

Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Dunne varkensmest in wintertarwe

E.M. Mulder
J.M.G. Hol

Meetploegverslag 34506-6300
September 1993

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 59
6700 AB Wageningen

Verkrijgbaar bij:
IMAG-DLO
Postbus 43
6700 AA Wageningen

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
2	Materiaal en methode	3
	2.1 Inleiding	3
	2.2 Opzet	3
	2.3 Uitvoering	4
3	Resultaten	5
	3.1 Inleiding	5
	3.2 Bodem- en gewasgesteldheid	5
	3.3 Weersomstandigheden	5
	3.4 Mestsamenstelling	5
	3.5 Ammoniakemissie	6
4	Discussie	8
5	Conclusies	9
	Literatuur	10
Bijlage I	Micrometeorologische massabalansmethode	11
Bijlage II	Schema proefvelden 27 april t/m 1 mei 1993	14
Bijlage III	Weersomstandigheden tijdens het experiment	15
Bijlage IV	Emissiesnelheid per monsterperiode	18

1 Inleiding

In opdracht van de begeleidingscommissie voor het intensiveringsonderzoek heeft de veldmeetploeg, die door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij is ingesteld, onderzoek verricht naar de ammoniakemissie na het toedienen en onderwerken van dunne varkensmest in wintertarwe.

Het experiment is een herhaling van eerder uitgevoerde proeven (Hol, 1991a; Hol, 1991b; Mulder en Hol, 1992). De mest werd toegediend met een sleepslangenmachine (twee velden) en een zodebemester (één veld). Op één van de met de sleepslangenmachine bemeste velden werd de mest ondergewerkt met een onkruid-eg. De emissie werd vergeleken met de emissie van bovengronds, breedwerpig toegediende dunne varkensmest op kaal bouwland.

De sleepslangenmachine legt de mest in stroken door middel van slangen die 5-10 cm boven de grond hangen. De zodebemester legt de mest in ondiepe sleuven (3-7 cm) tussen het gewas. Bij beide machines wordt de emissiereductie bereikt door oppervlakteverkleining. De oppervlakteverkleining bij de zodebemester is echter effectiever dan bij de sleepslangenmachine. Bij toepassing van de sleepslangenmachine kan bovendien - in een lang gewas - besmeuring van het gewas optreden (oppervlaktevergroting). Hierdoor wordt verwacht dat deze laatste machine de emissie minder goed reduceert. In slechts één eerder uitgevoerd experiment werd de emissie van de met de zodebemester in tarwe toegediende mest gemeten (Mulder en Hol, 1992). Hieruit bleek dat de zodebemester de emissie met 53% reduceerde en de sleepslangenmachine met 12% ten opzichte van bovengronds, breedwerpig toegediende mest op kaal bouwland.

Dit rapport doet verslag van één experiment en geldt daarom slechts voor de omstandigheden waaronder is gemeten.

2 Materiaal en methode

2.1 Inleiding

De ammoniakemissie werd 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 veld. De proefvelden zijn afhankelijk van de werkbreedte bij benadering cirkelvormig (werkbreedte < 10 m) of vierkant (werkbreedte > 10 m) en hebben een oppervlakte van ca. 0,15 ha. Voor deze meetmethode zijn concentratie- en windsnelheidsmetingen op een aantal hoogten nodig. In Bijlage I staat een toelichting op deze methode.

Door gelijktijdig op een aantal velden de ammoniakemissie te meten, kon de emissie van in tarwe toegediende, dunne varkensmest worden vergeleken met de emissie van bovengronds, breedwerpig toegediende, dunne varkensmest op kaal bouwland (referentie). De ammoniakemissie wordt uitgedrukt als percentage van de opgebrachte hoeveelheid ammonium- en totaalstikstof. Ten opzichte van de referentie werd een reductiepercentage berekend.

2.2 Opzet

Het experiment vond plaats in week 17 van 1993 (27 april t/m 1 mei) op bouwland van het IMAG-DLO-proefbedrijf 'de Oostwaardhoeve' in Slootdorp. De gebruikte mest was uit een silo met dunne vleesvarkensmest afkomstig. Voor het toedienen werd de mest goed gemengd.

Tabel 1. Opzet van het experiment in week 17 1993.

Veld	Toedieningstechniek	Gewas	Kenmerken	Geplande gift [m ³ /ha]
1	Zodebemester	tarwe	werkbreedte 4,4 m	15
2	Sleepslangenmachine	tarwe	werkbreedte 12 m	15
3	Sleepslangenmachine en onkruiddeg	tarwe	werkbreedte onkruiddeg 6 m	15
4	Mesttank	kaal	werkbreedte 8-9 m; referentie	15

De proefopzet week af van de vorige experimenten wat betreft de begintijd. Gezien de wens in droge tarwe te werken, werd vanwege dauw op het gewas pas om 10:30 uur in plaats van ca. 8:30 uur met het uitrijden van de mest begonnen.

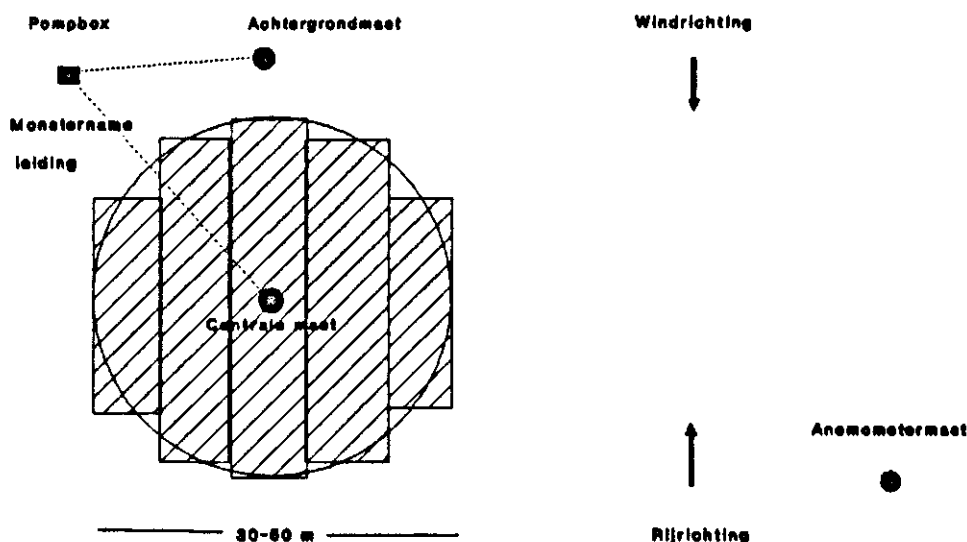
Factoren die de emissie kunnen beïnvloeden werden voor de proefvelden zoveel mogelijk gelijk gehouden. De experimenten werden ongeveer gelijktijdig gestart, zodat verschillen in weersinvloeden op de individuele metingen konden worden uitgesloten. Uit voorgaand onderzoek met de massabalansmethode bleek dat de emissiesnelheid direct na het verspreiden van de mest hoog is (Pain en Klarenbeek, 1988). Om het verloop van de emissie te meten moeten de monsternameperiodes direct na de mesttoediening kort zijn. Hierna neemt de emissiesnelheid snel af en kan op langere monsternameperiodes worden overgegaan. In het algemeen treedt 80-90% van de totale emissie in de eerste 48 uur op (Döhler, 1991). Na 96 uur na het uitrijden is de emissie van onbehandelde mest nihil (Bussink et al., 1990). Op de eerste dag werd de mest 's ochtends toegediend, waarna de volgende monsternameperiodes werden aangehouden:

