

52

52

j 1992
w 35

Praktijk onderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Het effect van toediening van bagger
over dunne rundermest op veengras-
land

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

dlo



Inhoudsopgave

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Inleiding | 2 |
| 2 | Methode | 3 |
| | 2.1 Inleiding | 3 |
| | 2.2 Opzet | 3 |
| | 2.3 Uitvoering | 4 |
| 3 | Resultaten | 6 |
| | 3.1 Inleiding | 6 |
| | 3.2 Bodemgesteldheid en grashoogte | 6 |
| | 3.3 Weersomstandigheden | 6 |
| | 3.4 Mestsamenstelling | 7 |
| | 3.5 Baggersamenstelling | 7 |
| | 3.6 Ammoniakemissie | 8 |
| 4 | Discussie | 10 |
| 5 | Conclusies | 11 |
| | Literatuur | 12 |
| | Bijlage I Micrometeorologische massabalansmethode | 13 |
| | Bijlage II Schema proefvelden 26 t/m 30 augustus 1992 | 16 |
| | Bijlage III Weersomstandigheden tijdens het experiment | 17 |
| | Bijlage IV Emissiesnelheid per monsterperiode | 20 |

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 vermindering van de ammoniakemissie na het verspreiden van bagger over bovengronds, breedwerpig toegediende dunne rundermest op veengrasland.

In het veenweidegebied is het gebruikelijk om bagger uit de sloten over het land te spuiten. Als dit na mesttoediening gebeurt, kan de bagger als een afdekende laag de ammoniakemissie uit de mest verhinderen. Het is hierbij van belang na te gaan hoeveel ammoniak uit de bagger zelf kan emitteren. Over deze manier van emissiereductie zijn geen gegevens voorhanden. Wel is onderzoek gedaan naar het inregenen met ca. 10 mm water. De emissiereductie ten opzichte van de emissie van onbehandelde, dunne rundermest bedroeg 55-89% (Bussink et al., 1990).

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

2 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 proefveld. Dit proefveld was bij benadering cirkelvormig en had een oppervlakte van ca. 0,15 ha. Voor deze meetmethode zijn concentratie- en windsnelheidsmetingen op bepaalde hoogten nodig. In bijlage I wordt een toelichting op deze methode gegeven.

Door gelijktijdig op verschillende proefvelden de ammoniakemissie te meten, kon onder praktijkomstandigheden de emissie van bagger over mest en alleen bagger worden vergeleken met bovengronds, breedwerpig toegediende mest (referentie). De ammoniakemissie werd uitgedrukt als percentage van de opgebrachte hoeveelheid ammonium- en totaalstikstof. Ten opzichte van de referentie werd een reductiepercentage berekend.

2.2 Opzet

Het experiment werd uitgevoerd op het veengrasland van het ROC Zegveld. Dit is een melkveehouderijbedrijf, waar de mest in een silo wordt opgeslagen. De in dit experiment gebruikte dunne rundermest was afkomstig van dit bedrijf. In totaal werden vier proefvelden aangelegd. In Tabel 1 wordt de opzet toegelicht.

Tabel 1. Overzicht van de gebruikte toedieningsmachine en grashoogte per meetobject tijdens het experiment.

| Veld | Proefveld | Toedieningsmachine | Kenmerken |
|------|----------------|---------------------------|----------------------|
| 1 | referentie | vacuümtank | werkbreedte ca. 8 m. |
| 2-3 | mest en bagger | vacuümtank en baggerspuit | toemaak 1 en 2 |
| 4 | bagger | baggerspuit | |

De mest werd bovengronds, breedwerpig toegediend. Op twee velden werd over de mest bagger gespoten, de zogenaamde toemaak. Bij de toediening werd uitgegaan van mestgiften van 15 m³/ha en baggergiften van 100 m³/ha.

Om de resultaten te kunnen vergelijken, werden de factoren die de emissie kunnen beïnvloeden voor de drie velden zoveel mogelijk gelijk gehouden. De experimenten werden ongeveer gelijktijdig gestart, zodat verschillen in weersinvloeden op de individuele metingen konden worden uitgesloten.

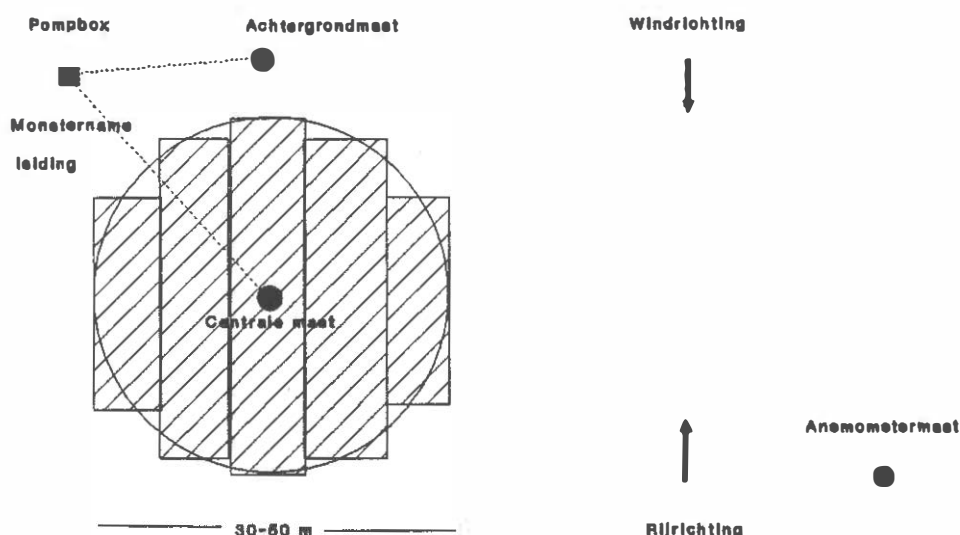
Uit voorgaand onderzoek bleek dat de emissie direct na het verspreiden van de mest hoog is (Pain en Klarenbeek, 1988). In het algemeen treedt 40-50% van de totale emissie binnen de eerste 6 uur (Jarvis en Pain, 1990) en 80-90% van de totale emissie in de eerste 48 uur op (Döhler, 1991). Na 96 uur na het uitrijden is de emissie nihil (Bussink et al., 1990). 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 monsterperiodes worden overgegaan. Vaak is de tweede dag nog het verschil tussen de emissie overdag en 's nachts te zien. De volgende monsternameperiodes na moment van toediening zijn gekozen:

- Eerste dag: 0-½ uur, ½-1½ uur, 1½-3 uur, 3-6 uur, 6 uur-schemering, schemering-zonsopkomst;
- Tweede dag: zonsopkomst-36 uur, 36-48 uur;
- Derde dag: 48-72 uur;
- Vierde dag: 72-96 uur.

