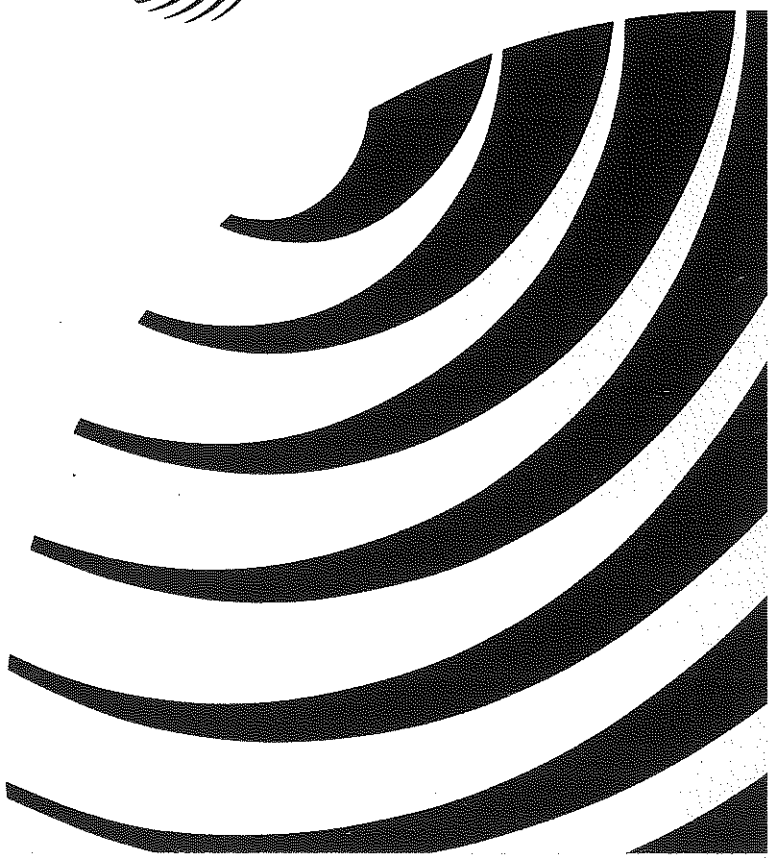
Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Instituut voor Milieu- en Agritechniek

Ammoniakemissie bij het in een tweede werkgang onderwerken van dunne varkensmest op bouwland

J.F.M. Huijsmans
J.M.G. Hol

imag-dlo



rapport 95-13

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Instituut voor Milieu- en Agritechniek

Ammoniakemissie bij het in een tweede werkgang onderwerken van dunne varkensmest op bouwland

Ammonia volatilization from pig slurry incorporated on arable land

J.F.M. Huijsmans
J.M.G. Hol

imag-dlo



rapport 95-13
augustus 1995
prijs ƒ 30,–

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Huijsmans, J.F.M.

Ammoniakemissie bij het in een tweede werkgang onderwerken van dunne varkensmest op bouwland = Ammonia volatilization from pig slurry incorporated on arable land / J.F.M. Huijsmans, J.M.G. Hol – Wageningen : IMAG-DLO. – Ill. – (Rapport / Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek ; 95-13)
Met lit. opg. – Met samenvatting in het Engels.
ISBN 90-5406-123-5
NUGI 849
Trefw.: ammoniakemissie.

© 1995
IMAG-DLO
Postbus 43 – 6700 AA Wageningen
Telefoon 08370-76300
Telefax 08370-25670

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enig andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Abstract

Huijsmans, J.F.M. and J.M.G. Hol, 1995. Ammonia volatilization from pig slurry incorporated on arable land. IMAG-DLO 95-13, Wageningen, 32.pp.

When applying slurry to arable land by surface spreading, volatilization of ammonia takes place. Ammonia volatilization starts directly after the spreading and is higher in the first hours. Reduction of ammonia volatilization can be achieved by incorporating the slurry into the soil. The reduction depends on the method of incorporation and the time between surface spreading and incorporation.

In this research the ammonia volatilization was measured when incorporating surface spread pig slurry immediately following the spreading and 3 hours later on clay and sand soil. Slurry was applied to a wheat stubble and incorporated by a plough, a rotary harrow and a cultivator with tines, respectively. The ammonia volatilization was compared to a reference plot where the surface-spread slurry had not been incorporated.

The reduction of ammonoia volatilization highly depended on the method of incorporation. Immediate incorporation was more effective to reduce ammonia volatilization than a time period of 3 hours between spreading and incorporation.

Keywords: ammonia volatilization, slurry application, arable land, incorporation, reduction of volatilization

Voorwoord

Beperking van de ammoniakemissie bij de mesttoediening op bouwland kan worden bereikt door de mest onder te werken. De effectiviteit hiervan is onder andere afhankelijk van de werktuigkeuze en de tijdsduur tussen de mesttoediening en het onderwerken. De werktuigkeuze kan mede afhangen van de grondsoort, waarop de grondbewerking moet plaatsvinden.

In het voorliggende rapport wordt een onderzoek beschreven naar de ammoniakemissie bij verschillende methoden van mest onderwerken op bouwland. Dit onderzoek werd uitgevoerd op zand- en kleigrond, waarbij de mest direct werd ondergewerkt of een tijdsduur van 3 uur tussen mesttoedienen en onderwerken werd aangehouden. Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door financiering door het Financieringsoverleg Mest- en Ammoniakonderzoek (FOMA).

Ir. A.A. Jongebreur
directeur

Inhoud

Samenvatting		6
1	**Inleiding**	7
2	**Materiaal en methode**	8
	2.1 Meetmethode	8
	2.2 Opzet experimenten	9
	2.3 Mestsamenstelling en mestgift	10
	2.4 Weersomstandigheden	11
3	**Resultaten**	14
4	**Discussie**	18
5	**Conclusies**	20
Summary		21
Literatuur		22
Bijlage A		23
Bijlage B		26

Samenvatting

Beperking van de ammoniakemissie bij mesttoediening op onbeteeld bouwland kan worden bereikt door mest in of onder te werken. Bij het verspreiden en het onderwerken in twee opeenvolgende bewerkingen is, naast de werktuigkeuze, de tijdsduur tussen onderwerken en mesttoediening van belang. De emissie van ammoniak uit de mest begint namelijk direct na de bovengrondse toediening op het land en is het hoogst de eerste uren na het toedienen. Het onderwerken in een tweede werkgang is dan ook alleen effectief, wanneer dit zo snel mogelijk volgend op de mesttoediening wordt uitgevoerd.

In het onderhavige onderzoek is de ammoniakemissie gemeten bij direct en na 3 uur onderwerken van bovengronds verspreide mest op klei- en zandgrond. De mest werd toegediend op een tarwestoppel en ondergewerkt met een ploeg, een rotorkopeg en een vastetandcultivator. De emissies bij deze werktuigen zijn steeds in één meetcyclus onderling vergeleken met die bij bovengronds breedwerpig toedienen. De ammoniakemissie bij het direct en na 3 uur onderwerken is in twee aparte meetcylcli gemeten. De ammoniakemissie van de toegediende mest werd met de micrometeorologische massabalansmethode gemeten.

De emissie van de niet ondergewerkte velden (referentie) was in de eerste meetcyclus 80 - 90% van de toegediende ammoniumstikstof; in de tweede meetcyclus was dit circa 67%.

Direct onderwerken met een ploeg gaf de hoogste emissiereductie, namelijk meer dan 90% op klei- en zandgrond. Direct onderwerken met een rotorkopeg resulteerde in een emissiereductie van 75% op kleigrond en 90% op zandgrond. De cultivator behaalde bij direct onderwerken een emissiereductie van 45% op kleigrond en 61% op zandgrond. De verschillen tussen de technieken waren op kleigrond groter dan op zandgrond.

Onderploegen na 3 uur gaf een emissiereductie van 50% op kleigrond. Op zandgrond resulteerde het onderploegen in een emissiereductie van 48 tot 63%; de emissie werd door het onderploegen nagenoeg geheel stilgelegd. Het onderwerken met een rotorkopeg resulteerde in emissiereducties van 35% op kleigrond en 41% op zandgrond. Het na 3 uur onderwerken met een cultivator gaf op kleigrond een emissiereductie van 21%. De emissiereducties door onderwerken waren bij het na 3 uur onderwerken lager dan bij direct onderwerken.

1 Inleiding

Het milieubeleid van de rijksoverheid is er onder andere op gericht de ammoniakemissie uit de landbouw vergaand te reduceren. In het jaar 2000 moet de ammoniakemissie uit de landbouw met 50% zijn gereduceerd met een inspanningsverplichting van 70% ten opzichte van de emissie in 1980 (Notitie Mest- en Ammoniakbeleid, 1993).