- Eerste dag: 0-½ uur, ½-1½ uur, 1½-3 uur, 3-6 uur, 6 uur-schemering, schemering-24 uur;
- Tweede dag: 24-48 uur;
- Derde dag: 48-72 uur;
- Vierde dag: 72-84 uur.

2.3 Uitvoering

In Figuur 1 is een schema van de proefopstelling gegeven. In deze figuur staan ook de posities van de pompbox, de achtergrond- en de centrale mast. Nadat de helft van een proefveld was uitgereden en eventueel ondergewerkt werd de centrale mast geplaatst en de meting gestart. Met deze mast werd de ammoniakconcentratie bepaald in de lucht die over een afstand met de lengte van de straal van het veld ging. Met de achtergrondmast, die bovenwinds van de centrale mast stond, werd de achtergrondconcentratie gemeten. In de masten waren op verschillende hoogten gaswasflessen met salpeterzuur als opvangvloeistof bevestigd. Met behulp van de pomp werd lucht door de wasflessen gezogen, waarbij de ammoniak in het salpeterzuur achterbleef. In het laboratorium van het IMAG-DLO werd na de meetperiode met een ionchromatograaf (Waters, proteïn-pak kolom sp Spw) de hoeveelheid ammonium in het salpeterzuur bepaald.

Uit deze hoeveelheid en de flow door de wasfles die voor en na een monsternameperiode werd gemeten, werd de ammoniakconcentratie in de lucht berekend. Uit de windsnelheid op verschillende hoogten en de gemeten concentratie werd vervolgens de hoeveelheid ammoniak berekend die uit de mest was vervluchtigd.



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

Voor het uitrijden van de mest werden vier monsters genomen. De mestmonsters werden geanalyseerd op het gehalte aan ammoniumstikstof, totaalstikstof, fosfor, kalium, pH, droge stof, ruw as en vluchtige vetzuren.

Voor een goede beschrijving van de meetomstandigheden werd de vochtigheid van de bodem bepaald. Het bodemvochtgehalte werd op basis van droog gewicht bepaald. Van de bovenste 5 cm van de bodem werden per proefveld ca. 30 monsters gestoken, die minstens 24 uur bij 105°C werden gedroogd. Gedurende de hele meetperiode werden de volgende meteorologische gegevens continu geregistreerd (hoogte t.o.v. maaiveld):

- windsnelheid op 0,2; 0,4; 0,9; 1,4; 2,4 en 3,6 m;
- windrichting op 3,9 m;
- hoeveelheid neerslag;
- luchttemperatuur op 0 cm en 5 cm;
- bodemtemperatuur op -5 cm;
- luchtvochtigheid op 1,5 m;
- globale straling op 1,5 m.

3 Resultaten

3.1 Inleiding

Op de eerste dag van het experiment (27 april 1993) werden de vier proefvelden tussen 10:40 en 11:50 uur bemest. In Bijlage III is schematisch de ligging van de proefvelden gegeven. Het bemesten van het referentieveld gebeurde tegen de heersende noordoostelijke wind in om een zo goed mogelijke verdeling te krijgen. De mest op het referentieveld droogde snel uit. Door de zodebemester werd de mest goed in de sleuven gelegd en afgedekt door de grond (ook in de rijsporen). Dankzij het korte en niet erg dichte gewas werd de mest door de sleepslangenmachine vrij goed tussen het gewas gelegd, waardoor vrijwel geen besmeuring optrad. De onkruideg werkte de mest in zoverre onder, dat in de sporen geen stroken mest meer waren te zien.

3.2 Bodem- en gewasgesteldheid

De grondsoort waarop de proefvelden lagen, wordt als jonge zeepolderklei geklassificeerd. De grond waarop de wintertarwe stond was zwaarder dan de kale grond; afslibbaarheid van respectievelijk 48% en 35%. Op beide gedeeltes was het bovenste laagje van de grond enigszins droog, maar daaronder vochtig. Het bodemvochtgehalte van de bovenste 5 cm was 17-20%.

De hoogte van de tarwe varieerde van 4-13 cm en was gemiddeld 8 cm (30 waarnemingen). De dichtheid werd geschat op 80%.

3.3 Weersomstandigheden

De meetweek werd gekenmerkt door drogend weer. Het was de hele week onbewolkt, warm en er stond een matige tot vrij krachtige wind. In de heldere nachten ontstond dauw op het gewas. In bijlage IV staan in Figuur 5 t/m 10 het verloop van de windsnelheid, de lucht- en bodemtemperaturen, de relatieve luchtvochtigheid, de windrichting, de globale straling en de regenhoeveelheid geven. Het verloop van de luchttemperatuur op 1,5 m hoogte is vanwege onvolledigheid van de gegevens niet gegeven.

Op de dag van het uitrijden was de windsnelheid 4 m/s op 2,4 m hoogte uit noordoostelijke richting. In de loop van de ochtend nam de windsnelheid toe tot ca. 8 m/s. Gedurende de nacht was de windsnelheid 4 m/s. Naarmate de meetweek vorderde nam de windsnelheid af tot 4-5 m/s overdag en 1-2 m/s 's nachts. De windrichting was de eerste twee dagen noordoostelijk. In de tweede nacht draaide de wind naar het oosten.