2.3 Uitvoering

In Figuur 1 is een schema van een proefveld geïllustreerd. In deze figuur staan tevens de posities van de pompbox, de achtergrond- en centrale mast gegeven. Op het referentieveld werd de centrale mast geplaatst, nadat de helft van het veld was uitgereden. In geval van het toedienen van bagger, werd de centrale mast pas geplaatst, nadat de velden volledig met mest en bagger waren bedekt. Zodra de centrale mast in het midden van het veld was geplaatst, kon de meting worden gestart. Met deze mast werd 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 5pw) 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 bepaald. Uit de windsnelheid op verschillende hoogten en de gemeten concentratie werd de hoeveelheid ammoniak berekend die uit de mest was vervluchtigd.



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

Tijdens het toedienen van bagger werd met behulp van plastic bakken (bekend gewicht en oppervlakte) op 5-10 plaatsen bagger opgevangen. Na weging van de bakken en de bepaling van het soortelijk gewicht van de bagger in het laboratorium van het IMAG-DLO, kon een indicatie worden verkregen van de totale gift. Van de opgevangen bagger werden in totaal vier monsters genomen. De mest werd voor het uitrijden ook in viervoud bemonsterd. De bagger- en mestmonsters werden geanalyseerd op het gehalte aan ammoniumstikstof, totaalstikstof, fosfor, kalium¹, pH, droge stof, ruw as en vluchtige vetzuren.

Voor een goede beschrijving van de meetomstandigheden werden de vochtigheid van de bodem en de grashoogte bepaald. Het bodemvochtgehalte werd op basis van droog gewicht bepaald. Van de bovenste 5 cm van de bodem werden

¹fosfor en kalium is slechts één monster bepaald.

monsters gestoken, die minstens 24 uur bij 105°C werden gedroogd. De grashoogte werd ca. 10 keer per proefveld met een eenvoudige grashoogtemeter gemeten. Gedurende de hele meetperiode werden de volgende meteorologische gegevens continu geregistreerd (hoogte t.o.v. maaiveld):

- windsnelheid op 0,3; 0,5; 0,8; 1,3; 2,4 en 3,7 m hoogte;
- windrichting op 3,9 m hoogte;
- hoeveelheid neerslag;
- luchttemperatuur aan de grond en op 1,5 m hoogte;
- bodemtemperatuur op 5 cm beneden maaiveld;
- luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte;
- globale straling op 1,5 m hoogte.

3 Resultaten

3.1 Inleiding

Het experiment werd uitgevoerd van 26 tot en met 30 augustus 1992. Op de eerste dag van het experiment werden de vier velden tussen 8:40 en 10:00 uur aangelegd. In bijlage II is schematisch de ligging van de proefvelden gegeven.

Het uitrijden van de mest vond plaats tegen de heersende zuidwestelijke wind in om een zo goed mogelijke verdeling van de mest te krijgen. Het verspreiden van de bagger kon alleen parallel aan de sloten gebeuren. Daarbij werd hinder ondervonden van de wind. Hierdoor werd de bagger niet gelijkmatig over het veld verdeeld en was de vorm van het veld met alleen bagger niet cirkelvormig, maar ruitvormig met een oppervlakte van 0,25 ha. Bij de toemaak dekte de bagger de mest volledig af. Na enkele dagen waren de mest en de bagger door grasgroei niet meer zichtbaar.

Door een fout met de kaart in de datalogger zijn de meteorologische gegevens van 29 tot en met 30 augustus verloren gegaan. Voor de berekening van de emissie gedurende deze laatste twee meetdagen werden de windgegevens van de meetopstelling van het ECN-Petten te Zegveld gebruikt. Van de andere meteorologische parameters zijn geen gegevens van de laatste twee dagen.

3.2 Bodemgesteldheid en grashoogte

De grondsoort waarop de proefvelden lagen, wordt als bosveen geklassificeerd. De bodem was vochtig tot nat. Het bodemvochtgehalte bedroeg 60-64%. De hoogte van het gras was op alle velden gemiddeld 8 cm (40 waarnemingen; 4-14 cm).

3.3 Weersomstandigheden

In bijlage III wordt in de Figuren 5 tot en met 10 het verloop van de windsnelheid, de lucht- en bodemtemperaturen, de windrichting, de relatieve luchtvochtigheid, de globale straling en de regenhoeveelheid in de tijd gegeven. In Figuur 10 staat geen schaalverdeling bij de y-as, omdat de metingen van de stralingsmeter niet nauwkeurig waren. De figuur is toch in de bijlage opgenomen en kan worden gezien als indicatie voor de bewolking. In de figuren van de windsnelheid en -richting lopen de gegevens tot 31 augustus; in de overige figuren lopen de gegevens, om de in paragraaf 3.1 genoemde reden, tot 29 augustus.

Op de eerste meetdag stond er een matige tot vrij krachtige wind, namelijk 4-6 m/s op 2,4 m hoogte. De windsnelheid bleef gedurende de rest van de meetperiode overdag ongeveer even hoog. In de eerste twee nachten nam de wind niet veel af; de laatste twee nachten daalde de windsnelheid naar 1-2 m/s. De windrichting was vrij constant uit zuidwestelijke richting.

De temperatuur was op de eerste en tweede dag overdag aan de grond ca. 22°C en 's nachts 16-18°C. De derde dag kwam de temperatuur tot net onder de 20°C. Volgens persoonlijke waarnemingen was de temperatuur op de laatste meetdag vrijwel gelijk aan de temperatuur op de derde dag.

De relatieve luchtvochtigheid varieerde van ca. 70% overdag tot 80-90% in de nachten. Het bleef de gehele meetperiode vrijwel geheel bewolkt. In de eerste nacht viel minder dan 1 mm regen. Op de derde en vierde dag viel resp. 1 en 3 mm regen.