Beperking van de ammoniakemissie bij mesttoediening op onbeteeld bouwland kan worden bereikt door mest in of onder te werken of de mest in stroken toe te dienen. Voor het onderwerken van de mest op onbeteeld bouwland kunnen de volgende technieken worden toegepast:
- in één bewerking de mest rechtstreeks in de grond brengen (injecteur);
- in één bewerking de mest verspreiden en onderwerken; het werktuig voor het onderwerken is gekoppeld aan de mesttoedieningsmachine;
- in twee opeenvolgende bewerkingen de mest verspreiden en vervolgens onderwerken met bijvoorbeeld een ploeg of een cultivator.

In verschillende onderzoeken is het emissiereducerend effect van onderwerktechnieken gemeten. Hieruit volgde dat technieken die de mest en grond intensief mengen of de mest volledig met grond bedekken de hoogste emissiereducties geven (Bruins en Huijsmans, 1989; Mulder en Huijsmans, 1994).

Bij het verspreiden en het onderwerken in twee opeenvolgende bewerkingen is, naast de werktuigkeuze, de tijdsduur tussen onderwerken en mesttoediening van belang voor de reductie van de emissie. De emissie van ammoniak uit de mest begint direct na de bovengrondse toediening op het land en is het hoogst de eerste uren na het toedienen. Het onderwerken in een tweede werkgang is het meest effectief, wanneer dit zo snel mogelijk na de mesttoediening wordt uitgevoerd. In onderzoek van Bruins en Huijsmans (1989) werd de mest in verschillende experimenten direct, na 3 uur en na 6 uur met verschillende werktuigen ondergewerkt. Hoewel de experimenten onder verschillende omstandigheden werden uitgevoerd, werd aangetoond dat de emissiereductie lager werd bij een langere periode tussen mesttoedienen en onderwerken. Deze resultaten zijn gebaseerd op vier meetcycli. In de gemeten emissies trad een grote variatie op.

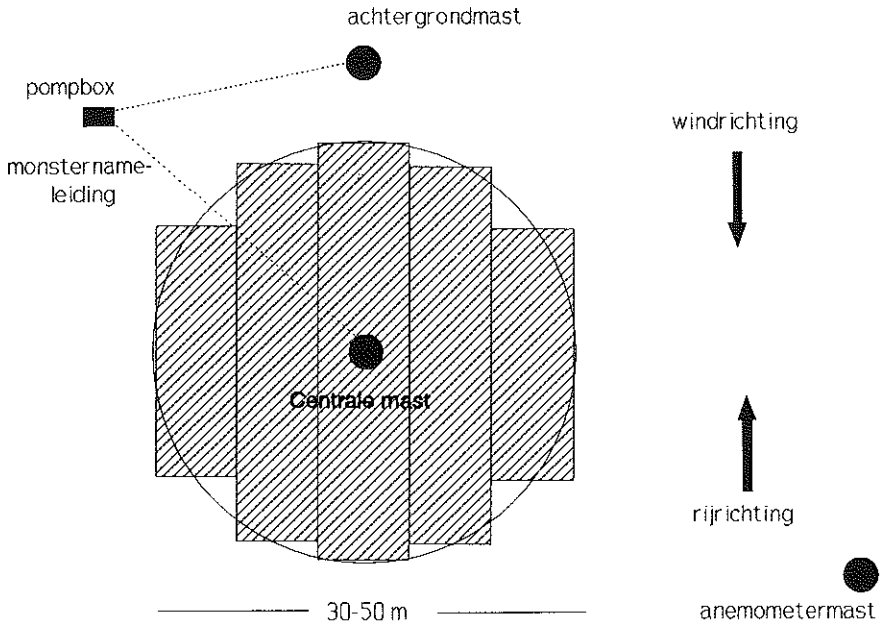
In 1990 is het bovengenoemde onderzoek voortgezet, waarbij de dunne varkensmest direct en na 3 uur werd ondergewerkt op klei- en zandgrond. De bovengronds verspreide mest werd ondergewerkt met een ploeg, een rotorkopeg en een vastetandcultivator. De emissies hierbij zijn steeds in één meetcyclus onderling vergeleken met de emissie uit bovengronds breedwerpig toegediende mest. De ammoniakemissie is bij het direct en bij het na 3 uur onderwerken in twee aparte meetcylcli gemeten. Dit heeft tot gevolg dat de resultaten moeilijk met elkaar kunnen worden vergeleken, omdat de meetomstandigheden (weer etc.) tussen de meetcycli kunnen verschillen.

In Hoofdstuk 2 worden de meetmethode, de opzet van de experimenten en de omstandigheden gedurende de experimenten beschreven en in Hoofdstuk 3 de resultaten. In Hoofdstuk 4 volgt een discussie. Tot slot worden in Hoofdstuk 5 de conclusies gegeven.

2 Materiaal en methode

2.1 Meetmethode

De ammoniakemissie van op het land toegediende mest werd met behulp van de micrometeorologische massabalansmethode bepaald. Bij deze methode wordt de hoeveelheid vervluchtigde ammoniumstikstof van een bemest veld berekend uit het verschil tussen de gemeten ammoniakconcentratie in de lucht bij de centrale mast en de benedenwindse mast (achtergrond-mast), vermenigvuldigd met de windsnelheid (Figuur 1). Een uitgebreide toelichting op de meetmethode wordt in Bijlage A gegeven. Voor een theoretische beschrijving wordt verwezen naar Denmead *et al.* (1977), Beauchamp *et al.* (1978), Denmead (1983) en Ryden en McNeill (1984).



Figuur 1 Schema van een proefveld voor de micrometeorologische massabalansmethode.
Figure 1 *Overview fieldplot micrometeorologic mass balance method.*

Met een 3,5 m hoge, aluminiummast met 7, logaritmisch over de hoogte verdeelde, monsternamepunten werd het concentratieprofiel in het midden van een bemest proefveld gemeten (centrale mast). Deze waarden gaven de concentraties in de lucht weer, die een afstand gelijk aan de straal van het veld (aanstroomlengte) hadden afgelegd. Met een mast met 4 monsternamepunten werd bovenwinds van het proefveld de achtergrondconcentratie in de aangevoerde lucht bepaald (achtergrondmast). Op de monsternamepunten waren gaswasflessen, gevuld met 0,02 M HNO_3 als absorptievloeistof en een impinger geplaatst. Met de impingers werd door middel van een pomp en aanzuigslangen gemiddeld 2,5 l/min lucht door de absorptievloeistof geleid. Het windsnelheidsprofiel werd gemeten met een mast met 6 anemometers, die logaritmisch over de hoogte waren verdeeld.

De bemeste proefvelden hadden een oppervlakte van circa 0,15 ha en waren bij benadering rond, zodat bij verschillende windrichtingen de aanstroomlengtes tot de centrale mast vrijwel gelijk waren. Een cirkelvormig veld werd verkregen door de mest in banen uit te rijden. De lengte en breedte van deze banen werden opgemeten. Met een weegbrug werd per proefveld de hoeveelheid toegediende mest bepaald. Uit deze gegevens kon de mestgift in m^3/ha worden berekend.

Uit voorgaand onderzoek was gebleken dat de emissie direct na het verspreiden van niet ondergewerkte dunne mest hoog is (Pain & Klarenbeek, 1988). Om het verloop van de emissie te meten, moeten de monsternameperiodes direct na het toedienen kort zijn. Hierna neemt de emissiesnelheid in het algemeen snel af, zodat op langere monsternameperiodes kan worden overgegaan. De volgende monsternameperioden na het moment van toediening werden in beginsel aangehouden:
1e dag: 0-1/2 uur, 1/2-11/2 uur, 11/2-3 uur, 3-6 uur, 6 uur-schemering, schemering-24 uur;
2e dag: 24-48 uur;
3e dag: 48-72 uur;
4e dag: 72-96 uur.

De monsternameperiodes konden variëren als gevolg van het tijdstip waarop een proef werd aangelegd of ten gevolge van proefomstandigheden. De proefvelden met de verschillende technieken werden zo snel mogelijk na elkaar bemest om verschillen in meetomstandigheden uit te sluiten.

Na de meetperiodes werd in het laboratorium met een ionchromatograaf (Waters, proteïn-pak kolom sp 5pw) de hoeveelheid ammoniumstikstof in de absorptievloeistof bepaald. De hoeveelheid vervluchtigde ammoniumstikstof werd als percentage van de hoeveelheid toegediende ammoniumstikstof uitgedrukt. De emissiereductie van de verschillende technieken werd berekend door deze procentuele emissie van de technieken te vergelijken met de procentuele emissie van de bovengronds breedwerpig toegediende mest.

Tijdens een experiment werden de volgende meteorologische parameters continu gemeten:
- windsnelheid op circa 0,2; 0,4; 0,9; 1,4; 2,4; 3,7 m;
- windrichting op circa 3,9 m;
- neerslag;
- luchttemperatuur op circa 1,5 m;
- relatieve luchtvochtigheid op circa 1,5 m.