Op de eerste dag was de maximumtemperatuur aan de grond 20°C en de minimumtemperatuur 11-12°C. De temperatuur bleef op alle meetdagen ongeveer gelijk aan de eerste dag. De relatieve luchtvochtigheid bedroeg de eerste en tweede dag 60-70%, en was op de derde en vierde dag lager, namelijk 40-50%. 's Nachts was de relatieve luchtvochtigheid 85-95%.

3.4 Mestsamenstelling

In Tabel 3 staan de gemiddelden van de analyseresultaten van de vier mestmonsters. De resultaten zijn vergeleken met de gemiddelde mestsamenstelling van 436 monsters van dunne varkensmest uit het onderzoek van Hoeksma (1988).

Van de in dit experiment gebruikte dunne varkensmest waren alle gehalten, behalve de pH, hoger dan de waarden uit het onderzoek van Hoeksma. Deze waarden vielen echter wel binnen de spreiding. In vergelijking met analyseresultaten van de in week 15 gebruikte dunne varkensmest afkomstig uit dezelfde

mestsilo, bleek weinig tot geen verschil.

Tabel 3. Gemiddelde samenstelling van de in dit experiment gebruikte dunne varkensmest in vergelijking met de gemiddelde waarden met bijbehorende spreiding uit Hoeksma (1988).

Grootheid	[eenheid]	Dunne varkensmest	Hoeksma (spreiding)
ammoniumstikstof	[g/kg]	4,6	3,6 (1,3 - 5,5)
totaalstikstof	[g/kg]	7,3	6,5 (2,5 - 10,6)
fosfor	[g/kg]	3,2	1,7 (0,1 - 5,2)
kalium	[g/kg]	6,2	5,6 (2,0 - 9,0)
pH	[-]	7,8	8,0 (7,3 - 8,6)
droge stof	[g/kg]	153	74 (15 - 157)
ruwe as	[% van ds]	28,6	25 (7 - 53)
vluchtige vetzuren	[g/kg]	2,5	. ^a

^a geen waarneming.

3.5 Ammoniakemissie

In bijlage IV staat het emissieverloop van elk proefveld per monsterperiode vermeld. In Tabel 4 staan de mest- en stikstofgiften en de totale ammoniakemissie per proefveld. De mestgift bij de zodebemester was bijna twee keer zo hoog als de bedoeling was. Op de andere velden waren de giften ongeveer de geplande hoeveelheden.

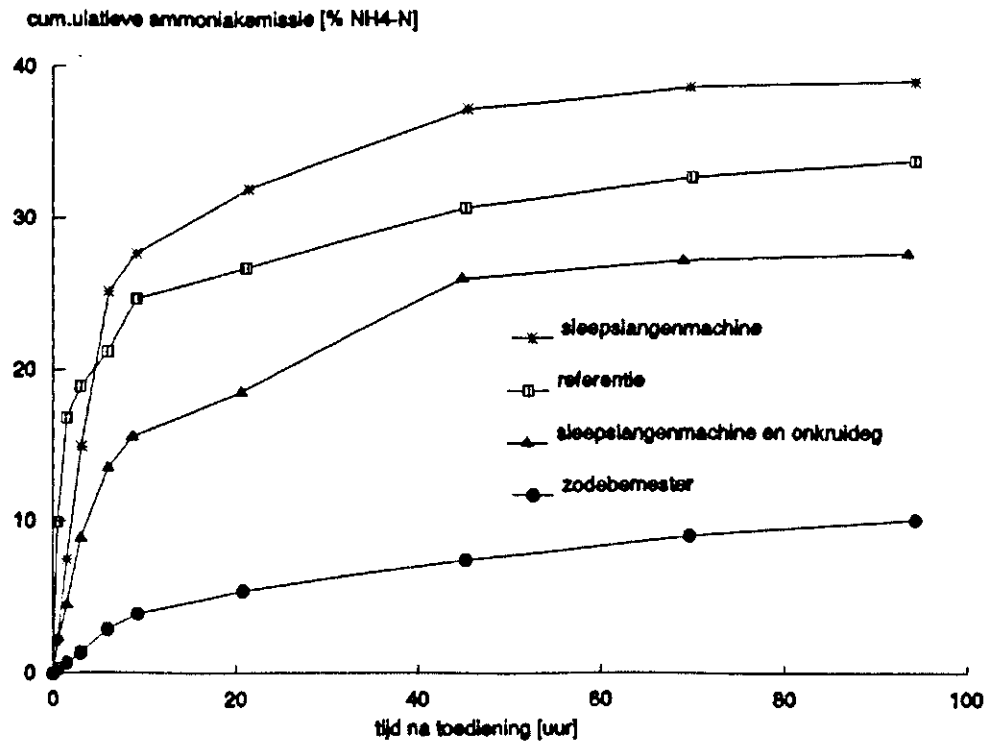
Tabel 4. Giften en ammoniakemissie van bovengronds, breedwerpig verspreide en ondergewerkte dunne varkensmest.

Mesttoediening	Giften			Ammoniakemissie			Reductie
	mest	NH ₄ -N	N-tot	NH ₄ -N		N-tot	to v ref.
	[m ³ /ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[%]	[%]
Zodebemester	27,5	126,3	201,4	12,8	10,1	6,4	70
Sleepslangenmachine	13,6	62,5	99,6	24,5	39,1	25,6	0
Sleepslangenmachine en onkruiddeg	13,4	61,6	98,2	17,1	27,7	17,4	18 ^a
Referentie	15,7	72,3	115,2	24,5	33,9	21,3	-

^a emissiereductie ten opzichte van de sleepslangenmachine was 29%.

De emissie van bovengronds, breedwerpig toegediende dunne varkensmest op kaal bouwland bedroeg 34% van de hoeveelheid toegediende ammoniumstikstof. Deze emissie was, gezien de weersomstandigheden en in vergelijking met vorige experimenten, laag (zie Discussie, hoofdstuk 4).