3.4 Mestsamenstelling

In Tabel 2 staan de gemiddelde analyseresultaten van vier mestmonsters in vergelijking met de gemiddelde samenstelling van 429 monsters dunne rundermest uit het onderzoek van Hoeksma (1988).

Tabel 2. De gemiddelde samenstelling van de in dit experiment gebruikte dunne rundermest in vergelijking met waarden uit de literatuur (Hoeksma, 1988).

| Grootheid | [eenheid] | Dunne rundermest | Hoeksma |
|--------------------|------------|------------------|------------------------------|
| ammoniumstikstof | [g/kg] | 2,0 | 2,4 (0,2 - 4,4) ^a |
| totaalstikstof | [g/kg] | 3,1 | 4,9 (2,4 - 7,8) |
| fosfor | [g/kg] | 0,4 | 0,9 (0,3 - 3,4) |
| kalium | [g/kg] | 4,2 | 5,1 (1,0 - 6,4) |
| pH | [-] | 7,2 | 8,2 (7,0 - 8,8) |
| droge stof | [g/kg] | 46,2 | 96 (34 - 200) |
| ruwe as | [% van ds] | 31,4 | 28 (11 - 136) |
| vluchtige vetzuren | [g/kg] | 7,0 | _b |

^a tussen haakjes de spreiding binnen de waarnemingen;

^b geen waarneming.

De gehalten in de gebruikte mest waren lager dan de mestsamenstelling uit het onderzoek van Hoeksma. Met name de pH, totaalstikstofgehalte en drogestofgehalte waren lager. Deze waarden vielen wel binnen de spreiding van de literatuurwaarden.

3.5 Baggersamenstelling

Het soortelijk gewicht van de gebruikte bagger was 1036 kg/m³. In Tabel 3 is de samenstelling van de gebruikte bagger gegeven.

Tabel 3. De gemiddelde samenstelling van de in dit experiment gebruikte bagger.

| Grootheid | [eenheid] | Dunne rundermest |
|--------------------|------------|------------------|
| ammoniumstikstof | [mg/kg] | < 50 |
| totaalstikstof | [g/kg] | 2,3 |
| fosfor | [g/kg] | 0,1 |
| kalium | [g/kg] | 0,2 |
| pH | [-] | 6,8 |
| droge stof | [g/kg] | 92,5 |
| ruwe as | [% van ds] | 28,8 |
| vluchtige vetzuren | [mg/kg] | 91,2 |

De gebruikte bagger bevatte weinig ammoniumstikstof (minder dan de detectiegrens van 50 mg/kg). Het totaalstikstofgehalte was van dezelfde orde van grootte als in dunne rundermest. De gehalten aan fosfor, kalium en vluchtige vetzuren waren lager dan in dunne rundermest. De pH was bijna neutraal. Het drogestofgehalte was hoger dan de in dit experiment gebruikte dunne rundermest, maar was van vergelijkbare grootte als in de gemiddelde mestsamenvatting (zie Tabel 2).

3.6 Ammoniakemissie

In bijlage IV is het emissieverloop van elk proefveld per periode gegeven. In Tabel 3 staan de mest- en stikstofgiften en de totale ammoniakemissie per meetobject. De mestgiften waren gelijk aan de geplande 15 m³/ha. De giften van bagger liepen per veld uiteen, namelijk van 75-146 m³/ha (5 waarnemingen) bij toemaak 1 tot 100-220 m³/ha (5 waarnemingen) bij toemaak 2 en 34-364 m³/ha (10 waarnemingen) bij bagger. Omdat de wind de hele meetweek uit dezelfde richting kwam, was de baggergift in Tabel 4 het gemiddelde van de waarnemingen op het gedeelte waar de wind overheen waaide. Deze gemiddelden waren 10-20% groter dan de beoogde gift van 100 m³/ha. Omdat het ammoniumstikstofgehalte in de bagger beneden de detectiegrens viel, is in Tabel 4 bij de ammoniumstikstofgift aangegeven dat deze kleiner was dan 6,1 kg/ha. De ammoniakemissie van bagger is derhalve niet uitgedrukt als percentage van de hoeveelheid toegediende ammoniumstikstof.

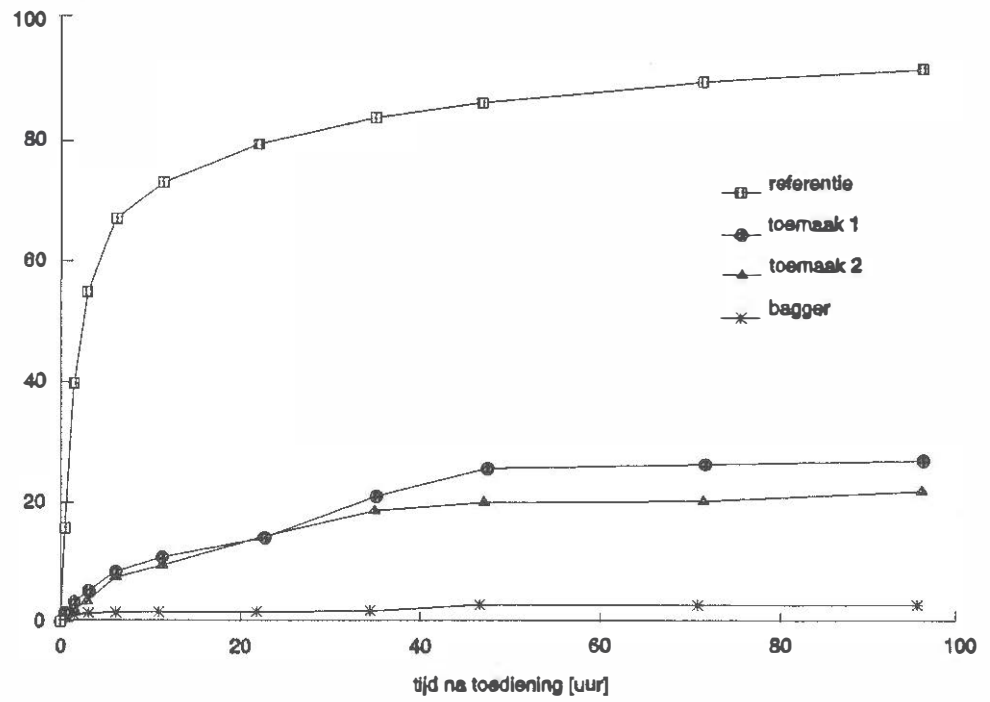
Tabel 4. Giften en ammoniakemissie van bovengronds breedwerpig verspreide dunne rundermest en bagger.