2.2 Opzet experimenten

In 1990 werden in week 38 (start 18 september) de experimenten uitgevoerd, waarbij de dunne varkensmest direct werd ondergewerkt en in week 39 (start 25 september) die waarbij de mest 3 uur na uitrijden werd ondergewerkt.

De experimenten werden uitgevoerd op kleigrond in de omgeving van Havikerwaard en op zandgrond in de omgeving van Schaarsbergen. De dunne varkensmest werd verspreid

en ondergewerkt op een tarwestoppel met een gemiddelde hoogte van 10 cm op de kleigrond en 8 cm op de zandgrond. In elk van de experimenten werden vier proefvelden aangelegd. Eén van de velden was steeds het referentieveld waarop de mest op de traditionele manier - bovengronds, breedwerpig met een mengmestverspreider voorzien van een ketsplaat- werd verspreid en niet werd ondergewerkt. Op de andere velden werd de mest ondergewerkt met respectievelijk een cultivator (vastetand), een rotorkopeg en een ploeg. In week 39 was het op de zandgrond door stoppelresten op het land niet mogelijk goed te werken met de cultivator. Dit proefveld werd daarom ook met een ploeg ondergewerkt.

In week 38 werden de metingen gestart tussen 9 en 11 uur 's ochtends. De metingen werden op een aantal velden na circa 46 uur gestopt, omdat 's nachts meetmasten waren omgewaaid. De metingen op andere velden werden na circa 70 uur gestopt vanwege de regenachtige weersomstandigheden. In week 39 werd één monstername op de eerste dag overgeslagen, omdat de proeven pas in het begin van de middag (tussen 12.00 en 14.00 uur) werden aangelegd. De metingen werden de totale periode (92 uur) uitgevoerd. In Tabel 1 is de tijdsduur van de metingen bij de gebruikte machines en de experimenten gegeven.

Tabel 1 Technieken en tijdsduur (uren) van de metingen in week 38 en 39 op klei- en zandgrond.
Table 1 *Techniques and measuring time in week 38 and 39 on the clay and sandy soil.*

	Week 38, direct onderwerken		Week 39, na 3 uur onderwerken	
	klei	zand	klei	zand
referentie	71	47	92	91
cultivator	46	46	91	–
rotorkopeg	45	70	90	91
ploeg 1	70	70	92	92
ploeg 2	–	–	–	92

2.3 Mestsamenstelling en mestgift

De gebruikte varkensmest werd bij de experimenten aangevoerd van een vleesvarkensbedrijf. Per experiment werden 8 mestmonsters genomen, die werden geanalyseerd op het ammonium- en totaalstikstofgehalte, pH en drogestofgehalte. In Tabel 2 staan de gemiddelden van de analyses van deze mestmonsters. Uit de tabel volgt dat de mestsamenstelling tussen de experimenten weinig verschilde.

Tabel 2 Gemiddelde hoeveelheid totaalstikstof (N in g/kg) en ammoniumstikstof (NH_4-N in g/kg), pH en droge stof (ds in g/kg) van de varkensmest in de verschillende experimenten.
Table 2 *Characteristics (total N, NH_4-N, dry matter in g/kg and pH) of the pig slurry in the different experiments.*

		N	NH_4-N	pH	ds
week 38, direct onderwerken	kleigrond	8,3	5,3	7,8	82,0
	zandgrond	8,7	5,5	7,8	88,2
week 39, na 3 uur onderwerken	kleigrond	8,1	5,0	7,8	86,5
	zandgrond	8,0	4,9	7,7	97,1

In Tabel 3 staan de toegediende hoeveelheden mest op de proefvelden. De mestgiften waren op de kleigrond gemiddeld 23 m^3/ha en op zandgrond gemiddeld 19 m^3/ha.

Tabel 3 Toegediende hoeveelheden mest (m^3/ha) en ammonium (kg/ha) per proefveld.
Tabel 3 *Rates of application of the slurry (m^3/ha) and ammonium (kg/ha) per field plot.*

	Week 38, direct onderwerken				Week 39, na 3 uur onderwerken			
	kleigrond		zandgrond		kleigrond		zandgrond	
	mest	NH_4-N	mest	NH_4-N	mest	NH_4-N	mest	NH_4-N
referentie	22,0	116,7	17,9	98,5	22,6	113,0	20,4	100,6
cultivator	24,5	129,9	18,3	100,7	24,2	121,0	–	–
rotorkopeg	22,6	119,8	17,8	98,0	22,9	114,5	19,0	93,7
ploeg 1	22,9	121,4	19,2	105,7	19,7	98,5	19,0	93,7
ploeg 2	–	–	–	–	–	–	19,4	95,6

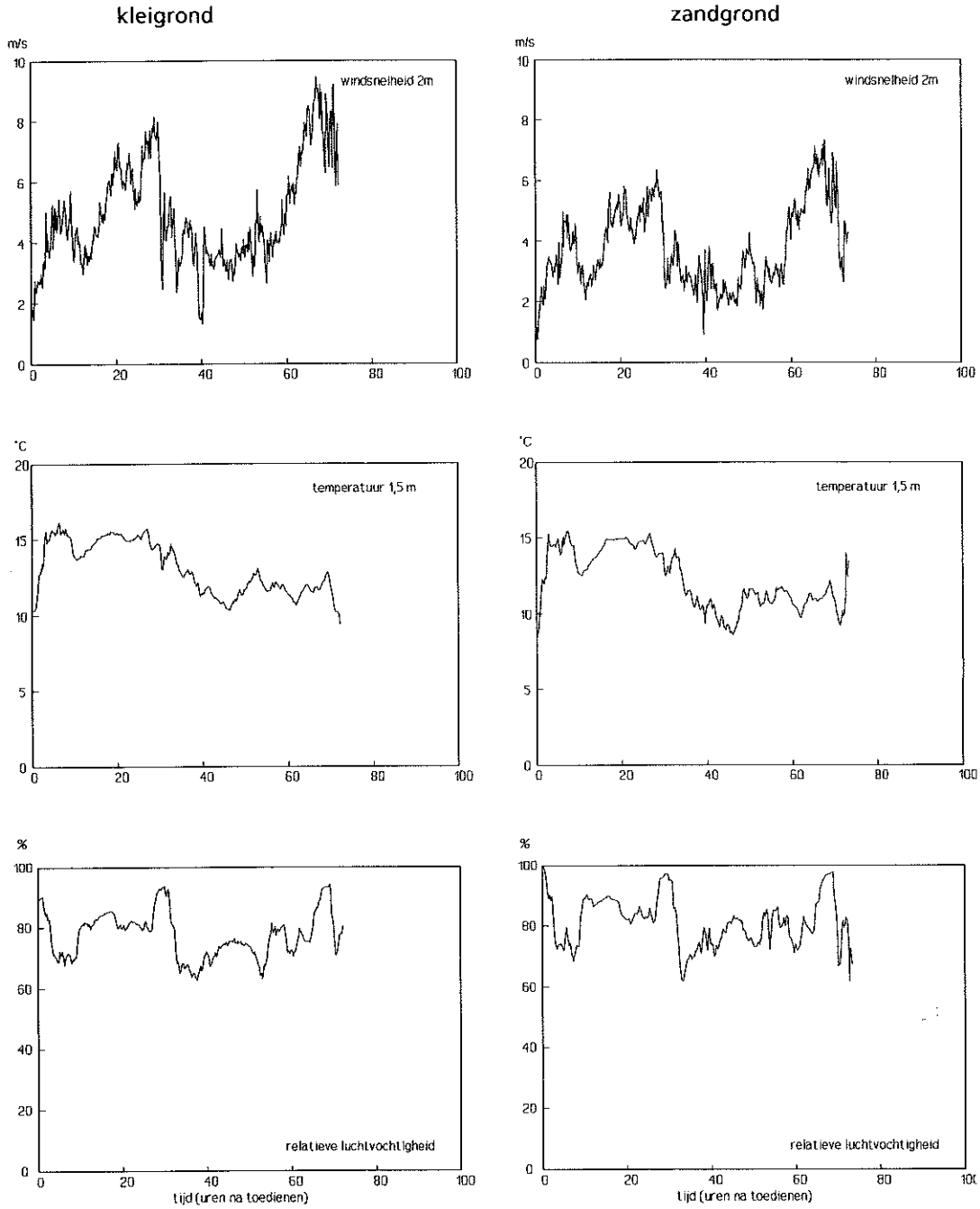
2.4 Weersomstandigheden

In Figuur 2 en 3 staan de weersomstandigheden (windsnelheid, temperatuur, relatieve luchtvochtigheid) per experiment gegeven.

