



Proefstation voor de
Rundveehouderij,
Schapenhouderij en
Paardenhouderij

Waiboer-
hoeve

ROC's

Regionale
Onderzoek
Centra

Rapport nr. 156

Aanzuren rundermest in stal en silo

A. J. H. van Lent
R. L. M. Schils
Tj. Boxem
J. Zonderland
M. C. Verboon

ARCHIEF
Voorlichting

Maart 1995

Colofon

Uitgever:

Proefstation voor de Rundveehouderij,
Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR),
Runderweg 6, 8219 PK Lelystad
Telefoon 03200-93211
Fax 03200-41584

Redactie:

Afdeling Voorlichting
van het PR.

Drukker:

Drukkerij de Boer
Lelystad

Niets uit dit rapport mag zonder overleg
met het Proefstation worden overgenomen

ISSN 0169-3689
Eerste druk 1995/oplage 350

De onderzoekcentra



Dit rapport is uitsluitend verkrijgbaar
door storting van f 25,- op Postbank
nr. 2307421 van het Proefstation PR,
Runderweg 6, 8219 PK Lelystad met
vermelding: Rapport nr. 156.

Referaat

Aanzuren van rundermest in stal en silo (PR-rapport 156)/
A. J. H. van Lent, R. L. M. Schils, Tj. Boxem,
J. Zonderland en M. C. Verboon - Lelystad, 1995.
Onderzoek naar het aanzuren van rundermest met
betrekking tot de technologie, de emissies van de mest, de
N-huishouding, N- en P- werking, graslandopbrengst,
melkproductie, toepassingsmogelijkheden en
economische effecten.

Trefwoorden: aanzuren, rundermest, salpeterzuur,
ammoniakemissie, stikstofwerking, stikstofhuishouding,
melkproductie.

Proefstation voor de
Rundveehouderij,
Schapenhouderij en
Paardenhouderij (PR),
Lelystad

Waiboer-
hoeve

Regionale
Onderzoek
Centra

AANZUREN RUNDERMEST IN STAL EN SILO

(Acidification of cattle slurry in the stable and silo)

A.J.H. van Lent
R.L.M. Schils
Tj. Boxem
J. Zonderland
M.C. Verboon

VOORWOORD

Om de ammoniakemissie van de rundveehouderij te verminderen zijn verschillende mogelijkheden ontwikkeld. Mede door het onderzoek bij het PR is dat in de eerste plaats het emissie-arm toedienen van mengmest. Ook het afdekken van opgeslagen mest vermindert de emissie. Andere mogelijkheden zijn het verlagen van de stikstofgift, het verhogen van de melkproductie, het verbeteren van de eiwitvoorziening in de voeding en het ontwerpen van emissie-arme stallen. Een aantal toepassingen zijn door de overheid in wettelijke maatregelen doorgevoerd.

Een integrale benadering op bedrijfsniveau van de verschillende mogelijkheden om de ammoniak-emissie te verminderen is het aanzuren van mengmest in de mestkelder onder de roosters. Met deze techniek wordt vervolgens tevens de mest in de opslag aangezuurd en wordt aangezuurde mest uitgereden. Daarmee vermindert de emissie van de stal, van de mestopslag en bij het toedienen.

In dit rapport zijn de technische en bedrijfseconomische resultaten van het onderzoek naar het aanzuren van rundermest in bedrijfsverband vermeld. Behalve deze eindrapportage is al eerder voorlopig over bevindingen en ervaringen gemeld in een tussenrapport en artikelen in de vakpers. Om een zo compleet mogelijk beeld te geven van de techniek van het aanzuren is in dit rapport ook gebruik gemaakt van de literatuur en enkele rapporten van het NMI, het IMAG-DLO en het AB-DLO.

Het onderzoek is in januari 1990 begonnen en mei 1994 afgesloten. Projectleider was de heer M.C. Verboon van het PR. De heer A.J.H. van Lent is medio 1990 als wetenschappelijk medewerker bij het PR aangesteld voor het project. Hij heeft de uitvoering alsmede een groot deel van de rapportage op zich genomen. Voor een gecompliceerd project, waaraan de proefboerderijen Waiboerhoeve van het PR en het ROC Bosma Zathe vier jaar intensief hebben meegewerkt, is het belangrijk gebleken dat een medewerker zich geheel kon wijden aan het vraagstuk. Deelaspecten van het onderzoek zijn uitgevoerd door de heren Tj. Boxem (PR), J. Zonderland (ROC Bosma Zathe), R.L.M. Schils (PR) en J. Hassink (AB-DLO) die ook lid waren van de projectgroep. Hierin hadden tevens zitting de heren A.P. Wouters (PR) en van het AB-DLO de heren J.H. Geurink, H.G. van der Meer en J.J. Japenga. Voor de afstemming op het onderzoek naar aanzuren bij het IMAG-DLO had de heer W. Kroodsmas zitting. Tijdens de uitvoering is intensief samengewerkt met Kemira BV die een voorstudie had gedaan samen met het NMI. De resultaten hiervan hebben gediend als beginpunt voor dit project. Door Kemira BV zijn de aanzuurinstallaties en het aanzuurpreparaat op basis van salpeterzuur (Orgakem[®]) ontwikkeld. Ook was een goede uitwisseling van gedachten met DSM Meststoffen BV ontstaan. De uitvoering van het project is in het kader van het Raamplan Onderzoek Mest- en Ammoniakproblematiek door FOMA van een zeer belangrijke financiële bijdrage voorzien. Graag wil ik iedereen bedanken voor hun inzet en volharding bij de uitvoering van het project.

Het PR vindt het belangrijk dat gezocht wordt naar effectieve en goedkope methodes om de ammoniakemissie te beperken. Daarbij dient behalve een goed inzicht in techniek en economie, vooral de bedrijfsinpasbaarheid en het welzijn van de dieren te worden betrokken. Daarom heeft het PR het onderzoek naar de toepassing van het aanzuren in bedrijfsverband opgepakt. De techniek van het aanzuren van mengmest als integrale oplossing om de emissie van ammoniak spreekt velen aan. Goedkeuring - wat nu nog niet het geval is - zal ongetwijfeld leiden tot verder gaande ontwikkelingen, zoals het beschikbaar komen van goedkopere uitvoeringen.

Met dit rapport is ook het project afgesloten. Ik verwacht dat de resultaten een bijdrage kunnen leveren in de discussies rond de besluitvorming over emissie-arme technieken en hun toepassingen.

ir. A.T.J. van Scheppingen
Hoofd afdeling Synthese

SAMENVATTING

Door het PR is op de Waiboerhoeve en ROC Bosma Zathe in de periode 1990 tot en met 1994 onderzoek gedaan naar het aanzuren van dunne rundermest. Het onderzoek is (gedeeltelijk) in samenwerking met het AB-DLO uitgevoerd. Het onderzoek heeft zich gericht op de volgende aspecten: de techniek van het aanzuren, de gasemissies uit de mest, de stikstofhuishouding, de stikstofwerking, de melkproduktie, de toepassingsmogelijkheden en de economische effecten. In dit rapport zijn relevante resultaten van andere onderzoeksinstellingen opgenomen.

Technologie aanzuren

Onbehandelde rundermest heeft een pH van 7 - 7,5. Met salpeterzuur (Orgakem^R, ca 60 % HNO_3) is de pH van de mest verlaagd tot 4,0 of 4,5. Hiervoor was 25 - 35 liter zuur per ton mest nodig. De onbehandelde mest had een gehalte aan minerale (werkzame) stikstof van circa 1,6 - 2,5 kg per ton mest in de vorm van ammonium. Met de salpeterzuurtoevoeging werd de mest verrijkt met 3,3 tot 5,2 kg nitraatstikstof per ton mest. Hierdoor steeg het gehalte aan minerale stikstof (ammonium + nitraat) tot 4,9 - 7,7 kg per ton mest.

Zowel op de Waiboerhoeve als op ROC Bosma Zathe is de mest in de kelder onder een ligboxenstal aangezuurd. De installaties werkten volautomatisch. Dagelijks werd een uur gemengd met elektrische mixers. Tijdens het mengen werd de zuurgraad (pH) gemeten en zonodig zuur aan de mest toegevoegd. Een procescomputer legde gegevens vast over de pH, het zuurverbruik en de werking van het systeem. Een centrale computer van de leverancier van het zuur verzamelde en controleerde deze gegevens automatisch via een telefoon-aansluiting. De pH-meting moest ééns per maand gecalibreerd worden om te grote afwijkingen van de pH van de mest te voorkomen.

De corrosie van de mestopslag door aangezuurde mest is slechts in beperkte mate onderzocht. De aantasting van beton, kalkzandsteen en metselmortel leek gelijk aan die bij onbehandelde mest. Voor de praktijk is nog behoefte aan nader onderzoek.

Emissies mest

Door aanzuren werd de ammoniakemissie sterk gereduceerd. De emissie uit de stal nam met circa 30 % af. De emissie uit de opslag werd met ruim 90 %

gereduceerd, de emissie bij toedienen bij pH 4,5 met 85 %. Wat betreft de ammoniakemissie zou aangezuurde mest met een spreidplaat kunnen worden toegediend en zonder silo-afdekking kunnen worden opgeslagen.

Bij het aanzuren tot pH 4,5 ging in de mestkelder tot ruim 20 % van de toegevoegde nitraat verloren. Dit verlies was het gevolg van denitrificatie. Denitrificatie trad op door een onvoldoende menging van de aangezuurde mest waardoor plaatselijk de pH van de mest te hoog was. Vooral langs de kelderwanden en -vloer en bij een hoog mestniveau ook aan het mestoppervlak werden te hoge pH's (pH 5 - 7) gemeten.

Om het nitraatverlies te beperken is getracht de menging van de mest te verbeteren door een schoepenrad en een drijf laagbreker. Deze hadden echter geen effect op denitrificatie. Door het aanzuren tot pH 4,0 was het nitraatverlies ca 5 %. Het nitraatgehalte nam toe met 0,5 kg/ton mest. Het extra zuurverbruik werd echter ruimschoots gecompenseerd door het lagere denitrificatieverlies, zodat per saldo het zuurverbruik lager was.

Bij de opslag van aangezuurde mest in de silo trad geen nitraatverlies op, mits de silo was aangesloten op de aanzuurinstallatie.

Geur wordt bepaald door een groot aantal componenten, een deel daarvan zijn Vluchtige Vetzuren (VVZ). Het gehalte van VVZ in mest die is aangezuurd kort na uitscheiding door het vee is aanzienlijk lager dan van onbehandelde mest. De geuremissie uit de stal is niet onderzocht. De geuremissie bij toediening van aangezuurde mest is door diverse instellingen onderzocht en bleek sterk te variëren. Bij toediening met een spreidplaat leek de geuremissie niet hoger dan van onbehandelde mest (eveneens toegediend met een spreidplaat). Door de aangezuurde mest met een sleepvoetenmachine (of in mindere mate met een sleepslangenmachine) toe te dienen kon de geuremissie sterk verminderd worden.

Net als bij het mengen van onbehandelde mest kunnen bij het aanzuren giftige gassen vrijkomen. Bij het opstarten van een kelderinstallatie dient daarom de nodige voorzichtigheid in acht te worden genomen. Bij het dagelijks aanzuren van de verse mest bleken (nagenoeg) geen giftige gassen vrij te komen.

Effect op pH en minerale stikstof in de bodem

Gedurende het drie à vier jaar durende onderzoek bleek de pH van de bodem bij het gebruik van aangezuurde mest gelijk aan die bij het gebruik van onbehandelde mest aangevuld met kunstmeststikstof of alleen kunstmeststikstof.

Bij maaiproeven ontstonden geen wezenlijke verschillen in de bodemvoorraad minerale stikstof tussen toediening van aangezuurde mest en kunstmeststikstof. In een beweidingsproef werd een grote variatie in de bodemvoorraad aan minerale stikstof geconstateerd. Het perceelsgebruik en het jaar van meting waren van grote invloed op deze variatie. Er waren geen consistente verschillen tussen het bemesten met aangezuurde mest danwel onbehandelde mest en kunstmest.

Stikstofwerking en grasopbrengst

De stikstofwerking van aangezuurde mest is onderzocht op kleigrond en zandgrond met maaiproeven en maaistroken in percelen die beweid en gemaaid werden. De stikstofwerking, op basis van de minerale N in de mest, was gemiddeld 110 % voor de eerste snede en 90 % voor de latere snedes. Dit verschil zou het gevolg van hogere temperaturen kunnen zijn bij de latere toediening, waardoor iets meer ammoniakemissie optrad.

Verder bleek er geen verschil in grasopbrengst tussen toediening van aangezuurde mest met de sleepvoeten- of sleepslangenmachine en met een spreidplaat.

Door afwijkingen in de dosering en variatie in stikstofgehalte in de mest (gedurende het bemestingsseizoen) traden verschillen op tussen de nagestreefde en de gerealiseerde N-gift. Aangezuurde mest dient daarom regelmatig geanalyseerd te worden en nauwkeurig te worden gedoseerd.

Graslandgebruik en melkproductie

Op ROC Bosma Zathe is van 1990 tot en met 1993 nagegaan wat de invloed was van het regelmatig toedienen van aangezuurde mest op het graslandgebruik en de melkproductie. In de eerste drie jaar is de aangezuurde mest met een spreidplaat toegediend en in het vierde jaar met een sleepvoetenmachine. Dit is vergeleken met een systeem waarbij onbehandelde mest met de zodebemester werd toegediend.

Gemiddeld is er in het systeem met aangezuurde mest 222 kg minerale stikstof met de mest toegediend naast 81 kg stikstof per hectare uit kunstmest. In het andere systeem is met de onbehandelde mest 69 kg minerale stikstof toegediend en 242 kg kunstmeststikstof per hectare.

Na vier proefjaren was er geen verschil in grasbestand en bezettingsgraad tussen de systemen. Ondanks de gemiddelde veebezetting van 2,25 melkkoe per hectare grasland werden vrij hoge voederwinningsopbrengsten gerealiseerd, zonder noemenswaardige verschillen tussen de beide systemen. De verschillen

tussen beide systemen ten aanzien van de beweiding in het algemeen waren gering. Alleen in 1991 was de gemiddelde beweidingduur per perceel in het systeem met aangezuurde mest één dag langer dan in het systeem met onbehandelde mest.

Het toedienen van aangezuurde mest met een spreidplaat had in twee van de drie jaren een negatieve invloed op de melkproductie. Waarschijnlijk was dit deels toe te schrijven aan een verschillend beweidingsmanagement en deels aan een slechtere grasopname door besmeuring van het gras met aangezuurde mest. Gemiddeld over de eerste drie jaar was de melkproductie in de periode dat het gras kort van te voren met aangezuurde mest was bemest (2° tot en met de 4° snede) circa 1 kg melk per koe per dag lager. Dit ging over het algemeen gepaard met iets hogere gehalten aan vet en eiwit.

Om te onderzoeken of de lagere melkproductie bij het systeem aanzuren het gevolg was van besmeuring van het gras met aangezuurde mest is deze in 1993 met de sleepvoetenmachine toegediend. Hierbij trad geen verschil op in de hoeveelheid meetmelk tussen beide systemen.

Toepassingsmogelijkheden en economische effecten

Berekeningen toonden aan dat op veel bedrijven een landbouwkundig en milieukundig verantwoorde toepassing van aangezuurde rundermest in bedrijfsverband mag worden verwacht. Het potentiële aantal bedrijven waar aanzuren toegepast kan worden varieert afhankelijk van de uitgangspunten. Berekend kan worden in hoeverre de toepassing belemmerd wordt door een te hoge stikstofaanvoer met het salpeterzuur. Dit hangt samen met de hoeveelheid zuur die nodig is om de mest aan te zuren. Dit moet per individueel bedrijf vastgesteld worden.

De kosten van het aanzuren zijn afhankelijk van de omvang van het bedrijf. De kosten voor aanzuren zitten grotendeels in de kosten van de installatie en het salpeterzuur. De kosten van de installatie zijn bij kleine en grote bedrijven absoluut gezien nagenoeg gelijk. Bij grotere bedrijven zijn de jaarkosten per koe of per hectare echter aanzienlijk lager dan bij kleine bedrijven. De hoeveelheid zuur die nodig is hangt sterk af van de hoeveelheid mest en de mestsamenstelling. Deze is niet schaalgevoelig.

SUMMARY

From 1990 till 1994 the Research Station for Cattle, Sheep and Horse Husbandry (PR) performed a research project on the acidification of cattle slurry on the locations Waiboerhoeve experimental farm and ROC Bosma Zathe regional research centre. The project was (partly) carried out in cooperation with the DLO Research Institute for Agrobiology and Soil Fertility (AB-DLO). The research covered the aspects of acidification technology, gas emissions from slurry, nitrogen behaviour in the soil, effect of nitrogen, milk yield, options for application and economic effects. Relevant results of other research institutes are included in the present report.

Acidification technology

The pH value of crude cattle slurry is $\text{pH} = 7 - 7.5$. By adding nitric acid (Orgakem[®], approx. 60 % HNO_3), the pH value of the slurry was lowered to 4.0 - 4.5. The amount of nitric acid required to achieve this reduction, was 25 - 35 l per tonne of slurry. Mineral (active) nitrogen in crude slurry, present in the form of ammonium, amounted to approx. 1.6 - 2.5 kg per tonne. The addition of nitric acid to slurry means an increase in nitrate nitrogen by 3.3 to 5.2 kg per tonne of slurry. As a result, the mineral nitrogen content (ammonium + nitrate) is raised to 4.9 - 7.7 kg per tonne of slurry.

On both experimental locations, slurry acidification took place in the slurry pit under the slatted floors of a cubicle house, for which fully automatic systems were used. Mixing was done electrically every day for 1 hour. During the slurry mixing, the pH value was monitored and acid was added, if necessary. A process computer collected data on pH, acid use and performance of the system. These data were transferred automatically through a telephone line to a central computer of the acid supplier and checked. Once every month the pH measurement had to be calibrated to prevent undue pH deviations in the slurry.

Corrosion of the slurry storage caused by acidified slurry was investigated only to a limited extent. The damage to concrete, sandlime bricks and masonry mortar appeared to be the same as that caused by crude slurry. Before the technology can be generally applied, further relevant research will be necessary.

Emissions from slurry

Acidification brings about a strong reduction in the emission of ammonia. The emission from the house was reduced by approx. 30 %, that from the storage fell by over 90 %, whereas, at a pH value of 4.5, the emission during applicati-

on was reduced by 85 %. As regards ammonia emission, acidified slurry might be stored without a silo cover and be applied by means of a deflector plate.

With an acidification set at pH 4.5, more than 20 % of the added nitrate was lost from the slurry pit, which was due to denitrification. Denitrification could occur due to inadequate mixing of acidified slurry, so that too high pH values could occur locally (pH 5 - 7), in particular near the walls and floors of pits and near the surface when the slurry level was high.

To reduce nitrate loss it was tried to improve the mixing of slurry by means of a paddle wheel and a crust breaker. But these had no effect on denitrification. Increasing acidification up to pH 4.0 resulted in a nitrate loss of approx. 5 %. The nitrate content was higher by 0.5 kg/tonne of slurry. But the extra amount of acid used was amply compensated for by the lower denitrification loss, resulting in a lower acid use in the end.

No nitrate loss occurred from silo-stored acidified slurry, provided the silo was connected to the acidification system.

A large number of components are responsible for the odour aspects, some of which are volatile fatty acids. The volatile fatty acid content of slurry which had been acidified soon after excretion by the cattle, is considerably lower than in crude slurry. Odour emission from the house has not been investigated. Several institutes have investigated the odour emission when acidified slurry was applied, and this appeared to vary greatly. When spread by means of a deflector plate, the odour emission seemed to be not higher than that from crude slurry (also spread by means of a deflector plate). The odour emission could be strongly reduced by applying acidified slurry with a trailing feet machine (or, to a lesser extent, with a trailing hose machine).

Like from crude slurry mixing, poisonous gases may be released during acidification. Starting up a slatted floor slurry pit system requires the necessary measures to be taken. When fresh slurry is acidified daily, (hardly or) no poisonous gases appeared to be released.

Effects on pH and mineral nitrogen in the soil

After the three/four-year project period, there appeared to be no difference in pH of soil between acidified slurry application and the application of crude slurry with additional fertilizer nitrogen or of fertilizer nitrogen only.

In mowing experiments there were no essential differences in mineral nitrogen levels in the soil between acidified slurry and fertilizer nitrogen applications. In a grazing experiment a large variation in the level of mineral nitrogen in the soil was found. The use of plots and the year of measurement were major factors in

this variation. There were no consistent differences between applications of acidified slurry or of crude slurry and fertilizer.

Effect of nitrogen and grass yield

In mowing experiments and mowing strip experiments in grazed and mown plots on clayey and sandy soils, the effect of nitrogen in acidified slurry was investigated. The effect of nitrogen on the basis of mineral N in the slurry averaged 110 % for the first cut and 90 % for following cuts. This difference may be caused by higher temperatures occurring during the later applications, causing ammonia emissions to be slightly higher.

Furthermore, no differences were found between the yields of grass crops which had received acidified slurry either with the trailing feet or trailing hose machine, or by means of the deflector plate.

Deviations in quantity and variations in nitrogen content of the slurry (over the application season) brought about differences between target and actual N supply. Therefore, acidified slurry shall be analysed at regular intervals and be carefully dosed.

Grassland use and milk yield

The effects of a frequent application of acidified slurry on grassland use and milk yield were investigated at ROC Bosma Zathe from 1990 to 1993. In the first three years, acidified slurry was spread by means of a deflector plate, and in the fourth year with a trailing feet machine. The results were compared with a system by which crude slurry is applied with a disc injector.

As regards the N supply per hectare, on average, the acidified slurry system provided 222 kg of mineral nitrogen in slurry together with 81 kg of fertilizer N. The other system provided 69 kg of mineral nitrogen in crude slurry together with 242 kg of fertilizer nitrogen.

After four years of experimenting, no differences were found between the systems as regards botanical composition and stocking rate. Despite the average stocking rate of 2.25 dairy cows per grassland hectare, fairly high forage yields could be achieved, without notable differences between the two systems. The differences between the two systems as regards grazing in general were of minor importance. An exception was 1991, when the acidified slurry system allowed the herd to graze on a plot for, on average, one day more each time than was possible with the crude slurry system.

In two of the three years, the spreading of acidified slurry by means of a deflector plate had an unfavourable effect on milk yield. This was probably

partly due to a different grazing regime and partly to a worse grass uptake because grass had been soiled with acidified slurry. For the first three years the average milk yield in the period that the grass had been dressed with acidified slurry shortly before (2nd to 4th cut) was lower by approx. 1 kg milk per cow per day. This was generally accompanied by slightly higher milkfat and protein contents.

To find out whether the difference in milk yield was due to the fact that less soiling of the grass occurred in 1993 the acidified slurry was applied with the trailing feet machine. In that year no differences in milk yield were found between the two systems.

Options for application and economic effects

Calculations have shown that it may be expected that many farms will apply acidified cattle slurry in a way which is sound from both the farming and the environmental points of view. The potential number of farms where acidification may be applied varies, depending on the starting points. It can be calculated to what extent the application is hampered by too large a nitrogen supply due to the adding of nitric acid. This is related to the amount of acid needed to acidify the slurry. This has to be determined individually for each farm.

The costs of acidification depend on farm size. The main cost components of acidification are those of the system and of nitric acid. In absolute terms, the costs of the system are practically the same for small and large farms. For large farms, however, the annual costs per cow or per unit area are considerably less than for small farms. The amount of nitric acid required strongly depends on amount and composition of the slurry. These are not dependent of farm size.

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING	<i>M.C. Verboon en A.J.H. van Lent</i>	1
1.1 Probleemstelling		1
1.2 Aanzuren als oplossingsrichting		1
1.3 De opzet van het onderzoek		2
2 TECHNOLOGIE VAN HET AANZUREN		
	<i>A.J.H. van Lent</i>	3
2.1 Werkingsprincipe		3
2.2 Zuurverbruik en samenstelling aangezuurde mest		3
2.3 Beschrijving proeflocaties		5
2.4 Apparatuur		8
2.5 Procesbeheersing		9
2.5.1 Toevoegsysteem		9
2.5.2 Mengen		10
2.5.3 Veiligheid		12
2.5.4 Storingen/bedrijfszekerheid		13
2.6 Corrosie		15
2.6.1 Corrosie mestopslag		15
2.6.2 Corrosie apparatuur		15
2.7 Mesttoedieningsmethoden		16
3 EMISSIES VAN DE MEST	<i>A.J.H. van Lent</i>	18
3.1 Ammoniakemissie		18
3.1.1 Stalemissie		18
3.1.2 Emissie uit de opslag		21
3.1.3 Emissie na toediening		22
3.2 Denitrificatie		23
3.2.1 Denitrificatie onder laboratoriumomstandigheden		23
3.2.2 Denitrificatie in de stal		24
3.2.3 Denitrificatie in de silo		27
3.2.4 Denitrificatie na toediening		29
3.3 Geuremissie		30
3.3.1 Geuremissie uit stal en silo		31
3.3.2 Geuremissie na toediening		31
3.4 Vervluchting overige gassen		35

4 N-HUISHOUDING EN BODEMVRUCHTBAARHEID

A.J.H. van Lent, R.L.M. Schils en J. Hassink 37

4.1 Verandering pH	37
4.2 Bodemvoorraad minerale stikstof in maaiproeven	37
4.3 Bodemvoorraad minerale stikstof in beweidingsproeven	39
4.3.1 Proefopzet	39
4.3.2 Bemesting en gewasopbrengst	40
4.5.3 Bodemvoorraad minerale stikstof	41

5. STIKSTOF- EN FOSFAATWERKING EN GRASOPBRENGST

A.J.H. van Lent en R.L.M. Schils 44

5.1 Stikstofwerking bepaald in maaiproeven	44
5.1.1 Materiaal en methoden	44
5.1.2 Droge-stofopbrengst en stikstofopbrengst	45
5.1.3. N-werking	46
5.1.4. Bodemkenmerken	48
5.1.5. Discussie en conclusie	49
5.2 Stikstof-effect van mest op droge-stofopbrengst bij zandgrond	49
5.2.1 Proefopzet	49
5.2.2 Resultaten onbehandelde mest	50
5.2.3 Resultaten aangezuurde mest	51
5.3 Stikstof-effect van mest op droge-stofopbrengst bij kleigrond	53
5.3.1 Proefopzet	53
5.3.2 Resultaten	54
5.4 Fosfaatwerking in potproeven	55

6 GRASLANDGEBRUIK EN MELKPRODUCTIE

Tj. Boxem en J. Zonderland 56

6.1 Proefopzet	56
6.2 Weersomstandigheden	56
6.3 Grondonderzoek	57
6.4 Bemesting	60
6.4.1 Organische mest	60
6.4.2. Mesttoediening	61
6.4.3. N-, P- en K-bemesting	62
6.5 Kwaliteit grasbestand	63
6.6 Beweiding	64
6.7 Voederwinning	66

6.8 Voederwaarde en samenstelling gras	67
6.9 Bijvoeding en melkproduktie	68
7 TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN EN ECONOMISCHE EFFECTEN	
<i>A.J.H. van Lent en R. Schreuder</i>	75
7.1 Stikstoftoevoeging aan mest bij aanzuren	75
7.2 Mogelijke veebezettingen bij aanzuren	76
7.3 Effecten op ammoniakemissie en stikstofoverschot.	78
7.4 Economische aspecten	79
7.5 Arbeidsopbrengst	81
8 CONCLUSIES	84
LITERATUUR	87

1 INLEIDING

M.C. Verboon en A.J.H. van Lent

In 1988 en 1989 werden door het IMAG-DLO en het NMI in opdracht van Kemira BV de eerste onderzoeken gedaan naar het aanzuren van dunne rundermest als methode om de NH_3 -emissie te beperken. Daarna is het onderzoek naar het aanzuren geïntensiveerd. Het PR, IMAG-DLO, NMI, AB-DLO (voorheen CABO-DLO en IB-DLO) en het LEI-DLO stemden het onderzoek op elkaar af en verkregen financiële steun van het FOMA. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de onderzoeksaspecten. De indeling hiervan komt overeen met de indeling in hoofdstukken van dit rapport.

