammoniakconcentratie gelijk wordt aan de achtergrondconcentratie (figuur 1b) (m)
- z_0 = de ruwheidshoogte (hier wordt de windsnelheid 0) (m)
- u.c = de over de tijd gemiddelde horizontale flux op een willekeurige hoogte van de centrale mast ($\text{g.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)

Gebruikelijk is (1) in de volgende vorm te schrijven:

$$F = 1/x \int_{z_0}^{z_p} (u.c + u'.c') . dz \quad (2)$$

De term u.c is de flux veroorzaakt door horizontale convectie, $u'.c'$ is de horizontale diffusieflux loodrecht op de windrichting. In het algemeen wordt aangenomen (Denmead, 1983; Denmead et al., 1977; Beauchamp et al., 1982; Beauchamp et al., 1978) dat de laatste term verwaarloosbaar is ten opzichte van de convectieve stroom. Vergelijking (2) wordt daarom vaak vereenvoudigd tot:

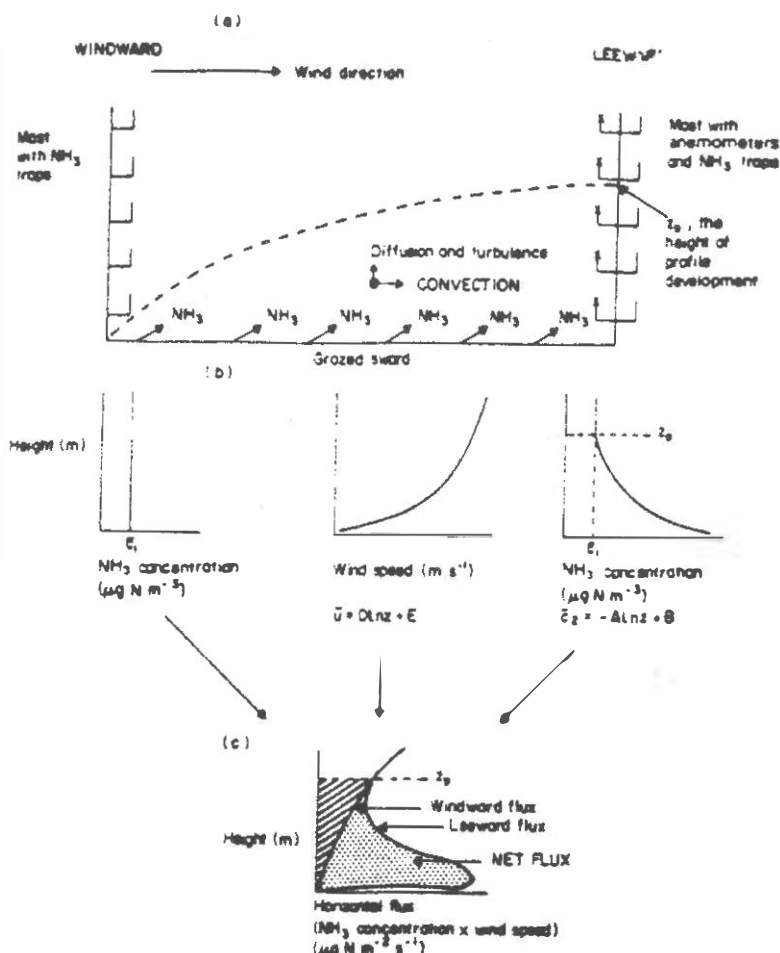
$$F = 1/x \int_{z_0}^{z_p} (u.c) . dz \quad (3)$$

Voor oplossing van (3) moeten, zowel boven- als benedenwinds van het veld, de profielen van windsnelheid en ammoniakconcentratie worden vastgesteld (figuur 1b). Uit deze profielen kan vervolgens het profiel van de horizontale flux worden berekend (figuur 1c). De horizontale flux over de hoogte geïntegreerd 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 eenheid landoppervlakte d.m.v. deling door de fetch

$$F = 1/x \left[\int_{z_0}^{z_p} u(z) c_2(z) \cdot dz - \int_{z_0}^{z_p} u(z) \cdot c_1(z) \cdot dz \right] \quad (4)$$

waarin :

- F = nettoflux ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
- $c_1(z)$ = gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte (z) ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)
- $c_2(z)$ = gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte (z) ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)



Figuur 3: schematisch overzicht van de stappen in de bepaling van de 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.

Uit voorgaand onderzoek (Ryden and McNeill, 1984) bleek een lineair verband te bestaan tussen de logaritme van de hoogte en de windsnelheid (5) en de tussen de logaritme van de hoogte en de ammoniakconcentratie (6).

$$u = D \ln z + E \quad (5)$$

$$c_2 = -A \ln z + B \quad (6)$$

De ammoniakconcentratie bovenwinds van het veld is homogeen over de hoogte verdeeld.

Uitvoering

Bij het uitrijden is de mest verspreid zoals in figuur 1 is gegeven. De diameter van een veld was ongeveer 45 m. Een circelvormig 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 m hoge mast (centrale mast) in het midden van het veld te plaatsen. De centrale mast bevat 7 monsternamepunten, die in hoogte logaritmisch over de mast verdeeld zijn. Een monsternamepunt bestaat uit een wasflesje gevuld met 0.02 M HNO_3 als absorptievloeistof en een impinger. Een impinger maakt het mogelijk d.m.v. een pomp en aanzuigslangen lucht door de absorptievloeistof te leiden. Het ammoniumgehalte in de absorptievloeistof is m.b.v. een ionchromatograaf bepaald. De luchtsnelheid door de absorptievloeistof wordt ingesteld op 2,5 l/min. De flow wordt per meetperiode 2x 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. , G.E. Kidd and G. Thurtell (1978)
Ammonia volatilization from sewage sludge in the field. J. Environ. Qual. 7 : 141-146
- Beauchamp, E.G. , G.E. Kidd and G. Thurtell (1982)
Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field. Can. J. Soil Sci. 62:11-19
- Denmead, O.T., J.R. Simpson and J.R. Freney (1977)
A direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia. Soil Sci. Soc. Am. J. 41:1001-1004
- Denmead, O.T. (1983)
Micrometeorological methods for measuring gaseous losses of nitrogen in the field p. 133-157. In Freney J.R. and J.R. Simpson (ed) Gaseous Loss of Nitrogen from Plant-Soil Systems, Martinus Nijhoff/W Junk Pub. The Hague
- Ryden, J.C. and 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. 35:1297-1310

Bijlage III

weersomstandigheden tijdens het experiment