Gedurende de eerste 3 uur na de mesttoediening was de gemiddelde temperatuur 11 tot 12 °C en gedurende de eerste 6 uur 13 tot 14 °C. De gemiddelde windsnelheid in deze perioden varieerde van circa 2 tot 3 m/s en de relatieve vochtigheid was 75 tot 90%. De gemiddelde weersomstandigheden gedurende de eerste drie uren na de mesttoediening verschilden weinig tussen week 38 en 39. De emissiemetingen in week 38 waren in de ochtend gestart. Uit figuur 2 blijkt dat de temperatuur en de windsnelheid toenamen na de start van het experiment. In week 39 startte de meting in het begin van de middag; een uur na de start nam de windsnelheid af om vervolgens na circa één uur weer toe te nemen.

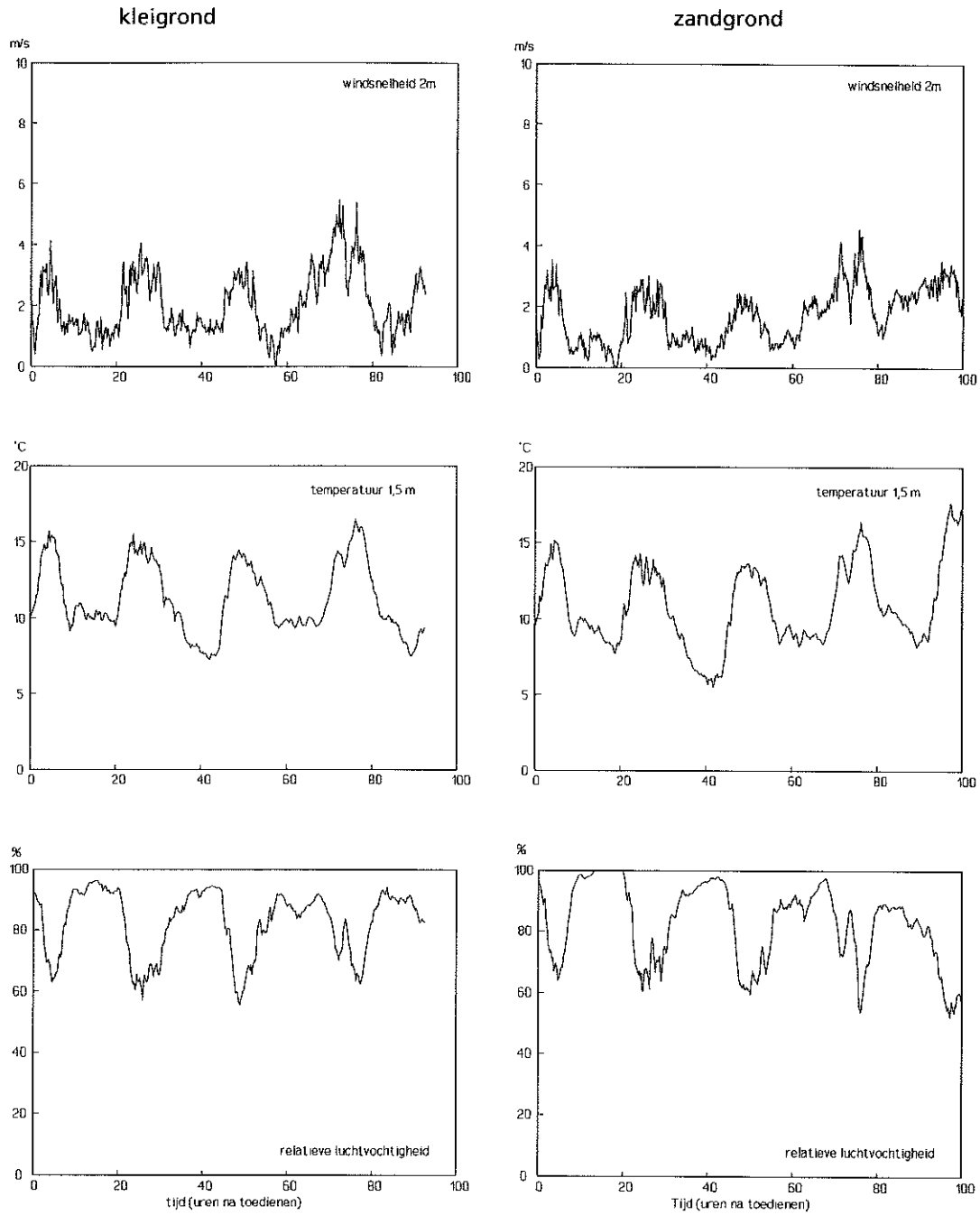
Gedurende de meetperiode in week 38 vertoonden de windsnelheid, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid in relatief weinig schommelingen: ook bleven ze gedurende de nacht op een relatief hoog niveau. In week 39 daarentegen was een duidelijk dag-nachtritme in de weersomstandigheden te zien; windsnelheid en temperatuur daalden sterk gedurende de nacht om vervolgens de volgende dag weer te stijgen.

Tijdens de experimenten viel in week 38 op de 2e dag tussen 12.00 en 16.00 uur op de kleigrond 5 mm regen en de op 3e dag tussen 4.00 en 7.00 uur 10 mm; op de zandgrond viel in deze perioden respectievelijk 8 en 9 mm regen. In week 39 regende het gedurende de experimenten niet.



Figuur 2 Windsnelheid (op 2 m hoogte), temperatuur (op 1,5 m hoogte) en relatieve luchtvochtigheid gedurende het experiment met direct onderwerken (week 38) op klei- en zandgrond.

Figure 2 *Windspeed (at 2 m height), temperature (at 1.5 m height) and relative humidity during the experiment with direct incorporation (week 38) on the clay and sandy soil.*

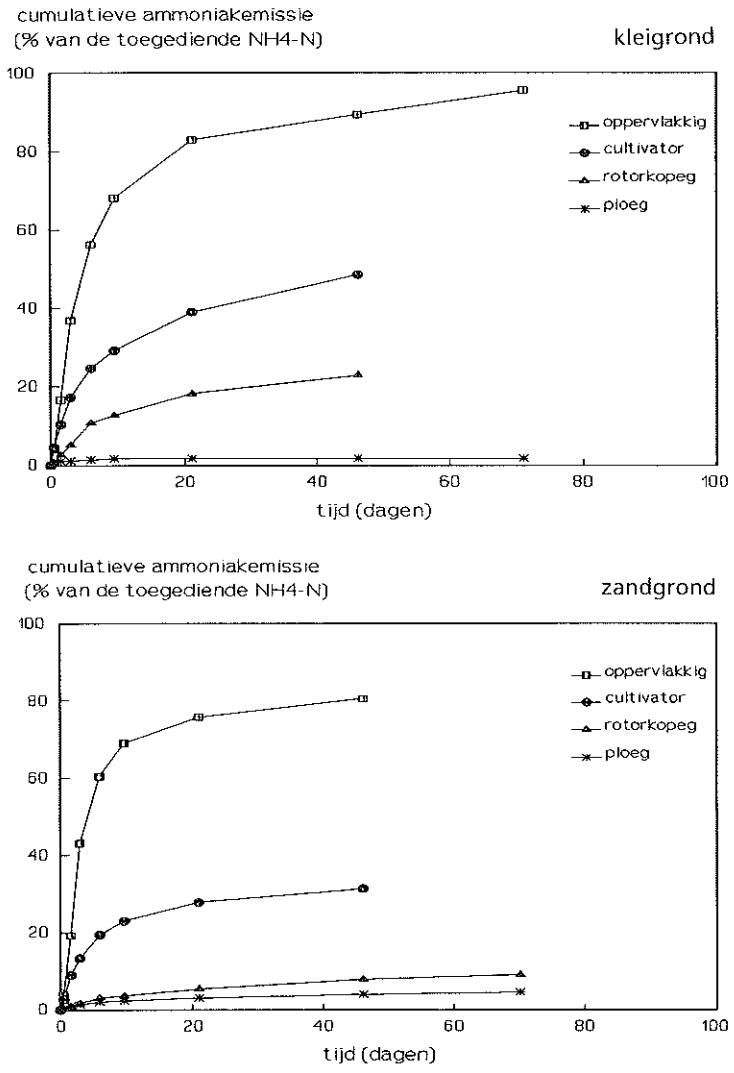


Figuur 3 Windsnelheid (op 2 m hoogte), temperatuur (op 1,5 m hoogte) en relatieve luchtvochtigheid gedurende het experiment met na 3 uur onderwerken (week 39) op klei- en zandgrond.