Tabel 1 Onderzoekaspecten

	IMAG-DLO	NMI	PR ¹⁾	AB-DLO	LEI-DLO
Technologie van het aanzuren	x		x		
Emissies van de mest	x	x	x	x	
N-huishouding en bodemvrucht.		x	x	x	
N- en P- werking en graslandopbr.		x	x	x	
Graslandgebr. en melkproductie		x	x		
Toepassingsmog. en econom. effecten		x	x		x

¹⁾ Met medewerking van Regionaal Onderzoekcentrum (ROC) Bosma Zathe

1.1 Probleemstelling

De rol die ammoniak speelt in het ontstaan van verzuring heeft geleid tot een aantal overheidsmaatregelen om de ammoniakuitstoot terug te brengen. Met de op dit moment bekende technische voorzieningen wordt in het jaar 2000 een reductie van de ammoniakemissie ten opzichte van 1980 met in elk geval 50 % haalbaar geacht. Alle inspanningen zijn erop gericht om in 2000 een reductie van 70 % technisch en economisch haalbaar te maken. De oplossing wordt gezocht in emissie-arme toedieningsmethoden, aanpassing van de voeding en emissie-arme huisvestings- en opslagsystemen.

1.2 Aanzuren als oplossingsrichting

Door Limafix BV, een werkorganisatie van Kemira BV is in 1988 een systeem ontwikkeld om met een salpeterzuuroplossing (Orgakem¹⁾ dunne mest aan te zuren. Hiermee werd bereikt dat met één behandeling de NH_3 -emissie uit de mestkelder onder de roosters, uit de silo-opslag en na toediening sterk werd

verminderd. Het produkt 'Orgakem' bestaat uit een salpeterzuuroplossing (57 - 60 % HNO_3). Door deze toevoeging wordt de dunne mest verrijkt met nitraatstikstof. Dit is een nutriënt voor planten dat normaal niet in dunne mest voorkomt. De toe te voegen hoeveelheid is afhankelijk van het bufferend vermogen van de dunne mest en de gewenste pH.

Het systeem is in 1989 voor het eerst toegepast op een melkveebedrijf in de mestkelder onder de roosters. In 1990 is dat door Limafix BV uitgebreid naar in totaal 19 bedrijven, waaronder 2 onderzoeklocaties van het PR: "De Waiboerhoeve" te Lelystad (kleigrond) en "ROC Bosma Zathe" te Ureterp (zandgrond) en het IMAG-DLO proefbedrijf "De Vijf Roeden" te Duiven.

DSM is in 1989 gestart met het onderzoek naar aanzuren. De organisatie Nutramon is medio 1991 door DSM Meststoffen BV en GTI Heerlen BV gesticht. In 1990 en 1991 is op een aantal praktijkbedrijven onderzoek en ontwikkelingswerk verricht. Naast de kelder- en silovariant is zowel door Nutramon als door Limafix praktijkervaring opgedaan met het aanzuren van dunne rundermest kort voor toedienen, de zogenaamde uitrijvariant.

1.3 De opzet van het onderzoek

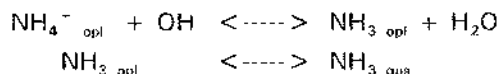
Op grond van de resultaten van de onderzoeken in 1988 - '89 is bij de opzet van dit project uitgegaan van het gegeven dat de vermindering van de ammoniakemissie door het aanzuren van dunne rundermest aanzienlijk is. Meerjarig onderzoek was nog nodig om de inpasbaarheid op bedrijfsniveau, de investeringen en kosten, de reactie van de bodem, het gewas en het vee vast te kunnen stellen. Het praktijkonderzoek is zo opgezet dat daarover een zo goed mogelijk beeld kon worden verkregen. Voor de duur van het onderzoek is uitgegaan van drie jaar. Van de proefbedrijven is er één op zand en één op kleigrond gekozen, respectievelijk ROC Bosma Zathe en de Waiboerhoeve. Op elk bedrijf is een verdeling tot stand gebracht tussen onbehandelde en aangezuurde mest. Dit was bedoeld om vooral de effecten op de mestsamenstelling, de bodem, het gewas en het melkvee te kunnen beoordelen. De bedrijfsgegevens zijn aangevuld met gerichte monsternamen en analyse. Voor de verplichting voor emissie-arm toedienen is aan ROC Bosma Zathe ontheffing verleend in 1992 en 1993 omdat het aanzuren niet was erkend als emissie-arme methode. Hoewel toen nog niet bekend was welke invloed reeds drie maanden bewaarde mest had op het aanzuurproces is, om parallel te lopen aan de ontwikkelingen in de praktijk, op 9 februari 1990 gestart met het aanzuren.

2 TECHNOLOGIE VAN HET AANZUREN

A.J.H. van Lent

2.1 Werkingsprincipe

De in dunne rundermest aanwezige minerale stikstof komt in onbehandelde mest voor in de vorm van opgelost ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$), opgelost ammoniak (NH_3) en als (vrij) ammoniakgas. Hiertussen bestaan evenwichten:



De oplosbaarheid van ammoniakgas is hoog. Er ontstaat een evenwicht tussen de NH_3 -moleculen in de vloeistof en de lucht boven de vloeistof. Hierdoor treedt vervluchtiging op van NH_3 aan het grensoppervlak van mest en lucht.

Door H^+ -ionen (zuur) aan de mest toe te voegen verschuift het hierboven genoemde evenwicht naar ammonium. Daardoor zal er aanzienlijk minder ammoniak ontwijken. In principe kan elk zuur gebruikt worden. Organische zuren zijn echter duur en worden gemakkelijk afgebroken. Van anorganische zuren is fosforzuur niet geschikt omdat het aan de toch al rijke fosfaatvoorziening, op de bedrijven nog iets zou toevoegen. Zwavelzuur geeft aanleiding tot de vorming van zwavelwaterstof. Dit gas is in hoge concentraties zeer giftig voor mens en dier. Met zoutzuur wordt extra chloor toegevoegd, hetgeen bezwaarlijk is voor enkele gewassen.

Salpeterzuur bevat nitraat, hetgeen een belangrijk nutriënt is bij de groei van gewassen. De toegediende hoeveelheid kan in mindering worden gebracht op de kunstmeststikstof die gewoonlijk in korrelvorm wordt verstrekt. Een nadeel van de toevoeging van salpeterzuur is dat denitrificatie kan optreden. Dit is een microbieel proces waarbij nitraat (NO_3^-) wordt omgezet in vluchtige, niet oplosbare verbindingen stikstofoxyde (NO), distikstofoxyde of lachgas (N_2O) en stikstof (N_2). Door de zuurgraad op pH 4,5 of lager te brengen worden de bacteriële denitrificatie-processen sterk geremd. Het pH-optimum voor denitrificatie ligt bij pH 6 - 8.

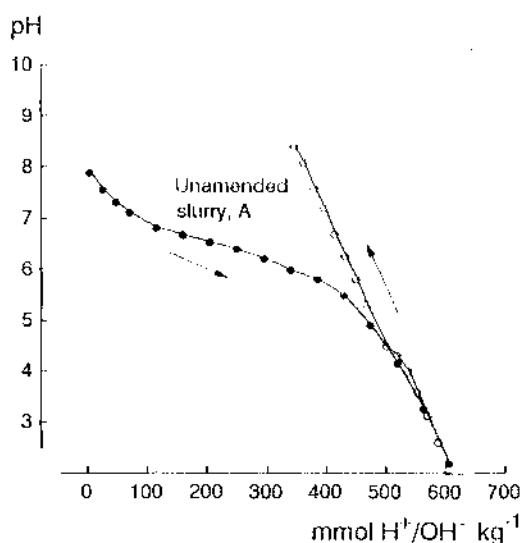
2.2 Zuurverbruik en samenstelling aangezuurde mest

De hoeveelheid zuur die nodig is om mest aan te zuren hangt af de gewenste pH en de bufferwerking van de mest.

De gemiddelde buffercapaciteit van dunne rundermest is ongeveer 0,1 mol H^+ per kg mest per pH-eenheid. De buffer is het grootst in het pH-traject van 7 naar

6. Door de hoge H^+ -buffercapaciteit van de mest is relatief veel NO_3^- nodig. De concentraties mineraal-N, dit is de som van aanwezig ammoniumstikstof (NH_4^+ -N) en toegevoegd nitraatstikstof (NO_3^- -N), varieerden tussen 4,5 g/kg mest bij pH 6,0 en 8 g/kg bij pH 3,0, zie ook paragraaf 3.2.2. Bij terug titreren bleek de OH^- buffer kleiner dan de H^+ buffer. Dit betekent dat een relatief kleine hoeveelheid base nodig is om de pH weer te laten stijgen, zie figuur 1 (Oenema en Velthof, 1993).

De grootste bufferwerking in mest wordt veroorzaakt door bicarbonaat (Husted, et al, 1991). Bij het aanzuren van mest tot een pH lager dan 5,5 verdwijnt bijna al het bicarbonaat in de vorm van CO_2 , mits de reactietijd lang genoeg is. Wanneer grote hoeveelheden mest in korte tijd worden aangezuurd treedt door het ontsnappen van de CO_2 schuimvorming op.



Figuur 1 Titratiecurve van dunne rundermest (Oenema en Velthof, 1993).

Gemiddeld werd 25 tot 35 liter zuur (Orgakem) per m^3 dunne mest toegevoegd. Zowel op de Waiboerhoeve als op ROC Bosma Zathe is mest aangezuurd die geproduceerd was door jongvee, droge koeien en laagproductief melkvee. Voor het aanzuren is een salpeterzuuroplossing gebruikt (57 - 60 % HNO_3). Aanvankelijk werd een 57 % oplossing gebruikt met een soortelijke massa van 1,35 kg/l en een stikstofgehalte van 12,7 % (op gewichtsbasis). Vanaf januari 1993 is Limafix B.V. salpeterzuur gaan leveren met een concentratie van 60 % (s.g. 1,37; 13,3 % N).

De $\text{NO}_3\text{-N}$ gehalten in de mest staan vermeld in tabel 2 (zie ook tabellen paragraaf 4.2.2). In bijlage 1 staan de mestanalyses die binnen dit project genomen zijn. Naar aanleiding van de problemen met de nitraatanalyse in mest is na het eerste jaar besloten alle analyses door het IMAG-DLO te laten uitvoeren. Eind 1991 heeft het IMAG-DLO de nitraatanalyse in aangezuurde mest aangepast en alle voorgaande analyses gecorrigeerd.

Tabel 2 Gemiddelde $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ en N-min-gehalten (kg/ton) van de aangezuurde mest in de kelder ¹⁾.

	ROC Bosma Zathe			Waiboerhoeve		
	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	N-min	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	N-min
1989 - '90 (pH 4,5)	4,3	2,3	6,6	3,3	1,6	4,9
1990 - '91 (pH 4,5)	4,4	2,1	6,5	3,8	1,8	5,6
1991 - '92 (pH 4,5)	3,9	1,6	5,5	3,7	1,6	5,3
1992 - '93 (pH 4,0)	4,7	2,0	6,7	4,3	1,7	6,0
1993 - '94 (pH 4,0)	5,2	2,5	7,7	nvt		

¹⁾ Analyses: 1989 - '90 ROC Bosma Zathe: Gezondheidsdienst voor Dieren Noord Nederland, Waiboerhoeve: BLGG, overige analyses door IMAG-DLO)

Het salpeterzuur slaat neer als een zout, wanneer de mest wordt verhit om het drogestofgehalte te bepalen. Door het toevoegen van 30 liter zuur (57 %) per m^3 wordt het droge stofgehalte van de mest (in theorie) circa 23 g/kg hoger. Het drogestofgehalte stijgt dan b.v. van 10 % naar 12 %.

2.3 Beschrijving proeflocaties

ROC Bosma Zathe

Op ROC Bosma Zathe is circa de helft van de mest van het bedrijf aangezuurd. Het bedrijf heeft een 2 + 2 rijige ligboxenstal voor zowel het melkvee als het jongvee. Aan beide zijden zijn alleen de mestgangen onderkelderd. De mestkelder aan de westzijde van de voergang is aangezuurd.

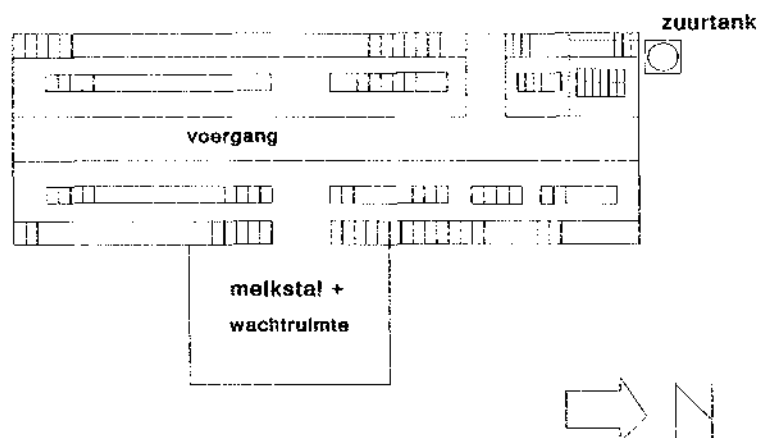
De mestkelder is gemetseld van kalkzandsteenblokken en bestaat uit twee kanalen. De kanalen zijn aan de uiteinden met elkaar verbonden en hebben elk een lengte van 62,7 m. Het kanaal tegen de voergang is 2,50 m breed, het andere kanaal 2,00 m. Het totale vloeroppervlak van de kelder is 294 m^2 . De gemiddelde afstand tussen keldervloer en onderkant roosters is circa 1,45 m. De kelderinhoud bedraagt 450 m^3 . De voorste 6 spantvakken aan de noordzijde van

de stal hebben een kelder die 10 cm dieper is. Dit gedeelte is later gebouwd dan de rest van de stal. De mixer van de aanzuurinstallatie is verdiept opgesteld, de diepte van de kelder is daar 1,65 m. Het minimale mestnivo waarbij nog gemengd kan worden (gemeten halverwege de stal) is circa 20 cm.

Het op het bedrijf geproduceerde afvalwater werd opgeslagen in de kelder aan de oostzijde van het bedrijf, waar de onbehandelde mest werd opgeslagen.

Het bedrijf heeft de beschikking over twee grote mestsilos van elk 450 m³. De grote silo's zijn gebouwd van betonnen prefab elementen en hebben elk een diameter van 13,8 meter. De hoogte is ruim 3 meter. De silo's zijn niet afgedekt. Eén silo was voor opslag van aangezuurde mest, de andere voor onbehandelde mest.

Bij de aanleg zijn aanvankelijk alleen voorzieningen getroffen om de mest in de kelder aan te zuren. In februari 1991 is ook de silo aangesloten op de bestaande aanzuurinstallatie.

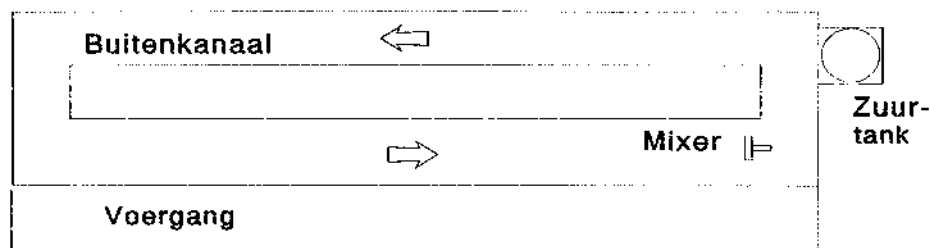


Figuur 2 Plattegrond ligboxenstal ROC Bosma Zathe

In figuur 2 staat een schematische voorstelling van de stal op ROC Bosma Zathe. In figuur 3 staat een plattegrond van de mestkelder waarin de mest aangezuurd wordt. De pijlen in de figuur geven de stroomrichting aan.

Waiboerhoeve

Op de Waiboerhoeve is het aanzuuronderzoek uitgevoerd op melkveeafdeling 3. Deze afdeling heeft een 2 + 2 - rijige ligboxenstal voor zowel melkvee als jongvee. In deze stal zijn de voergangen onderkelderd evenals de middelste boxrijen. Evenals op ROC Bosma Zathe is ook hier circa de helft van de op het



Figuur 3 Plattegrond kelder ROC Bosma Zathe

bedrijf geproduceerde mest aangezuurd. Hiervoor is de kelder aan de noordzijde van de voergang gebruikt.

Afwijkend van de stal op ROC Bosma Zathe bestaat de kelder aan beide zijden van de voergang uit drie kanalen. De kanalen zijn aan de voor- en achterzijde met elkaar verbonden. De kanalen hebben elk een lengte van 57,5 meter. Het kanaal langs de voergang is 2,55 m breed, het middelste en het buitenste kanaal zijn beiden circa 1,95 m breed. Het totale vloeroppervlak van de kelder bedraagt 371 m². De gemiddelde afstand van de keldervloer tot de onderkant van de roosters is ruim 1,35 meter, de kelderinhoud bedraagt circa 450 m³.

De kelders zijn gemetseld van kalkzandsteenblokken. Aan de stalzijde waar de mest aangezuurd werd, werd de mest gemengd met twee electromixers die na elkaar werken. Beide mixers stuwen de mest weg door het middenkanaal. Deze waren op de keldervloer gemonteerd. Het minimale mestniveau, waarbij nog net gemengd kon worden, was circa 70 cm. Dit niveau komt overeen met de helft van de kelderinhoud. Door de mixer, zoals op ROC Bosma Zathe, verdiept op te stellen kan een groter deel van de opslagcapaciteit van de mestkelder benut worden.

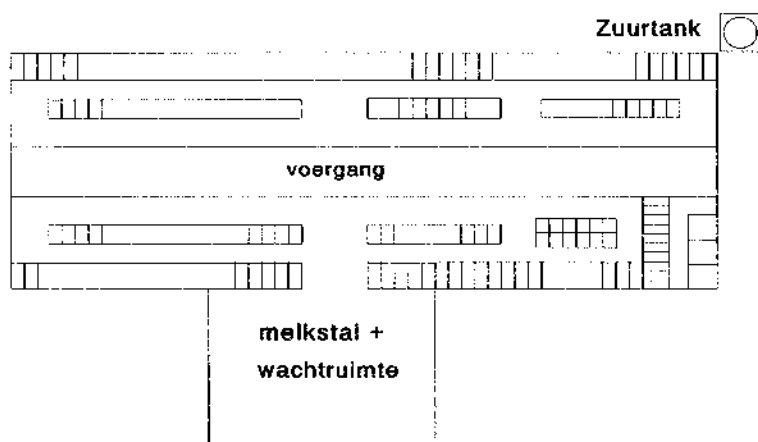
Het op het bedrijf geproduceerde afvalwater werd opgeslagen in de zuidelijke mestkelder, waar de onbehandelde mest in opgeslagen was.

Voor deze afdeling zijn twee silo's beschikbaar elk met een inhoud van 500 m³. De silo's zijn gebouwd van betonnen prefabelementen en hebben een diameter van 15 meter. De hoogte is circa 3 meter.

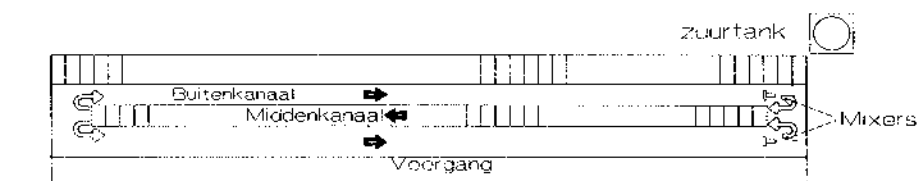
Eén silo werd gebruikt voor opslag van aangezuurde mest, de andere voor onbehandelde mest. De silo voor de aangezuurde mest was niet aangesloten op de aanzuurinstallatie van de kelder.

In figuur 4 staat een schematische voorstelling van de stal op de Waiboerhoeve die in het onderzoek gebruikt is. In figuur 5 staat een plattegrond van de

kelder waarin de mest wordt aangezuurd. De pijlen in de figuur geven de stroomrichting aan.



Figuur 4 Plattegrond Melkvee-3 Waiboerhoeve



Figuur 5 Plattegrond kelder Waiboerhoeve

2.4 Apparatuur

De installatie op de onderzoekslocaties om de mest in de kelder te kunnen aanzuren bestaat uit (van Lent 1990):

- een kunststoftank (van HD-polyethyleen) voor de opslag van een geconcentreerde oplossing van salpeterzuur met een inhoud van 5.000 liter. Omdat de tank slechts voor 90 % gevuld mag worden is de effectieve inhoud 4.500 liter. Zowel op de Waiboerhoeve als op ROC Bosma Zathe kan met deze tankinhoud in de stalperiode gedurende een maand alle mest worden aangezuurd. Op de Waiboerhoeve stonden gemiddeld circa 55 melkkoeien en 45 stuks jongvee in het staldeel waar de mest werd aangezuurd en op ROC Bosma Zathe gemiddeld circa 40 melkkoeien en/of droogstaande koeien en

60 stuks jongvee.

- één of meer elektrische mixer(s), naar gelang het aantal mest-circuits om de mest en het zuur door de mest te mengen.
- per mixer een pH-meter om de zuurgraad te meten
- een besturingseenheid bestaande uit een computer, een modem voor een telefoonaansluiting en een aantal beveiligingen.

2.5 Procesbeheersing

2.5.1 Toevoegsysteem

Het systeem voor het aanzuren van mest in de stal werkt volautomatisch. Dagelijks wordt op een vaste tijd het proces gestart en volgens een computer-programma afgewerkt. Gedurende een uur wordt de mest gemengd en de pH gemeten. Indien de pH te hoog is, wordt er zuur gedoseerd. Door de speciale plaatsing van de zuurtoevoer voor de mixer en de pH-meting na de mixer kan de pH precies naar de ingestelde waarde gebracht worden. De regeling is zodanig dat naarmate de pH hoger is dan de instelwaarde, er meer zuur gedoseerd wordt.

De installatie is standaard voorzien van een registratie en controlesysteem. De gegevens over het aanzuurproces worden elektronisch vastgelegd en dagelijks via de telefoonlijn naar de computer van Limafix BV gezonden. Voor de praktijk is dit een groot voordeel, de installatie werkt volautomatisch en dagelijks worden alle procesgegevens gecontroleerd. De veehouder hoeft bijvoorbeeld ook geen voorraadbeheer te doen. Daarnaast bleek dat eventuele storingen snel werden opgespoord en konden worden verholpen.

Bij het aanzuren in de stal is alleen bij het opstarten van het aanzuursysteem anti-schuimmiddel nodig, omdat dan een grote hoeveelheid onbehandelde mest in korte tijd wordt aangezuurd. Hierdoor wordt het aanwezige bicarbonaat omgezet in CO_2 , dat uit de mest ontsnapt en schuim veroorzaakt. Na het opstarten, bij het aanzuren van de dagelijks geproduceerde mest treedt (nagenoeg) geen schuimvorming op.

Ook bij het aanzuren van grote hoeveelheid onbehandelde mest in de silo is anti-schuimmiddel nodig. Als de mest eenmaal aangezuurd is kan volstaan worden met dagelijks een kwartier mixen. Als de pH tijdens het mixen te hoog is, wordt er zuur gedoseerd en werkt de mixer een uur.

2.5.2 Mengen

Bij het aanzuren van de mest in de kelder werd de mest gemengd door elektrische mixers met een vermogen van 7,5 kW. De mengcircuits hadden een totale lengte van 115 - 125 meter. Uit pH metingen bleek het niet mogelijk alle mest op de ingestelde pH van 4,5 te brengen (van Lent, 1991/c). Overal waar de pH te hoog is, kan denitrificatie optreden (zie paragraaf 3.2.2). Op ROC Bosma Zathe en de Waiboerhoeve zijn gedurende het onderzoek pH-metingen in de kelder verricht. Daartoe is een pH-meter ontwikkeld om de pH van de mest in de kelder, tussen de roosterspleten door, te kunnen meten. Telkens is de pH gemeten langs de wanden van de kelder aan het mestoppervlak en op de bodem. Tevens is de pH in het midden van het mestkanaal gemeten aan het mestoppervlak en bij de bodem, zie de figuur in bijlage 4. De pH-waarden zijn eveneens vermeld in bijlage 4.

Uit de metingen blijkt:

- De pH van de mest wijkt op veel plaatsen af van de ingestelde waarde (4,0 of 4,5), zelfs direct na het mengen is de pH niet overal gelijk. Op de bodem en langs de zijwanden is de pH te hoog (pH 5 - 7). Deze hoge pH's zijn het gevolg van een onvoldoende menging. Langs de wanden van de kelder is de stromingsweerstand te hoog om alle mest voldoende mee te laten stromen. De delen die niet of onvoldoende gemengd worden, worden dus ook niet of onvoldoende aangezuurd.
- Aan het mestoppervlak in het midden van de kanalen is de pH eveneens te hoog. Dit is het gevolg van de aanvoer van verse mest en urine. Met name bij een mestniveau van circa een halve meter of meer boven de bovenkant van de mixer werden hoge pH's gemeten aan het mestoppervlak. Omdat de mixer op de keldervloer was gemonteerd was het mestniveau dan circa 110 cm. Bij deze hoge mestniveau's, kon de mixer de toplaag niet meer aanzuigen. De toplaag bleef voor de mixermuur stilstaan en er ontstond een schuim-/drijfslaag die soms enkele tientallen meters lang werd.
- Aanvankelijk stonden de kanalen voor de trektermixer (pompput) nog in verbinding met de mestkelder. Ook daarin was de pH te hoog.