Het toedienen van de mest met de zodebemester verminderde de emissie tot 10% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Dit betekende een reductiepercentage van 70% ten opzichte van de referentie. Het gebruik van de sleepslangenmachine reduceerde de emissie niet; de emissie bedroeg 39% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Het onderwerken met de onkruiddeg verminderde de emissie met 29% ten opzichte van de emissie na gebruik van de sleepslangenmachine. De emissiereductie ten opzichte van de referentie bedroeg 18%.



Figuur 2. Cumulatieve ammoniakemissie na het toedienen en onderwerken van dunne varkensmest in tarwe in vergelijking met het bovengronds, breedwerpig toedienen van dunne varkensmest op onbegroeid bouwland.

In Figuur 2 is het verloop van de cumulatieve emissie in de tijd uitgezet. Hierin is te zien dat de emissie van de zodebemester duidelijk lager was dan de emissie van de overige velden. Uit de tabellen in Bijlage IV blijkt dat de emissie van de met de zodebemester toegediende mest in de eerste uren na toediening minder snel verliep dan de emissie bij de andere toedieningstechnieken. Na 6 uur was 28% van de emissie opgetreden, terwijl van de andere velden 49-64% van de emissie had plaatsgevonden. Uit Bijlage IV valt eveneens op te maken dat de emissiesnelheid van de referentie vlak na het toedienen het hoogst was. Na 2 uur na het toedienen was de emissiesnelheid van de sleepslangenmachine echter hoger dan van de referentie en deze bleef in de eerste nacht hoog (zie snelle stijging in Figuur 2 in de periode van 20-40 uur na het toedienen).

4 Discussie

Hoewel de omstandigheden bevordelijk waren voor een hoge emissie, was de emissie van de referentie slechts 34% (vergelijk referentie-emissie 51-84% (n=8); Hol, 1993a; Hol, 1993b; Mulder en Hol, 1992a; Mulder en Hol, 1992b; Mulder en Hol, 1992c; Mulder en Hol, 1993a; Mulder en Hol, 1993b). Spoedig na het uitrijden was de mest als een droge laag op de grond zichtbaar. Mogelijk dat de snelle uitdroging (en het intrekken in de bodem) verdere emissie verhinderde. Een aanwijzing hiervoor is de snelle afname van de emissie na 1½ uur (zie Bijlage IV), waardoor de emissiesnelheid lager werd dan bij de sleepslangenmachine. De emissie bij de sleepslangenmachine in de tarwe (niet gevolgd door bewerking) was vrijwel even hoog als de referentie, wat niet overeenstemde met de verwachting (zie Inleiding). Mogelijke oorzaken kunnen zijn dat de tarwe op zwaardere en slechter doorlatende grond lag, dat de mest - doordat die in stroken was gedoseerd - in een dikkere laag lag en doordat door de gewasverdamping minder mestvocht verdampte. Mogelijk dat hierdoor de mest minder snel uitdroogde en de mest ook niet snel in de bodem kon trekken.

Een onkruidег is een ondiep werkend werktuig, waardoor de mest alleen door de bovenste laag van de grond werd gemengd en niet echt van de lucht werd afgesloten. In de vorige experimenten liep de effectiviteit van het onderwerken nogal uiteen. De reducties bedroegen 8-61% ten opzichte van de sleepslangenmachine en waren afhankelijk van de bodemconditie en de afstelling van de onkruidег. De in dit experiment gevonden reductie van 29% valt tussen deze waarden in.

In het in dit rapport beschreven experiment waren de bodem- en gewasomstandigheden gunstig voor een lage emissie bij toepassing van de zodebemester. Doordat de bovenste laag van de bodem droog was, werden de sleuven met mest afgedekt door wat grond. Het nadeel van deze zware machine met een kleine werkbreedte, namelijk de vele en dichtgereden sporen, was in dit experiment niet aanwezig. In de sporen werd de tarwe wel platgereden, maar omdat het gewas minder dicht (80%) en minder lang (gemiddeld 8 cm) was, werd minder grond door tarwe bedekt en werd de tarwe minder besmeurd dan in het vorige experiment.

5 Conclusies

De emissie van bovengronds, breedwerpig toegediende dunne varkensmest op kaal bouwland bedroeg 34% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De emissie was gezien de drogende omstandigheden laag en kan worden verklaard door het snel verdampen van het mestvocht en het in de grond trekken van de mest. Toediening van de mest met een sleepslangenmachine in tarwe (gemiddeld 8 cm hoog; geschatte dichtheid 80%) resulteerde niet in een verlaging van de emissie. Het percentage ammoniak dat vervluchtigde uit de mest na toediening met de sleepslangenmachine bedroeg 39% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Mogelijke oorzaken voor de even hoge emissie als de referentie kunnen zijn dat door de zwaardere grond (48% afslibbaar in vergelijking met 35% voor de kale grond), de lagere verdamping door het gewas en de dikkere mestlaag de mest niet zo snel in de grond kon trekken. Daarbij komt nog dat het gewas niet zo dicht was dat er sprake was van effectieve afscherming.

Het onderwerken met een onkruideg vond in de bovenste laag van de grond plaats. Door de bewerking waren geen stroken mest meer zichtbaar, maar de mest en de grond werden niet intensief genoeg gemengd om de mest voldoende van de lucht af te sluiten. De emissie werd ten opzichte van de emissie van de sleepslangenmachine met 29% gereduceerd.

Het gebruik van de zodebemester onder de genoemde omstandigheden resulteerde in een hoge emissiereductie, namelijk 70% ten opzichte van de referentie. Het gewas werd enigszins platgereden, maar de grond werd hierdoor niet volledig bedekt met tarwe, en de mest kon - ook in de sporen - goed in de grond worden gebracht. Door het droge bovenlaagje van de bodem werd de mest in de sleuven met grond bedekt.

Literatuur

Bussink, D.W., J.V. Klarenbeek, J.F.M. Huijsmans en M. Bruins, 1990, Ammoniakemissie bij verschillende toedieningsmethoden van dunne mest aan grasland, rapport A 89.086, NMI, 's Gravenhage.

Döhler, H., 1990, Ammoniakverluste nach der Flüssigmistausbringung - Erfassung und Minderungsmöglichkeiten, Ammoniak in der Umwelt, Gemeinsames symposium. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt-Kranichstein.

Döhler, H., 1991, Laboratory and field experiments for estimating ammonia losses from pig and cattle slurry following application, in: Nielsen, V.C., J.H. Voorburg en P. L'Hermite (eds.), Odour and ammonia emissions from livestock farming. Elsevier Science Publishers Ltd, Londen.