Figure 3 *Windspeed (at 2 m height), temperature (at 1.5 m height) and relative humidity during the experiment with incorporation after three hours (week 39) on the clay and sandy soil.*

3 Resultaten

In Bijlage B staat het emissieverloop van elk proefveld per meetcyclus. In Figuur 4 is het verloop van de cumulatieve emissie bij direct onderwerken met de verschillende technieken op de klei- en zandgrond weergegeven. In Tabel 4 staat de cumulatieve emissie voor de eerste 2 dagen (46 uur) na de mesttoediening als percentage van de met de mest toegediende ammoniumstikstof en de emissiereductie ten opzichte van bovengronds breedwerpig toegediende mest (referentie).



Figuur 4 Verloop van de cumulatieve ammoniakemissie na toediening van de mest en direct onderwerken op klei- en zandgrond.

Figure 4 *Ammonia losses following the application and direct incorporation of slurry on a clay and sandy soil.*

Tabel 4 Cumulatieve ammoniakemissie als percentage van de met de mest toegediende ammoniumstikstof voor de eerste 2 dagen na de mesttoediening bij direct onderwerken en de procentuele emissiereductie t.o.v. de referentie.

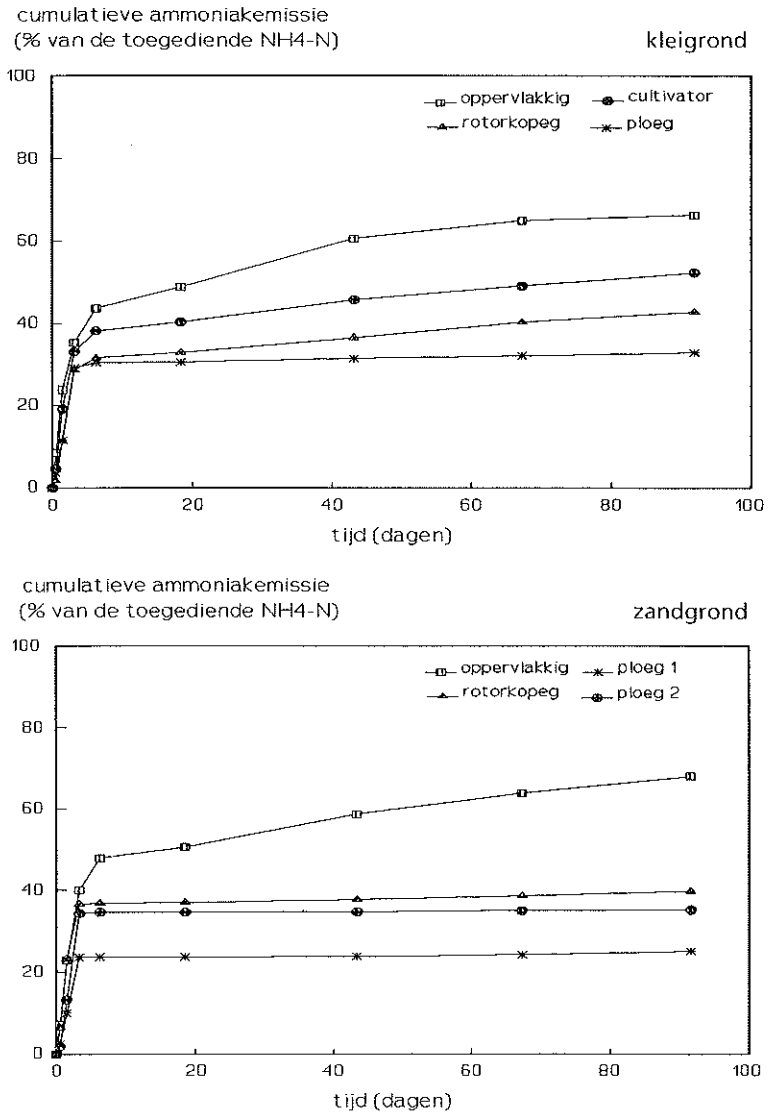
Table 4 *Cumulative ammonia losses following the application and direct incorporation of slurry the first 2 days after application and the reduction of the losses compared to broadcast surface-applied slurry.*

	Kleigrond		Zandgrond	
	emissie (% NH_4-N)	reductie (%)	emissie (% NH_4-N)	reductie (%)
referentie	89,3	–	80,4	–
cultivator	48,5	45	31,3	61
rotorkopeg	22,9	75	7,8	90
ploeg	1,7	98	4,0	95

Op kleigrond werden de metingen op het veld met de rotorkopeg en de cultivator na 46 uur (2 dagen) afgebroken en het referentieveld en het veld met de ploeg na 71 uur (3 dagen) gestopt. De emissie van het niet ondergewerkte veld (referentie) nam in de periode van 46 uur tot 70 uur na toedienen nog toe van 89,3 tot 95,4% van de toegediende ammoniumstikstofgift; in die zelfde periode trad op het geploegde veld geen extra emissie op.

Op de zandgrond werd de meting van de referentie en het veld met de cultivator na 47 uur (2 dagen) afgebroken en werd de meting op het veld met de ploeg en de rotorkopeg na 70 uur (3 dagen) gestopt. In de periode van 46 uur tot 70 uur na toedienen nam op de zandgrond de emissie van het veld met de rotorkopeg nog toe van 7,8 tot 9,1% van de toegediende ammoniumstikstofgift; op het geploegde veld trad in die zelfde periode bijna geen extra emissie op (stijging van 4,0 tot 4,6%).

Direct onderwerken met een ploeg gaf de beste resultaten om de emissie te reduceren; de emissie werd met 95% gereduceerd. Direct onderwerken met een rotorkopeg resulteerde in een emissiereductie van 75% op kleigrond en 90% op zandgrond. De cultivator resulteerde bij direct onderwerken in een emissiereductie van 45% op kleigrond en 61% op zandgrond. De verschillen tussen de technieken waren op kleigrond groter dan op zandgrond. In Figuur 5 is het verloop van de cumulatieve emissie de verschillende technieken weergegeven bij na 3 uur onderwerken van de mest op klei- en zandgrond. In Tabel 5 staat de cumulatieve ammoniakemissie voor de eerste 4 dagen na de mesttoediening als percentage van de met de mest toegediende ammoniumstikstof en de emissiereductie ten opzichte van bovengronds breedwerpig toegediende mest (referentie).



Figuur 5 Verloop van de cumulatieve ammoniakemissie na toediening van mest en na 3 uur onderwerken op klei- en zandgrond.

Figure 5 *Ammonia losses following the application and incorporation of slurry after three hours on a clay and sandy soil.*

Tabel 5 Cumulatieve ammoniakemissie als percentage van de met de mest toegediende ammoniumstikstof bij na 3 uur onderwerken en de procentuele emissiereductie t.o.v. de referentie.

Table 5 *Cumulative ammonia losses following the application and incorporation of slurry three hours after the application and the reduction of the losses compared to broadcast surface-applied slurry.*

	Kleigrond		Zandgrond	
	emissie (% NH4-N)	reductie (%)	emissie (% NH4-N)	reductie (%)
referentie	66,3	–	68,0	–
cultivator	52,3	21	–	–
rotorkopeg	42,8	35	39,8	41
ploeg 1	32,9	50	25,1	63
ploeg 2	–	–	35,2	48

De totale ammoniakemissie van de referentievelden varieerde van 66 tot 68% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Gedurende de eerste 3 uur na de mesttoediening emitteerde in week 39 uit de bovengronds liggende mest op alle proefvelden op de kleigrond gemiddeld 32% (29,1 - 35,2%) van de ammoniumstikstofgift. Op de zandgrond was de gemiddelde emissie op de velden met de referentie, de rotorkopeg en de ploeg 2 gedurende de tijd dat de mest nog niet was ondergewerkt 37% (34,3 - 39,9%); van het proefveld voor het onderploegen met ploeg 1 emitteerde in deze aanvangsperiode een duidelijk kleinere hoeveelheid, namelijk 23,6%. Onderploegen na 3 uur gaf een totale emissiereductie van 50% op kleigrond. Op zandgrond resulteerde het onderploegen in een emissiereductie van 63% (ploeg 1) en 48% (ploeg 2); de emissie van ammoniak stopte bijna geheel na het onderwerken. De lagere aanvangsemissie op het veld met ploeg 1 resulteerde uiteindelijk in een lagere totale emissie en dus een hogere emissiereductie dan het veld met ploeg 2. Het onderwerken met een rotorkopeg resulteerde in emissiereducties van 35% op kleigrond en 41% op zandgrond. Onderwerken met een cultivator op kleigrond gaf een emissiereductie van 21%. De emissiereducties door onderwerken waren lager bij na 3 uur onderwerken dan bij direct onderwerken.