| Meetobject | Giften | | | | Ammoniakemissie | | | Reductie tov referentie |
|------------|----------------------|----------------------|--------------------|---------|--------------------|------|------|----------------------------|
| | mest | bagger | NH ₄ -N | N-tot | NH ₄ -N | | % | |
| | [m ³ /ha] | [m ³ /ha] | [kg/ha] | [kg/ha] | [kg/ha] | [%] | | [%] |
| Referentie | 15,5 | - | 30,5 | 46,1 | 28,0 | 92,0 | 60,8 | - |
| Toemaak 1 | 14,0 | 109,4 | 28,3 | 42,7 | 7,6 | 27,0 | 17,9 | 71 |
| Toemaak 2 | 14,0 | 121,1 | 28,3 | 42,7 | 6,2 | 21,9 | 14,5 | 76 |
| Bagger | - | 122,0 | < 6,1 | 278,8 | 0,2 | - | 0,1 | - |

Van de referentie vervluchtigde 92% van de aanwezige ammoniumstikstof. De emissie van het veld met alleen bagger was 0,2 kg/ha. Deze emissie was zo laag dat deze te verwaarlozen was ten opzichte van de emissie van de dunne rundermest. Afdekking van de mest met bagger verlaagde de emissie tot 22-27% van de met de mest toegediende ammoniumstikstof. Dit is een reductie van 71-76% ten opzichte van de referentie.

In Figuur 2 is het verloop van de cumulatieve emissie weergegeven. De emissiesnelheid van de referentie was gedurende de eerste uren na toediening het hoogst. De emissies van toemaak 1 en 2 bleven achter bij de emissie van de referentie. Na ca. 24 uur na mesttoediening was 86% van de totale emissie van de referentie opgetreden. Van de toemaak 1 en 2 had na ca. 24 uur 52-65% van de totale emissie plaatsgevonden.

NH₃-emissie als % van
toegediende NH₄-N



Figuur 2. Ammoniakemissie als functie van de tijd na toediening van bagger over bovengronds, breedwerpig toegediende dunne rundermest in vergelijking met bovengronds, breedwerpig toegediende dunne rundermest.

4 Discussie

De totale emissie van het referentieveld was hoog, namelijk 92%. Waarschijnlijk waren de hoge temperaturen (ca. 20°C) en constante wind van 4-6 m/s (op 2,4 m hoogte gemeten) de oorzaak van deze hoge emissie. Vaak neemt de emissie in de nacht af als gevolg van lagere temperaturen en afgenomen windsnelheden. De tweede dag is de emissie(snelheid) meestal hoger dan in de voorgaande nacht. Tijdens dit experiment nam de wind in de eerste nachten echter nauwelijks af ten opzichte van de tweede dag. In Bijlage IV is het resultaat hiervan terug te vinden in de emissiesnelheid: gedurende de eerste twee nachten (periodes 11-22 uur en 35-47 uur) was de emissiesnelheid hoger dan op de dag erna.

Door afdekking van de mest met een laag bagger (ca. 10 mm), werd de emissie met 71-76% verminderd ten opzichte van dunne rundermest zonder een laag bagger. De emissie kwam langzamer op gang dan bij de referentie. Na ca. 24 uur was pas 52-65% van de totale emissie opgetreden, terwijl op het referentieveld toen al 86% van de totale emissie had plaatsgevonden. Er is geen onderzoek bekend over de emissie van bagger over mest. Wel is onderzoek verricht naar de ammoniakemissie na het toedienen van ca. 10 mm water over mest. De reductiepercentages ten opzichte van onbehandelde dunne rundermest bedroegen 55-89% (Bussink et al., 1990). De in dit verslag beschreven resultaten vielen in dit interval.

De emissie van de toemaak 1 en 2 was het resultaat van de som van de emissie van mest en bagger. Uit Tabel 4 werd duidelijk dat de emissie van alleen de gebruikte bagger laag was en wegviel tegen de emissie van de toemaak 1 en 2. Er werd daarom niet gecorrigeerd voor het feit dat de emissie van toemaak 1 en 2 niet alleen van de mest afkomstig was.

De gebruikte bagger had een laag ammoniumstikstofgehalte. De emissiereductie van het toedienen van bagger over dunne rundermest was in dit experiment vrij hoog. In de praktijk echter zal het toedienen van bagger over mest niet vaak voorkomen. Ten slotte is het niet mogelijk meer dan één keer per twee jaar bagger te spuiten, aangezien de capaciteit van de sloten beperkt is.

5 Conclusies

In dit experiment is de ammoniakemissie van dunne rundermest waarover bagger was gespoten (toemaak) vergeleken met de emissie na toediening van dunne rundermest op veengrasland. Hierbij is tevens de ammoniakemissie van alleen bagger gemeten.

De emissie van het referentieveld was hoog, namelijk 92% van de toegediende ammoniumstikstof (28 kg/ha). Omdat de emissie van alleen bagger laag was (0,2 kg/ha), is hiermee bij de berekening van de emissie van mest met bagger geen rekening gehouden. De emissie van deze zogenaamde toemaak werd derhalve uitgedrukt als percentage van de hoeveelheid ammoniumstikstof in de mest. Het afdekken van de mest met bagger (toemaak) resulteerde in een lagere emissie, namelijk 22-27% van de met de mest toegediende ammoniumstikstof (6-8 kg/ha). De emissie werd met 71-76% gereduceerd.

Hoewel de emissiereducties aanzienlijk waren, lijkt het spuiten van bagger over mest geen praktische oplossing voor het ammoniakemissie-probleem. Nadelen zijn dat bij het toedienen van de in dit experiment gehanteerde hoeveelheden bagger (ca. 100 m³/ha) de stikstofgift zo hoog is (ca. 250 kg/ha), dat een extra mestgift overbodig is en dat, met het oog op de capaciteit van de sloten, het spuiten van bagger tot één keer per twee jaar zal moeten worden beperkt.