Om de mest beter te mengen zijn in eerste instantie de kanalen waarin voorheen de trektermixer werd geplaatst afgesloten van de mestkelder. Om de menging van de toplaag te verbeteren is onderzoek gedaan naar een drijfslaagbreker en een schoepenrad. Om de hoge pH's langs de kelderwand en -vloer te verlagen is de mest aangezuurd tot pH 4,0 in plaats van 4,5.

In 1991 - '92 is op ROC Bosma Zathe een drijfllaagbreker onderzocht. Dit is een houten schot dat scharnierend op de keldervloer is bevestigd. Door een drijver aan de bovenzijde wordt het schot zodanig opgetild dat een deel van de meststroom wordt tegengehouden. Hierdoor wordt de meststroom gedwongen over het schot te stromen. De snelheid van de mest wordt plaatselijk verhoogd en er ontstaat een niveauverschil. Hierdoor zou de toplaag beter gemengd worden. Uit de metingen bleek dat dit niet het geval was.

In 1992 - '93 is op ROC Bosma Zathe een schoepenrad in de kelder geplaatst om de menging van de verse mest aan het oppervlak te verbeteren. Het rad wordt aangedreven door de meststroom die de electromixer tot stand brengt. Het rad bestaat uit 8 schoepen, heeft een diameter van 1,5 meter en is 1,5 meter breed. De kelder is 2,5 m breed. De ruimte tussen het rad en de wanden van de kelder is grotendeels afgesloten met zijkleppen zodat alle mest door het rad moet stromen. Uit de pH-metingen bleek de menging van de toplaag verbeterd werd door het schoepenrad.

Tegelijkertijd is de mest aangezuurd tot pH 4,0 in plaats van 4,5. Het idee hierbij was dat door deze lagere pH ook de pH in de grensvlakken met de kelderwand en -vloer lager zou worden. Ondanks de verlaging de pH naar 4,0 was de pH in de lagen langs de kelderwanden en vloer nog steeds te hoog (5 - 7) om denitrificatie geheel te voorkomen. Wel werd de indruk verkregen dat de laag waarin de pH te hoog was dunner was dan bij pH 4,5. Een dunnere laag betekent een kleinere hoeveelheid mest waarin de pH te hoog is en minder denitrificatie.

Stroomsnelheid mest

Gedurende het onderzoek zijn stroomsnelheidsmetingen uitgevoerd. De stroomsnelheid is gemeten aan het mestoppervlak. De metingen zijn gedaan tijdens mengen met alleen de mixer, met een schot voor de mixer en met een schoepenrad. De metingen zijn samengevat in tabel 3. De stroomsnelheid van de mest tijdens het mengen hangt af van het mestniveau in de kelder. Bij een zelfde capaciteit van de mixer is de stroomsnelheid van de mest bij een laag mestniveau veel hoger dan bij een hoog mestniveau. In de tabel is daarom ook de berekende capaciteit van de mixer weergegeven, berekend uit de kelderbreedte, mestniveau en stroomsnelheid.

Tabel 3 Mestniveau in de kelder, stroomsnelheid van de mest en berekende capaciteit van de mixer op ROC Bosma Zathe.

	Mestniveau (cm)	Stroomsnel- heid (cm/sec)	Berekende capa- citeit (m ³ /uur)
alleen mixer			
4/11/93	72	10,2	529
8/12/93	100	5,6	402
Gemiddeld		7,9	466
mixer en drijfslagbreker			
20/12/91	103	8,0	590
5/2/92	90	7,2	467
Gemiddeld		7,6	529
mixer en schoepenrad			
18/12/92	88	6,5	411
13/1/93	79	3,8	215
11/2/93	109	2,4	185
26/2/93	136	4,8	470
25/4/93	102	7,2	529
26/8/93	52	10,4	388
5/1/94	94	1,7	115
13/1/94	103	2,8	208
27/1/94	120	3,1	269
11/2/94	97	2,0	135
Gemiddeld		4,5	293

Het debiet van de mixer is laag. De kelder op ROC Bosma Zathe heeft een inhoud van 450 m³. Omdat de mest gedurende één uur per dag gemengd wordt, lukt het bij een volle kelder niet om alle mest eenmaal daags te mengen.

Uit de tabel blijkt dat de drijfslagbreker geen effect had op het debiet van de mixer. Het schoepenrad daarentegen gaf een sterke daling van het debiet. Hieruit is af te leiden dat het aandrijven van het schoepenrad veel energie vraagt. Dit gaat ten koste van het debiet tijdens het mengen. Een lager debiet betekent een lagere stroomsnelheid en daardoor waarschijnlijk een minder goede menging van de mest langs de wanden en vloer in de mestopslag. Wellicht is het mogelijk het schoepenrad aan te drijven met bijvoorbeeld een electromotor. Hiermee zou de stroomsnelheid van de mest verhoogd kunnen worden.

2.5.3 Veiligheid

De veiligheid van het aanzuurprocédé is bekeken tijdens het praktische gebruik van de installatie. De veiligheid kan verdeeld worden in twee aspecten;

- Plaatsing aanzuurinstallatie (naast stal)

De installatie staat op het erf met daarbij een opslag met salpeterzuur. De opslag dient voorzien te zijn van een goede beveiliging, zodat zich geen mensen of dieren in de directe nabijheid van de tank kunnen begeven. De tank moet zodanig geplaatst zijn dat deze beschermd is tegen het "erfverkeer". Vooral bij het vullen van de tank dienen voorzorgsmaatregelen genomen te worden, zodat geen zuur lekt. Als dat desondanks toch gebeurt mag er geen direct risico zijn voor mens en dier in de nabije omgeving. Het is twee keer voorgevallen dat de tank te ver gevuld werd en via een ontluchtingspijp overstroomde.

Bij de salpeterzuurtank dient een waterleiding aanwezig te zijn, om bij zuurlekages met water te kunnen verdunnen.

Voor een aanzuurinstallatie is een vergunning nodig in het kader van de Wet Milieubeheer.

- Aanzuren mest

Op de proefbedrijven is meerdere keren een grote hoeveelheid onbehandelde mest in korte tijd aangezuurd in de stal. Daarbij zijn sterke gasontwikkelingen en schuimvorming geconstateerd. Deze werden deels veroorzaakt door het mengen van de mest en deels door het toevoegen van salpeterzuur. De vrijkomende gassen zijn onder andere HCN, H_2S , CH_4 , CO_2 en eventueel nitreuze (salpeterzuur) dampen. HCN en H_2S zijn de meest gevaarlijke gassen. Het is belangrijk dat bij het opstarten van een kelderinstallatie de nodige voorzorgsmaatregelen getroffen worden. De stal moet zoveel mogelijk geventileerd worden. Dit geldt ook bij het mixen van onbehandelde mest (Counotte, 1988). Verder moet het zuur langzaam worden toegevoegd, zodat de mixer in staat is het zuur door de mest te mengen om vervluchtiging van nitreuze dampen te voorkomen. De opstart dient te gebeuren onder toezicht van de leverancier van de installatie.

Als het proces van aanzuren eenmaal gestart is, is er in principe geen risico meer, zie paragraaf 4.4. Het dagelijks aanzuren veroorzaakt geen schuimvorming meer.

Bij het aanzuren in de silo zijn minder problemen te verwachten als de afstand tot de dieren veel groter is en het vrijkomend gas sneller verspreid en verdund wordt. Dit is bevestigd in oriënterende metingen, zie paragraaf 4.4.

2.5.4 Storingen/bedrijfszekerheid

In de procescomputer en de installatie van de kelder/silo-varianten zitten een

groot aantal beveiligingen ingebouwd. Het toevoegen van het zuur en enkele belangrijke controles hangen af van de pH van de mest. Deze wordt vastgesteld door een pH meter. In het begin van het aanzuren in de stal trad regelmatig vervuiling op van de pH-sonde met kuilresten in de kelder. Door verplaatsing van de sonde naar de zogenaamde jetring (stalen ring om de schoep van de mixer) bleef deze schoon.

De sonde bevindt zich continu in de mest. Hierdoor wordt deze langzaam vervuild met mestdeeltjes. Het is daarom aan te bevelen de sonde jaarlijks te vernieuwen.

Uit controle-metingen (tabel 4) bleek dat de pH-meting niet stabiel was en na verloop van tijd een te hoge waarde aangaf. De meter op de installatie gaf de ingestelde pH weer (pH 4,5 of 4,0), de werkelijke pH was echter lager. Om grote afwijkingen te voorkomen moet de pH-meter eens per maand gecalibreerd worden.

Het calibreren van de pH-meter is in de praktijk niet eenvoudig omdat de meet-sonde op een slecht bereikbare plaats onder de roosters is gemonteerd. Bij nieuwbouw kan hiermee rekening worden gehouden door bijvoorbeeld de mestkanalen te verlengen tot buiten de stal, zodat de complete mixer en pH-sonde buiten de stal gemonteerd wordt.

Tabel 4 Controlemeting van de ingestelde pH in de kelder op ROC Bosma Zathe (stalperiode 1993 - '94).

Datum	Ingesteld	Controle
8-12	4,0	2,5
16-12	4,0	2,5
5-1	4,0	5,2
13-1	4,5	4,3
11-2	4,0	3,9
9-3	4,0	3,7
11-4	4,0	4,0

De storingen zijn door de leverancier van de installatie verholpen. Op basis van de opgedane ervaringen zijn de installaties aangepast. Zowel Limafix als DSM hebben gaandeweg het onderzoek geheel nieuwe installaties gebouwd. Deze zijn op beperkte schaal op praktijkbedrijven toegepast.

2.6 Corrosie

Het aspect corrosie of aantasting is te splitsen in twee deelaspecten, de corrosie van de mestopslag en de corrosie van de toedieningsapparatuur.

2.6.1 Corrosie mestopslag

De corrosie van de mestopslag is op de proefbedrijven Waiboerhoeve en ROC Bosma Zathe tweemaal bekeken door een betontechnologisch adviesburo (Dewez Bouwchemie). Uit dit onderzoek bleek een lichte aantasting van de keldervloer bij het doseerpunt van het zuur. Het onderzoek was niet zodanig uitgevoerd dat de corrosie bij aanzuren vergeleken kon worden met onbehandelde mest.

Intron (Instituut voor materiaal en milieu-onderzoek BV) heeft de aantasting van een viertal bouwmaterialen onderzocht (van Selst en Yue, 1991). Bekeken zijn portlandcement-A beton, hoogovencement-A beton, kalkzandsteen en metselmortel. Een groot aantal proefstukken zijn onderzocht op aantasting gedurende bewaring in en boven wel en niet aangezuurde mest. Gedurende 14 maanden zijn de proefstukken in laboratoriumopstellingen in verschillende soorten mest bewaard.

Uit de proeven bleek geen significant verschil in aantasting tussen aangezuurde en onbehandelde mest. Tijdens de experimenten bleek dat de pH na 6 maanden was gestegen tot ruim 7. Het pH-verloop van de mest vanaf de start van de proef tot de genoemde tijdstippen is onbekend. Alle mestsoorten zijn na 7 maanden vervangen door andere mest die ter plekke is aangezuurd. Ook hier is het pH-verloop van de mest niet bekend. De conclusie is dat door het oplopen van de pH tijdens de laboratoriumproeven geen duidelijkheid is omtrent de aantasting van de mestopslag.

2.6.2 Corrosie apparatuur

De corrosie van de verwerkings- en toedieningsapparatuur die in aanraking komt met aangezuurde mest is niet in het laboratorium onderzocht. De gebruikte mixers en het bijbehorende bevestigingsmateriaal zijn op de proefbedrijven behandeld met een coating. Deze coating is in de proef goed bestand gebleken tegen de corroderende werking van aangezuurde mest. Op ROC Bosma Zathe en de Waiboerhoeve is echter wel corrosie geconstateerd aan een stalen ring die om de mixer is aangebracht, de zogenaamde jet-ring. Binnen deze ring is het zuurdoseerpunt en de pH-sonde aangebracht. Doordat er direct contact is met het zuur was bij het zuurdoseerpunt de coating weg en de ring sterk aangetast.

Dit probleem is verholpen door deze ring van roestvaststaal te maken. Roestvaststaal is zuurbestendig.

Op ROC Bosma Zathe is in de stalperiodes 1992-'93 en 1993-'94 een schoepenrad (van de firma Hoopman) geplaatst in de kelder. Het schoepenrad was niet goed verzinkt. Na de eerste stalperiode was het rad al sterk gecorrodeerd. De conclusie is dat in veel gevallen bescherming met een coating volstaat. Materialen die in direct contact met het zuur komen dienen van roestvaststaal gemaakt te worden.

Wat betreft de aantasting van de mesttoedieningsapparatuur is weinig bekend. De gebruikte apparatuur was niet speciaal behandeld tegen corrosie. Zoals gebruikelijk was de apparatuur wel verzinkt. Er waren geen aanwijzingen dat de aantasting door aangezuurde mest groter was dan door onbehandelde mest.

2.7 Mesttoedieningsmethoden

Aangezuurde mest kan wegens de vergaande reductie van de ammoniak-emissie (zie paragraaf 3.1.3) in principe bovengronds worden toegediend met een mesttank voorzien van een goede en juist afgestelde spreidplaat. Op ROC Bosma Zathe is de aangezuurde mest gedurende drie seizoenen toegediend met een spreidplaat, de verticaal precisieverdeler van Eisele. Visueel was het resultaat bevredigend. Deze toedieningsmethode blijft echter windgevoelig. Bij iedere toediening is de dosering vastgesteld; gemeten per perceel waren giften vanaf 5 ton/ha en hoger te realiseren. De werkbreedte van een spreidplaat is enigszins variabel. Dit is een voordeel bij het toedienen van mest op percelen die geren of percelen met greppels.

Op de Waiboerhoeve is de aangezuurde mest meestal toegediend met een sleepslangenmachine. Hierbij wordt de mest in stroken van circa 5 cm breed en op onderlinge afstand van circa 20 cm neergelegd op de zode.

De verdeelnauwkeurigheid is onderzocht door het IMAG-DLO. Uit verdeelingsmetingen zijn een aantal variatiecoëfficiënten berekend. De variatiecoëfficiënt van kunstmeststrooiers is 10 - 15 %. Die van de onderzochte spreidplaten was circa 15 - 30 %. De verdeling bij gebruik van een spreidplaat hangt sterk af van de werkbreedte en de wind. De variatiecoëfficiënt van de stroken mest toegediend met de sleepvoeten/sleepslangenmachines is 10 - 15 % (Hendriks en Huijsmans, 1992/a en b). Bovendien is de verdeling door deze machines niet windgevoelig.

In principe kan wat betreft NH_3 -emissie de aangezuurde mest met een spreidplaat worden toegediend. Met een sleepslangen- of sleepvoetenmachine is

door de geringere windgevoeligheid een iets betere verdeling van de aangezuurde mest is te realiseren dan met een spreidplaat.

3 EMISSIES VAN DE MEST

A.J.H. van Lent

In dit hoofdstuk worden de processen in de mest beschreven. Hierbij komt de NH_3 -emissie aan de orde, denitrificatie, geuremissie en de vervluchtiging van een aantal gasen zoals CO_2 , H_2S en HCN .

3.1 Ammoniakemissie

Wat betreft ammoniakemissie was al bij de start van dit project al veel bekend uit ander onderzoek. In het kader van dit project zijn geen NH_3 -emissiemetingen meer gedaan, uitgezonderd enkele metingen met Lindvall-doos. In deze paragraaf zijn de resultaten van al het emissie-onderzoek (voornamelijk uit de literatuur) samengevat.

De ammoniakemissie uit de rundveehouderij is te splitsen in vier componenten: stal-, opslag-, toedienings- en beweidingsemis­sie. De NH_3 -emissie bij beweiden wordt niet beïnvloed door aanzuren. De NH_3 -emissiemetingen bij aanzuren richten zich dan ook op de staf, de opslag en de toediening.

3.1.1 Stalemissie

De met mest en urine bevuilde roostervloer veroorzaakt ongeveer 60 % en het mestoppervlak in de kelder ongeveer 40 % van de stalemissie (Kroodsma en Huis in 't Veld, 1989). Door de mest in de kelder aan te zuren kan de ammoniakemissie uit de stal dus met maximaal 40 % gereduceerd worden. Het werkingsprincipe van aanzuren wordt beschreven in paragraaf 2.1.

In figuur 3 (paragraaf 2.4) is een plattegrond weergegeven van Melkvee-3 op de Waiboerhoeve. Aan de ene zijde van de voergang werd de mest in de kelder aangezuurd. De andere zijde werd niet behandeld. Aan deze zijde werden voederproeven met een deel van het melkvee gedaan. Het jongvee was verdeeld over beide stalhelften, aan de onbehandelde kant is dit het jongste vee. In deze mestkelder werd eveneens het spoel- en reinigingswater uit de melkstal en wachtruimte geloosd. De onbehandelde (en de aangezuurde) mest werd steeds een dag voor de metingen gemengd om eventuele pleksgewijze verschillen op te heffen. Het rantsoen bestond uit gras- en maïssilage.

Om het effect van aanzuren op de NH_3 -emissie te bepalen is op de Waiboerhoeve met de Lindvall-doos gemeten.

Metingen

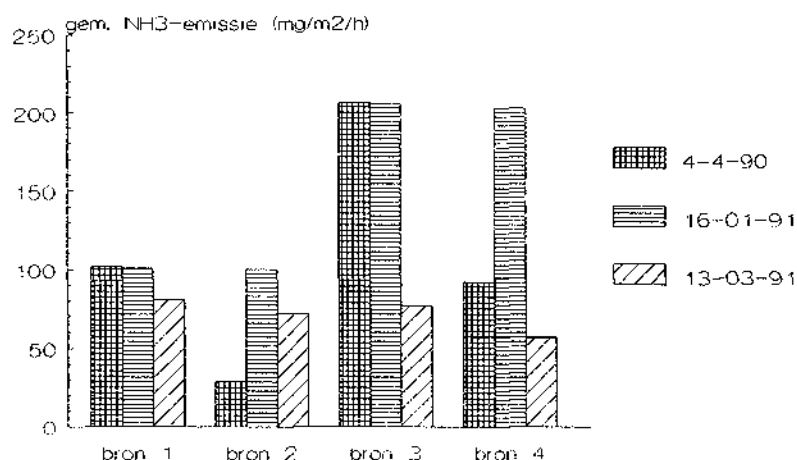
De metingen zijn uitgevoerd met de Lindvall-doos. De Lindvall-doos is een

monsternameapparaat dat op een emitterend oppervlak wordt geplaatst. Door een ventilator wordt een constante hoeveelheid (buiten)lucht door de doos geleid. Door aan de in- en uitlaat de ammoniakconcentratie te meten kan de ammoniakafgifte van de bron worden bepaald. De meetmethode is beschreven door Kant et al. (1992). De emissiemetingen hebben plaats gevonden tijdens drie meetdagen. Elke dag is een vergelijking uitgevoerd tussen aangezuurde en onbehandelde mest, voor en na het mengen.

Om de kelderemissie te kunnen meten werd een roosterelement verwijderd. Een tussenstuk (met een oppervlak dat gelijk was aan dat van de Lindvalldoos) werd in het gat gehangen. Op de bak werd vervolgens de Lindvalldoos geplaatst.

Resultaten

In figuur 6 zijn de resultaten van de emissiemetingen weergegeven.



Figuur 6 Kelder emissie

bron 1 :	aangezuurd voor mengen	bron 2 :	aangezuurd na mengen
bron 3 :	onbehandeld voor mengen	bron 4 :	onbehandeld na mengen

Uit figuur 6 is te concluderen dat op 4-4-'90 en 16-1-'91 zowel voor als na het mixen de NH₃-emissie van de aangezuurde mest lager is dan die van de onbehandelde mest.

Op 13-3-'91 was de emissie van de aangezuurde mest voor het mengen gelijk aan die van de onbehandelde mest. Na het mengen was de emissie van de aangezuurde mest iets hoger dan van de onbehandelde mest. Mogelijke oorza-

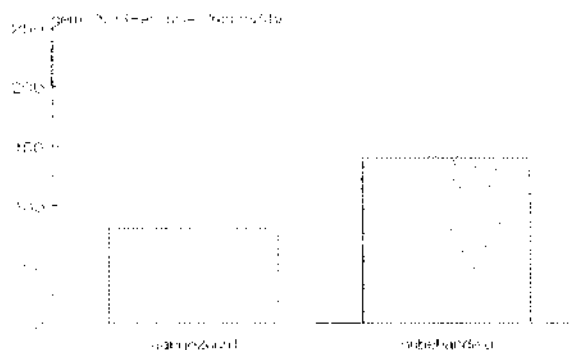
ken voor dit geringe verschil tussen aangezuurde en onbehandelde mest kunnen zijn :

- 1 de kelder met onbehandelde mest was enkele dagen van te voren te ver geleegd om met de Lindvalldoos te kunnen meten. Daarom is er oude onbehandelde mest met een laag drogestofgehalte uit de silo teruggepompt in de kelder.
- 2 proef met 7 x daags melken. Hierdoor is meer afvalwater bij de normale mest terecht gekomen, waardoor de mest verdund is.

De op de Waiboerhoeve gemeten kelderemissie van de onbehandelde mest was erg laag, gemiddeld circa 160 mg NH_3 per m^2 per uur. Metingen van het IMAG-DLO geven een emissieniveau van circa 300 mg NH_3 per m^2 per uur (Kroodsma en Huis in 't Veld, 1989).

Conclusie

In figuur 7 zijn alle metingen uit figuur 6 in twee groepen behandelingen verdeeld, namelijk aangezuurd en onbehandeld, en gemiddeld. De metingen voor en na mixen op de verschillende data zijn dus samen gevoegd.



Figuur 7 Gemiddelde kelder-emissie

Beide bronnen zijn verschillend. Naast het effect van aanzuren is tussen beide stalhelften ook verschil in vee en het lozen van afvalwater. Uit de gemiddelde meetresultaten blijkt dat aanzuren de kelderemissie met de helft reduceert. Echter de onbehandelde mest is verdund met water. Door het toevoegen van water wordt de ammonium- en ammoniakconcentratie in de mest en daardoor de ammoniak-emissie verlaagd. Daarnaast is niet bekend wat het effect is van het mengen van de onbehandelde mest (daags voor de metingen) op de ammoniak-emissie uit de kelder. Er vanuit gaande dat de kelder emissie 40 % bedraagt van de totale stalemissie, wordt met aanzuren de stalemissie met circa

20 % gereduceerd. Omdat het emissieniveau van de onbehandelde mest laag was, kan het reductiepercentage van aanzuren hoger zijn.

Het effect van aanzuren op de stalemissie is tevens gemeten op proefboerderij "De Vijf Roeden" van het IMAG-DLO. De proef is uitgevoerd in een mechanisch geventileerde jongveestal, waarin het ventilatie-debiet en de ammoniakconcentraties continu zijn gemeten. De gemiddelde emissiereductie door aanzuren bedroeg 34 % (Kroodsma et al. 1995). In de stalperiode 1993-'94 is getracht de rooster-emissie te beperken door de roosters periodiek te dompelen met aangezuurde mest. Wanneer naast aanzuren (in de kelder) de roosters één keer per drie of zes uur werden gedompeld bedroeg de emissiereductie respectievelijk 61 en 44 %.

In metingen in de Milieuonderzoeksstal met guste dieren werd door aanzuren een reductie van de stalemissie bereikt met 37 % (Bleijenberg et al. 1995). Door naast aanzuren de roosters te spoelen met 26 liter water per koe per dag bedroeg de emissiereductie 50 %.

De metingen van het IMAG-DLO in mechanisch geventileerde stallen geven een hogere emissiereductie dan de metingen met de Lindvall-doos op de Waiboerhoeve. Het verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het lage emissieniveau van de onbehandelde mest op de Waiboerhoeve. Daarnaast zou het verschil ook deels verklaard kunnen worden door het feit dat de metingen in de mechanisch geventileerde stal uitgevoerd zijn met jongvee en droogstaand vee. De metingen op de Waiboerhoeve zijn gedaan bij melkvee. Melkvee produceert meer mest per m² roosteroppervlak dan jongvee of droogstaand vee. Hierdoor zou het emissie reducerend effect van aanzuren bij melkvee iets kleiner kunnen zijn. De conclusie uit de verschillende onderzoeken is dat de stalemissie als gevolg van aanzuren met circa 20 - 35 % beperkt wordt.

3.1.2 Emissie uit de opslag

De emissie van aangezuurde mest in een niet afgedekte opslag is gemeten in een tweetal proeven met mini-silo's. In beide proeven is de emissie een aantal maanden gemeten met een Lindvalldoos. Telkens zijn twee silo's (duplo's) met aangezuurde mest vergeleken met een silo met niet aangezuurde mest. Uit de metingen bleek dat bij een pH van 4,2 de emissie 93 % lager was dan van onbehandelde mest (Demmers, 1991). Tijdens de proeven werd denitrificatie vastgesteld van de aangezuurde mest, gevolgd door een stijging van de pH en

de NH_3 -emissie. Als aangezuurde mest in de silo wordt opgeslagen, moet deze voorzien zijn van geautomatiseerde roer- en doseerapparatuur, waaronder een mixer, een pH-meter en zuurtoevoer.

3.1.3 Emissie na toediening

De emissie na het toedienen van mest in het algemeen en ook van aangezuurde mest verloopt heel snel. Het grootste deel van de totale emissie treedt op tijdens de eerste dag na toediening.

De emissie na bovengrondse toediening is veelvuldig vastgesteld. Hiervoor zijn twee meetmethoden gebruikt, de micrometeorologische massabalansmethode (ook wel meetmast-methode genoemd) en de windtunnelmethode. Beide methodes worden beschreven door Bussink et al. (1994).

Bij de metingen is telkens dunne rundermest gebruikt die tot verschillende pH's, in het traject tussen 3,9 en 6,6 was aangezuurd, zowel in de stal als kort voor het toedienen.

Bij de toediening is telkens een vacuumentank met spreidplaat gebruikt en in een aantal gevallen een sleepslangenmachine; de referentie was altijd onbehandelde mest toegediend met een spreidplaat. De emissiemetingen van de via de sleepslangenmachine toegediende aangezuurde mest, zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten van deze metingen hangen niet alleen af van de behandelingsmethode, nl aanzuren, maar ook van de toedieningsmethode. Alle metingen, waarbij de aangezuurde mest met een spreidplaat is toegediend zijn samengevat. De reductie is berekend ten opzichte van onbehandelde mest toegediend met een mesttank voorzien van een spreidplaat.

Op basis van de metingen volgens de micrometeorologische massabalansmethode was de conclusie dat aangezuurde mest met een pH van respectievelijk 4,5, 5,0 en 6,0 een reductie van de NH_3 -emissie geeft van 85, 72 en 55 %. Meer dan 50 % van de emissie van aangezuurde mest vond plaats op de eerste dag na toediening. Over het algemeen trad na 4 dagen geen emissie meer op.