4 Discussie

Mulder en Huijsmans (1994) vonden bij 21 experimenten, waarin varkensmest op bouwland werd toegediend, een gemiddelde emissie van 71% (37-100%) van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De hoogte van de emissie is afhankelijk van omgevingsfactoren en bedrijfstechnische factoren. De bedrijfstechnische factoren, zoals machine en mestgift waren in het huidige onderzoek gelijk; spreiding in de emissies zal dan vooral worden veroorzaakt door omgevingsfactoren, zoals weersinvloeden, bodemconditie en stoppelhoogte. Hierbij werken een sterke wind, hoge temperatuur en een hoge globale straling emissieverhogend, terwijl regen emissieverlagend kan werken. De hoogte van de emissie wordt dus bepaald door een combinatie van elkaar mee- en tegenwerkende emissiefactoren.

Gedurende de experimenten in het huidige onderzoek vervluchtigde van de referentievelden 80-90% (week 38, eerste 2 dagen na toediening) en 67% (week 39) van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De weersomstandigheden in week 38 en 39 waren nauwelijks verschillend gedurende de eerste uren na de mesttoediening, zoals uit Figuur 2 en 3 blijkt. Tot 3 uur na de mesttoediening waren de emissie van de referentievelden in week 38 en 39 (35-45%) vergelijkbaar. Voor week 38 is dit de periode van 9-12 uur 's ochtends en in week 39 12-15 uur in de middag. In de periode van 3-6 uur na toedienen was de emissie in week 38 hoger dan in week 39 (week 38 + 15-20% t.o.v. week 39 + 8%). In deze periode namen de windsnelheid en de temperatuur in week 38 nog toe, terwijl deze in week 39 reeds afnamen. In de gehele periode van 6 tot 47 uur na toedienen was de emissie in week 38 hoger dan in week 39 (week 38 + 20-30% t.o.v. week 39 + 11-17%). De hogere totale emissie in week 38 is mogelijk te verklaren, doordat de windsnelheid en de temperatuur relatief weinig schommelingen vertoonden en ook gedurende de nacht op een relatief hoog niveau bleven. In week 39 daarentegen is duidelijk het dag-nachtritme in de weersomstandigheden te zien; windsnelheid en temperatuur daalden sterk gedurende de nacht om vervolgens de volgende dag weer te stijgen.

De regen in week 38 resulteerde niet in lagere emissies van de referentievelden dan in week 39, waarin het niet regende. Beregening direct tijdens, of na de toediening kan de emissie verlagen (Mulder en Huijsmans, 1994). In week 38 viel de eerste regen circa 24 uur na de mesttoediening. In deze periode was reeds 78 - 83% van de toegediende ammonium vervluchtigd, zodat de regen weinig meer kon bijdragen aan de vermindering van de emissie.

De emissiereducties door direct onderwerken met verschillende werktuigen komen goed overeen met de resultaten van onderzoeken van Bruins en Huijsmans (1989) en Mulder en Huijsmans (1994). Verschillen in absolute emissies kunnen veroorzaakt zijn door de bodemcondities, de eventuele aanwezigheid van een stoppel en de hoogte van de mestgift. In het algemeen was in deze onderzoeken de emissiereductie hoger bij een intensievere menging van mest en grond of bij een volledige bedekking van de mest met grond. Met de ploeg werd de mest volledig afgedekt en werd een even hoge emissiereductie (meer dan 90%) bereikt als met mestinjectie. Afhankelijk van de intensiteit van mengen

werden met andere werktuigen emissiereducties variërend van 37-96% bereikt. Bij het na 3 uur onderwerken van de mest vonden Bruins en Huijsmans (1989) op kleigrond emissiereducties van 68-78% voor een ploeg, 55-58% voor een rotorkopeg en 33-37% voor een cultivator. Deze verschillen tussen de onderwerkwerktuigen komen goed overeen met de gevonden reducties in dit onderzoek (Tabel 5).

Uit Figuur 4 en 5 blijkt dat het emissieverloop van de technieken vrijwel gelijk was gedurende de verschillende experimenten, behalve bij ploeg 1 op de zandgrond bij na 3 uur onderwerken. Van de niet ondergewerkte velden (referenties) emitteerde 40 tot 60% van de cumulatieve emissie gedurende de eerste 3 uur na de mesttoediening. Onderwerken na de periode van 3 uur kan de emissie in principe dus maximaal met respectievelijk 60 en 40% reduceren. Dit is in goede overeenstemming met de resultaten uit het onderhavige onderzoek (Tabel 5).

De gevonden emissiereducties door onderwerken waren op zandgrond hoger dan op kleigrond. De bewerkingen op zandgrond resulteren in een intensievere en/of volledigere menging of bedekking van de mest. De enigszins lagere mestgiften op de zandgrond zullen hierbij een ondergeschikte rol hebben betekend.

Bij het onderwerken in een tweede werkgang na de mesttoediening is er altijd een periode tussen het tijdstip van toedienen en het tijdstip van onderwerken. De periode tussen toedienen en onderwerken in een tweede werkgang is afhankelijk van verschillende factoren, zoals:
- capaciteit van de verspreider (werksnelheid, werkbreedte, tankgrootte) en de mestgift;
- capaciteit van het werktuig voor het onderwerken (werksnelheid en werkbreedte);
- afstand tot de mestopslag (op het bedrijf of een tussenopslag bij het perceel);
- perceelsgrootte;
- werkmethode: toedienen en onderwerken gelijktijdig of na elkaar, door één of meer personen. Bij een eenmanssysteem wordt er afwisselend mest toegediend en ondergewerkt; bij een meermanssysteem kan het tegelijkertijd gebeuren.

In de experimenten is deze periode geminimaliseerd (direct onderwerken) of op een bepaald tijdstip na toedienen vastgesteld om het effect van de onderwerkmethode (grondbewerking) goed te kunnen onderzoeken. In werkelijkheid zal er steeds een variërende periode zijn tussen het moment van toedienen en het moment van onderwerken. Gedurende die periode zal een belangrijk deel van de emissie uit de nog niet ondergewerkte mest plaatsvinden (40 tot 60% van de totale emissie gedurende de eerste 3 uur na mesttoedienen). Uit de emissiemetingen volgt dat onderwerken met een ploeg een veel hogere emissiereductie geeft dan met een cultivator. In werkelijkheid zal de uiteindelijke emissiereductie met een ploeg mogelijk lager zijn dan met een cultivator, omdat de onderwerkcapaciteit (werkbreedte en snelheid) lager is; de toegediende mest zal langer bovengronds liggen, alvorens te worden ondergewerkt.

De periode tussen toedienen en onderwerken is naast de capaciteit (werkbreedte en snelheid) van de werktuigen ook afhankelijk van de mestgift en de werkorganisatie. Analytische berekeningen van de relatie tussen deze factoren en de emissieresultaten uit veldexperimenten zullen meer inzicht kunnen geven in de uiteindelijke emissiereductie bij verschillende onderwerkmethoden en werkorganisaties.

5 Conclusies

De emissie van de niet ondergewerkte mest (referentie) varieerde in de eerste meetcyclus van 80 - 90% van de met de mest toegediende ammonium; in de tweede meetcyclus was de ammoniakemissie van de referentievelden circa 67% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof.

Door direct onderwerken met een ploeg werd de emissie met meer dan 90% gereduceerd. Direct onderwerken met een rotorkopeg resulteerde in een emissiereductie van 75% op kleigrond en 90% op zandgrond. Met de cultivator werd bij direct onderwerken een emissiereductie van 45% bereikt op kleigrond en 61% op zandgrond. De verschillen tussen de technieken waren op de kleigrond groter dan op de zandgrond.

Onderploegen na 3 uur gaf een totale emissiereductie van 50% op kleigrond. Op zandgrond resulteerde het onderploegen in een emissiereductie van 48 en 63%; de emissie van de ammoniak stopte bijna geheel na het onderploegen. Het na 3 uur onderwerken met een rotorkopeg resulteerde in een reductie van 35% op kleigrond en 41% op zandgrond; met een cultivator resulteerde het op kleigrond in een reductie van 21%. De emissiereducties door onderwerken waren bij na 3 uur onderwerken lager dan bij direct onderwerken.

Summary

When applying slurry to arable land by surface spreading volatilization of ammonia takes place. Ammonia volatilization starts directly after the spreading and is higher in the first hours. Reduction of ammonia volatilization can be achieved by incorporating of the slurry into the soil. The reduction depends on the method of incorporation and the time between surface-spreading and incorporation. Incorporation of surface applied slurry has a larger effect if the time between spreading and incorporation is shorter.

In this research the ammonia volatilization was measured when incorporating surface-spread pig slurry immediately following the spreading and 3 hours later on clay and sand soils. Slurry was applied to a wheat stubble and incorporated by a plough, a rotary harrow and a cultivator with tines, respectively. The ammonia volatilization after incorporation with these techniques was compared to a reference plot where the surface-spread slurry had not been incorparated. In two separate experiments the measurements were carried out when incorporating immediately or after 3 hours. Ammonia volatilization was measured by using the micro-meteorological mass balance method.