Literatuur

Bode, M.J.C. de, 1990a, Reductie NH₃-emissie uit rundermest na toediening op veengrasland I. IMAG/NMI, Wageningen.

Bode, M.J.C. de, 1990b, Reductie NH₃-emissie uit rundermest na toediening op veengrasland II. IMAG/NMI, Wageningen.

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., 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.

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

Jarvis en Pain, 1990. Ammonia volatilisation from agricultural land, Proceedings No. 298, The Fertilizer Society, London.

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1992, Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening: de sleepvoetenmachine in kort en lang gras op veengrond I, DLO-meetploegverslag 34506-4900b. DLO, Wageningen.

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

Bijlage I Micrometeorologische massabalansmethode

Theorie

De metingen van de ammoniakemissie worden 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 ruwheidslgengte (de hoogte waarop u gelijk aan 0 wordt) [m]; |
| $u(z) \cdot \bar{c}(z)$ | = | 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 eerste, convectieve, term (Denmead, 1983; Denmead et al., 1977; Beauchamp et al., 1982; Beauchamp et al., 1987). Vergelijking (1) wordt daarom vereenvoudigd tot:

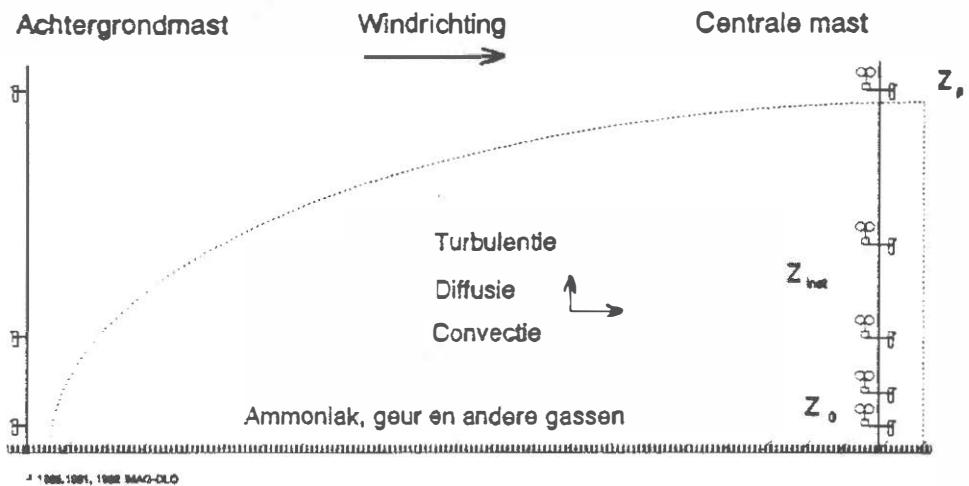
$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) dz \quad (2)$$

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:

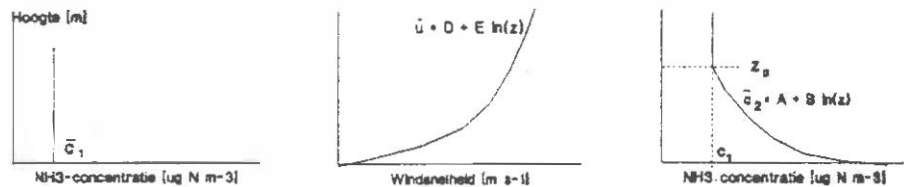
$$F_N = \frac{1}{x} \left(\int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z) dz - \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z) dz \right) \quad (3)$$

waarin:

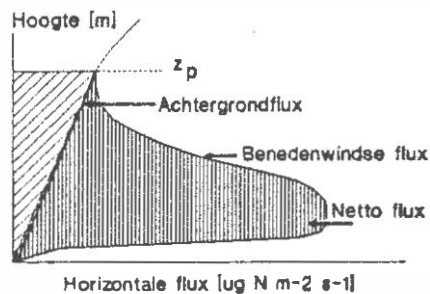
| | | |
|----------------|---|---|
| F_N | = | nettoflux [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$]; |
| $\bar{c}_1(z)$ | = | de gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}]; |
| $\bar{c}_2(z)$ | = | de gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}]. |



(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 wasfles 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 ca. 2,5 l min⁻¹. De flow wordt aan het begin en eind van een meetperiode gemeten.

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

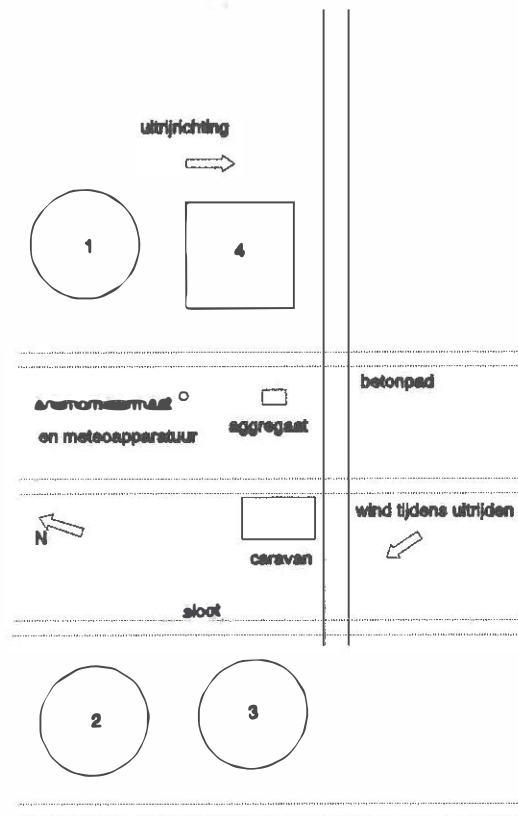
Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en G. Thurtell, 1982, Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field, Can. J. Soil Sci. 62, 11-29.

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.