Met de windtunnelmethode was de emissiereductie gemiddeld 74 % bij pH 4,5. De emissie duurde bij deze meetmethode langer dan bij de massabalansmethode, bovendien was de variatie tussen de metingen groter. De lagere reductie en het afwijkende patroon van de emissie bij de windtunnelmethode is het gevolg van de beïnvloeding van de omgevingsfactoren.

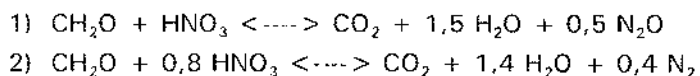
De NH_3 -emissie van aangezuurde mest kan theoretisch voorspeld worden op basis van temperatuur, pH van de mest, verdamping en de grondsoort (Bussink et al., 1994). Omgekeerd kan het model gebruikt worden om onder gegeven

omstandigheden de pH te berekenen waarbij voldaan wordt aan een bepaalde emissie-reductie. Uit het model blijkt dat wanneer voldaan moet worden aan een emissie-reductie van 80 %, de pH varieert tussen 6 (bij een temperatuur van 5 °C en een cumulatieve verdamping van 4 mm in vier dagen) en pH 4,5 (bij een temperatuur van 20 °C en een cumulatieve verdamping 16 mm in vier dagen), zowel op zand-, klei- als veengrond.

Ook in het buitenland is het reducerend effect van pH-verlaging van de mest op de ammoniak-emissie onderzocht. In Noord-Ierland vonden Stevens et al., (1992) een gemiddelde reductie van de NH_3 -emissie van 75 en 90 % bij respectievelijk met salpeterzuur aangezuurde mest van pH 6,5 en 6,0. Deze reducties zijn hoger dan die in Nederland gevonden zijn (Bussink et al., 1994). Dit is waarschijnlijk het gevolg van een iets afwijkende meetmethode. Daarnaast was in Noord-Ierland sprake van een iets lagere temperatuur, hogere mestgiftten en een lager drogestofgehalte van de mest.

3.2 Denitrificatie.

Bij het aanzuren van dunne rundermest met salpeterzuur (HNO_3) kan onder anaërobe omstandigheden denitrificatie optreden. Oenema en Velthof (1993) geven twee vereenvoudigde reacties voor denitrificatie die afzonderlijk of in combinatie kunnen optreden:



CH_2O is gemakkelijk afbreekbare organische stof. Met enkele proeven is vastgesteld hoeveel distikstofoxide (N_2O of lachgas) daarbij vervluchtigt.

Uit een literatuuronderzoek van Velthof (1990) is gebleken dat er mogelijkheden zijn om denitrificatierepressoren in behandelde mest toe te passen. Geconcludeerd werd dat onderzoek naar toevoegmiddelen gedaan kan worden als eerst meer bekend is over denitrificatie. Vooral nog zijn geen praktische mogelijkheden te verwachten.

3.2.1 Denitrificatie onder laboratoriumomstandigheden.

Door Japenga en Wiersma (1991) is op laboratoriumschaal de verandering in samenstelling nagegaan in aangezuurde (pH 4,2 en 4,7) en niet aangezuurde

mest (afkomstig van de Waiboerhoeve). De mest is bewaard bij een temperatuur van 15 °C en onderzocht na 30 en 160 dagen bewaring. Na 160 dagen waren de samenstellingen van de beide mestsoorten gelijk. De veranderingen traden op in de periode tussen 30 en 160 dagen na aanzuren en waren waarschijnlijk het gevolg van denitrificatie.

Oenema en Velthof (1993) onderzochten de vervluchtiging van onder meer N_2O met behulp van incubatie-proeven gedurende 6 maanden bij 15 °C. Het belangrijkste eindproduct van denitrificatie onder de anaërobe omstandigheden in aangezuurde mest was N_2O ; een groot deel van nitraat ging in deze vorm verloren. Indicatief werd vastgesteld dat bij denitrificatie 50 - 80 % als N_2O vervluchtigd, de rest als N_2 en NO (Oenema, 1994). Voor exacte uitspraken moet meer onderzoek gedaan worden.

De mest was aangezuurd in trappen van 0,5 pH-eenheid van 3 tot 5 en pH=6. De N_2O -emissie in μg per kg mest per uur was laag bij pH 3 tot 5, achtereenvolgens 0,21, 0,25, 0,25, 0,30 en 1,03 en hoog bij pH=6: 702 μg per kg mest per uur. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de mest in de kelder pH 4,5 of lager is. In niet aangezuurde mest was de N_2O -emissie zeer laag: < 0,01 μg per kg mest per uur. Opvallend was de snelle (na 12 dagen al) afbraak van nitraat en opbouw van hoge concentraties N_2O in de oppervlaktelagen tot 3 en 6 cm onder het mest-oppervlak. De aanwezigheid van zuurstof bevorderde dit proces.

3.2.2 Denitrificatie in de stal

Het nitraatverlies in de kelder als gevolg van denitrificatie is vastgesteld met nitraat-balansen. Een nitraatbalans bestaat uit een begin- en eindvoorraad nitraat en de hoeveelheid toegevoegde of afgevoerde nitraat. De begin- en eindvoorraad is vastgesteld door meting van de hoeveelheid mest in de kelder en het nitraat-gehalte door monsternamen. Daarnaast is de nitraataanvoer (via het zuur) en de nitraatafvoer gemeten bij bijvoorbeeld het overpompen naar de silo of het toedienen van aangezuurde mest. De mesthoeveelheden zijn, voor zover mogelijk, vastgesteld door weging. In alle andere gevallen is met niveaumetingen de mesthoeveelheid vastgesteld. De volumes zijn omgerekend naar gewichten met de aanname dat 1 m³ mest overeenkomt met 1040 kg. De gegevens van ROC Bosma Zathe staan samengevat in tabel 5. De gegevens van de proef op de Waiboerhoeve zijn samengevat in tabel 6.

Tabel 5 Mesthoeveelheden, zuurverbruik en nitraatverliezen op ROC Bosma Zathe

	1990-'91	1991-'92	1992-'93
Meetperiode	1 okt - 24 apr	1 okt - 1 apr	30 nov - 15 apr
pH	4,5	4,5	4,0
NH ₄ -N (kg/ton)	2,1	1,6	2,0
NO ₃ -N (kg/ton)	4,4	3,9	4,7
Hoeveelheid aangezuurde mest (ton)	559	620	540
Zuurverbruik (l)	17 000	16 700	15 000
„ (l/ton mest)	30,5	26,8	27,6
Nitraatverlies (%)	22	17	5

Uit tabel 5 blijkt dat de drijfllaagbreker (in de stalperiode 1991-'92) weinig effect had, het nitraatverlies is gedaald van 22 naar 17 %. In de stalperiode 1992-'93 is door het aanzuren tot pH 4,0 en het schoepenrad het nitraatverlies in de kelder afgenomen van 17 - 22 % in de voorgaande 2 jaar tot 5 %. Het effect van de afzonderlijke aanpassingen kan niet uit deze proef afgeleid worden. Ter vergelijking is op de Waiboerhoeve alleen tot pH 4,0 aangezuurd. Met deze proef kan een inschatting gedaan worden van het effect van het schoepenrad op het nitraatverlies (zie de tekst onder tabel 6).

Het gehalte van zowel ammonium- als nitraatstikstof van de mest verschilt per stalseizoen. Het ammoniumstikstof-gehalte varieerde tussen 1,6 en 2,1 kg/ton. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de verschillende rantsoenen van het vee tussen de stalperiodes. Het rantsoen van het vee is samengevat in bijlage 2.

Het nitraatstikstof-gehalte varieerde tussen 3,9 en 4,7 kg/ton. Deze verschillen worden veroorzaakt door verschillen in pH (4,0 en 4,5) en door verschillen in de mestsamstelling. In de stalperiode 1993-'94 bleek dat voor het aanzuren van 215 ton mest van pH 4,5 naar 4,0 circa 690 liter zuur nodig was. Dit komt neer op 0,6 kg NO₃-N extra per ton mest. De resterende veranderingen in het nitraatstikstof-gehalte worden veroorzaakt door verschillen in de mestsamstelling tussen de stalperiodes.

Het zuurverbruik wordt bepaald door de hoeveelheid zuur die nodig is om de mest op pH te brengen (afhankelijk van de mestsamstelling en de gewenste pH) en de hoeveelheid zuur die nodig is om de mest op pH te houden. Dit laatste om de hoeveelheid nitraat aan te vullen die door denitrificatie verloren

ging. Op ROC Bosma Zathe was het zuurverbruik in 1992-'93, ondanks de lagere nitraatverliezen iets hoger dan in het stalseizoen ervoor. Dit is het gevolg van de verlaging van de pH naar 4,0 en de veranderde mestsamstelling; het ammoniumgehalte is vrij sterk gestegen. In principe kan het zuurverbruik bij pH 4,0 per saldo lager zijn dan bij pH 4,5.

In de stalperiode 1992 - '93 is op de Waiboerhoeve de mest aangezuurd tot pH 4,0 in plaats van 4,5.

Tabel 6 Mesthoeveelheden, zuurverbruik en nitraatverliezen op de Waiboerhoeve

	1990-'91	1991-'92	1992-'93
Meetperiode	26 okt - 22 april	13 nov - 26 maart	18 febr - 13 mei
pH	4,5	4,5	4,0
NH ₄ -N (kg/ton)	1,8	1,6	1,7
NO ₃ -N (kg/ton)	3,8	3,7	4,3
Hoeveelheid aangezuurde mest (ton)	660	580	720
Zuurverbruik l/ton	23 400	15 600	17 700
„ l/ton mest)	35,3	27,0	24,9
Nitraatverlies (%)	30	20	6

Uit de proeven op de Waiboerhoeve blijkt dat door het aanzuren tot pH 4,0 het nitraatverlies uit de kelder vermindert tot 6 % ten opzichte van 20 - 30 % in de voorgaande jaren. Wanneer deze resultaten met die van de proef op ROC Bosma Zathe vergeleken worden kan hieruit afgeleid worden dat door toepassing van een schoepenrad bij pH 4,0 geen verdere reductie van het nitraatverlies te verwachten is. Mogelijk is met het schoepenrad ook pH 4,5 voldoende om het nitraatverlies te beperken.

Het gehalte aan ammoniumstikstof was in 1992-'93 0,1 kg per ton mest hoger dan het stalseizoen ervoor. Het nitraatstikstof-gehalte was 0,6 kg per ton hoger. Uit de proef bleek dat voor het aanzuren van pH 4,5 naar 4,0 circa 0,4 kg nitraatstikstof per ton nodig was (circa 730 liter zuur voor 346 ton mest). De veranderde mestsamstelling (zie b.v. het ammonium-gehalte) veroorzaakt de resterende toename van het nitraatstikstof-gehalte.

Ten opzichte van de stalperiodes 1990-'91 en 1991-'92 is het zuurverbruik gedaald. Ondanks een hoger verbruik was door het lagere nitraatverlies het

zuurverbruik lager.

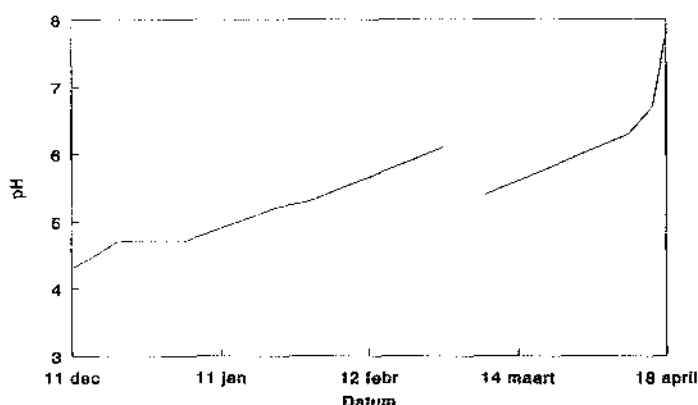
Bij de genoemde nitraatverliezen dient te worden opgemerkt dat deze sterk afhangen van de nitraatanalyse. Bij de aanvang van het onderzoek bleek al direct dat de laboratoria geen geschikte analysemethode voor nitraat gebruikten. Daarom is besloten alle analyses uit te laten voeren door het Milieulaboratorium van het IMAG-DLO. Na een tussentijdse aanpassing (in 1991) van de analyse geeft de analyse een betrouwbare uitslag (mondelinge mededeling Derikx, 1994).

3.2.3 Denitrificatie in de silo

Een deel van de mest die op de Waiboerhoeve en ROC Bosma Zathe in de kelder werd aangezuurd werd naar de silo overgepompt. Aanvankelijk waren de silo's niet op de aanzuurinstallatie aangesloten en kon de mest daar niet op de gewenste pH gehouden worden. Op ROC Bosma Zathe is in het voorjaar van 1990 de aangezuurde mest in de silo gedeeltelijk gedenitrificeerd. De pH steeg in 4 maanden van 4,5 naar bijna 6. Een deel van de nitraat ging hierbij verloren. Op de Waiboerhoeve deed zich hetzelfde verschijnsel voor in de stalperiode 1990-'91. Het verloop van de pH is weergegeven in figuur 8. Uit de figuur blijkt dat de pH van de mest al direct is gaan stijgen, zelfs al bij een lage temperatuur tussen 0 en 10 °C. Op 5 maart is er 50 m³ aangezuurde mest uit de kelder bijgepompt, waarna de pH daalde van 6,1 tot 5,4.

Vanaf 15 april is de aangezuurde mest in de silo versneld gedenitrificeerd. Dit proces werd zichtbaar doordat pleksgewijs schuim naar buiten trad door de op de mest drijvende korst. In een tijdsbestek van een week is het schuim ontstaan en ook weer verdwenen. Het maximale niveau dat het schuim bereikte, was zo'n 70 cm (bij een mestniveau van 70 cm).

Tijdens deze snelle denitrificatie heeft zich naast schuimvorming gelijktijdig een temperatuur stijging van de mest voorgedaan. Deze steeg in enkele dagen van 10 naar 24 °C. De gemiddelde buitenluchttemperatuur daalde in die week van ca 13 °C tot 4 °C. Het nitraatgehalte was bij het vullen van de silo (11 dec) 3,6 kg per ton mest. Aan het eind (18 april) was alle nitraat verdwenen.



Figuur 8 pH verloop van de aangezuurde mest in de silo op de Waiboerhoeve (1990 -'91).

Ook in de stalperiode 1991-

'92 is de aangezuurde mest in de silo gedenitrificeerd. Tijdens het denitrificeren hebben Velthof en Oenema (NMI) oriënterende metingen verricht van N_2O -emissie vanaf het mestoppervlak. De N_2O -emissie varieerde sterk over de verschillende meetplekken. Het emissie-niveau was erg hoog, tussen 3 en 949 mg N_2O -N per m^2 per uur (Velthof, 1992).

Op grond van de hierboven beschreven ervaring moet geconcludeerd worden dat mest die aangezuurd is in de kelder niet zonder meer kan worden opgeslagen in een silo. De silo moet worden aangesloten op de aanzuurinstallatie en voorzien worden van een electromixer, pH-meter en een zuurtoevoer.

Op ROC Bosma Zathe is in het voorjaar van 1991 de silo aangesloten op de aanzuurinstallatie. Vanaf dat moment is ook het nitraatverlies van de aangezuurde mest in de silo gemeten. Hierbij werd mest die reeds in de kelder was aangezuurd in de silo opgeslagen. Tevens werd onbehandelde mest in de silo aangezuurd.

De gegevens betreffende de proef zijn samengevat in tabel 7.

Tabel 7 Mesthoeveelheden, zuurverbruik en nitraatverliezen in de meetperiodes in de silo op ROC Bosma Zathe

	1990-'91	1991-'92	1992-'93
Meetperiode	16 jan - 24 april	7 nov - 1 april	30 nov - 15 april
pH	4,5	4,5	3,6
NH ₄ -N (kg/ton)	2,4	1,8	1,9
NO ₃ -N (kg/ton)	4,9	3,9	4,6
Hoeveelheid aangezuurde mest (ton)	182	104	-
Zuurverbruik (ltr)	6 034	2 280 ^{a)}	660 ^{b)}
Nitraatverlies	1,3 %	0 %	3 %

^{a)} In de silo is 104 ton onbehandelde mest aangezuurd, terwijl deze reeds 310 ton mest van pH 4,2 bevatte.

^{b)} In de silo is 660 liter zuur verbruikt op 354 ton mest om de mest pH te houden en verder aan te zuren tot pH 3,6.

Uit bovenstaande tabel blijkt dat het aanzuren en op pH houden van mest in de silo, wanneer dagelijks gemengd en eventueel aangezuurd wordt, nagenoeg geen nitraatverlies optreedt. Waarschijnlijk is dit het gevolg van een betere menging van de mest in de silo door de ronde vorm en het in verhouding geringe contactoppervlak tussen mest en silowand.

3.2.4 Denitrificatie na toediening

Bij de NH₃- en geuremissie genoemde proeven van Bussink et al., (1991), zijn tevens bepalingen van de N₂O-emissie uitgevoerd. De meetperiode was 7 dagen. De spreiding in de herhalingen was groot, de variatiecoëfficiënt was gemiddeld 54 %. Desalniettemin was de trend duidelijk dat de N₂O-emissie van het object met aangezuurde mest groter was dan die van het controle-object (geen organische mest of kunstmest) en die van het object met onbehandelde mest (zonder kunstmest). De grootste N₂O-emissie trad op tijdens de eerste dag na bemesting. Onbehandeld en controle verschillen niet veel. Omgerekend naar N₂O-N was de emissie op de proefobjecten 18, 23 en 43 gram per ha per dag. Landbouwkundig gezien is dit weinig: minder dan 0,5 kg N per ha ging verloren gedurende de eerste week na toediening van de mest. Daarnaast moet echter ook rekening worden gehouden met N₂-verliezen.

Door Oenema et al (1993) is in juni 1991 tevens de N₂O-emissie na oppervlakkige toediening van 10 tot 40 ton mest per ha onderzocht in drie potproe-

ven. Voor de metingen is gebruik gemaakt van gesloten ronde kamers ($\varnothing$ 60 cm en hoogte 20 cm) die op de proefplekken werden geplaatst. Uit het onderzoek bleek de N_2O -emissie bij toediening van onbehandelde mest heel gering. De N_2O -emissie na toediening van aangezuurde mest van pH 4,5 was hoger en was ongeveer gelijk aan de emissie na toediening van KAS (bij een vergelijkbare N-gift). Het stikstofverlies door N_2O -emissie was bij aangezuurde mest minder dan 0,1 % van de toegediende hoeveelheid minerale stikstof. Door na oppervlakkige toediening te berekenen nam de N_2O -emissie toe. Het N-verlies liep hierbij op tot 1,6 % van de toegediende hoeveelheid minerale stikstof.

3.3 Geuremissie

De geuremissie tijdens en na de toediening van dunne mest wordt beïnvloed door de weersomstandigheden en de verspreidingsmethode. De geuremissie uit stal en opslag wordt bepaald door de weersomstandigheden, de stalinrichting en de ventilatiecapaciteit van de stal. Bij de mestsilos is de mate waarin het mestoppervlak is afgedekt medebepalend.

Geur wordt bepaald door een groot aantal componenten. Een deel daarvan zijn vluchtige vetzuren (VVZ), deze geven dus slechts een indicatie van de geur. VVZ omvat de volgende zuren: azijnzuur, propionzuur, iso-boterzuur, boterzuur, iso-valeriaanzuur en valeriaanzuur. Op ROC Bosma Zathe en de Waiboerhoeve is van een groot aantal mestmonsters het gehalte aan VVZ bepaald. De gehalten zijn weergegeven in bijlage 5, tabel 1 tot en met 4. Het totale gehalte van VVZ is per stalperiode gemiddeld en weergegeven in tabel 8.

Tabel 8 Gehalte VVZ (totaal) in de mest (g/liter)

	aangezuurde mest		onbehandelde mest
	kelder	silo	kelder
ROC Bosma Zathe			
1990	5,7	7,8	8,1
'90/'91	2,2	5,4	9,8
'91/'92	1,2	1,0	7,0
Waiboerhoeve			
1990	3,5	n.b.	10,0
'90/'91	2,0	1,3	6,5
'91/'92	1,6	1,6	5,6

In 1990 toen het aanzuren is gestart, is in het voorjaar een grote hoeveelheid mest van enkele maanden oud in korte tijd aangezuurd. Op ROC Bosma Zathe bleek dat de VVZ-gehalten van de aangezuurde mest in de kelder hoog waren. De VVZ-gehalten waren slechts een fractie lager dan die van de onbehandelde mest in de kelder. In de daarop volgende jaren is telkens alleen maar mest direct na de produktie door het vee aangezuurd. In de mestkelder zowel op Waiboerhoeve als op ROC Bosma Zathe was het totale gehalte aan VVZ in de aangezuurde mest circa 3 tot 6 keer zo laag dan van de onbehandelde mest. Daaruit kan worden afgeleid dat in vers aangezuurde mest minder VVZ geproduceerd worden.

Ditzelfde beeld is ook te zien bij de aangezuurde mest in de silo. Op de Waiboerhoeve is alleen mest in de silo opgeslagen die in de kelder vers was aangezuurd. Op ROC Bosma Zathe is in het voorjaar van 1990 alleen mest in de silo opgeslagen die pas enkele maanden na produktie was aangezuurd. Het VVZ-gehalte was nagenoeg gelijk aan dat van de onbehandelde mest. In 1990-'91 is deels mest opgeslagen die in de kelder vers was aangezuurd en deels wat oudere onbehandelde mest die ter plekke is aangezuurd. Het VVZ-gehalte was circa de helft lager dan de onbehandelde mest. In 1991-'92 tenslotte is alleen mest opgeslagen die in de kelder vers was aangezuurd. Het VVZ-gehalte van de mest in de silo was zelfs iets lager dan dat van de vers aangezuurde mest in de kelder.

De afzonderlijke VVZ-componenten vertoonden hetzelfde beeld als het totale VVZ-gehalte.

3.3.1 Geuremissie uit stal en silo

De geurafgifte van aangezuurde dunne rundermest in de stal is niet onderzocht. De proeven zijn uitgevoerd in "praktijk"stallen, waarbij slechts een deel van de mest werd aangezuurd. De indruk bestaat dat na aangezuurd te zijn het dagelijks toevoegen en mengen geen verhoogde mestgeur veroorzaakt.

In onderzoek van Demmers (1991) is aangezuurde mest opgeslagen in niet afgedekte minisilo's en vergeleken met onbehandelde mest. Bij de monsternamen voor de geuremissie-metingen is gebruik gemaakt van de Lindvalldoos, teflonzakken en een geurpaneel. Door de grote variatie kon geen uitspraak gedaan worden over het effect van aanzuren op de geuremissie.

3.3.2 Geuremissie na toediening

De geuremissie na toediening van de aangezuurde mest op de proefbedrijven

ROC Bosma Zathe en Waiboerhoeve gaf vooral in 1990 aanleiding tot klachten. In 1990 was de mest grotendeels aangezuurd enkele maanden na productie door het vee (zie paragraaf 3.3.1). Zowel door onderzoekers als medewerkers van de proefbedrijven werd ervaren dat de geur van aangezuurde mest na toedienen lang waarneembaar was. De geur was bij droog weer tot ruim een week na toedienen waarneembaar. De geur van aangezuurde mest werd persoonsafhankelijk zowel meer als minder aangenaam ervaren dan die van onbehandelde mest.

Bussink (1989) bepaalde de geuremissie met de micrometeorologische methode (zie paragraaf 3.1.3) na toediening van 10 ton aangezuurde mest (pH 5,1) per ha. De emissie was anderhalf uur na toediening 51 % lager dan van onbehandeld. Daarna was het beeld wisselend. De conclusie was dat er weinig verschil was in geuremissie tussen aangezuurde en onbehandelde mest.

De Bode (1990/c) onderzocht de geuremissie vanaf het moment van toedienen tot en met 48 uur later, met de micrometeorologische methode. De metingen zijn in twee perioden in 1990 uitgevoerd. De mestgift bedroeg 10 m³/ha, op veengrond. In het onderzoek is gelijktijdig zowel het effect van de aanzuurmethode onderzocht als de methode van toedienen. Er is kort voor het toedienen aangezuurde mest (pH resp. 6,7 en 6,3) en in de kelder aangezuurde mest onderzocht (pH resp. 5,0 en 4,9), beide toegediend met een sleepslangenmachine. De onbehandelde mest is zowel met een sleepslangenmachine als een spreidplaat toegediend.

De conclusie was dat de methode van aanzuren geen effect had op de cumulatieve (totale) geuremissie. Bij toediening met een sleepslangenmachine was de cumulatieve geuremissie van beide soorten aangezuurde mest gelijk aan die van onbehandelde mest. De toedieningsmethode had wel effect op de geuremissie. Toediening met de sleepslangenmachine (bij zowel aangezuurde als onbehandelde mest) verminderde de cumulatieve geuremissie met 19 tot 60 % ten opzichte van onbehandelde mest toegediend met een spreidplaat.

Bussink et al (1991) verrichtten in maart 1990 onderzoek naar de geuremissie van in de kelder aangezuurde mest van pH = 3,9. Hierbij werd circa 7 ton per ha met een spreidplaat toegediend. Bij het meten gedurende 3 dagen is gebruik gemaakt van de micrometeorologische methode. Gedurende 3 dagen, waarbij begonnen was op dag 2 na toediening, werd 5 keer een monster genomen. Gemiddeld was de geuremissiesnelheid van onbehandelde mest 43 geureenhe-

den per m² per seconde en van aangezuurde mest 25 ge/m²/sec. De conclusie was dat bij toediening met de spreidplaat er geen grote verschillen waren in geuremissie van aangezuurde en onbehandelde mest.

In vervolg op voorgaand onderzoek is door Bruins (1991) het effect van de aanzuurmethode op de geuremissie onderzocht met de tunnelmethode. De mest werd aangezuurd kort voor het toedienen (pH = 5,5) of in de mestkelder van de stal (pH = 4,0). De mestgift was 10 ton per ha. Uit de cumulatieve geuremissie (ge/m² per 5 dagen) werd geconcludeerd dat de geuremissie niet significant veranderde door de mest kort voor het toedienen aan te zuren. De spreiding was groot. In alle gevallen trad de hoogste geuremissie op direct na toediening en was na 2 - 3 uur sterk afgenomen. Een aanwijzing was dat de geuremissie van in de stal aangezuurde mest hoger was dan van onbehandelde of kort voor het toedienen aangezuurde mest.

Door Steunenberg en Roos (1991) werd in juli 1991 de geuremissie onderzocht. Zowel aangezuurde als onbehandelde rundermest werd toegediend (circa 15 ton/ha) met de spreidplaat, de sleepvoetenmachine en de zodebemester. Onderzocht is onbehandelde, kort voor het toedienen aangezuurde mest en aangezuurde mest uit de kelder en silo. De geuremissie werd vastgesteld door monsternamen met een oppervlakte-bemonsterings-apparaat (OBA) waarmee telkens 1 m² werd bemonsterd met teflon-zakken (inhoud 40 liter).