In the experiments 67-90% of the ammonia applied volatilized from the reference plot. Direct incorporation by ploughing resulted in a reduction of the ammonia volatilization by more than 90% on both soil types compared to the reference. The rotary harrow reduced the ammonia volatilization by 75% on the clay soil and by 90% on the sand soil; the cultivator dit so by 45% and 61%, respectively. Differences between techniques were larger on the clay soil than on the sand soil.

Incorporation by a plough 3 hours after the slurry spreading reduced the ammonia volatilization by 50% on the clay soil and by 48 to 63% on the sand soil; ploughing almost completely stopped the volatilization process. The rotary harrow reduced the ammonia volatilization by 35% on the clay soil and by 41% on the sand soil. Incorporation after 3 hours with a cultivator reduced the ammonia volatilization by 21% on the clay soil. Reduction of the ammonia volatilization was lower when incorporation was carried out 3 hours after spreading compared to immediate incorporation.

Literatuur

Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en 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

Bruins, M.A. en J.F.M. Huijsmans, 1989. De reductie van de ammoniakemissie uit varkensmest na toediening op bouwland. Wageningen, IMAG-rapport 225, 27 pp

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, 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., p.1-29

Mulder, E.M. en J.F.M. Huijsmans, 1994. Beperking ammoniakemissie bij mesttoediening. Overzicht metingen DLO-veldmeetploeg 1990-1993 (samenvatting van 63 meetrapporten). Wageningen, 71 pp

Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase. Tweede kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19882, nr 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravenhage, 55 pp

Pain, B.F. en J.V. Klarenbeek, 1988. Anglo-Dutch experiments on odour and ammonia emissions from landspreading livestock wastes. Wageningen, IMAG-research report 88-2, 36 pp

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

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:

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

waarin: F = flux [g $m^{-2}s^{-1}$];
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).c(z) = de in de tijd gemiddelde horizontale flux veroorzaakt door horizontale convectie op hoogte z van de centrale mast [g $m^{-2}s^{-1}$];
u'(z).c'(z) = de turbulente flux veroorzaakt door horizontale diffusie loodrecht op de windrichting [g $m^{-2}s^{-1}$].

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:

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

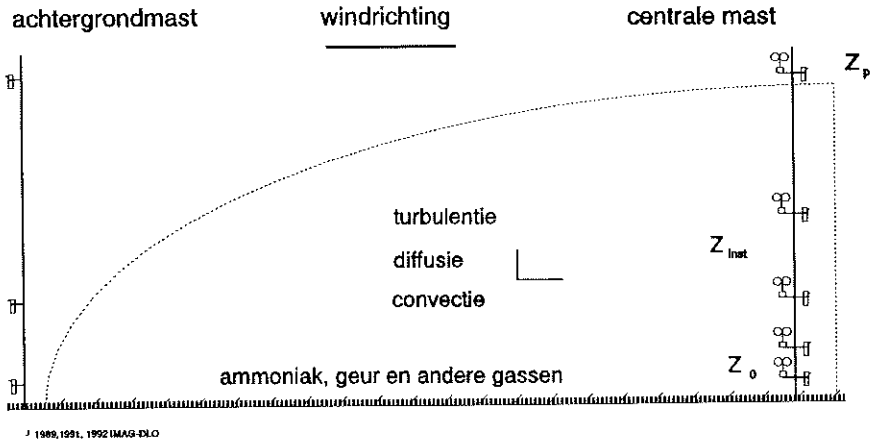
Bij aanwezigheid van ammoniak in de achtergrondlucht moeten zowel boven- als benedenwinds de profielen van de ammoniakconcentratie worden vastgesteld (Figuur 3b). Met deze profielen kan vervolgens het profiel van de horizontale flux worden berekend (zie Figuur 3c). De geïntegreerde horizontale flux over de hoogte levert voor beide meetposities de flux door een vertikcal vlak van eenheidsbreedte. De nettoflux 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:

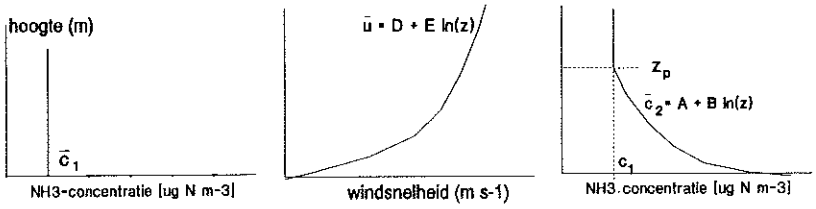
$$F_N = \frac{1}{x} \left(\int_{z_o}^{z_p} (\bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z)\, dz - \int_{z_o}^{z_p} (\bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z)\, dz \right) \qquad (3)$$

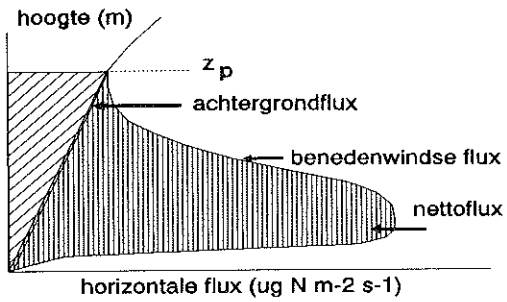
waarin: F_N = nettoflux [g $m^{-2}s^{-1}$];

$c_1(z)$ = de gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}];

$c_2(z)$ = de gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}].







Figuur 1 Schematisch overzicht van de stappen in de bepaling van ammoniakemissie gebruikmakend van de micrometeorologische massabalansmethode; (a) veldopstelling in relatie tot windsnelheid, (b) vormen van de profielen van ammoniakconcentratie en windsnelheid en (c) profielen van de horizontale flux boven- en benedenwinds van het veld (naar Ryden en McNeill, 1984).

Figure 1 *Determination steps of ammonia volatilization, measured by the micrometeorological mass balance method; (a) field plot set up in relation to windspeed, (b) profiles of ammonium concentration and windspeed and (c) profiles of the horizontal flux to windward and leeward side of the plot (Ryden and 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 m hoge mast in het midden van het veld te plaatsen (centrale mast). De centrale mast bevat 7 monsternamepunten, die in hoogte logaritmisch over de mast zijn verdeeld. Een monsternamepunt bestaat uit een wasflesje gevuld met met 0,02 M HNO3 als absorptievloeistof en een impinger. Een impinger maakt het mogelijk door middel van een pomp en aanzuigslangen lucht door de vloeistof te leiden. Het ammoniumgehalte in de absorptievloeistof is met behulp van een ionchromatograaf bepaald. De luchtsnelheid door de absorptievloeistof wordt ingesteld op 2,5 l min^{-1}. De flow wordt per meetperiode 2 keer nagemeten.

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

lengte periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies	
	(kg/ha.dag)	(kg/ha)	% t.o.v. NH_4-N
Bovengronds oppervlakkig (referentie)			
0 - 1 uur	233,67	4,87	4,2
1 - 2 uur	352,83	19,32	16,6
2 - 3 uur	382,28	42,95	36,8
3 - 6 uur	182,04	65,58	56,2
6 - 10 uur	78,11	79,52	68,1
10 - 22 uur	15,16	96,62	82,8
22 - 47 uur	7,27	104,25	89,3
47 - 71 uur	7,07	111,32	95,4
Cultivator			
0 - 1 uur	299,90	6,04	4,6
1 - 2 uur	183,07	13,54	10,4
2 - 3 uur	137,36	22,41	17,3
3 - 6 uur	77,75	32,08	24,7
6 - 9 uur	45,19	37,95	29,2
9 - 21 uur	26,11	50,69	39,0
21 - 46 uur	11,77	62,94	48,5
Rotorkopeg			
0 - 1 uur	50,25	1,05	0,9
1 - 2 uur	54,75	3,25	2,7
2 - 3 uur	46,70	6,24	5,2
3 - 6 uur	55,82	12,90	10,8
6 - 9 uur	19,44	15,12	12,6
9 - 20 uur	13,78	21,69	18,1
20 - 45 uur	5,53	27,45	22,9
Ploeg			
0 - 1 uur	55,19	1,15	0,9
1 - 2 uur	4,04	1,31	1,1
2 - 3 uur	2,39	1,45	1,2
3 - 6 uur	2,01	1,71	1,4
6 - 10 uur	2,55	2,08	1,7
10 - 21 uur	0,03	2,09	1,7
21 - 46 uur	0,00	2,10	1,7
46 - 70 uur	–1,22	2,10	1,7