Freney, J.R., J.R. Simpson en O.T. Denmead, 1983. Volatilization of ammonia, in: Freney, J.R. en J.R. Simpson (eds.), Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems, p 1-31. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, Den Haag.

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

Hol, J.M.G., 1993a. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening; toediening van dunne varkensmest in wintertarwe I, DLO-Meetploegverslag 34506-3000. IMAG-DLO, Wageningen.

Hol, J.M.G., 1993b. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening; toediening van dunne varkensmest in wintertarwe II, DLO-Meetploegverslag 34506-3100. IMAG-DLO, Wageningen.

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1992a. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening; dunne varkensmest in wintertarwe, DLO-Meetploegverslag 34506-5200. IMAG-DLO, Wageningen.

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1992b. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening; het effect van onderwerken van dunne varkensmest op bouwland I, DLO-Meetploegverslag 34506-4700a. IMAG-DLO, Wageningen.

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1992c. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening; het onderwerken van dunne varkensmest op aardappelland, DLO-Meetploegverslag 34506-5100. IMAG-DLO, Wageningen.

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1993a. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening; het effect van toediening van dunne varkensmest op aangereiden grond, DLO-Meetploegverslag 34506-5800. IMAG-DLO, Wageningen.

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1993b. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening; het effect van aangereiden grond en het onderwerken van een lage en hoge mestgift op de emissie bij toediening van dunne varkensmest, DLO-Meetploegverslag 34506-6200. IMAG-DLO, Wageningen.

Jarvis, S.C. en B.F. Pain, 1990. Ammonia volatilisation from agricultural land, The Fertiliser Society Proceedings No. 298. The Fertiliser Society, Londen.

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	=	aanstroomlengte, 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:

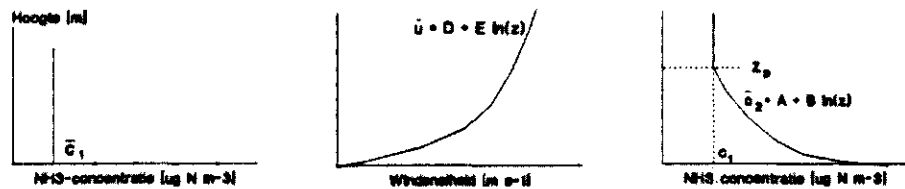
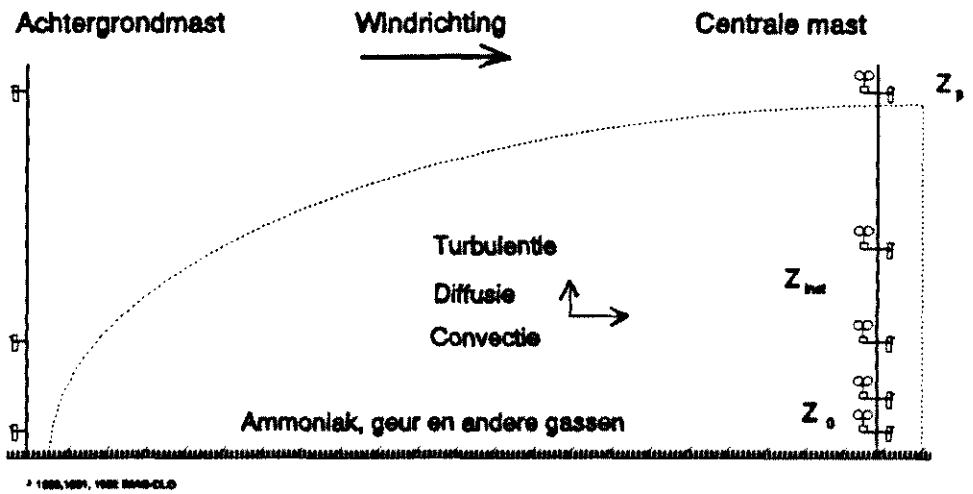
$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) dz \quad (2)$$

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 aanstroomlengte:

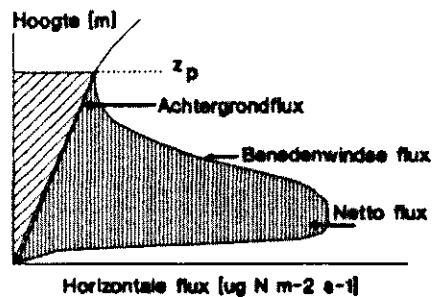
$$F_N = \frac{1}{x} \left(\int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z) dz - \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z) dz \right) \quad (3)$$

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}].



(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.

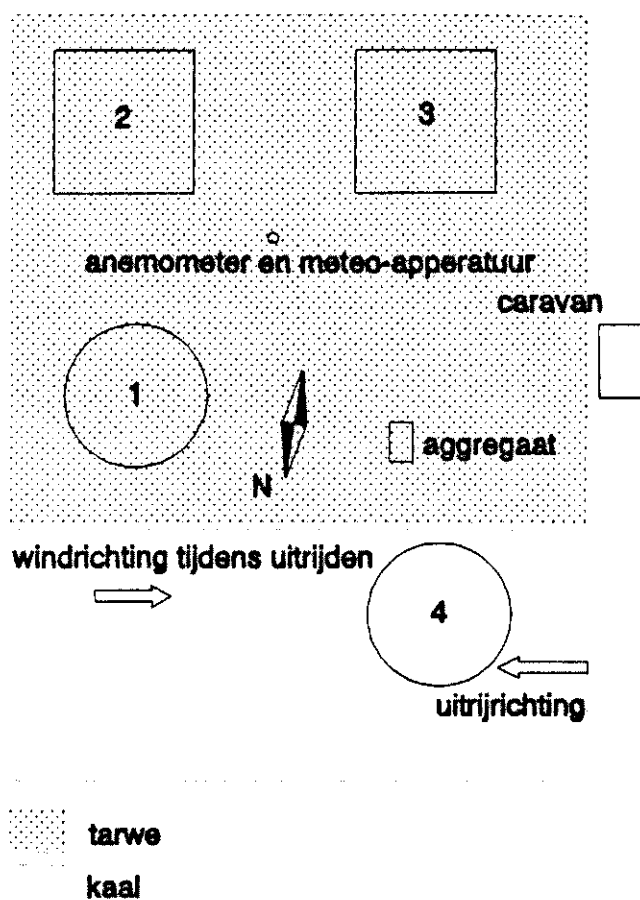
De ammoniakconcentratie in het midden van het veld is gemeten door zo snel mogelijk na het uitrijden (in ieder geval binnen 15 min) een 3,5 meter hoge mast in het midden van het veld te plaatsen (centrale mast). De centrale mast bevat 7 monsternamepunten, die in hoogte logaritmisch over de mast zijn verdeeld. Een monsternamepunt bestaat uit een wasflesje gevuld met met 0,02 M 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 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