Op de eerste dag na toediening werden de OBA's een uur voor de monsternamen verplaatst. De geurconcentratie-metingen zijn uitgevoerd op de tijdstippen 2 (in duplo), 12, 24, 48, 96 en 168 uur na toediening.

De onderzoekers concludeerden uit de meetresultaten dat het grootste deel van de geuremissie binnen de eerste 12 uur na toedienen plaats vond. Alleen bij de sleepvoetenmachine was de emissie over de gehele meetperiode van 7 dagen gelijkmatig en belangrijk lager dan bij de andere varianten. De geuremissie in de periode 12 - 168 uur na toediening varieerde in alle gevallen nauwelijks; de gemeten geurconcentraties waren van dezelfde orde van grootte als de achtergrond. De resultaten worden besproken aan de hand van de metingen die 2 uur na toedienen uitgevoerd zijn, zie tabel 9.

Tabel 9 Geuremissie van de diverse objecten (bron: Steunenbergh en Roos, 1991).

Mestsoort	Herkomst	pH	Toedieningsmethode	Geuremissie op tijdstip 2 uur (ge/m ² /h)	Geuremissie-reductie ^{a)} (%)
Onbehandeld	kelder	7,5	spreidplaat	59 800	-
„	kelder	7,5	zodebemester	13 700	77
Aangezuurd	batch ^{b)}	5,5	spreidplaat	61 000	0
„	silo	4,1	spreidplaat	27 500	54
„	kelder	4,5	spreidplaat	16 300	73
„	kelder	4,5	sleeppoet	3 560	94

^{a)} De geuremissie-reductie is berekend ten opzichte van onbehandelde mest, toegediend met de spreidplaat, 2 uur na toedienen.

^{b)} De term batch wil zeggen dat één bepaalde hoeveelheid mest kort voor het toedienen is aangezuurd.

Uit de tabel blijkt dat de geuremissie van de mest die kort voor het toedienen was aangezuurd (pH 5,5) iets hoger was dan van onbehandelde mest. Beide mestsoorten werden met de spreidplaat toegediend.

De geuremissie van aangezuurde mest uit de kelder en silo, met de spreidplaat toegediend, was respectievelijk 73 en 54 % lager ten opzichte van de onbehandelde mest met de spreidplaat toegediend. Bij de toediening van aangezuurde mest uit de kelder werd met de sleeppoetenmachine een reductie van de geuremissie behaald van 78 % ten opzichte van de spreidplaat.

Concluderend heeft het onderzoek naar de geuremissie geen exacte resultaten opgeleverd. Uit alle onderzoeken, behalve dat van TNO, werd geconcludeerd dat de geuremissie van aangezuurde mest gelijk was aan die van onbehandelde mest. De beschreven onderzoeken zijn op verschillende wijzen uitgevoerd. Over het algemeen nam de geuremissie na toedienen in korte tijd (2 - 12 uur) snel af. In de praktijk wordt echter juist vaak ervaren dat de aangezuurde lucht langer waarneembaar is dan die van onbehandelde mest. Bij toediening met een spreidplaat lijkt de geuremissie van aangezuurde mest uit silo's en stallen niet groter te zijn dan van onbehandelde mest. Daarnaast kan op basis van twee afzonderlijke proeven geconcludeerd worden dat door toediening van de aangezuurde mest met de sleeppoetenmachine en in iets mindere mate met de sleepslangenmachine de geuremissie sterk verminderd kan worden.

3.4 Vervluchtiging overige gassen

Op ROC Bosma Zathe is door de Gezondheidsdienst voor Dieren voor Noord-Nederland een aantal metingen uitgevoerd in de stal gedurende drie stalseizoenen (1989-'90, '90-'91 en '91-'92).

De metingen zijn uitgevoerd met zogenaamde gasdetectiebuisjes (van Dräger). De proefopzet is gaandeweg het onderzoek aangepast. In het eerste jaar, begin 1990 is gestart met metingen van de concentraties van de volgende gassen: NH_3 , CO_2 , HCN , H_2S en CH_4 . Er zijn metingen uitgevoerd op drie meetdagen. In principe zijn de gasconcentraties gemeten aan beide zijden van de stal (de onbehandelde en de aangezuurde zijde), zowel onder de roosters als op dierhoogte. Tevens is bij aanzuren gemeten direct na het mengen (en aanzuren van de mest). Omdat in de stal verschillende groepen dieren zijn gehuisvest, zijn een aantal metingen uitgevoerd in de afzonderlijke delen van de stal (voor en achter) en verdeeld over de stal.

De resultaten zijn weergegeven in bijlage 3.

Uit de metingen blijkt dat zowel voor als na het mixen, onder de roosters en op dierhoogte aan de aangezuurde zijde geen HCN , H_2S en CH_4 gemeten is. Ook aan de onbehandelde zijde worden deze gassen niet aangetroffen. Er zijn geen metingen gedaan tijdens of na het mengen van de onbehandelde mest. Uit de literatuur is hiervan echter bekend dat hoge (dodelijke) concentraties van deze gassen gemeten zijn (Counotte, 1988). Hieruit kan geconcludeerd worden dat uit eenmaal aangezuurde mest en bij het aanzuren van de dagelijks vers geproduceerde mest geen HCN , H_2S en CH_4 geconstateerd werd.

Op basis van deze conclusie zijn de metingen van de HCN , H_2S en CH_4 -concentratie later in de proef niet meer herhaald.

De NH_3 - en CO_2 -concentraties boven de roosters hangen sterk af van de tijdens de metingen heersende windrichting. Hierdoor kan in sommige gevallen lucht van de ene zijde van de stal naar de andere verplaatst worden.

Onder de roosters is vaak de NH_3 -concentratie aan de aangezuurde zijde lager dan aan de onbehandelde zijde. Wat betreft CO_2 is er geen duidelijk verschil. Tenslotte kan geconcludeerd worden dat door het mixen van de aangezuurde mest de NH_3 -concentratie onder de roosters daalt en de CO_2 -concentratie stijgt. Dit is het gevolg van het aanzuren van de toplaag van verse mest. Hierbij wordt NH_3 gebonden en CO_2 uitgestoten.

In 1990-'91 en '91-'92 wordt deze conclusie bevestigd. Vooral in de buurt van de mixer treedt bij een hoog mestniveau drijfslaagvorming op in de aangezuurde kelder. De CO_2 - en NH_3 -concentraties onder de roosters is op deze

meetdagen aanzienlijk hoger.

Op ROC Bosma Zathe zijn oriënterende metingen gedaan aan de rand van de silo, tijdens het aanzuren van 100 m³ onbehandelde mest. De silo was niet afgedekt. De metingen zijn uitgevoerd direct boven het mestoppervlak aan de zijzijde van de heersende windrichting. De gemeten concentraties staan vermeld in tabel 10. In dezelfde tabel staan ook de MAC-waardes van de gemeten gassen vermeld. De MAC-waarde is de maximale arbeidsconcentratie op de arbeidsplaats.

Tabel 10 Gasconcentraties bij het aanzuren van onbehandelde mest in de silo.

Gas	Concentratie	MAC-waarde
NH ₃	0,3 ppm	50 ppm
CO ₂	0,012 vol %	0,5 vol %
H ₂ S	2 ppm	10 ppm
NO + NO ₂	0 ppm	9 mg/m ³

Uit de tabel kan afgeleid worden dat de gemeten concentraties tijdens de proef geen direct gevaar voor mens en dier opleverden.

Bij de start van een kelderinstallatie, bij het aanzuren in de silo en bij het aanzuren kort voor toedienen is een kleine hoeveelheid anti-schuimmiddel nodig dat alvorens het zuur toe te dienen door de mest gemengd moet worden. Hierdoor kan gas ontsnappen zonder schuimvorming (van Lent, 1991/a).

Onderzoek van Oenema et al (1992) toonde aan dat de toevoeging van HNO₃ de vorming van methaan (CH₄) vrijwel geheel stil legde. Tijdens de bewaarperiode van 160 dagen was de CH₄-produktie in de niet aangezuurde mest ongeveer 3 l per kg, in aangezuurde mest minder dan 3 ml per kg.

Door Bussink et al (1991) is de methaanemissie na toediening gemeten. In de proef waren geen duidelijke verschillen tussen de objecten waarop aangezuurde mest was toegediend en de objecten met onbehandelde mest en zonder enige bemesting. De CH₄-concentraties in de atmosfeer van de fluxkamers varieerden van 1 tot 6 ppm, hetgeen gelijk of iets hoger was dan de gemiddelde atmosferische CH₄-concentratie van 1,7 ppm. De spreiding in de herhalingen was groot.

4 N-HUISHOUDING EN BODEMVRUCHTBAARHEID

A.J.H. van Lent, R.L.M. Schils en J. Hassink

4.1 Verandering pH

Onbehandelde dunne rundermest werkt licht verzurend op grasland. Theoretisch gezien werkt aangezuurde mest iets sterker verzurend. Berekeningen toonden aan dat bij gebruik van aangezuurde dunne rundermest een extra bekalving nodig is van 38 tot 68 kg CaO per ha per jaar bij respectievelijk 141 en 255 kg N uit aangezuurde dunne rundermest. Uitgedrukt in kg kalkmeststof (50 % zbw) is dit 75 - 140 kg per ha per jaar of 300 - 550 kg per ha eens per 4 jaar (Versteeg, 1988).

Door Schils et al. (1994) werd in een maaiproef na drie jaar geen verschil in pH van de bodem gevonden tussen toediening van KAS en aangezuurde mest, zie paragraaf 5.1.4. Op ROC Bosma Zathe daalde de pH van de bodem in drie jaar licht, op de Waiboerhoeve veranderde de pH niet.

Boxem en Zonderland (paragraaf 6.3) constateerden in een systeemvergelijking met toediening van aangezuurde mest en onbehandelde mest, waarin grasland zowel gemaaid als beweid werd, gedurende vier jaar geen verschil in pH van de bodem. Binnen dit onderzoek is op een zestal percelen de N-mineraal voorraad van de bodem gevolgd. In de proef werd na drie jaar geen verschil in pH gevonden tussen bemesting met aangezuurde mest en onbehandelde mest aangevuld met kunstmest (zie paragraaf 4.3).

De conclusie is dat, in tegenstelling tot de berekeningen, uit het onderzoek op ROC Bosma Zathe en de Waiboerhoeve bleek dat aangezuurde mest geen extra verzurende werking heeft ten opzichte van KAS of onbehandelde mest aangevuld met KAS.

Op grond van theoretische overwegingen werd geconcludeerd dat aangezuurde mest geen significant additioneel effect heeft op de mobilisatie van fosfor, aluminium en zware metalen in de bodem (Oenema en Postmus, 1991 en Oenema, 1989).

4.2 Bodemvoorraad minerale stikstof in maaiproeven

In 1990 en 1991 werd op een maaiproef op zand en klei (Schils et al., 1994) de bodemvoorraad van minerale stikstof (N) bepaald na 4 sneden. De gebruikte meststoffen waren KAS, onverdunde aangezuurde mest en verdunde aangezuurde mest. De hoeveelheid toegediende minerale N varieerde van 0 tot ruim 500 kg per ha. In tabel 11 staan de resultaten.

Tabel 11 Stikstofgift (kg/ha) en voorraad minerale stikstof (kg/ha) in de bodem van 0-80 cm na vier sneden.

Meststof	zand				klei			
	1990		1991		1990		1991	
	gift	bodem	gift	bodem	gift	bodem	gift	bodem
<i>Controle</i>	0	35	0	28	0	37	0	25
<i>KAS</i>	160	40	160	30	160	32	*	*
	320	46	320	58	320	36	*	*
	480	91	480	97	480	86	*	*
<i>Aangezuurd, verdund</i>	187	42	175	39	178	45	162	18
	298	47	296	35	291	43	276	22
	416	89	321	79	379	39	348	26
	542	107	454	119	496	45	475	34
<i>Aangezuurd, onverdund</i>	349	67	279	59	340	39	297	32
	435	109	389	89	436	45	396	41

* niet bepaald

Uit de tabel blijkt op zandgrond een tendens dat bij aangezuurde mest een iets hogere accumulatie optrad bij vergelijkbare giften (na vier snedes). Op kleigrond was geen verschil in bodemvoorraad van minerale stikstof tussen aangezuurde mest en KAS.

Op zandgrond trad een duidelijke opbouw van minerale stikstof op bij een toenemende stikstofgift. Op kleigrond daarentegen neemt de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem nauwelijks toe bij een stijgende stikstofgift. Dit verschil tussen zand en klei hangt samen met de stikstofonttrekking door het gras. Op klei nam de stikstofopbrengst (hoeveelheid stikstof in geoogste gras) lineair toe bij een toenemende stikstofgift. Stikstof kan dan beperkend geweest zijn en dus vindt er geen accumulatie plaats in de bodem. Op zand nam de stikstofopbrengst degressief toe bij een toenemende stikstofopbrengst. Het gras kan niet meer stikstof opnemen en er vindt accumulatie plaats in de bodem.

4.3 Bodemvoorraad minerale stikstof in beweidingsproeven

4.3.1 Proefopzet

Op ROC Bosma Zathe is de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem gemeten van 6 percelen. Drie percelen zijn bemest met bovengronds, breedwerpig verspreide aangezuurde mest: A1, A2, A3 (A = aanzuren). Drie andere percelen zijn bemest met onbehandelde mest met de zodebemester: O1, O2, O3 (O = onbehandeld).

Er zijn bodemmonsters genomen van vier lagen: 0 - 20 cm, 20 - 40 cm, 40 - 60 cm, 60 - 80 cm. In het eerste jaar van dit onderzoek is per perceel een mengmonster gemaakt van iedere laag voor analyse. Ieder mengmonster bestond uit 40 steken. De monsternamen vond plaats vanaf het voorjaar en vervolgens na iedere snede (voor de volgende bemesting).

Om de nauwkeurigheid te verhogen is vanaf het voorjaar van 1991 de proefopzet gewijzigd. Vanaf dat moment zijn per perceel 60 mengmonsters van iedere laag genomen in plaats van 40 in 1990. Daarnaast zijn vanaf dat moment slechts drie keer per jaar monsters genomen: aan het begin van het groeiseizoen: maart, aan het einde van het groeiseizoen: september en vlak voor de winter: november.

In de monsters is het gehalte ammonium-N, nitraat-N en het droge stofpercentage gemeten. De minerale N-gehalten zijn de som van de nitraat-N en de ammonium-N gehalten. De percelen liggen gespreid over het land van het proefbedrijf. Er zijn aanzienlijke verschillen tussen de percelen t.a.v. onder andere de grondsoort (wel of geen keileem) en bijvoorbeeld de historie van het perceel (de percelen met de code 3 zijn enkele jaren geleden aangekocht, dit is schrale zandgrond met een laag organisch stofgehalte). Een deel van de percelen ligt aan de overkant van een weg en worden op een verschillende manier gebruikt. De percelen dichtbij de stal zijn vooral voor beweiding van het melkvee. De percelen aan de overkant van de weg worden meer gemaaid of beweïd door het jongvee. De percelen A1 en O1, A2 en O2, A3 en O3 zijn per tweetal (percelen met code 1, 2 of 3) steeds goed vergelijkbaar omdat deze dicht bij elkaar liggen.

In bijlage 7, tabel 8 en 9 staan de bodemanalyses betreffende organische stof en N-totaal van de bodem (0 - 5 cm).

4.3.2 Bemesting en gewasopbrengst

De werking van de aangezuurde mest t.o.v. KAS is op basis van maaiproeven (zie paragraaf 5.1) gesteld op gemiddeld 95 % van de in de mest aanwezige minerale N ($\text{NH}_4\text{-N}$ en $\text{NO}_3\text{-N}$). Voor de onbehandelde mest (die met de zodebemester is toegediend) is met een werking van 85 % van de hoeveelheid minerale N (alleen $\text{NH}_4\text{-N}$) gerekend. Opgemerkt moet worden dat de mest ook nog organische N bevat die later beschikbaar kan komen voor het gewas. Uit de mestanalyses in bijlage 1 is het gehalte organische stikstof in de mest af te leiden. De hoeveelheid organische N die via mest is toegediend, was voor beide systemen van mesttoediening in de jaren 1990 en 1992 gelijk. In 1991 was het organische stikstofgehalte van de aangezuurde mest 0,5 kg/ton hoger dan die van de onbehandelde mest.

De hoeveelheden organische mest en de hoeveelheden werkzame N uit organische mest en kunstmest die zijn toegediend staan in tabel 12.

Tabel 12 Gemiddelde mestgift (ton/ha) en stikstofgift (kg werkzame N/ha).

	1990		1991		1992	
	aanzuren	onbehandeld	aanzuren	onbehandeld	aanzuren	onbehandeld
Mestgift	36,2	35,6	37,7	36,1	42,6	35,5
N-gift	289	322	273	319	324	306

Van de proefpercelen is de droge stofopbrengst bij maaien gewogen. Bij beweiden is de ds-opname berekend. Per diercategorie is het aantal dieren en de beweidingdagen vastgesteld. Voor elke diercategorie is met een dagelijks vaste opname gerekend, gecorrigeerd voor bijvoeding. De gegevens zijn samengevat in tabel 13. Het perceelsgebruik, te weten maaien of weiden, is weergegeven in bijlage 7 tabel 9.

Tabel 13 Gemiddelde drogestofproductie (ton/ha)

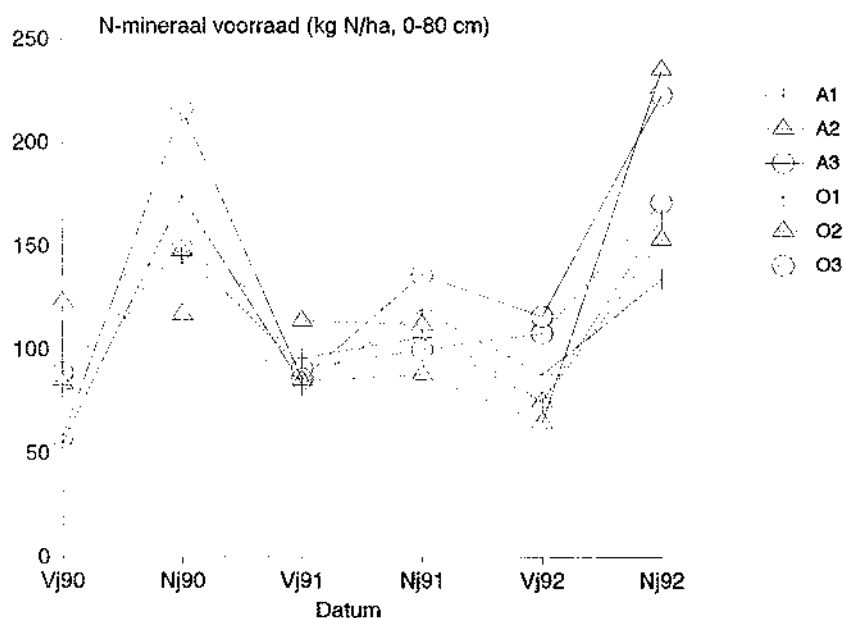
	1990		1991		1992	
	aanzuren	onbehandeld	aanzuren	onbehandeld	aanzuren	onbehandeld
Maaien	6,9	7,2	4,7	5,4	6,8	7,0
Weiden	6,4	6,6	7,5	7,3	6,0	6,3
Totaal	13,3	13,9	12,2	12,7	12,8	13,3

Gemiddeld is de droge stofproductie van de percelen die met onbehandelde mest en kunstmest zijn bemest circa 0,5 ton/ha per jaar hoger. In 1990 en '91 wordt dit toegeschreven aan de iets hogere stikstofbemesting. Gemiddeld is in alle jaren ongeveer de helft van de droge stof geoogst door maaien, de andere helft door beweiden. De verschillen tussen de onderlinge percelen op jaarbasis zijn beperkt.

4.5.3 Bodemvoorraad minerale stikstof.

Een volledig overzicht van de bodemvoorraad aan minerale N die op alle percelen in de afzonderlijke lagen gemeten werd, staat in bijlage 7, tabel 3 tot en met 7. In figuur 9 worden alleen de totale hoeveelheden N-mineraal in de laag van 0 - 80 cm besproken die in het voor- en najaar in de grond aanwezig waren. In het najaar waren telkens twee monsternamen-tijdstippen. In de verwerking van de resultaten is telkens de hoogst gemeten waarde gebruikt, omdat deze maatgevend is voor potentiële verliezen aan minerale stikstof. Aangenomen wordt dat minerale N die tijdens het groeiseizoen in de bodem accumuleert door het gras kan worden opgenomen, terwijl de hoeveelheid N mineraal die in het najaar in de grond aanwezig is voor het grootste deel verloren kan gaan (via uitspoeling en denitrificatie).

Uit figuur 9 blijkt dat de percelen een verschillend verloop in de bodemvoorraad aan minerale stikstof vertonen. Vooral in 1990-'91 (en deels ook in het najaar van 1992) is de variatie tussen de metingen groot. Dit kan een gevolg zijn van de afwijkende proefopzet, vanaf 1991 zijn voor elke bemonsterde laag meer steken genomen (60 steken per laag in plaats van 40). Hierdoor zou de nauwkeurigheid van de resultaten hoger kunnen zijn. Wat betreft het perceelsgebruik zijn er duidelijke verschillen. Bij beweiding worden aanzienlijke hoeveelheden stikstof onregelmatig verdeeld over het perceel. Dit kan een eveneens een groot deel van de variatie in de bodemvoorraad van minerale stikstof verklaren. In enkele gevallen is bij percelen die veel geweid en weinig gemaaid de bodemvoorraad van minerale stikstof duidelijk hoger dan percelen waar minder geweid is. De jaarinvloeden waren ook erg groot: in 1991 trad er weinig accumulatie van minerale N op, terwijl dit in 1990 en vooral in 1992 wel gebeurde. Er waren geen consistente verschillen in de hoeveelheid minerale N tussen aangezuurde en onbehandelde mest (aangevuld met kunstmest). Het jaar van meting en het perceelsgebruik zijn veel bepalender voor de hoeveelheid minerale N dan het mesttoedieningssysteem.



Figuur 9 Bodemvoorraad minerale stikstof (de doorgetrokken lijnen zijn van aangezuurde mest de stippellijnen van onbehandelde mest).

Het verlies van minerale N is geschat als de afname van de hoeveelheid minerale N in de bodem tussen het najaar en het volgende voorjaar. Het verlies in de winter van 1992-'93 is niet berekend omdat de bodemvoorraad van minerale stikstof in het voorjaar van 1993 niet bepaald was. De resultaten zijn weergegeven in tabel 14.

Tabel 14 Potentieel verlies van minerale stikstof (kg N/ha)

Perceel	1990-'91		1991-'92	
	Aanzuren	Onbehandeld	Aanzuren	Onbehandeld
1-groep	91	49	31	31
2-groep	32	34	23	35
3-groep	130	58	20	0
Gemiddeld	84	47	25	22

Uit tabel 14 blijkt dat het jaar waarin gemeten wordt en het perceelsgebruik een grote invloed had op het potentiële verlies van minerale stikstof in de winterperiode. Vooral in 1990-'91 is de variatie tussen de metingen groot. Dit kan een gevolg zijn van de afwijkende proefopzet, vanaf 1991 zijn voor elke bemonsterde laag meer steken genomen. De verschillen tussen bemesting met aangezuurde mest en onbehandelde mest in 1991-'92 zijn gering.

Tenslotte was er geen verband tussen de droge stofopbrengst en de bodemvoorraad minerale stikstof in het najaar.

Aan het eind van elk jaar is de pH in de bodemlagen van de verschillende percelen gemeten. De gegevens staan vermeld in bijlage 7, tabel 8. Uit de metingen bleek dat aangezuurde mest geen extra verzurende werking heeft ten opzichte van onbehandelde mest aangevuld met kunstmeststikstof. De pH was over het algemeen zelfs iets hoger (maximaal 0,2 eenheden) bij de percelen waar aangezuurde mest werd toegediend dan bij de percelen waar onbehandelde mest werd toegediend.

5. STIKSTOF- EN FOSFAATWERKING EN GRASOPBRENGST

A.J.H. van Lent en R.L.M. Schils

In dit hoofdstuk wordt met name het onderzoek naar de stikstofwerking van aangezuurde mest beschreven. Op ROC Bosma Zathe en de Waiboerhoeve zijn specifieke maaiproeven aangelegd. Verder is de droge-stofproductie op "praktijk-percelen" gemeten door stroken uit te maaien.

5.1 Stikstofwerking bepaald in maaiproeven

In deze paragraaf volgen de belangrijkste resultaten van een driejarig onderzoek op zand en klei naar de stikstofwerking van aangezuurde mest. Het hele onderzoek is uitvoerig beschreven door Schils et al. (1994).

5.1.1 Materiaal en methoden

Het onderzoek werd uitgevoerd op de Waiboerhoeve te Lelystad en ROC Bosma Zathe te Ureterp. Op de Waiboerhoeve werd het onderzoek uitgevoerd op een acht jaar oude zode, die in de voorgaande jaren vrijwel uitsluitend gemaaid is. De grondsoort was een jonge kalkrijke zeeklei. Op ROC Bosma Zathe werd een één jaar oude zode gebruikt, die in het voorgaande jaar afwisselend beweide en gemaaid was. Het was een zeer fijne zandgrond met een pH van 5,6.

In het onderzoek werd het effect van enkelvoudige en meervoudige toediening vastgesteld. Hier worden alleen de meervoudige toedieningen besproken, omdat die voor de praktijk het belangrijkste zijn. De behandelingen (tabel 15) bestonden uit 4 achtereenvolgende toedieningen (maart, mei, juni en juli) van aangezuurde mest of KAS. De blanco (C0) werd niet bemest met stikstof. De KAS behandelingen N1, N2 en N3 kregen respectievelijk 40, 80 en 120 kg N per ha per toediening. De proefvelddoseermachine, die in dit onderzoek gebruikt werd, kon onder de 10 m³ per ha niet nauwkeurig doseren. Om toch voldoende nauwkeurig te bemesten werd de aangezuurde mest verdund met een gelijke hoeveelheid water (VM). De mest-behandelingen VM1, VM2, VM3 en VM4 kregen een hoeveelheid mest waarmee respectievelijk ongeveer 40, 60, 80 en 120 kg minerale N per ha per toediening gegeven werd. Onverdunde aangezuurde mest (OM) werd toegediend op de behandelingen OM3 en OM4 op een niveau van respectievelijk 80 en 120 kg N per ha per snede. De vijfde en zesde snede werden niet bemest met stikstof.