Bijlage B week 38 zandgrond

lengte periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies	
	(kg/ha.dag)	(kg/ha)	% t.o.v. NH4-N
Bovengronds oppervlakkig (referentie)			
0 - 1 uur	181,35	3,78	3,8
1 - 2 uur	343,09	19,03	19,3
2 - 3 uur	394,71	42,33	43,0
3 - 6 uur	136,42	59,47	60,4
6 - 11 uur	44,86	67,82	68,9
11 - 22 uur	14,52	74,59	75,7
22 - 47 uur	4,42	79,22	80,4
Cultivator			
0 - 1 uur	129,36	2,69	2,7
1 - 2 uur	148,63	9,09	9,0
2 - 3 uur	76,07	13,53	13,4
3 - 6 uur	49,66	19,67	19,5
6 - 9 uur	26,79	23,13	23,0
9 - 20 uur	10,21	27,94	27,7
20 - 46 uur	3,43	31,54	31,3
Rotorkopeg			
0 - 1 uur	16,36	0,35	0,4
1 - 2 uur	10,68	0,83	0,8
2 - 3 uur	14,01	1,64	1,7
3 - 6 uur	11,11	3,03	3,1
6 - 9 uur	3,35	3,50	3,6
9 - 21 uur	3,82	5,30	5,4
21 - 46 uur	2,19	7,62	7,8
46 - 70 uur	1,29	8,91	9,1
Ploeg			
0 - 1 uur	23,04	0,48	0,5
1 - 2 uur	15,09	1,13	1,1
2 - 3 uur	5,14	1,44	1,4
3 - 6 uur	6,03	2,19	2,1
6 - 10 uur	2,56	2,56	2,4
10 - 21 uur	1,33	3,19	3,0
21 - 46 uur	1,03	4,27	4,0
46 - 70 uur	0,60	4,87	4,6

lengte periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies	
	(kg/ha.dag)	(kg/ha)	% t.o.v. NH4-N
Bovengronds oppervlakkig (referentie)			
0 - 1 uur	475,95	9,59	8,5
1 - 2 uur	410,43	26,97	23,9
2 - 3 uur	216,99	39,78	35,2
3 - 5 uur	96,31	49,41	43,7
5 - 17 uur	10,74	54,71	48,4
17 - 42 uur	13,27	68,49	60,6
42 - 66 uur	4,83	73,31	64,9
66 - 90 uur	1,64	74,97	66,3
Cultivator			
0 - 1 uur	277,93	5,60	4,6
1 - 2 uur	366,86	23,18	19,2
2 - 3 uur	292,20	40,02	33,1
3 - 6 uur	54,06	46,25	38,2
6 - 18 uur	5,06	48,80	40,3
18 - 43 uur	6,27	55,30	45,7
43 - 67 uur	4,04	59,35	49,1
67 - 91 uur	3,92	63,30	52,3
Rotorkopeg			
0 - 1 uur	97,22	2,03	1,8
1 - 2 uur	262,21	12,95	11,3
2 - 3 uur	295,17	32,83	28,7
3 - 6 uur	26,30	36,21	31,6
6 - 18 uur	2,83	37,64	32,9
18 - 43 uur	3,99	41,77	36,5
43 - 67 uur	4,37	46,15	40,3
67 - 92 uur	2,76	48,97	42,8
Ploeg			
0 - 1 uur	191,89	3,73	3,8
1 - 2 uur	182,05	11,32	11,5
2 - 3 uur	247,51	28,68	29,1
3 - 7 uur	8,90	29,96	30,4
7 - 19 uur	0,25	30,08	30,5
19 - 44 uur	0,81	30,92	31,4
44 - 68 uur	0,66	31,58	32,1
68 - 92 uur	0,82	32,42	32,9

Bijlage B week 39 zandgrond

lengte periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies	
	(kg/ha.dag)	(kg/ha)	% t.o.v. NH4-N
Bovengronds oppervlakkig (referentie)			
0 - 1 uur	341,60	7,12	7,1
1 - 2 uur	381,30	23,00	22,9
2 - 3 uur	267,45	40,09	39,9
3 - 6 uur	70.,84	8,12	47,8
6 - 18 uur	5.,15	0,93	50,6
18 - 43 uur	7,81	59,04	58,7
43 - 67 uur	5,14	64,17	63,8
67 - 91 uur	4,19	68,41	68,0
Rotorkopeg			
0 - 1 uur	291,10	6,06	6,5
1 - 2 uur	381,57	21,96	23,4
2 - 3 uur	186,69	34,28	36,6
3 - 6 uur	2,09	34,53	36,8
6 - 18 uur	0,22	34,64	37,0
18 - 43 uur	0,69	35,36	37,7
43 - 67 uur	0,80	36,15	38,6
67 - 91 uur	1,10	37,27	39,8
Ploeg 1			
0 - 1 uur	112,80	2,35	2,5
1 - 2 uur	166,16	9,39	10,0
2 - 3 uur	172,53	22,09	23,6
3 - 7 uur	0,81	22,20	23,7
7 - 19 uur	0,02	22,21	23,7
19 - 44 uur	0,06	22,28	23,8
44 - 68 uur	0,39	22,66	24,2
68 - 92 uur	0,89	23,55	25,1
Ploeg 2			
0 - 1 uur	88,65	1,85	1,9
1 - 2 uur	261,51	12,74	13,3
2 - 4 uur	220,09	32,76	34,3
4 - 7 uur	2,41	33,04	34,6
7 - 19 uur	0,11	33,09	34,6
19 - 43 uur	0,05	33,15	34,7
44 - 68 uur	0,34	33,49	35,0
68 - 92 uur	0,13	33,62	35,2

Rapportenoverzicht 1995

95-1 Out, P.G. en J.J.G. Breuer, 1995 – Effect van gecoat glas op de lichttransmissie en het energieverbruik van tuinbouwkassen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 103 pp. *f* 45,00

95-2 W. Kroodsma, W., Ogink, N.W.M., R. Bleijenberg, R. en M.A. Bruins, 1995 – Mestdroging in een leghennenstal met mestbandbatterijen: energieverbruik, drogestofgehalte van de mest en ammoniakemissie
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 29 pp. *f* 35,00

95-3 Feenstra, F., Gigler, J.K., Mol, R.M.de en A.H. Bosma, 1995 – Logistiek bij de inzameling van biomassa.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 44 pp. *f* 40,00

95-4 Energie-effecten bij inzet WKK in eiland- en parallelbedrijf in kassen, 1995 – Huijs, J.P.G. en H.F. de Zwart.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 46 pp. *f* 40,00

95-6 Breemhaar, H.G. en A. Bouman, 1995 – Oogsten en schonen van voor de akkerbouw nieuwe, oliehoudende gewassen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 28 pp. *f* 35,00

95-7 Telle, M.G. en P. Knies, 1995 – Verschillen in elektriciteitsverbruik op Friese melkveebedrijven.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 33 pp. *f* 30,00

95-8 Derikx, P.J.L., Aarnink, A.J.A., Hoeksma, P. en H.C. Willers, 1995 – Vermindering van ammoniakemissie uit mest door een vloeibare afdeklaag = Reduction of ammonia emission from animal slurries by a liquid top layer.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 55 pp. *f* 45,00

95-12 Hoeksma, P., Ogink, N.W.M., Derikx, P.J.L. en G.W.M. Willems, 1995 – Bemonstering van drijfmest in transportwagens.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 35 pp. *f* 35,00

95-15 Zande, J.C. van, H.J. Holterman en J.F.M. Huijsmans, 1995 – Driftbeperking bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 40 pp. *f* 30,00

95-16 Hoeksma, P., T.K Vijn, P.J.L. Derikx en H.C. Willers, 1995 – Invloed van aanzuren op het gehalte aan vluchtige vetzuren in verse vleesvarkensmengmest
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 32 pp. *f* 30,00

95-17 Kroodsma, W., Huis in 't Veld, J.W.H. en N.W.M. Ogink, 1995 – Ammoniakemissie uit een ligboxenstal voor melkvee: emissieniveau en temperatuurseffect.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 28 pp. *f* 30,00

95-18 Hoeksma, P., Ogink, N.W.M., Derikx, P.J.L en G. Groot Roessink, 1995 – Bemonstering van varkens- en rundveedrijfmest in silo's.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 34 pp. *f* 30,00

95-19 Porskamp, H.A.J., Michielsen, M.G.P., Huijsmans, J.F.M. en J.C. van de Zande, 1995 – Emissiebeperkende spuittechnieken voor de akkerbouw: de invloed van luchtondersteuning, dopkeuze en teeltvrije zone op de emissie buiten het perceel.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 44 pp. *f* 30,00

De rapporten kunt u schriftelijk bestellen door overmaking van het genoemde bedrag op Postbanknummer 3514771 ten name van IMAG-DLO te Wageningen, onder vermelding van het rapportnummer.

Reports must be ordered by transferring the appropriate amount (in Dutch Guilders) to the IMAG-DLO account, no. 3514771, at the Postbank, Wageningen, quoting the relevant report number(s)