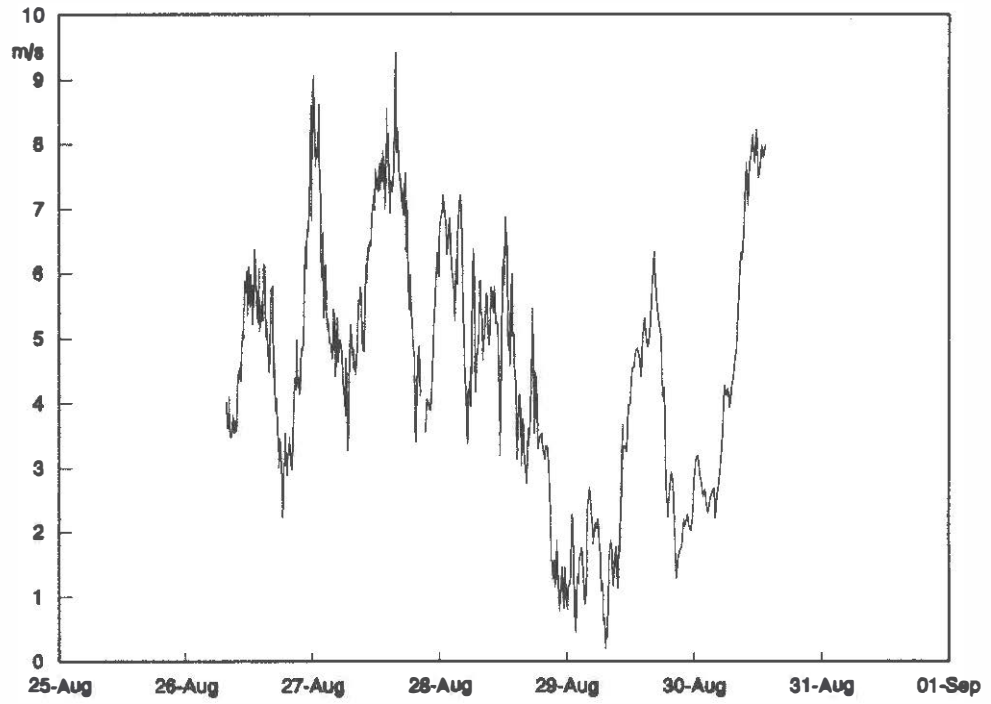
Ryden, J.C. en J.E. McNeill, 1984, Application of the micrometeorological mass balance method to the determination of ammonia loss from a grazed sward, J. Sci. Food Agric. 35, 1297-1310.

Bijlage II Schema proefvelden 30 juni t/m 4 juli 1992

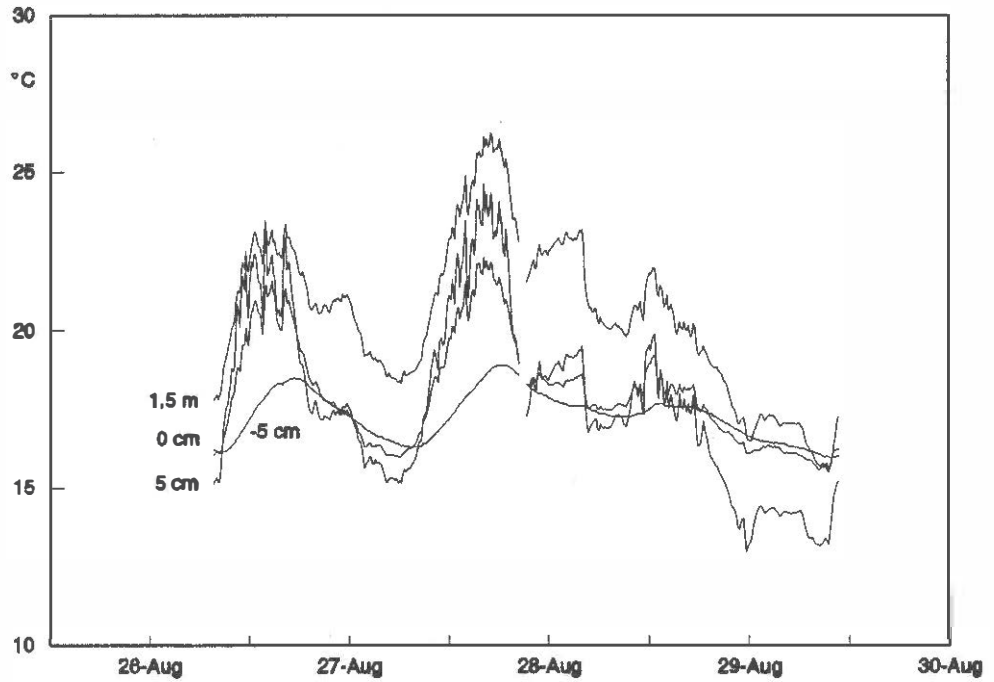


Figuur 4. Dunne rundermest: bovengronds breedwerpig (1), met bagger erover (2,3); alleen bagger (4).

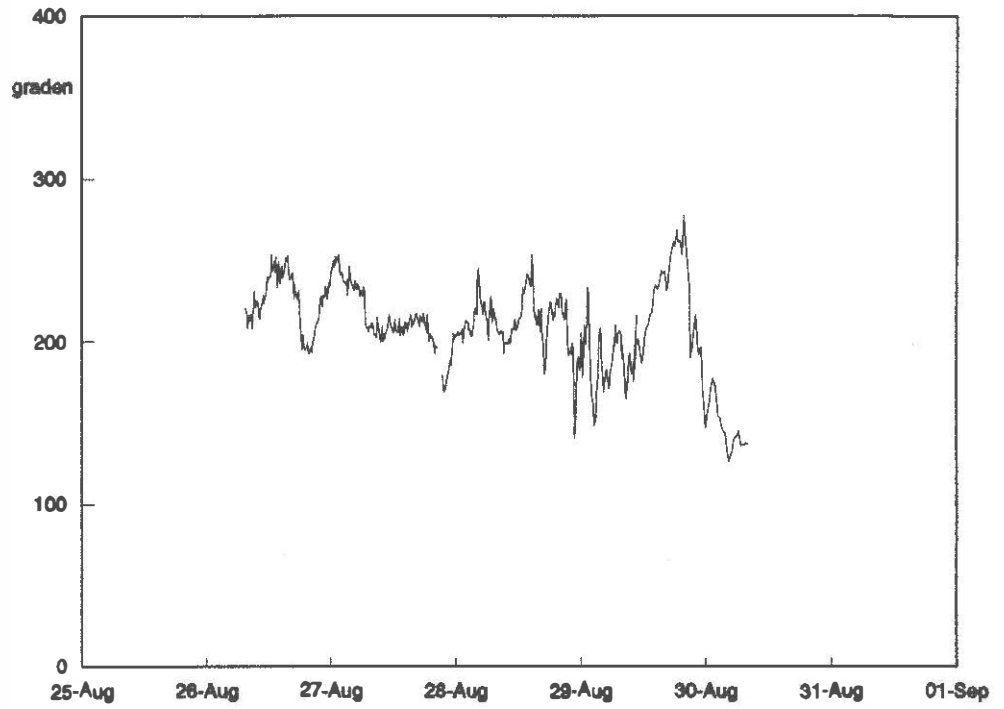
Bijlage III Weersomstandigheden tijdens het experiment