De mest werd bovengronds toegediend met vier spreidplaten op een breedte

van 2,6 m. De mest werd aangevoerd vanuit de (continu aangezuurde) mestkelders op ROC Bosma Zathe en de Waiboerhoeve. In bijlage 8, tabel 2 is de gemiddelde samenstelling van de mest weergegeven. Alle veldjes kregen ruim voldoende P_2O_5 en K_2O .

Het gras werd geoogst met een Haldrup proefveldmaaier. In bijlage 8, tabel 1 zijn de bemestings- en oogstdata weergegeven.

Tabel 15 Minerale N-gift (kg per ha) bij meervoudige toediening.

KAS	mest		1	2	snede	
	verdund	onverdund			3	4
C0	C0	C0	0	0	0	0
N1	VM1		40	40	40	40
	VM2		60	60	60	60
N2	VM3	OM3	80	80	80	80
N3	VM4	OM4	120	120	120	120

Voor de aanvang van het onderzoek werden grondmonsters (0-5 cm) genomen voor analyse van P, K, organische stof en pH. In de volgende jaren werden vergelijkbare monsters genomen op de behandelingen C0, VM4 en N3. In 1990 en 1991 werden bovendien op alle behandelingen grondmonsters genomen van de lagen 0-20, 20-40, 40-60 en 60-80 cm. Deze monsters werden genomen voor de eerste mesttoediening en na de oogst van de vierde snede. Ze werden geanalyseerd op NH_4 -N en NO_3 -N (zie 4.4).

Tevens werd bij aanvang van het onderzoek de botanische samenstelling vastgesteld. Dit werd herhaald in de tweede snede van de daaropvolgende jaren op de behandelingen VM3 en N2.

Door een onjuiste toediening van KAS is in het voorjaar van 1991 op de Waiboerhoeve niet goed bemest. Doordat de exact gegeven hoeveelheid niet meer achterhaald kon worden ontbreken dan ook de resultaten van de behandelingen N1, N2 en N3 in dat jaar.

5.1.2 Droge-stofopbrengst en stikstofopbrengst

De droge-stofopbrengsten en stikstofopbrengsten werden gebruikt om responscurves te maken van de volgende vorm: $Y = F + (A - F)R^N$, waarbij Y de cumulatieve (1, 2, 3 of 4 sneden) droge-stofopbrengst of stikstofopbrengst is, F is een kwalitatieve factor die de meststof (KAS, VM of OM) weergeeft en N is de minerale N-gift. De cumulatieve opbrengsten tot en met de vierde snede en de daarbij horende regressielijnen zijn in bijlage 8 weergegeven in de vorm van

"drie kwadranten figuren". Als voorbeeld is de figuur van de proef op ROC Bosma Zathe van 1991 afgebeeld.

In kwadrant IV is de N-opbrengst weergegeven als functie van de N-gift. De stikstofopbrengst op de onbemeste veldjes bedroeg 50 tot 100 kg per ha op beide lokaties. Op de Waiboerhoeve was de N-respons bijna lineair tot de hoogste N-giften, terwijl op ROC Bosma Zathe de N-respons afnam bij toenemende N-giften, vooral in 1990 en 1991. De N-respons van KAS en onverdunde aangezuurde mest was altijd hoger dan die bij verdunde aangezuurde mest. Op ROC Bosma Zathe werd de droge stof minder efficiënt geproduceerd (kwadrant I) met aangezuurde mest dan met KAS. Dit duidt op een negatief effect van de mest. Tot slot wordt in kwadrant II de droge-stofopbrengst uitgezet als functie van de N-gift. Op de onbemeste veldjes (CO) varieerde de droge-stofopbrengst van ongeveer 2 tot bijna 6 ton per ha. De maximale opbrengsten waren op de Waiboerhoeve hoger dan op ROC Bosma Zathe, maar de vierde snede werd op de Waiboerhoeve twee tot vier weken later geoogst. De hoogste opbrengst varieerde van 11,4 tot 16,8 ton per ha.

5.1.3. N-werking

Om de N-werking te beoordelen worden de volgende begrippen gehanteerd;

- stikstofrecovery = % van de toegediende N dat met het gras wordt geoogst,
- stikstofefficiency = kg geproduceerde ds (gras) per kg toegediende stikstof,
- werkingscoëfficiënten = de werking (%) van de meststof (op basis van N of ds) vergeleken met KAS

De stikstofrecovery, stikstofefficiency, en werkingscoëfficiënten werden berekend met de uit het regressie-model gefitte droge-stofopbrengsten en N-opbrengsten bij een niveau van 80 kg N per ha per snede. De gegevens staan vermeld in tabel 16.

Tabel 16 N-recovery, werkingscoëfficiënt stikstof (WC-N), N-efficiency en werkingscoëfficiënt droge stof (WC-ds) bij 80 kg N per ha per snede

jaar snede		N-recovery (%)			WC-N (%)		N-efficiency (kg ds/kg N)			WC-ds (%)	
		KAS	OM	VM	OM	VM	KAS	OM	VM	OM	VM
<i>Waiboerhoeve</i>											
90	1	74	86	75	116	102	24	30	29	127	121
90	1-2	80	84	70	106	87	24	26	24	108	100
90	1-3	81	82	72	102	90	23	25	24	107	104
90	1-4	81	80	73	98	90	25	26	25	104	102
91	1	-	98	80	-	-	-	39	35	-	-
91	1-2	-	95	85	-	-	-	36	37	-	-
91	1-3	-	88	78	-	-	-	31	32	-	-
91	1-4	-	88	78	-	-	-	31	31	-	-
92	1	88	97	94	111	107	35	43	41	122	117
92	1-2	89	95	88	107	99	33	35	33	107	100
92	1-3	87	87	84	99	96	35	36	34	104	99
92	1-4	86	82	77	95	90	33	34	32	100	95
<i>ROC Bosma Zathe</i>											
90	1	69	74	64	107	94	32	34	32	103	98
90	1-2	76	68	66	88	86	29	26	27	92	94
90	1-3	92	80	72	87	78	30	27	26	90	87
90	1-4	93	81	76	87	82	30	26	26	89	88
91	1	70	70	61	101	87	29	25	23	89	78
91	1-2	79	81	69	102	87	32	30	28	94	89
91	1-3	75	74	65	98	86	27	25	24	90	88
91	1-4	77	77	68	99	89	26	24	23	90	88
92	1	84	103	84	122	100	29	33	29	111	97
92	1-2	87	103	81	117	92	31	33	28	106	91
92	1-3	77	83	70	109	91	27	28	25	102	93
92	1-4	78	81	69	104	89	27	27	25	97	90

Er waren geen consistente verschillen in de N-recovery en N-efficiency van KAS tussen de lokaties en sneden. De N-recovery van onverdunde aangezuurde mest was altijd hoger dan die van verdunde aangezuurde mest. Dit geldt in mindere mate ook voor de N-efficiency. De lagere N-recovery van verdunde mest werd voor een deel gecompenseerd door een efficiëntere droge-stofproductie.

Van de eerste naar de gecumuleerde vierde snede namen de werkingscoëfficiënten af, behalve in 1991 op ROC Bosma Zathe. In de meeste gevallen was de N-recovery en N-efficiency van aangezuurde mest hoger dan die van KAS. Na vier sneden kon de N-recovery als volgt gerangschikt worden: KAS groter dan/gelijk aan onverdunde aangezuurde mest groter dan verdunde aangezuurde mest. De N-efficiency kon als volgt geordend worden: KAS groter dan/gelijk aan

onverdunde aangezuurde mest groter dan/gelijk aan verdunde aangezuurde mest.

5.1.4. Bodemkenmerken

In tabel 17 zijn de effecten op enkele bodemparameters (0-5 cm) en de botanische samenstelling samengevat. Op de Waiboerhoeve bleef de pH vrijwel constant, terwijl op ROC Bosma Zathe de pH daalde bij alle behandelingen, met name in het laatste jaar. Er waren geen verschillen in pH tussen bemesting met aangezuurde mest en KAS.

De ontwikkeling van de botanische samenstelling werd niet beïnvloed door de meststof (zie bijlage 8, tabel 3).

Tabel 17 Organische stofgehalte en pH in de bodem (0-5 cm)

datum	behandeling	N-niveau (kg N/ha)	organische stof (%)	pH
<i>Waiboerhoeve</i>				
15-3-90	start proef		11,2	7,0
12-3-91	controle	0	12,5	6,9
19-3-92		0	11,2	7,1
3-3-93		0	10,9	7,0
12-3-91	verdunde	496	11,6	7,0
19-3-92	aangezuurde	475	12,7	6,5
3-3-93	mest	662	12,7	7,0
12-3-91	KAS	480	12,9	6,9
19-3-92		480	12,0	6,8
3-3-93		480	11,8	6,9
<i>ROC Bosma Zathe</i>				
8-3-90	start proef		7,8	5,6
6-3-91	controle	0	8,2	5,4
19-3-92		0	7,9	5,5
1-3-93		0	8,4	5,1
6-3-91	verdunde	542	8,4	5,5
19-3-92	aangezuurde	454	8,6	5,4
1-3-93	mest	550	8,9	5,1
6-3-91	KAS	480	8,2	5,3
19-3-92		480	8,5	5,2
1-3-93		480	8,3	4,9

5.1.5. Discussie en conclusie

De verschillen tussen onverdunde en verdunde mest werden mogelijk veroorzaakt door een hogere denitrificatie bij verdunde mest. Voor de praktijk zijn de resultaten met onverdunde aangezuurde mest het meest relevant. Er werd een duidelijke afname van de stikstofwerking gevonden in de loop van de tijd. Het lijkt dan ook zinvol om een opsplitsing te maken naar de N-werking in het voorjaar en de N-werking in de overige sneden. Bij een toenemende temperatuur neemt de ammoniakvervluchtiging toe en daalt de N-werking. Alhoewel tussen ROC Bosma Zathe en de Waiboerhoeve verschillen werden geconstateerd in de N-werking, is het niet duidelijk of deze toe te schrijven zijn aan de grondsoort, aan de ouderdom van de zode of aan de botanische samenstelling. En omdat de verschillen maar klein zijn kunnen voor de praktijk de resultaten van beide lokaties gemiddeld worden. Tevens zijn de uiteindelijke verschillen tussen de werking op basis van de droge-stofopbrengst en N-opbrengst zeer gering.

De uiteindelijke conclusie luidt: De stikstofwerking van aangezuurde mest, berekend op basis van de minerale N in de mest, bedroeg gemiddeld voor de eerste snede 110 % en voor de latere sneden 90 %.

5.2 Stikstof-effect van mest op droge-stofopbrengst bij zandgrond

Binnen het beweidingsonderzoek op ROC Bosma Zathe (zie hoofdstuk 6) is het effect van twee systemen van mesttoediening onderzocht. Het doel van de proef was het meten van het stikstof-effect: de ds-productie van het gras in relatie tot de stikstofbemesting. In de proef zijn twee oppervlakten grasland met elkaar vergeleken, waarop 2 vergelijkbare groepen melkkoeien werden omgeleid.

5.2.1 Proefopzet

Bij zowel de percelen die met aangezuurde mest als met onbehandelde mest zijn bemest is de opbrengst van de eerste 4 sneden van 6 percelen vastgesteld. De onbehandelde mest werd toegediend met de zodebemester. Dit gebeurde in 2 keer, ongeveer 17 m³/ha voor de eerste snede en eenzelfde hoeveelheid voor de derde snede. Bij toediening is uitgegaan van een N-werking van 1,5 kg per ton mest voor de eerste snede na toediening en 0,5 kg voor de tweede snede na toediening. Dit werd aangevuld met kunstmeststikstof (MAS 22 % N, 8 % MgO). De overige sneden zijn steeds bemest met alleen kunstmest-N.

De aangezuurde mest werd in de 1990 - 1992 met een spreidplaat toegediend, in 1993 met de sleepvoetenmachine. Voor de eerste 4 sneden is steeds

alleen aangezuurde mest toegediend.

Voor elke bemesting met dunne rundermest werden 10 stroken per perceel met plastic afgedekt en kregen dus geen organische mest. Bij het aanleggen van de stroken zijn mestflatten en urinebrandplekken zoveel mogelijk ontweken. Vlak voor het inscharen of maaien van de eerstvolgende snede werden de stroken zonder organische mest gemaaid. Per strook werd op enkele meters afstand een stroken gemaaid waarop wel organische mest was toegediend.

Om de nawerking van de stikstof uit de onbehandelde mest in respectievelijk de tweede en vierde snede vast te stellen, zijn dezelfde stroken gemaaid dan die van de eerste en de derde snede. Bij de aangezuurde mest zijn voor elke snede de stroken op een nieuwe plek aangelegd. Door dit verschil in behandeling kunnen beide systemen niet onderling met elkaar vergeleken worden. De resultaten worden daarom apart besproken.

5.2.2 Resultaten onbehandelde mest

De resultaten van de afzonderlijke jaren staan in bijlage 9 (tabel 1). In tabel 18 staan de gemiddelde resultaten.

Tabel 18 Gemiddelde N-gift en ds-opbrengst bij toediening van onbehandelde mest

snede	stikstofgift in kg/ha			dagen ^{a)}	maaiopbrengst in kgds/ha		N-effect (kg ds/kg N)
	kunst mest	organ. mest ^{b)}	totaal		zonder org. mest	met org. mest	
1	56	25	81	51	2528	2928	16
2	49	9	58	77	1949	1927	-2
tot 1 + 2	105	34	139		4477	4855	11
3	27	27	54	17	1881	1794	-3
4	37	9	46	42	1268	1443	19
tot 3 + 4	64	36	100		3149	3237	2

^{a)} aantal dagen tussen de bemesting met organische mest en "oogst" van de maaistroken.

^{b)} gem. 2,3 kg minerale N per ton mest, waarvan 85 % werkzaam (= 2 kg N per ton), 1,5 kg N voor eerste en 0,5 kg N voor tweede snede na toediening.

De eerste snede is gemiddeld 51 dagen na de bemesting met organische mest geoogst. Bij de tweede snede bedroeg dit gemiddeld 77 dagen. Gemiddeld over 4 jaar is er met de extra stikstof uit onbehandelde mest in de eerste snede 400 kg droge stof per ha meer geoogst bij een opbrengstniveau van de, niet met organische mest bemeste, stroken van ruim 2500 kg ds per ha. In de tweede snede is er een wat lagere opbrengst op de stroken die met organische mest zijn

bemest. Opgeteld is bij de bemeste stroken in de eerste en tweede snede gemiddeld 378 kg ds per ha meer geoogst of omgerekend 11 kg ds per kg extra N.

De derde snede is gemiddeld 17 dagen na de bemesting geoogst. Op de stroken met organische mest bleek zelfs 87 kg ds per ha minder te staan dan op de stroken zonder organische mest. Dit zou een gevolg kunnen zijn van het snijden in de graszode. De vierde snede is gemiddeld 42 dagen na de bemesting geoogst. Op de stroken met organische mest is 175 kg ds per ha meer geoogst dan op de stroken zonder organische mest. De meeropbrengst van de bemeste stroken in de derde en vierde snede opgeteld was 88 kg ds per ha ofwel 2,4 kg ds per kg extra N.

De veronderstelling dat van de onbehandelde mest, na toediening met een zodebemester, 1,5 kg stikstof werkzaam is in de eerste snede na toediening en 0,5 kg in de tweede snede bleek onder de proefomstandigheden onjuist. De onbehandelde mest werkte bij de eerste toediening alleen in de eerstvolgende maaisnede, van nawerking was geen sprake. Bij de tweede toediening, voor de derde snede, werkte de stikstof uit de onbehandelde mest pas in de tweede snede na toediening.

5.2.3 Resultaten aangezuurde mest

De resultaten van de met aangezuurde mest bemeste stroken zijn weergegeven in bijlage 9 (tabel 2) en staan samengevat in tabel 19. Omdat de aangezuurde mest van 1990 t/m 1992 met een spreidplaat is toegediend en in 1993 met de sleepvoetenmachine zijn deze resultaten apart in de tabel weergegeven.

Tabel 19 N-gift en ds-opbrengst bij toediening van aangezuurde mest (in 1990 - '92 met spreidplaat, in 1993 met sleepvoetenmachine)

	snede	stikstofgift (kg N/ha)			dagen ^{a)}	ds-opbrengst (kg/ha)		N-effect (kg ds/kg N uit org mest)
		kunst mest	organ. mest ^{b)}	totaal		zonder org mest	met org. mest	
spreidplaat	1	4	74	78	48	1362	2748	18
sleepvoet		-	76	76	47	1556	2943	19
spreidplaat	2	-	59	59	19	2124	2586	8
sleepvoet		-	54	54	16	2327	2661	6
spreidplaat	3	-	52	52	20	1728	2056	6
sleepvoet		-	53	53	16	2052	2351	6
spreidplaat	4	-	47	47	22	1752	2055	6
sleepvoet		-	51	51	21	1979	2256	5

^{a)} het aantal dagen tussen de bemesting met organische mest en de "oogst" van de maaistroken.

^{b)} gemiddeld mineraal N gehalte in de aangezuurde mest: van 1990 - '93 respectievelijk 6,65; 6,24; 5,63 en 6,50 kg/ton.

De eerste snede is gemiddeld 47 dagen na de bemesting geoogst. In dit systeem is op de niet met mest bemeste stroken ook geen kunstmest-N gestrooid, met uitzondering van een kleine aanvullende gift voor de eerste snede in 1992.

Vooral bij de eerste snede is het verschil tussen wel en geen stikstof op zandgrond goed te merken. De 78 kg (minerale) stikstof uit met de spreidplaat toegediende aangezuurde mest gaf een meeropbrengst van 1390 kg droge stof per ha, wat neerkomt op een N-effect van 18 kg ds per kg N. De aangezuurde mest die met de sleepvoetenmachine was toegediend gaf 19 kg ds per kg toegediende stikstof.

De stroken die in de volgende snedes gemaaid zijn, zijn telkens op nieuwe plekken aangelegd. Deze stroken hadden de voorgaande snede wel een stikstofbemesting gekregen. Het verschil tussen de wel en niet bemeste stroken was daardoor in de latere snedes kleiner dan in de eerste snede. De met de spreidplaat toegediende aangezuurde mest gaf een meeropbrengst van ruim 460 kg ds per ha, 8 kg ds per kg N. Met de sleepvoetenmachine toegediende aangezuurde mest gaf een meeropbrengst van 6 kg ds per kg stikstof.

Bij de derde snede werd bij de met de spreidplaat toegediende aangezuurde mest 328 kg ds per ha meer geoogst, 6 kg ds per kg N. Bij de met de sleepvoe-

tenmachine toegediende aangezuurde mest werd eveneens 6 kg ds per kg stikstof geoogst.

Bij de vierde snede werd bij de met de spreidplaat toegediende aangezuurde mest 303 kg ds per ha meer geoogst, dit is 6 kg ds per kg N. Bij de sleepvoetenmachine werd 5 kg ds per kg stikstof geoogst.

De stikstofwerking van de aangezuurde mest toegediend met de sleepvoetenmachine is slechts gedurende één jaar bepaald. De stikstofwerking kwam redelijk overeen met de aangezuurde mest die met de spreidplaat was toegediend.

5.3 Stikstof-effect van mest op droge-stofopbrengst bij kleigrond

Op de Waiboerhoeve is in de jaren 1990 t/m 1992 een onderzoek gedaan naar de grasproductie bij toediening van aangezuurde mest. De percelen zijn zowel gemaaid als geweid. De aangezuurde mest is met een sleepslangenmachine toegediend. Er is telkens voor de eerste 4 à 5 snedes mest toegediend, zonder kunstmeststikstof.

5.3.1 Proefopzet

In de proef zijn ieder jaar drie proefpercelen met aangezuurde mest bemest. Per perceel zijn per mesttoediening 10 stroken afgedekt met plastic. Deze stroken hebben geen aangezuurde mest gehad, maar een vergelijkbare hoeveelheid stikstof uit kunstmest. De stroken zijn voor iedere maai- of weidesnede gemaaid. Enkele meters verwijderd van deze stroken is een strook gemaaid die wel met aangezuurde mest was bemest. Tijdens het beweiden is de tussentijdse bijgroei van gras niet gemeten.

De proefstroken van zowel kunstmest als organische mest zijn per snede op nieuwe plaatsen gelegd. Bij de eerste toediening is op de stroken waar kunstmeststikstof is toegediend tevens P en K kunstmest gestrooid. De hoeveelheid P en K was gelijk gehouden aan de hoeveelheid die met de organische mest was toegediend. In de latere snedes is alleen met kunstmeststikstof bemest, er vanuitgaande dat in de vorige snede voldoende P en K gegeven is. De hoeveelheid aangezuurde mest die is toegediend, was berekend uit de gewenste stikstofgift en het stikstofgehalte van de mest.

De bemestingen van de proefpercelen en -stroken per snede zijn weergegeven in bijlage 6, tabel 1 tot en met 3. De jaaroverzichten staan in tabel 20. In principe is telkens op dezelfde dag de aangezuurde, de onbehandelde en kunstmest toegediend. Uit de tabellen blijkt dat de gerealiseerde N-gift bij

aanzuren afwijkt van de streefgift; de gift op de kunstmeststroken. Deze afwijking varieert tussen 10 % te weinig en 20 % teveel stikstof op jaarbasis. Deze fout treedt op, zowel bij hoge (25 ton/ha) als lage mestgift (9 ton/ha). De afwijkingen in N-gift is het gevolg van een foutieve dosering van de mestgift en enige variatie van N-mineraal gehalte van de mest in de tijd.

Tabel 20 Bemesting van de proefpercelen

	Aangezuurde mest		Kunstmeststroken
	Mestgift (ton/ha)	N-gift (kg/ha)	N-gift (kg/ha)
1990	78	383	410
1991	60	330	310
1992	57	313	289

5.3.2 Resultaten

De droge stofopbrengsten en de daaruit berekende werking van de aangezuurde mest zijn weergegeven in bijlage 6, tabellen 1 tot en met 3. De gegevens zijn samengevat in tabel 21. Hierbij moet worden opgemerkt dat in de proef geen stroken met een nul-opbrengst zijn aangelegd. De stikstof-efficiency is dus niet gecorrigeerd voor de nul-opbrengst. Daarnaast is de gemeten opbrengst beïnvloed door een eventuele weiderest. Bovendien was de N-gift niet altijd gelijk bij aangezuurde mest en KAS. Dit beïnvloedt de N-efficiency.

Tabel 21 Gemiddeld stikstof-effect en werkingscoëfficiënt.

	DS-opbrengst (ton/ha)		Stikstof-efficiency (kg ds/kg N)		Werkingscoëfficiënt_ds (% t.o.v. KAS)
	aangezuurde mest	kunstmest	aangezuurde mest	kunstmest	
1990	13,9	14,2	36	35	105
1991	12,8	12,9	39	42	93
1992	10,8	10,9	34	38	91

De N-efficiëntie daalt naarmate de N-gift hoger wordt. Door verschillen in stikstofgift tussen de objecten aangezuurde mest en kunstmest kunnen de N-efficiënties en de hieruit berekende werkingscoëfficiënten van de aangezuurde mest dus niet zonder meer vergeleken worden met die van KAS. Uit bovenstaande tabellen blijkt dan ook dat wanneer de N-gift bij aanzuren hoger is dan die op de kunstmeststroken, de werkingscoëfficiënt van de aangezuurde mest

lager is dan 100 %. Wanneer de werkingscoëfficiënten van enkele percelen met een gelijke N-bemesting met elkaar vergeleken worden, kan geconcludeerd worden dat de werkingscoëfficiënt circa 100 % bedraagt.

5.4 Fosfaatwerking in potproeven

Door van Dijk (1989/b) is in een potproef (P-arme zandgrond) met Engels raaigras de P-werking van aangezuurde dunne rundermest onderzocht in vergelijking met monocalciumfosfaat (MCP). De aangezuurde mest werd toegediend in hoeveelheden van 0 tot 132 ton per ha in één gift, waarna vier snedes geoogst zijn.

De conclusies waren:

- uit de ds-opbrengst en de P-opname door het gras was af te leiden dat de P-werking van aangezuurde rundermest bij giften van 0, 8 en 16 ton per ha niet verschilde van die van MCP. Bij giften in het traject van 33 en 132 ton per ha trad bij aangezuurde mest in deze potten zoutschade op. Hierdoor werkte MCP bij deze giften beter. De conclusie is dat bij giften zoals die in de praktijk gebruikelijk zijn de fosfaatwerking van aangezuurde mest overeen komt met die van MCP.
- uit grondonderzoek naar het effect van onderzochte mesten op P-toestand als P_w of $P-AI$, kon worden afgeleid dat de P-werking van aangezuurde rundermest lager was dan die van MCP. Dit is vergelijkbaar met wat bekend is over de werkingscoëfficiënt van onbehandelde rundermest.

Door van Dijk (1989/a) is de fosfaadbemesting van grasland via mest verrijkt met salpeterzuur berekend. Wanneer grasland met een fosfaattoestand van de grond "voldoende" vóór de eerste snede wordt bemest met circa 12 ton dunne rundermest, dan is de P_2O_5 -gift circa 22 kg P_2O_5 per ha in plaats van de geadviseerde hoeveelheid van 45 kg. Uit proefresultaten is gebleken dat de opbrengst van de eerste snede dan nauwelijks lager is dan bij de adviesgift. Het is echter wel noodzaak om op jaarbasis de totale fosfaatbehoefte van het grasland te dekken, omdat anders de fosfaattoestand van de grond terug gaat lopen.

6 GRASLANDGEBRUIK EN MELKPRODUKTIE

Tj. Boxem en J. Zonderland

6.1 Proefopzet

Op ROC Bosma Zathe is de haalbaarheid van het regelmatig toedienen van aangezuurde dunne rundermest vergeleken met onbehandelde dunne rundermest. Het onderzoek is uitgevoerd gedurende vier groeiseizoenen van 1990 tot en met 1993. Beide systemen omvatten 12,6 ha grasland verdeeld over 11 percelen. Binnen deze systeemvergelijking is tevens onderzoek uitgevoerd naar de bodemvoorraad aan minerale stikstof (zie paragraaf 4.5). Daarnaast is binnen deze vergelijking een maaiproef uitgevoerd naar het effect van organische mest op de grasproduktie (zie paragraaf 5.3). De beweiding vond plaats met op elk systeem gemiddeld 28 melkkoeien. Elk jaar werd er gestart met 2 gelijkwaardige groepen van 30 koeien (2,25 koe per ha). Na een overgangsperiode van de stal naar de weide van ca. tien dagen werden de melkkoeien vervolgens dag en nacht geweid. Aan het eind van het weideseizoen liepen er gemiddeld nog 26 dieren per groep.

6.2 Weersomstandigheden

Gedurende het onderzoek is dagelijks op ROC Bosma Zathe de hoeveelheid neerslag en de gemiddelde etmaaitemperatuur gemeten. In tabel 22 staan respectievelijk de gemiddelde hoeveelheid neerslag en de gemiddelde etmaaitemperatuur per maand weergegeven.