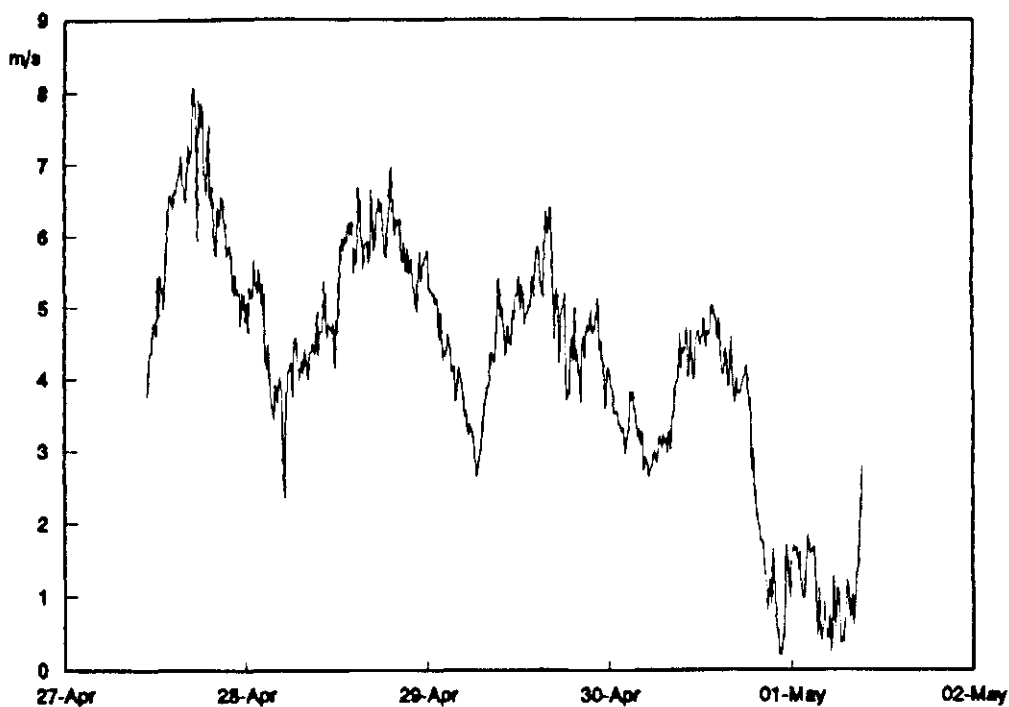
- Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en Thurtell, 1978, Ammonia volatilization from sewage sludge in the field, J. Environ. Qual. 7, 141-146.
- Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en G. Thurtell, 1982, Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field, Can. J. Soil Sci. 62, 11-29.
- Denmead, O.T., J.R. Simpson en J.R. Freney, 1977, A direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia, Soil Sci. Soc. Am. 41, 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, Martinus Nijhoff/Dr W Junk Pub, Den Haag.
- 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, 1297-1310.

Bijlage II Schema proefvelden 27 april t/m 1 mei 1993

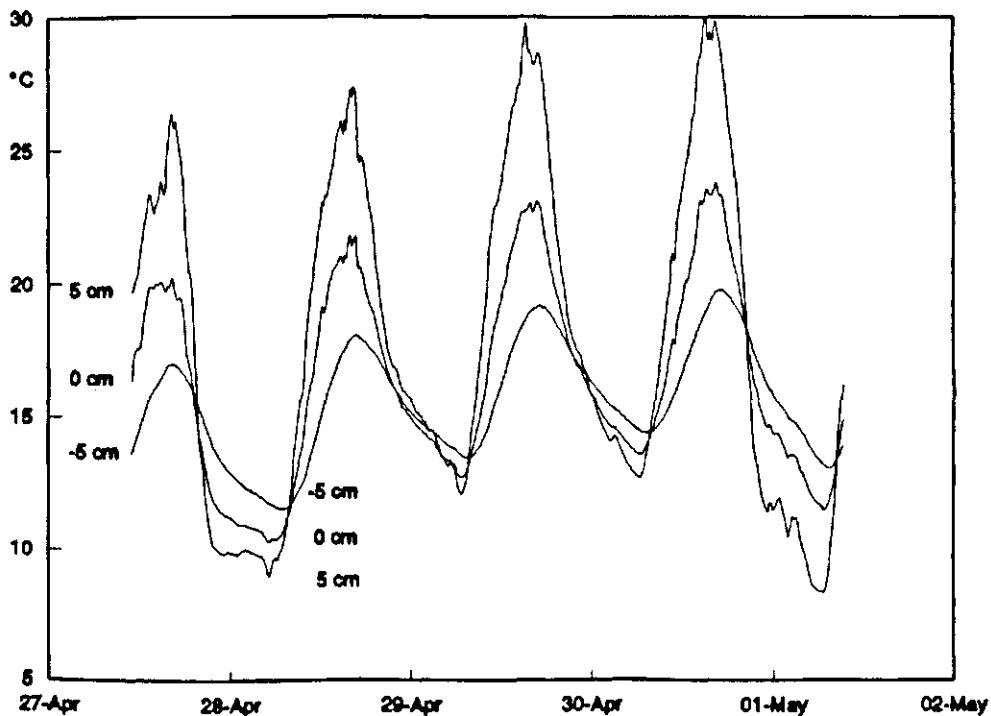


Figuur 4. Schematische voorstelling van de proefvelden: zodebemester (1), sleepslangenmachine (2) en sleepslangenmachine en onkruideg (3) in tarwe; bovengronds, breedwerpig op kaal bouwland (4).