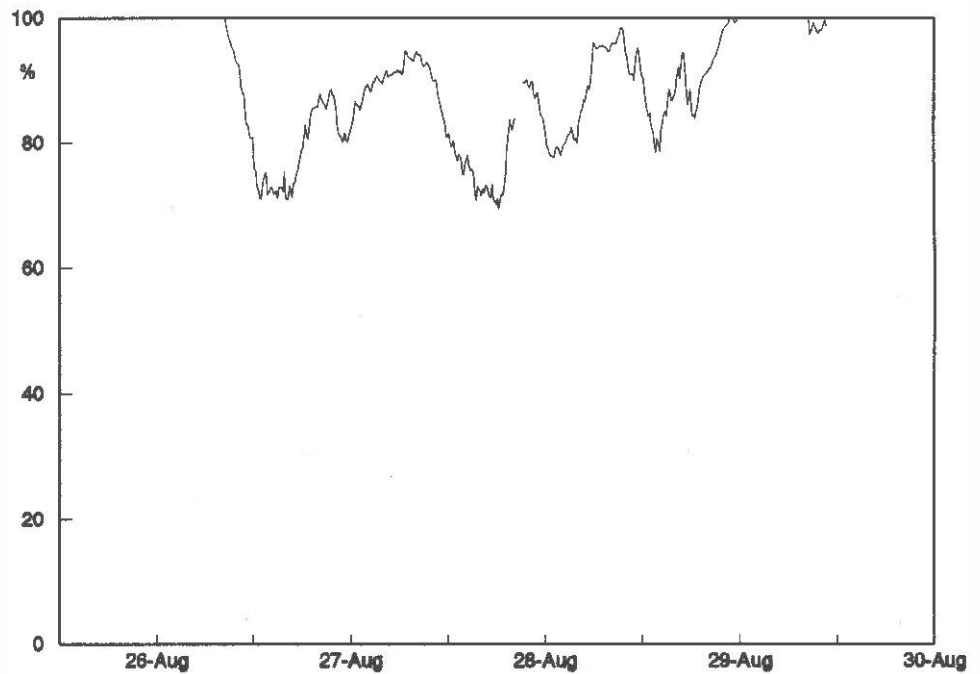
Figuur 5. Windsnelheid op 2,3 m hoogte.



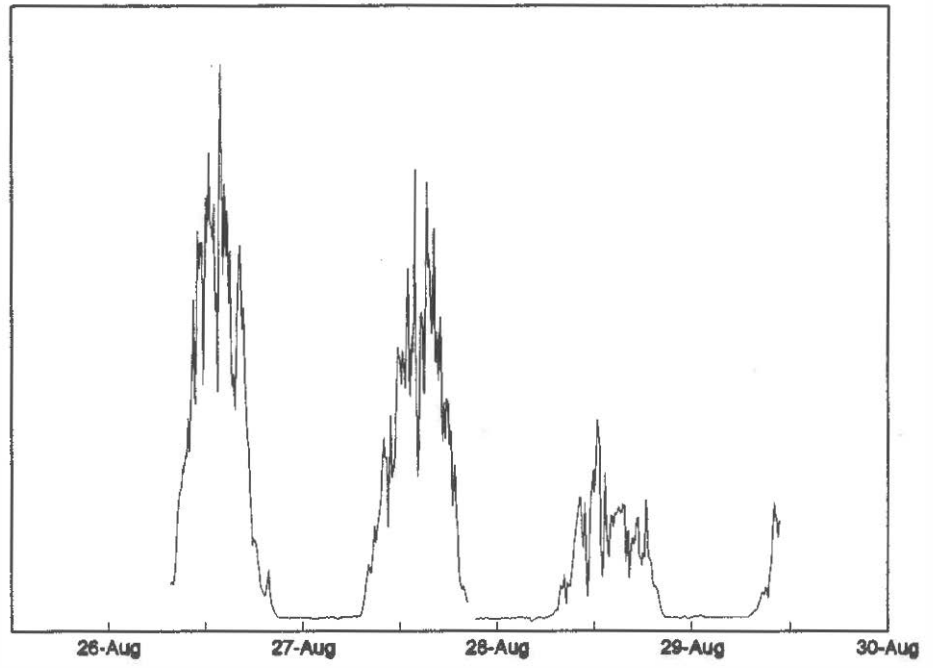
Figuur 6. Luchttemperatuur op 1,5 m hoogte.