Uit tabel 22 blijkt dat in de jaren 1990 tot en met 1993 de temperatuur in de maanden januari tot en met augustus meestal hoger was dan het 30-jarig gemiddelde. Echter, de temperatuur in de maand mei en juni van 1991 was laag. Bovendien viel er eind juni zoveel regen, dat de koeien 's nachts opgesteld moesten worden. De maanden juli tot en met september waren vervolgens warm en droog. Ook 1993 kende een sterk wisselend beeld met in de maand juli 140 mm neerslag.

Tabel 22 Gemiddelde temperatuur en hoeveelheid neerslag op ROC Bosma Zathe en het 30-jarig gemiddelde van Leeuwarden en Eelde.

	Temperatuur (°C)				Leeu- warden/ Eelde	Neerslag (mm)				Leeu- warden/ Eelde
	'90	'91	'92	'93		'90	'91	'92	'93	
jan	5,0	2,7	3,6	3,0	1,5	67	66	16	99	71
feb	6,8	-0,7	5,0	2,5	1,8	115	16	42	40	49
mrt	8,3	8,6	6,6	5,2	4,2	38	41	109	18	61
apr	8,5	8,0	8,6	10,4	7,2	66	54	56	45	52
mei	13,0	10,1	15,0	13,0	11,5	30	47	65	62	58
juni	15,3	13,0	16,7	14,7	14,5	76	164	59	31	65
juli	16,2	18,5	17,6	15,3	16,0	51	44	84	140	81
aug	17,4	18,2	17,2	14,5	16,0	81	21	118	83	73
sept	12,7	14,7	13,9	12,7	13,6	145	45	50	135	74
okt	11,2	9,2	7,5	8,7	10,1	50	81	111	111	77
nov	5,6	5,0	6,4	1,5	5,7	156	100	151	50	88
dec	3,3	3,0	2,8	3,6	2,8	82	48	49	160	83
Gem/- totaal	10,3	9,2	10,1	8,8	8,7	958	727	910	974	832

6.3 Grondonderzoek

Gedurende het onderzoek is ieder jaar de samenstelling van de bodem (0 - 5 cm) van ieder perceel vastgesteld. De monsters zijn gestoken in zowel het voorjaar (maart) als het najaar (november). In tabel 23 staan de gemiddelde pH en organische stof-gehalte van de bodem vermeld. De percelen zijn gelegen op humusrijke zandgrond met een keileemlaag op 1 meter diepte. Het overtollige wordt water via greppels afgevoerd.

Uit tabel 23 blijkt dat zowel bij de toediening van aangezuurde mest als bij onbehandelde mest de zuurgraad (pH) van de bodem (0 - 5 cm) niet is gedaald. Het advies voor deze grondsoort is een pH tussen 4,6 en 5,5. Gedurende het onderzoek is geen aanvullende kalkbemesting gegeven. Geconcludeerd kan worden dat aangezuurde mest geen extra verzurende werking heeft ten opzichte van onbehandelde mest aangevuld met kunstmest.

Tabel 23 pH en organische stof-gehalte (g per 100 g ds) van de bodem (0 - 5 cm).

		Aangezuurd		Onbehandeld	
		pH	organische stof	pH	organische stof
1990	voorjaar	5,4	10,3	5,2	11,0
	najaar	5,4	10,3	5,3	10,4
1991	voorjaar	5,5	11,1	5,4	12,2
	najaar	5,4	11,4	5,5	11,7
1992	voorjaar	5,4	11,9	5,5	12,9
	najaar	5,3	11,3	5,4	11,9
1993	voorjaar	5,3	11,4	5,4	11,3
	najaar	5,4	11,1	5,5	11,6
Gemiddeld		5,4	11,1	5,4	11,6
Gem	voorjaar	5,4	11,2	5,4	11,8
Gem	najaar	5,4	11,0	5,4	11,4

Het gemiddelde P-AL en K-getal van de bodem staat in tabel 24.

Tabel 24 P-AL (mg P_2O_5 per 100 g ds) en K-getal (mg K_2O per 100 g ds) van de bodem (0 - 5 cm).

		Aangezuurd		Onbehandeld	
		P-AL	K-getal	P-AL	K-getal
1990	voorjaar	40	32	43	32
	najaar	30	26	31	22
1991	voorjaar	37	30	43	28
	najaar	33	34	36	24
1992	voorjaar	30	23	36	20
	najaar	33	28	36	22
1993	voorjaar	34	23	35	20
	najaar	32	25	35	19
Gemiddeld		34	28	37	23
Gem	voorjaar	35	27	39	25
Gem	najaar	32	28	35	22

Uit de tabel blijkt dat in 1990 en '91 het P-AL getal in beide systemen tijdens

het groeiseizoen terug loopt. Het P-AL getal is voor deze grondsoort voldoende tussen 30 en 39. In 1992 en 1993 hebben een aantal percelen in beide systemen daarom een extra P-gift gekregen in de vorm van superfosfaat (zie paragraaf 6.4.3). Het K-getal bij het systeem waar onbehandelde mest werd toegediend is gedurende het onderzoek langzaam gedaald. Bij het systeem waar aangezuurde mest werd toegediend daalde het K-getal eveneens, maar in mindere mate. Zoals later zal blijken (zie paragraaf 6.4.3) is er met de aangezuurde mest per hectare ook meer K gegeven. Voor deze grondsoort wordt een K-getal van 16 - 25 als voldoende beoordeeld.

Het MgO- en N-totaal-gehalte van de bodem is weergegeven in tabel 25.

Tabel 25 MgO-gehalte (mg per kg ds) en N-totaal-gehalte (g per 100 g ds) van de bodem (0 - 5 cm).

		Aangezuurd		Onbehandeld	
		MgO	N-tot	MgO	N-tot
1990	voorjaar	411	0,372	445	0,390
	najaar	386	0,361	427	0,368
1991	voorjaar	457	0,408	505	0,427
	najaar	461	0,407	514	0,395
1992	voorjaar	498	0,384	583	0,411
	najaar	438	0,391	533	0,433
1993	voorjaar	446	0,390	550	0,406
	najaar	415	0,403	532	0,401
Gemiddeld		439	0,390	511	0,404
Gem	voorjaar	453	0,388	521	0,408
Gem	najaar	425	0,390	502	0,399

Uit tabel 25 blijkt dat het MgO-gehalte in de bodem bij het systeem waar aangezuurde mest is toegediend jaarlijks licht is gestegen. In het systeem waar onbehandelde mest is toegediend is het gehalte sterker toegenomen. Bij het systeem met onbehandelde mest is echter ruim 700 kg MAS per ha meer toegediend. Het MgO is voldoende bij 250 mg per kg ds grond en hoger.

Het verloop van het totaal stikstof-gehalte in de bodem is voor beide systemen gelijk en vertoonde lichte schommelingen gedurende het onderzoek.

6.4 Bemesting

6.4.1 Organische mest

Bij de bemesting met organische mest is gerekend met de hoeveelheid die bij een veebezetting van ruim 2,5 koe per ha in de winterperiode wordt geproduceerd. Gemiddeld is dit circa 35 ton per ha.

In tabel 26 worden de gemiddelde N-min-, P-, K- en droge stofgehalten van de toegediende mest weergegeven.

Tabel 26 Gemiddelde drogestof-gehalte (%), N-min-, P- en K-gehalte (kg/ton) van de toegediende mest ($K_2O = K \times 1,2$ $P_2O_5 = P \times 2,29$).

	1990		1991		1992		1993	
	Aangezuurd	Onbehandeld	Aangezuurd	Onbehandeld	Aangezuurd	Onbehandeld	Aangezuurd	Onbehandeld
Ds	10,1	7,6	10,9	8,1	11,3	8,4	10,8	7,5
N-min	6,7	2,4	5,8	2,5	5,3	2,2	6,7	2,2
P	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7
K	7,0	5,3	6,6	5,9	6,5	5,5	7,2	5,5

Uit tabel 26 blijkt dat het droge-stofgehalte van de aangezuurde mest gemiddeld 3 % hoger is dan van de onbehandelde mest. Hiervoor zijn een aantal oorzaken. Het verschil in droge-stofgehalte moet allereerst worden toegeschreven aan het aanzuren zelf. Zoals in paragraaf 2.3 beschreven is, wordt door toevoeging van 30 liter salpeterzuur per ton mest het drogestofgehalte van de mest in theorie circa 23 g/kg hoger. Het droge-stofgehalte van de mest stijgt dan bijvoorbeeld van 8 naar 10 %. Daarnaast was de onbehandelde mest over het algemeen afkomstig van hoogproductieve dieren. In deze kelder werd ook een groot deel van het spoelwater opgevangen, wat een lager droge-stofgehalte van de mest tot gevolg heeft. De aangezuurde mest was afkomstig van jongvee, naast overwegend droogstaande en deels laagproductieve en hoogproductieve koeien.

Met het salpeterzuur werd er gemiddeld ruim 4 kg N per ton mest toegevoegd. De aangezuurde mest die in 1992 werd toegediend vormde hierop een uitzondering. Dit werd veroorzaakt door het rantsoen van een gedeelte van het jongvee, namelijk stro met luzernebrok of grasbrok (zie bijlage 2). Ten opzichte van de voorgaande jaren (kuilgras en krachtvoer) bevatte dit rantsoen minder

eiwit. Hierdoor werd er minder ammonium in de mest aangetroffen. Waarschijnlijk was hierdoor minder zuur nodig om de gewenste pH te bereiken. Het nitraatgehalte van de mest was hierdoor lager dan in de andere jaren.

Beide mestsoorten hadden ongeveer hetzelfde fosfaatgehalte. De onbehandelde mest had een lager K-gehalte dan de aangezuurde mest.

6.4.2. Mesttoediening

De onbehandelde mest is toegediend met de zodebemester (Vredo). De eerste toediening vond gemiddeld plaats omstreeks half maart. De tweede gift is toegediend direct na het uitscharen of ruimen van de tweede snede. Daarnaast is per snede steeds aangevuld met kunstmeststikstof (MAS).

Bij het systeem met aangezuurde mest werd voor de eerste vier sneden alleen aangezuurde mest toegediend. De latere sneden zijn bemest met kunstmeststikstof in de vorm van magnesamon (MAS: 22 % N, 8 % MgO). De reden hiervoor was dat kleinere N-giften moeilijk met aangezuurde mest zijn te realiseren. (Dit zou neerkomen op een mestgift van circa 5 ton per ha).

De aangezuurde mest is in 1990 tot en met 1992 bovengronds toegediend met een spreidplaat (de vertikaal-precisie-verdeler van Eisele). In 1993 is de aangezuurde mest met de sleepvoetenmachine (Buts-Meulepas) toegediend. Hiervoor is gekozen omdat de indruk bestond dat het bovengronds breedwerpig toedienen van aangezuurde mest een negatief effect had op de grasopname en daardoor op de melkproductie. De sleepvoetenmachine legt de mest op de zode tussen het gras in smalle stroken met een onderlinge afstand van 20 cm. Hierdoor wordt het gras minder besmeurd. In tabel 27 staat de gemiddelde mestgift vermeld.

Tabel 27 Gemiddelde jaarlijkse gift aan organische mest (ton/ha)

Jaar	Aangezuurd	Onbehandeld
1990	33,8	33,7
1991	37,3	33,3
1992	41,3	36,2
1993	36,6	35,0
Gemiddeld	37,2	34,5

In eerste instantie is er van uitgegaan om jaarlijks evenveel aangezuurde mest als onbehandelde mest toe te dienen. In 1991 en 1992 is dit echter niet

gebeurd. Hiervoor zijn 2 oorzaken. Ten eerste was de akkerbreedte (tussen de greppels) niet op alle percelen een veelvoud van de werkbreedte van de zodebemester. Daardoor bleven banen onbemest. De gemiddelde hectare gift op die percelen bleef hierdoor achter bij de geplande hoeveelheid. Dit is in het algemeen een nadeel van machines met een vaste werkbreedte. Vooral op begreppelde en gerende percelen grasland komt dit de verdeling van stikstof, fosfaat en kali niet ten goede. Anderzijds was het de bedoeling om per maai- of weidesnede in beide systemen evenveel N te geven. Omdat in 1991 en 1992 er gemiddeld slechts 5,5 kg N per ton in de aangezuurde mest zat, moest meer aangezuurde mest worden toegediend om aan de gewenste stikstofgift te voldoen.

Afhankelijk van de snede en het gebruik, varieerde de mestgift in het systeem met aangezuurde mest van 8 tot 18 ton per hectare per snede. Zelfs bij de minimale gift werd op het oog een goede verdeling gerealiseerd. In het zodebemester systeem was de laagste gift 12 en de hoogste 24 ton per ha.

6.4.3. N-, P- en K-bemesting

In beide systemen is een stikstofgift nagestreefd van 300 kg/ha. De werkzame hoeveelheid stikstof is berekend aan de hand van het minerale stikstofgehalte en de werkingscoëfficiënt van de mest. Omdat de onbehandelde mest met de zodebemester is toegediend, is uitgegaan van een werking van 85% van de minerale stikstof. Bij aangezuurde mest is uitgegaan van een gemiddelde werking van 95 % (Schijs et al, 1994). De kunstmest is telkens gestrooid voordat de organische mest werd toegediend.

Tabel 28 geeft een overzicht van de werkzame hoeveelheid stikstof, die jaarlijks is gegeven.

Tabel 28 Berekende hoeveelheid werkzame stikstof uit kunstmest en organische mest (kg N/ha).

Jaar	Aangezuurd			Onbehandeld		
	kunstmest	org.mest	totaal	kunstmest	org.mest	totaal
1990	73	216	289	247	67	313
1991	50	218	268	230	71	301
1992	104	220	324	244	68	313
1993	97	235	332	249	68	316
Gemiddeld	81	222	303	242	69	311

Uit de tabel blijkt dat de stikstofgift niet altijd gelijk was op beide systemen. In 1991 was de N-gift bij het systeem met aangezuurde mest aanzienlijk lager. De verschillen werden grotendeels veroorzaakt door variatie in het stikstofgehalte van de mest. Bij iedere toediening is uitgegaan van de meest recente mest-analyse. Veranderingen in het stikstofgehalte veroorzaakten afwijkingen tussen de gewenste en de gerealiseerde gift.

Bij het systeem met de aangezuurde mest is duidelijk minder stikstof in de vorm van kunstmest gegeven.

In tabel 29 staat een overzicht van de P_2O_5 en K_2O -gift op beide systemen in de vorm van aangezuurde mest, onbehandelde mest en kunstmest.

Tabel 29 K_2O en P_2O_5 gift in beide systemen (kg per ha)

Jaar	Aangezuurd			Onbehandeld		
	P_2O_5		K_2O	P_2O_5		K_2O
	superfos- faat	org. mest	org. mest	superfos- faat	org. mest	org. mest
1990	0	58	287	0	52	221
1991	0	56	297	0	53	239
1992	35	61	324	38	58	239
1993	24	51	318	25	57	229
Gemid- deld	15	56	306	16	55	232

Op een aantal percelen was de P-AL toestand te laag. Zelfs met een gift van gemiddeld ruim 85 kg P_2O_5 per ha in de jaren 1992 en 1993 was het P-AL getal nauwelijks op peil te houden. De K-gift was gedurende het onderzoek bij het systeem met aangezuurde mest aanzienlijk hoger door het hogere gehalte in de mest en de wat hogere mestgift.

6.5 Kwaliteit grasbestand

Om een indruk te krijgen van de botanische samenstelling van de percelen van beide systemen is in de jaren een vergelijking zowel in het voorjaar als in de herfst een graslandkartering uitgevoerd. In tabel 30 staan van alle jaren de herfstkarteringen vermeld. In bijlage 9, tabel 5 en 6 staan alle karteringen weergegeven.

De bezettingsgraad is een maat voor de zodedichtheid. Van een verschil hierin

tussen beide systemen is geen sprake. Voor een goede onderlinge vergelijking zijn de overige getallen in de tabel omgerekend naar een bezettingsgraad van 100 %.

Tabel 30 Bezettingsgraad en kwaliteit van het grasbestand (%).

	Aangezuurd					Onbehandeld				
	'90	'91	'92	'93	gem	'90	'91	'92	'93	gem
Bezettingsgraad	84	96	94	95	92	84	95	92	95	92
Goede grassen	67	74	70	74	71	70	73	72	76	73
Matige grassen	5	6	8	6	6	5	6	7	5	6
Slechte grassen	11	12	10	11	11	8	10	7	7	8
Kruiden	3	4	6	4	4	3	7	6	6	6
Engels raaigras	60	65	63	64	63	60	62	63	68	63
Kweek	3	4	7	4	4	5	4	6	4	5
Straatgras	10	11	8	9	9	8	9	6	6	7
Paardebloem	3	2	4	2	3	3	4	6	4	4

Het percentage goede grassen verschilt nauwelijks. Het geringe verschil dat reeds in 1990 aanwezig was is niet toegenomen. Het percentage slechte grassen was ook in het systeem met aangezuurde mest gemiddeld slechts 3 % hoger. Bij de aanvang van het onderzoek was dit verschil reeds aanwezig.

De groep goede grassen bestond gemiddeld voor ruim 85 % uit Engels raaigras. Van een verschil tussen beide systemen was geen sprake. Straatgras kwam bij aanzuren iets meer voor dan bij onbehandelde mest. Bij aanvang was dit verschil reeds aanwezig. Paardebloem kwam in het systeem met onbehandelde mest iets meer voor.

6.6 Beweiding

Na een geleidelijke overgang (stal-weide) werd in alle jaren met beide groepen koeien dag en nacht geweid. In de overgangsperiode werden de melkkoeien overdag geweid en kregen ze 's nachts voornamelijk kuilgras met wat maïs. Dit werd geleidelijk aan afgebouwd. In tabel 31 is vermeld wanneer de proef is gestart en geëindigd. In het jaar van 1991 was het najaar heel erg droog, waardoor de proef ongeveer 2 à 3 weken eerder is gestopt.

Tabel 31 Beweidingsperiode van de melkkoeien van beide systemen.

Jaar	Duur van de proef	Aantal dagen
1990	25 april - 6 oktober	164
1991	25 april - 10 september	138
1992	26 april - 27 september	155
1993	22 april - 24 september	155

In tabel 32 worden een aantal beweidingsgegevens beschreven, onder andere het aantal dagen dat een groep dieren op een perceel loopt, de graslengte bij inscharen en uitscharen en het aantal keren dat de dieren zijn omgeweid.

Tabel 32 Beweidingsgegevens

	Aangezuurd				Onbehandeld			
	1990	1991	1992	1993	1990	1991	1992	1993
aantal dagen/perceel	4,4	4,6	4,0	3,4	4,7	3,6	4,2	3,7
graslengte inscharen (cm)	15,3	14,1	14,4	14,6	16,1	13,0	15,0	15,4
graslengte uitscharen (cm)	8,6	7,5	7,7	8,5	9,2	7,8	8,1	8,8
opgenomen graslengte (cm/perceel)	6,7	6,6	6,7	6,1	6,9	5,2	6,9	6,6
opgenomen graslengte (cm/dag)	1,5	1,4	1,7	1,8	1,5	1,4	1,6	1,8
aantal keren omgeweid	37	30	38	46	35	39	37	42
aantal keren op et-groen	21	16	21	24	20	16	19	24
aantal keren bloten	4	7	1	0	2	2	1	0

Door het sneller omweiden van de groep koeien in het systeem met onbehandelde mest in de zomer van 1991 zijn deze ook vaker omgeweid, en hebben de koeien gemiddeld per perceel minder centimeters gras opgevreten. In dat jaar was het verschil in melkproduktie het grootst. De oorzaak zou kunnen liggen in het feit dat de koeien op de zodebemester percelen vaker omgeweid zijn en dus overwegend meer vers gras tot hun beschikking hadden. In de overige jaren zijn de verschillen tussen beide systemen ten aanzien van het beweidingsmanagement gering.

6.7 Voederwinning

In tabel 33 staan de gemiddelde gegevens van de voederwinning samengevat. In bijlage 9, tabel 3 zijn de gegevens van de afzonderlijke jaren weergegeven.

Tabel 33 Gemiddelde oppervlakten en opbrengsten bij maaien.

	Aangezuurde mest		Onbehandelde mest	
	voor 1 juli	na 1 juli	voor 1 juli	na 1 juli
Gemaaide oppervlakte (ha)	14,3	14,5	14,2	14,9
Maaipercantage (%)	114	115	112	117
Maaiopbrengst totaal (ton)	43,1	37,2	45,2	38,0
Maaiopbrengst per snede (kg ds/ha)	3014	2567	3183	2552

In tabel 34 wordt de totaal hoeveelheid gewonnen ruwvoer voor 1 juli en na 1 juli weergegeven, kg ds per ha en het maaipercantage (gemiddeld over 4 jaar).

Tabel 34 Voederwinningsopbrengsten (totaal) en per ha grasland.

	Aangezuurd	Onbehandeld
Oppervlakte (ha)	12,6	12,7
Jaarlijkse stikstofgift (kg/ha)	303	311
Gemaaide oppervlakte (ha)	28,8	29,1
Maaipercantage (%)	229	229
Maaiopbrengst totaal (ton ds)	80,3	83,2
Maaiopbrengst per snede (ton ds/ha)	2788	2859
Jaar-ds-opbrengst (kg/ha)	6373	6551
Kg ds per kg toegediende N	21,0	21,1

Voor 1 juli is ongeveer evenveel oppervlakte gemaaid als in de periode daarna. De droge-stofopbrengst bij maaien is echter na 1 juli geringer. Er is geen verschil in opbrengst tussen beide systemen.

Uit tabel 4 in bijlage 9 blijkt dat 1991 afwijkt van de andere jaren. Dit wordt veroorzaakt door de weersomstandigheden, zie paragraaf 6.2.

De opbrengst van de eerste snede in het systeem met aangezuurde mest blijft iets achter bij die in het systeem met onbehandelde mest. Dit is het gevolg van de hogere stikstofbemesting in het systeem met onbehandelde mest. Gezien de gemiddelde veebezetting van 2,25 koe per ha grasland waren de voederwinningsopbrengsten relatief hoog.

6.8 Voederwaarde en samenstelling gras

In de jaren 1992 en 1993 zijn van een aantal percelen per systeem van de eerste vier sneden grasmonsters genomen die zijn onderzocht op voederwaarde, mineralen en nitraat (7 monsters van de eerste snede en van de drie daarop volgende elk vijf). Ruim 25 % van de monsters was van een maaisnede. De overige monsters waren van een weidesnede. In bijlage 9, tabel 7 en 8, worden de gemiddelde resultaten per snede vermeld. In tabel 35 van beide systemen de gemiddelde voederwaarde van de eerste vier sneden is weergegeven.

Tabel 35 Gemiddelde voederwaarde van de eerste vier sneden (1992, 1993)

	N-gift (kg/ha)	Snede- opbrengst (kg ds/ha)	Samenstelling (g/kg ds)					VEM
			Rc	Ras	Re	DVE	OEB	
Aangezuurd	58	1795	208	102	235	101	77	1002
Onbehandeld	57	1705	198	93	221	102	61	1018

De gemiddelde stikstofgift over de eerste vier sneden is voor beide systemen niet verschillend geweest. Wel is bij het systeem met aangezuurde mest gemiddeld iets meer drogestof per ha per snede geoogst. Per kg drogestof was in het "aangezuurde systeem" het ruwe celstofgehalte van het gras dan ook gemiddeld 1 % (= 10 gram) hoger dan in het systeem met onbehandelde mest. Een ongeveer gelijk verschil is aanwezig in het ruw eiwit gehalte. De DVE-inhoud per kg drogestof gras is voor beide systemen gelijk met als gevolg een hogere OEB in het gras op het aangezuurde systeem. Opvallend is ook het wat hogere ruw asgehalte in het gras in het systeem met aangezuurde mest. Zowel het iets hogere ruwe celstof- als het ruw asgehalte in het met aangezuurde mest bemeste gras heeft een iets lagere energieinhoud van het gras tot gevolg gehad.

In tabel 36 is van beide systemen de gemiddelde mineralen-samenstelling en het nitraatgehalte van het gras van de eerste vier sneden weergegeven.

Tabel 36 Gemiddelde samenstelling van het gras van de eerste vier sneden (in grammen per kg droge stof).

	K	Na	Ca	Mg	P	Cl	NO ₃
Aangezuurd	37,9	1,7	4,6	2,4	3,7	13,0	6,3
Onbehandeld	33,2	2,0	4,6	2,5	3,6	10,3	3,8

Uit tabel 36 blijkt dat het kalium gehalte per kg drogestof op het aangezuurde systeem het hoogst is geweest. Dit is het gevolg van de hogere kali gift in dit

systeem. Bij een hoger kalium-gehalte is het Na gehalte meestal wat lager. In Ca-, Mg-, en P-gehalte van het gras hebben zich tussen beide systemen geen verschillen voorgedaan. Het Cl-gehalte in het gras was in het aangezuurde systeem iets hoger dan in het zodebemestingssysteem. Een verklaring hiervoor ontbreekt. Opvallend was het vrij duidelijke verschil in nitraatgehalte. Dit ondanks het feit dat de stikstofgift niet verschild. Daarbij dient echter te worden opgemerkt dat de gemiddelde gift van 58 kg N per ha over de eerste vier sneden in het aangezuurde systeem voor ongeveer 65 % bestond uit nitraatstikstof en 35 % uit ammoniumstikstof. In het systeem met onbehandelde mest met gemiddeld 57 kg N per ha over de eerste vier sneden (twee keer drijfmest en magnesamon) is het tegenovergestelde het geval. Het zou kunnen zijn dat wanneer de stikstof in een groter deel in de vorm van nitraat gegeven wordt, dit ook in de vorm van nitraat is terug te vinden in het gras. In het proefschrift van Van Burg (1962) wordt dit bevestigd.

6.9 Bijvoeding en melkproductie

Bij de overgang van stal naar volledig weidegang is de nodige voorzichtigheid in acht genomen. In alle jaren zijn tijdens de eerste week van de overgangsperiode beide groepen beperkt geweid. In deze week is zowel de graskuil als de krachtvoergift geleidelijk aan teruggenomen. In 1991 heeft als gevolg van vooral het koude voorjaar de overgangsperiode niet 1 maar 2 weken geduurd. Beide groepen koeien zijn op dezelfde wijze en in dezelfde mate bijgevoerd. De gegevens over de bijvoeding die naast dag en nacht weidegang is verstrekt staan in tabel 37.

Tabel 37 Bijvoeding naast volledige weidegang.

Jaar	Aangezuurd		Onbehandeld	
	Krachtvoer (kg)	MKS (kg ds)	Krachtvoer (kg)	MKS (kg ds)
1990	3,5	-	3,5	-
1991	3,6	2,0	3,6	2,0
1992	3,6	2,4	3,6	2,4
1993	2,9	2,4	2,9	2,4

In 1990 is naast volledig weidegang uitsluitend krachtvoer verstrekt. In de jaren daarna is eveneens aan beide groepen koeien maiskolvensilage (MKS) bijgevoerd. De bijvoeding met MKS vond alleen 's morgens direct na het melken

plaats aan het voerhek. Opgemerkt dient te worden dat in drie van de vier jaren naast volledig weidegang het bijvoedingsniveau aan de hoge kant is geweest.