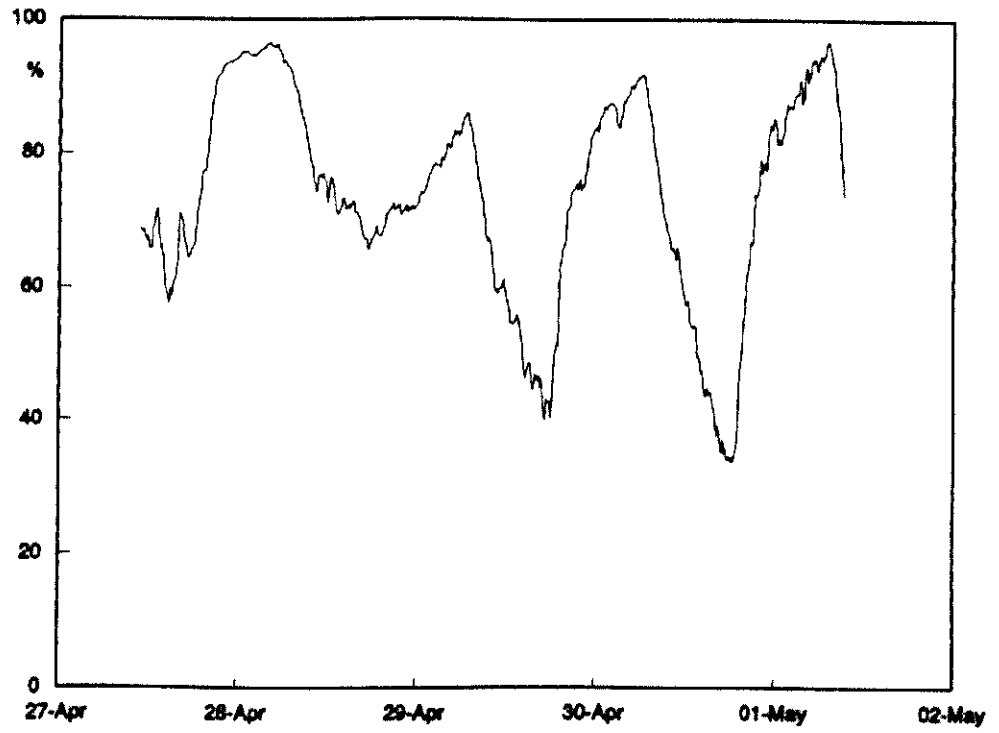
Bijlage III Weersomstandigheden tijdens het experiment



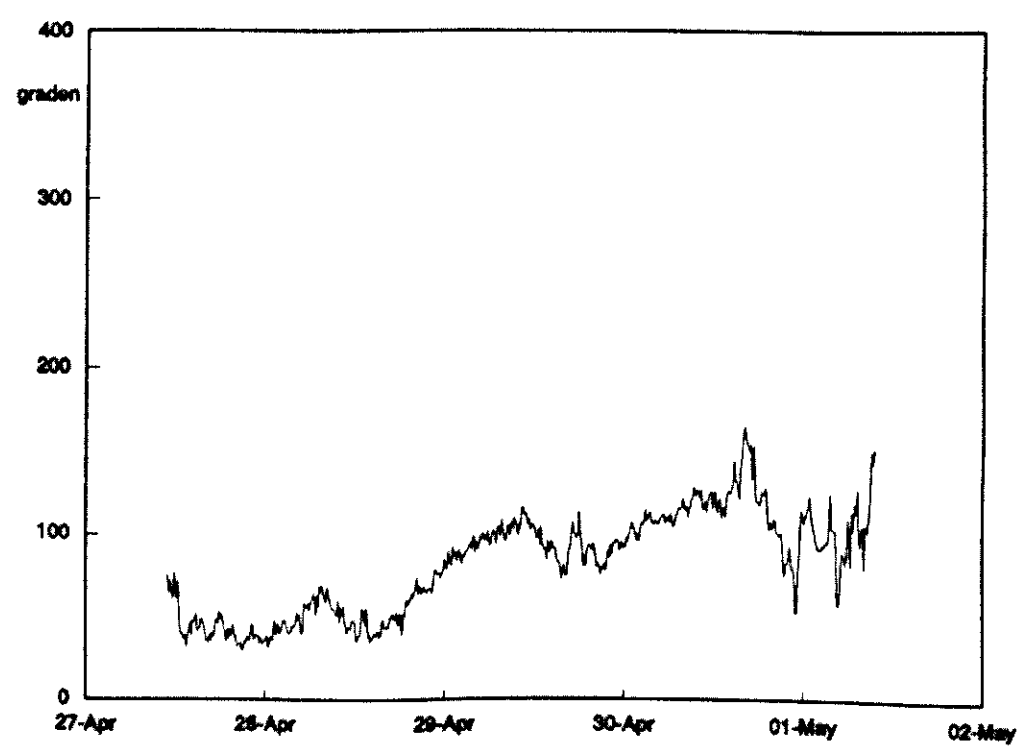
Figuur 5. Windsnelheid op 2,4 m hoogte.



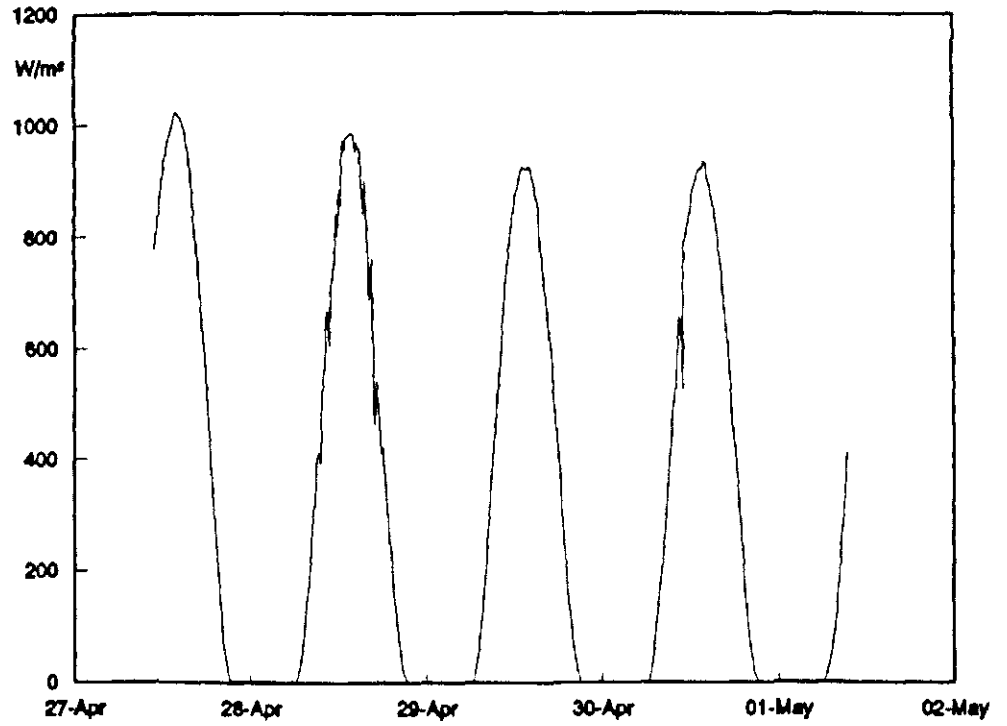
Figuur 6. Bodemtemperatuur op 5 cm hoogte, aan de grond en op 5 cm diepte.