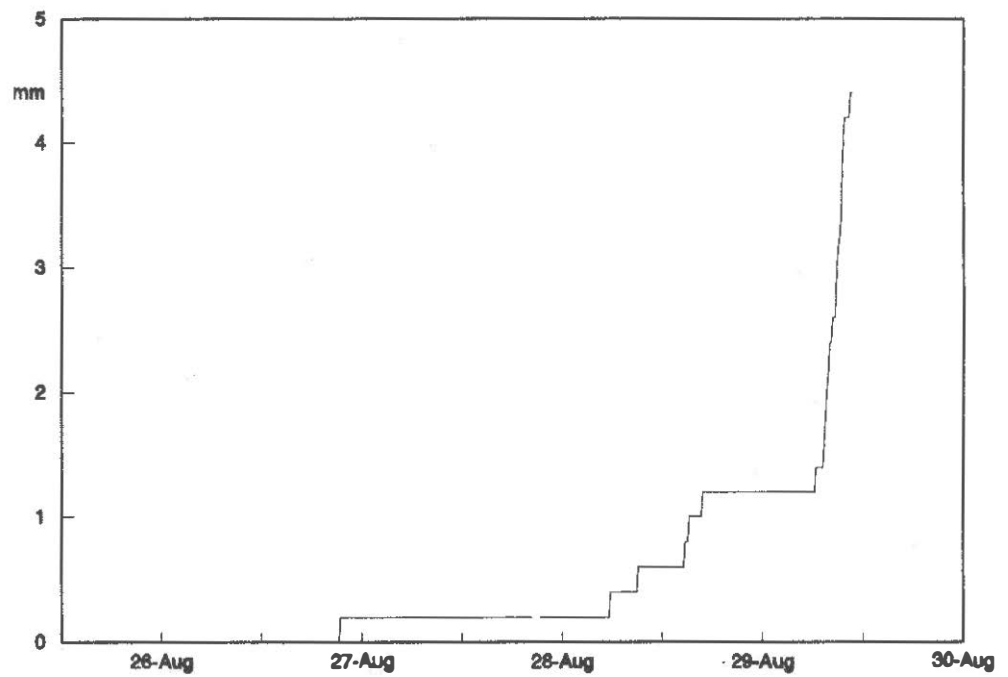
Figuur 7. Windrichting op 3,9 m hoogte.



Figuur 8. Relatieve luchtvochtigheid.



Figuur 10. Globale straling.



Figuur 11. Regenhoeveelheid.

Bijlage IV Emissiesnelheid per meetperiode

Bovengronds breedwerpig dunne rundermest (referentieveld)

| periode | emissiesnelheid | | cumulatief verlies | |
|-----------------|-----------------|---------|--------------------|-------|
| | [kg/ha/dag] | [kg/ha] | [%] t.o.v. | |
| | | | NH ₄ -N | N-tot |
| na uitrijden | | | | |
| 0 - ½ uur | 244,30 | 4,75 | 15,59 | 10,31 |
| ½ - 1½ uur | 180,16 | 12,13 | 39,81 | 26,33 |
| 1½ - 3 uur | 71,39 | 16,74 | 54,94 | 36,34 |
| 3 - 6 uur | 38,53 | 20,43 | 67,04 | 44,34 |
| 6 - 11 uur | 8,32 | 22,26 | 73,06 | 48,33 |
| 11 - 22 uur | 4,36 | 24,20 | 79,40 | 52,52 |
| 22 - 35 uur | 2,47 | 25,52 | 83,74 | 55,39 |
| 35 - 47 uur | 1,50 | 26,27 | 86,20 | 57,02 |
| 47 - 71 uur | 1,06 | 27,34 | 89,72 | 59,35 |
| 71 - 96 uur | 0,68 | 28,03 | 91,98 | 60,84 |

Toemaak 1

| periode | emissiesnelheid | | cumulatief verlies | |
|-----------------|-----------------|---------|--------------------|-------|
| | [kg/ha/dag] | [kg/ha] | [%] t.o.v. | |
| | | | NH ₄ -N | N-tot |
| na uitrijden | | | | |
| 0 - ½ uur | 18,81 | 0,42 | 1,48 | 0,98 |
| ½ - 1½ uur | 12,91 | 0,92 | 3,26 | 2,15 |
| 1½ - 3 uur | 8,17 | 1,44 | 5,08 | 3,36 |
| 3 - 6 uur | 7,33 | 2,36 | 8,36 | 5,53 |
| 6 - 11 uur | 3,18 | 3,05 | 10,80 | 7,14 |
| 11 - 23 uur | 1,94 | 3,96 | 14,02 | 9,27 |
| 23 - 35 uur | 3,80 | 5,93 | 20,97 | 13,87 |
| 35 - 47 uur | 2,54 | 7,23 | 25,59 | 16,93 |
| 47 - 72 uur | 0,20 | 7,43 | 26,29 | 17,39 |
| 72 - 96 uur | 0,19 | 7,62 | 26,98 | 17,85 |

Toemaak 2

| periode | emissiesnelheid | | cumulatief verlies | |
|--------------|-----------------|---------|--------------------|-------|
| | [kg/ha/dag] | [kg/ha] | [%] t.o.v. | |
| | | | NH ₄ -N | N-tot |
| na uitrijden | | | | |
| 0 - ½ uur | 8,03 | 0,17 | 0,59 | 0,39 |
| ½ - 1½ uur | 10,37 | 0,57 | 2,02 | 1,34 |
| 1½ - 3 uur | 6,56 | 0,95 | 3,38 | 2,23 |
| 3 - 6 uur | 8,58 | 2,10 | 7,43 | 4,91 |
| 6 - 11 uur | 2,62 | 2,66 | 9,40 | 6,22 |
| 11 - 22 uur | 2,91 | 3,99 | 14,12 | 9,34 |
| 22 - 35 uur | 2,39 | 5,24 | 18,55 | 12,27 |
| 35 - 47 uur | 0,79 | 5,64 | 19,97 | 13,21 |
| 47 - 71 uur | 0,05 | 5,69 | 20,16 | 13,33 |
| 71 - 96 uur | 0,48 | 6,18 | 21,87 | 14,47 |

Bagger

| periode | emissiesnelheid | | cumulatief verlies | |
|--------------|-----------------|---------|--------------------|-------|
| | [kg/ha/dag] | [kg/ha] | [%] t.o.v. | |
| | | | NH ₄ -N | N-tot |
| na uitrijden | | | | |
| 0 - ½ uur | 2,33 | 0,05 | 0,83 | 0,02 |
| ½ - 1½ uur | 0,45 | 0,07 | 1,13 | 0,02 |
| 1½ - 3 uur | 0,28 | 0,09 | 1,42 | 0,03 |
| 3 - 6 uur | 0,03 | 0,09 | 1,49 | 0,03 |
| 6 - 11 uur | 0,03 | 0,10 | 1,58 | 0,03 |
| 11 - 22 uur | 0,01 | 0,10 | 1,66 | 0,04 |
| 22 - 34 uur | 0,01 | 0,11 | 1,79 | 0,04 |
| 34 - 47 uur | 0,12 | 0,17 | 2,78 | 0,06 |
| 47 - 71 uur | 0,00 | 0,17 | 2,78 | 0,06 |
| 71 - 95 uur | 0,00 | 0,17 | 2,78 | 0,06 |