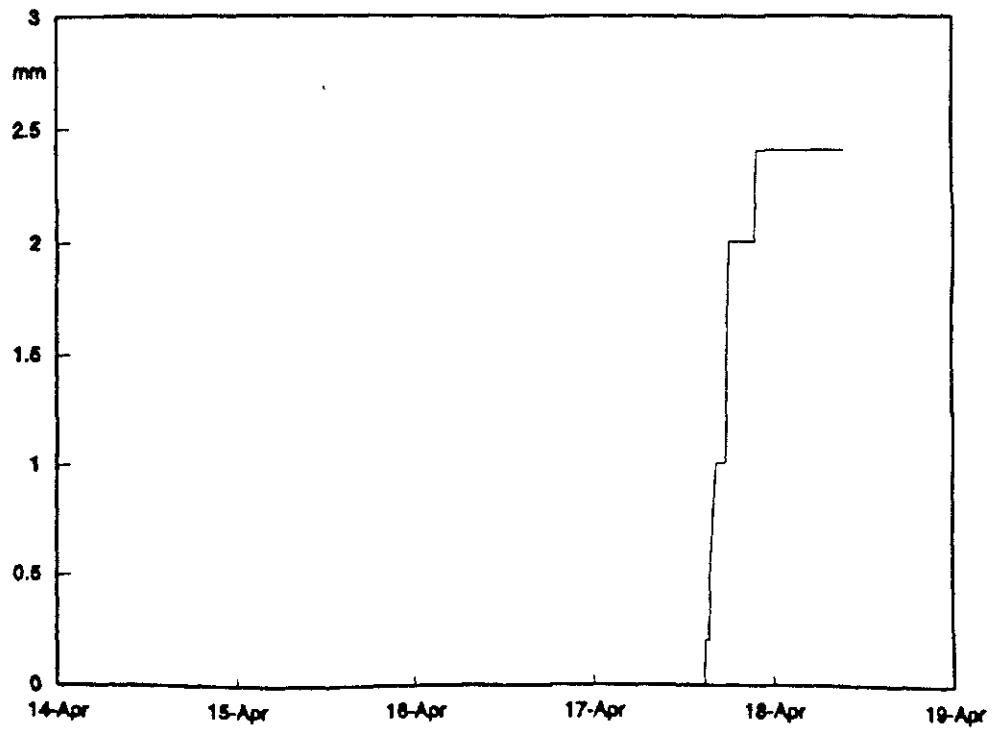
Figuur 7. Relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte.



Figuur 8. Windrichting op 3,9 m hoogte.



Figuur 9. Globale straling.



Figuur 10. Regenhoeveelheid.

Bijlage IV Emissiesnelheid per monsterperiode

Zodebemester

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	18,57	0,37	0,30	0,19
½ - 1½ uur	13,25	0,91	0,72	0,45
1½ - 3 uur	13,11	1,73	1,37	0,86
3 - 6 uur	15,29	3,65	2,89	1,81
6 - 9 uur	9,85	4,96	3,92	2,46
9 - 21 uur	3,90	6,83	5,40	3,39
21 - 45 uur	2,59	9,46	7,49	4,70
45 - 70 uur	2,00	11,50	9,10	5,71
70 - 94 uur	1,29	12,82	10,14	6,37

Sleepslangenmachine

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	59,72	1,24	1,99	1,25
½ - 1½ uur	83,51	4,67	7,46	4,68
1½ - 3 uur	73,39	9,35	14,96	9,39
3 - 6 uur	51,30	15,73	25,15	15,79
6 - 9 uur	12,69	17,34	27,73	17,41
9 - 21 uur	5,20	20,01	31,99	20,08
21 - 45 uur	3,28	23,29	37,24	23,38
45 - 70 uur	0,93	24,24	38,75	24,33
70 - 94 uur	0,23	24,13	39,13	24,57

Sleepslangenmachine en onkruiddeg

periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies		
		[kg/ha]	[%] t.o.v.	
na	[kg/ha/dag]		[kg/ha]	NH ₄ -N
uitrijden				
0 - ½ uur	59,77	1,41	2,29	1,44
½ - 1½ uur	36,95	2,75	4,46	2,80
1½ - 3 uur	43,48	5,46	8,87	5,57
3 - 6 uur	23,19	8,36	13,57	8,52
6 - 9 uur	11,64	9,66	15,68	9,84
9 - 21 uur	3,61	11,43	18,55	11,64
21 - 45 uur	4,57	16,05	26,05	16,35
45 - 69 uur	0,77	16,83	27,31	17,15
69 - 94 uur	0,22	17,05	27,67	17,37

Referentie

periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies		
		[kg/ha]	[%] t.o.v.	
na	[kg/ha/dag]		[kg/ha]	NH ₄ -N
uitrijden				
0 - ½ uur	357,74	7,20	9,96	6,25
½ - 1½ uur	123,72	12,19	16,85	10,85
1½ - 3 uur	24,24	13,67	18,90	11,86
3 - 6 uur	13,50	15,34	21,20	13,31
6 - 9 uur	19,72	17,86	24,69	15,50
9 - 21 uur	2,98	19,34	26,73	16,78
21 - 45 uur	2,88	22,24	30,74	19,30
45 - 70 uur	1,48	23,77	32,86	20,63
70 - 94 uur	0,71	24,48	33,85	21,25