Op bepaalde momenten moest het weidegrasrantsoen worden aangevuld. In 1990 was dit het geval toen door droogte (eind juli - begin augustus) er een tekort aan weidegras dreigde te ontstaan. Dit is opgevangen door 's avonds na het melken aan beide groepen koeien een hoeveelheid snijmaïssilage te voeren (circa 4 kg ds per koe per dag). Na opname hiervan werden de groepen koeien weer tot de weide toegelaten. In 1991 (eind juni - begin juli) zijn door zeer natte omstandigheden beide groepen koeien 's nachts op stal gehouden en alleen overdag geweid. Aanvankelijk werd 's nachts met vers gras en snijmaïssilage de beperkte weidegang gecompenseerd. Aan het eind van genoemde periode is het verse gras vervangen door graskuil.

De gemiddelde melkproductiegegevens staan per week vermeld in tabel 38.

Tabel 38 Gemiddelde melkproductie (kg melk/koe/dag).

week	1990		1991		1992		1993	
	aange- zuurd	onbe- handeld	aange- zuurd	onbe- handeld	aange- zuurd	onbe- handeld	aange- zuurd	onbe- handeld
0	27,6	27,5	29,3	29,3	28,8	28,7	29,4	29,3
1	28,3	28,3	29,5	29,8	29,4	29,7	28,0	28,1
2	28,3	28,3	29,0	29,4	30,0	30,0	28,6	29,3
3	28,0	27,1	28,0	29,1	27,9	28,1	27,1	27,5
4	25,9	25,9	26,1	28,2	27,7	28,6	26,6	26,2
5	25,0	25,5	25,0	27,8	27,4	27,9	27,3	27,1
6	26,7	26,9	25,8	28,5	27,3	28,9	27,0	27,3
7	24,1	25,9	26,9	28,1	28,2	29,2	26,8	26,6
8	25,3	25,7	26,0	27,3	28,2	29,8	26,2	26,0
9	24,8	25,6	25,0	26,0	28,2	29,0	26,2	26,6
10	22,9	24,2	24,6	25,4	27,0	28,7	26,7	26,9
11	22,7	23,3	23,2	24,7	26,3	27,8	25,9	27,2
12	23,6	23,0	24,2	25,2	26,4	27,5	25,4	26,1
13	22,3	22,8	24,6	26,4	25,0	26,7	25,1	25,3
14	21,6	22,4	24,9	25,9	25,0	26,0	24,0	24,7
15	23,1	23,0	23,8	24,9	24,5	25,2	22,7	23,6
16	22,4	22,0	23,3	24,5	23,9	24,0	22,4	22,4
17	22,9	22,0	22,1	24,0	23,1	24,0	21,7	23,2
18	20,1	21,3	20,1	22,9	22,9	24,0	21,4	21,3
19	19,9	20,9	19,5	22,4	23,1	22,7	20,9	21,3
20	19,9	20,2	18,6	22,1	22,7	22,9	20,5	21,2
21	20,9	19,2	-	-	21,6	21,9	20,2	20,6
22	19,8	19,2	-	-	21,9	21,7	20,1	20,3
23	18,6	19,3	-	-	-	-	19,6	19,9
24	19,5	18,4	-	-	-	-	-	-
Gem	23,2	23,4	24,6	26,1	25,8	26,6	24,4	24,7

De stippellijnen geven de periode weer waarin de koeien beperkte weidegang hebben gehad.
De getrokken lijnen geven aan wanneer is geweid op gras van de 2^e t/m de 4^e snede.

Uit tabel 38 blijkt dat in alle jaren tijdens de laatste week van de stalperiode (week 0) de melkproductie van beide groepen koeien niet of nauwelijks verschilde. Tijdens de overgangsperiode was er nog steeds nauwelijks sprake van

productieverschil.

Tijdens de periode dat onbepaald op gras van de eerste snede werd beweide was er met name in 1991 een duidelijk verschil in melkproductie. Dit ten nadele van de groep koeien die op percelen werden geweid die met aangezuurde mest waren bemest. In dat jaar is deze groep in drie weken tijd vier kg melk per koe per dag gedaald. In het zodebemestingssysteem bedroeg deze daling in dezelfde periode slechts 1,6 kg melk.

Een verklaring voor dit verschil is moeilijk aan te geven. Het is wel opvallend dat binnen het systeem met aangezuurde mest vijf van de zes beweidingen percelen van de eerste snede na uitscharen gebloed moesten worden. In het systeem met onbehandelde mest werden de beweidingen percelen van de eerste snede duidelijk minder ruig achtergelaten. Slechts één van de zes percelen hoefde te worden gebloed. Hieruit zou kunnen worden afgeleid dat de koeien, die op de percelen hebben geweid die met aangezuurde mest zijn bemest, in deze periode minder gras opgenomen hebben. Het is moeilijk aan te geven in hoeverre dit een gevolg is van het toedienen van aangezuurde mest omdat dit verschil in de overige drie jaren op het beweiden van percelen van de eerste snede niet is opgetreden.

De sterke daling in melkproductie tijdens de eerste snede in 1991 zal ontegenzeggelijk het niveau van de produktie van de koeien binnen het aangezuurde meststelsel in het verdere verloop van de weideperiode in negatieve zin hebben beïnvloed.

Ook is in 1991 na de eerste snede het beweidingenmanagement tussen beide systemen verschillend geweest. Dit blijkt ondermeer uit het gemiddeld aantal beweidingendagen per perceel (zie tabel 32). De gemiddelde beweidingstijd per perceel was respectievelijk 4,6 en 3,6 dagen voor de systemen met aangezuurde en met onbehandelde mest. Het is niet duidelijk aan te geven in hoeverre de bemesting met aangezuurde mest de melkproductie (door een lagere grasopname) negatief heeft beïnvloed tijdens het beweiden van de tweede tot en met de vierde snede. Wanneer er echter al van een negatieve invloed van aangezuurde mest op de melkproductie en grasopname sprake zou zijn, zou dit het duidelijkst naar voren moeten komen in de periode dat is geweid op gras van de tweede tot en met de vierde snede. Vanaf de tweede snede ligt namelijk de tijdsduur tussen mesttoediening en het opnieuw beweiden op 18 a 20 dagen. Voor de eerste snede bedroeg deze tijdsduur tenminste 40 dagen.

In 1990 is vanaf de zesde tot en met de zestiende week geweid op gras dat kort van te voren met aangezuurde mest is bemest. De gemiddelde melkpro-

duktie in het systeem aanzuren bedroeg in deze periode 23,6 kg per koe per dag en in het systeem zodebemesting 24,1 kg. In de periode daarna was dit respectievelijk 20,2 en 20,1. Hieruit kan worden afgeleid dat in 1990 het gebruik van aangezuurde mest een wat negatieve invloed op de melkproduktie heeft gehad. Dit is waarschijnlijk het gevolg van een wat lagere grasopname.

In 1992 is vanaf de vierde tot en met de vijftiende week geweid op gras dat kort van te voren met aangezuurde mest is bemest. Gedurende alle weken is de gemiddelde produktie per koe per dag in het systeem met aangezuurde mest in het nadeel. Gerekend over de gehele periode bedroeg de melkproduktie in het systeem met aangezuurde mest 26,8 kg per koe per dag en in het systeem met onbehandelde mest 27,9 kg per koe. In de periode daarna was dit respectievelijk 22,7 en 23,0 kg per koe per dag. Ook in de periode ervoor was van een produktieverschil nauwelijks sprake. Gesteld kan dan ook worden dat een negatieve invloed van aangezuurde mest op de melkproduktie en in het verlengde daarvan ook op de grasopname in 1992 duidelijk groter is geweest dan in 1990. Het is echter niet denkbeeldig dat de negatieve invloed van aangezuurde mest op de melkproduktie in het jaar 1991 zelfs al bij beweiding op eerste snede gras een rol heeft gespeeld.

Om besmeuring van het gras met aangezuurde mest te verminderen is deze in 1993 toegediend met de sleepvoetenmachine. Daardoor is mogelijk ook minder verlies aan smaak en geur van het gras. In dat jaar was in week 2 en 3 met volledig weidegang op eerste snede weidegras de gemiddelde melkproduktie per koe per dag bij het systeem met aangezuurde mest en met onbehandelde mest respectievelijk 27,9 en 28,4 kg. In de periode (week 4 tot en met week 15) dat werd geweid op gras dat kort van te voren met aangezuurde mest is bemest bedroeg de gemiddelde produktie respectievelijk 25,8 en 26,1 kg en in de periode daarna 20,9 en 21,3 kg. Wanneer het geringe produktieverschil in 1993 aan een eventueel negatief effect van aangezuurde mest moet worden toegeschreven dan is dit negatieve effect in de jaren er aan voorafgaand duidelijk groter. Het lijkt er op dat de minder goede resultaten met aangezuurde mest in 1990 - 1992 te wijten zijn aan de toedieningstechniek. Echter de ervaringen met de sleepvoetenmachine berusten slechts op één jaar onderzoek.

Naast de systeemvergelijking is in het voorjaar van 1993 op basis van stalvoeding een opnameproef uitgevoerd waarbij aan drie groepen van elk 9 koeien individueel vers gras van de tweede en derde snede is gevoerd dat vooraf op drie verschillende manieren is bemest. Dit betrof gras bemest met onbehandelde mest met behulp van een zodebemester en een stikstof aanvulling uit

kunstmest (A) en gras bemest met aangezuurde mest die op twee manieren is toegediend, nl bovengronds (B) en met de sleepvoetenmachine (C). Een wezenlijk verschil tussen de behandelingen is echter niet geconstateerd. De grasopname was gemiddeld 15 kg ds per koe per dag. De opnameproef is uitgevoerd met laag-produktieve dieren (gemiddeld ruim 16 kg melk per koe per dag). Hierbij dient te worden opgemerkt dat mogelijk negatieve effecten van bijvoorbeeld geur van het gras en de graszode op de grasopname in een opnameproef op stal minder duidelijk een rol spelen dan bij beweiding. Daarnaast kan worden opgemerkt dat voor de opnameproef op stal telkens gras is gevoerd van vooraf gemaaide percelen (etgroen) in tegenstelling tot de beweidingsproef waar ook vooraf beweidde percelen opnieuw zijn beweid. De omstandigheden voor het toedienen van mest zijn op vooraf gemaaide percelen vaak gunstiger dan op beweidde percelen waardoor mogelijk negatieve effecten van de behandelde mest op smaak en geur van het gras minder duidelijk naar voren kunnen komen.

Bij de verschillen in produktie zoals die vanuit tabel 38 zijn beschreven kan de vraag worden gesteld of deze verschillen aan het begin van de beweiding in de betreffende percelen ook nog duidelijker naar voren zijn gekomen dan aan het eind. De gemiddelde produktie van beide groepen koeien van alle eerste en latere beweidingdagen binnen genoemde periode staan vermeld in tabel 39. In deze tabel ontbreekt het jaar 1990.

Tabel 39 Gemiddelde melkproduktie per dag in een zelfde perceel.

		1 ^e dag	2 ^e dag	3 ^e dag	Laatste dag
1991	Aangezuurd (A)	23,6	24,6	25,2	24,6
	Onbehandeld (B)	25,2	26,4	26,9	26,1
	A-B	-1,6	-1,8	-1,7	-1,5
1992	Aangezuurd (A)	25,3	27,0	26,3	25,8
	Onbehandeld (B)	26,5	28,2	27,5	26,7
	A-B	-1,2	-1,2	-1,2	-0,9
1993	Aangezuurd (A)	25,6	26,9	-	25,9
	Onbehandeld (B)	25,8	26,9	-	26,1
	A-B	-0,2	-0,0	-	-0,2

Uit tabel 39 blijkt dat zowel in 1991 als in 1992 het verschil in melkproduktie ten nadele van het systeem "aanzuren" gedurende tijdens de eerste drie dagen

op eenzelfde niveau ligt. De laatste beweidingdag is het verschil iets geringer. Hieruit kan geconcludeerd worden dat gedurende alle weidedagen in elk perceel (de grasopname en) de produktie door aanzuren negatief is beïnvloed.

Tenslotte wordt in tabel 40 van alle jaren de gemiddelde melkproduktie en melksamenstelling weergegeven, gerekend vanaf week 1.

Tabel 40 Gemiddelde melkproduktie (in kg per koe per dag) en de melksamenstelling in de diverse jaren.

	1990		1991		1992		1993	
	Aanz	Onbeh	Aanz	Onbeh	Aanz	Onbeh	Aanz	Onbeh
melk (kg/koe/-dag)	23,2	23,4	24,6	26,1	25,8	26,6	24,4	24,7
vet %	4,24	4,13	4,18	4,11	4,22	4,20	4,16	4,01
eiwit %	3,38	3,37	3,47	3,40	3,41	3,41	3,52	3,42
meetmelk (kg)	23,9	23,8	25,3	26,6	26,6	27,4	25,2	24,9

Uit tabel 40 blijkt dat in 1991 en 1992 het verschil in melkproduktie ten nadele van aanzuren het grootst was. In alle jaren was het vet- en eiwitgehalte bij aanzuren hoger. Dit kan niet in alle gevallen verklaard worden door een lagere melkproduktie (indikkingseffect). Het is echter moeilijk aan te geven waardoor deze verschillen wel veroorzaakt zijn.

Omgerekend naar meetmelk (melk met 4,0 % vet en 3,30 % eiwit) was er in 1990 en 1993 van een produktieverschil geen sprake. Gemiddeld over de jaren 1991 en 1992 was het verschil circa 1,0 kg meetmelk in het nadeel van aanzuren.

Uit de gegevens uit deze paragraaf kan kort samengevat geconcludeerd worden dat het verschil in melkproduktie deels is veroorzaakt door een verschillende beweidingsmanagement en deels door het toedienen van aangezuurde mest.

7 TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN EN ECONOMISCHE EFFECTEN

A.J.H. van Lent en R. Schreuder

Op basis van de resultaten van het onderzoek op ROC Bosma Zathe en de Waiboerhoeve is een studie gedaan naar de toepassingsmogelijkheden en de economische effecten. De resultaten hiervan worden in dit hoofdstuk beschreven. Bij de toepassingsmogelijkheden is met name gelet op de toevoeging van extra stikstof aan de mest door aanzuren, de omstandigheden waarbij deze stikstof goed benutbaar is en de emissiereductie op bedrijfsniveau. Bij de economische effecten zijn de kostenposten beschreven en het effect van aanzuren op de arbeidsopbrengst.

7.1 Stikstoftoevoeging aan mest bij aanzuren

Bij het toedienen van aangezuurde mest moet bij de kunstmestgift rekening worden gehouden met de stikstofverrijking van de mest. De stikstofverrijking wordt bepaald door de hoeveelheid zuur die nodig is om de mest op pH te brengen. Op ROC Bosma Zathe en de Waiboerhoeve lag het zuurverbruik tussen 25 en 35 liter per m³ mest. Op de praktijkbedrijven van Limafix werd een spreiding gevonden tussen 20 en 35 liter per m³. Er is geen duidelijke verklaring voor deze spreiding.

In tabel 41 wordt de toegevoegde hoeveelheid stikstof en de stikstofverrijking van de mest door aanzuren weergegeven. Doordat een deel van de toegevoegde stikstof via denitrificatie verloren gaat (5 % bij pH 4,0) is de verrijking niet gelijk aan de toevoeging. In de tabel zijn vier niveaus m.b.t. zuurverbruik vermeld; 20, 25, 30 en 35 liter per m³ mest. Hierbij is uitgegaan van een soortelijk gewicht van het zuur van 1,37 kg/ltr en een N-gehalte van 13,3 %.

Tabel 41 Nitraatstikstofverrijking van de mest bij aanzuren bij een verlies van 5 % door denitrificatie).

Zuurtoevoeging (ltr/m ³)	NO ₃ -N toevoeging (kg/m ³)	NO ₃ -N verrijking (kg/m ³)
20	3,64	3,46
25	4,55	4,33
30	5,47	5,19
35	6,38	6,06

Uit tabel 41 blijkt dat de spreiding in de hoeveelheid toegevoegde stikstof

door verschillen in de zuurtoevoeging aanzienlijk is. Voor de praktijk betekent dit dat de hoeveelheid zuur die nodig is per m³ mest per individueel bedrijf vastgesteld moet worden. Dit kan door een titratiecurve van de mest te maken.

7.2 Mogelijke veebezettingen bij aanzuren

In een aantal situaties zou door alle mest aan te zuren meer stikstof worden aangevoerd dan nodig is om te bemesten volgens het gewenste stikstofregime. In dat geval zou een deel van de aangezuurde mest van het bedrijf moeten worden afgevoerd. Dit veroorzaakt echter extra kosten en is daarom niet wenselijk. Beter is het om in die situaties de mest niet aan te zuren.

Bij het berekenen van de maximale veebezettingen waarbij alle mest op het bedrijf kan worden aangezuurd zonder dat teveel stikstof wordt aangevoerd is rekening gehouden met het N leverend vermogen van de grond (NLV) en de grondwatertrap (GT). In tabel 42 staan de maximale veebezettingen voor natte (GT II, NLV 2) en droge (GT III', NLV 1) veengronden en een goed vochthoudende zandgrond (NLV 4). De veengronden hebben een jaarlijkse extra stikstoflevering door mineralisatie, 90 kg per ha op de natte veengrond en 160 kg op de droge veengrond. De berekeningen zijn uitgevoerd bij een stikstofregime volgens het huidige verfijnde N-advies (MAX) en een regime dat 75 kg lager is (MAX - 75).

Tabel 42 Maximale veebezetting (melkkoeien/ha, incl jongvee), waarbij alle mest kan worden aangezuurd en op het eigen bedrijf kan worden benut bij een melkproduktie van 7 000 kg per koe (bij pH 4,0).

Grondsoort	N-regime	Zuurverbruik (ltr/m ³ mest)							
		20	25	30	35	20	25	30	35
		Onbeperkt weiden				Beperkt weiden			
Veen	MAX	1,3	1,1	-	-	-	-	-	-
GT III', NLV 1	MAX - 75	-	-	-	-	-	-	-	-
Veen	MAX	2,2	2,2	2,2	1,5	1,8	1,5	1,3	1,1
GT II, NLV 2	MAX - 75	1,8	1,3	1,0	-	-	-	-	-
Zand	MAX	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	2,7	2,3	2,0
GT IV, NLV 4	MAX - 75	2,7	2,7	2,7	2,3	2,3	1,8	1,7	1,5

Bij veebezettingen boven de aangegeven waarden is mestafzet noodzakelijk om niet boven het aangegeven stikstofregime te bemesten. Indien het zuurverbruik verminderd kan worden, is aanzuren van mest ook bij hogere veebezetting mogelijk zonder teveel stikstof aan te voeren.

Uitgaande van een maximaal stikstofregime en dat er geen mest van het bedrijf wordt afgevoerd is aanzuren op droge veengronden (NLV 1) alleen bij lage veebezettingen en een laag zuurverbruik mogelijk. Op natte veengrond (NLV 2) is bij onbeperkt weiden de maximale veebezetting 1,5 tot 2,2, bij beperkt weiden maximaal 1,1 tot 1,8 melkkoeien per ha, afhankelijk van het zuurverbruik. Op de zandgrond (NLV 4) is de maximale veebezetting 3,0 bij onbeperkt weiden en beperkt weiden 1,5 tot 3,5, afhankelijk van het zuurverbruik. Bij een lager stikstofregime, MAX-75 is de maximale veebezetting lager. In de tabel is bij onbeperkt weiden in sommige gevallen (bijvoorbeeld op zandgrond bij het maximale stikstofregime) niet de zuurtoevoeging de beperking maar kan geen beweiding meer worden rondgezet.

Er zijn geen berekeningen uitgevoerd bij kleigrond. De verwachting is dat de maximale veebezettingen overeen zullen komen met die van de berekende zandgrond.

Door Den Boer en Gunnink (1991/a en b) zijn de mogelijkheden van het aanzuren van dunne rundermest verkend per bedrijfstype, veebezettingsniveau en bovengrens voor de N-bemesting. De berekeningen zijn gemaakt voor Nederland en per provincie met 4 verschillende stikstofbemestingsniveaus en 2 fosfaatbemestingsniveaus. In tabel 43 is een overzicht gegeven.

Tabel 43 Samenvatting van de berekening van het aantal bedrijven waar de mest aangezuurd zou kunnen worden (gegevens metelling 1989).

Nutriënten	N/P ₂ O ₆	N/P ₂ O ₆	N/P ₂ O ₆	N/P ₂ O ₆
Bemestingsniveau ^{a)}	400/175	250/175	400/110	250/110
Aantal bedrijven	28 470	18 416	27 759	20 558
Idem, in % van totaal	80	52	79	58 ^{b)}

^{a)} max. fosfaatgift 1995: 175 kg/ha; voor 2000 is dit gesteld op 110 kg/ha

^{b)} het aantal bedrijven neemt toe omdat op een aantal bedrijven met varkens door de aangescherpte fosfaatsnorm de varkensdrijfmest moet worden afgevoerd, zodat alle rundermest kan worden aangezuurd.

In de provincies Overijssel, Gelderland, Utrecht, Noord-Brabant en Limburg met vaak intensieve veehouderij kan bij respectievelijk 400 kg N/175 kg P₂O₅

per ha en 250 kg N/110 kg P_2O_5 per ha op 93 % en 27 % van het totaal aantal bedrijven de mest aangezuurd worden. In de provincies Groningen, Friesland, Drenthe en Noord-Holland kan volgens deze berekeningen op 99 % en 75 % van de bedrijven de mest aangezuurd worden. De veehouderij is daar vaak minder intensief dan in de eerder gegeven provincies.

7.3 Effecten op ammoniakemissie en stikstofoverschot.

Op basis van de bepaalde emissie-reducties is met modelberekeningen het effect van aanzuren op bedrijfsniveau berekend. Uitgegaan is van een gemiddelde reductie van 30 % in de stal en 93 % in de opslag. Bij het bovengronds toedienen van aangezuurde mest is uitgegaan van een gemiddelde reductie van de ammoniakemissie met 90 % (bij pH 4,0) ten opzichte van bovengronds toedienen van onbehandelde mest. Wat betreft de ammoniakemissie kan aangezuurde mest zonder afdekking worden opgeslagen en bovengronds worden toegediend. Aanzuren is door de overheid echter nog niet erkend als emissie-arme methode.

In tabel 44 staan de resultaten van de berekeningen vermeld. De emissiereductie wordt uitgedrukt ten opzichte van de basissituatie, d.w.z. de situatie met bovengrondse toediening van dunne rundermest, zonder afdekking van de mestsilo en zonder aanpassingen in de stal. Bij zandgrond (GT IV, NLV 4) is het gemiddelde quotumniveau gehanteerd van 12 000 kg melk per ha. Op veengrond (GT II, NLV 2) is uitgegaan van 10 000 kg per ha. Op veengrond bleek bij hogere quotumintensiteiten teveel stikstof te worden aangevoerd.

Tabel 44 Gemiddelde emissiereductie (%) t.o.v. basisbedrijf (zonder emissie-beperkende maatregelen) bij een melkproductie van 7 000 kg/koe (pH 4,0), quotum: zandgrond 12 000 kg/ha, veengrond 10 000 kg/ha.

Bedrijfssysteem	Zand GT IV	Veen GT II
Emissie-arme toediening *) + Silo-afdekking	52	36
Aanzuren	69	68

*) op zandgrond met de zodebemester, op veengrond met de sleepvoetenmachine.

Uit tabel 44 blijkt dat bij een bedrijfssysteem met emissie-arme toediening en een silo-afdekking een emissiereductie wordt bereikt van 52 % op zandgrond en 36 % op veengrond. Dit verschil is te verklaren dat door toepassing van de sleepvoetenmachine op veengrond de emissie bij toedienen minder beperkt

wordt. Door aanzuren wordt een hogere emissiereductie bereikt, namelijk gemiddeld bijna 70 %. Dit komt omdat met aanzuren ook de stalemissie wordt verminderd. Daarnaast is bij het toedienen van aangezuurde mest de emissie lager dan bij het toedienen van onbehandelde mest met de zodebemester en de sleepvoetenmachine.

In tabel 45 is het berekende N-overschot weergegeven bij aanzuren ten opzichte van een basissituatie zonder emissiebeperkende maatregelen en een bedrijfssysteem met een silo-afdekking en emissie-arme toediening.

Tabel 45 Gemiddeld N-overschot met en zonder emissiebeperkende maatregelen, melkproductie 7 000 kg per koe, quotumniveau: zandgrond 12 000 kg/ha, veengrond 10 000 kg/ha, bemestingsregime N_{max}

Bedrijfssysteem	Zand GT IV	Veen GT II
Basis (bovengrondse toediening, geen silo-afdekking ^{a)})	338	311
Emissie-arme toediening b) + silo-afdekking	291	283
Aanzuren	277	261

^{a)} : Bovengrondse toediening van mest, geen silo-afdekking.

^{b)} : Op zandgrond door zodebemesting; op veengrond door sleepvoetenmachine.

Uit tabel 45 blijkt dat door aanzuren het N-overschot verder afneemt ten opzichte van een bedrijfssysteem met een silo-afdekking en emissie-arme toediening. Dit komt doordat door aanzuren de ammoniakverliezen sterk worden verminderd. De verliezen van stikstof nemen hierdoor af.

7.4 Economische aspecten

De kosten voor aanzuren zijn voor drie veel voorkomende staltypen en de daarbij behorende bedrijfsgroottes berekend:

- 1 + 1-rijig : 45 melkkoeien + bijbehorend jongvee
- 2 + 1-rijig : 60 melkkoeien + bijbehorend jongvee (40 tot 100 mk)
- 2 + 2-rijig : 100 melkkoeien + bijbehorend jongvee (60 tot 150 mk)

Bij aanzuren wordt uitgegaan van een standaard aanzuurinstallatie. De aanschafprijs van de installatie inclusief één mixer (met pH-meting en zuurtoevoer) is f 60 000,-. Voor een 1 + 1-rijige stal is dit voldoende, maar voor een 2 + 1- en 2 + 2-rijige stal zijn twee mixers in de stal nodig. Een extra mixer kost f 12 000,-.

De mestsilo moet op de installatie worden aangesloten. De kosten hiervoor

bedragen f 12 000,-.

Daarnaast is er een post overige aanpassingen. Deze omvat het verdiept opstellen van de mixer(s), de aanleg van waterleiding en electra en een funderingsplaat. Door de mixers verdiept te monteren kan in de zomer de kelder zover mogelijk leeg gemaakt worden, terwijl toch aangezuurd kan blijven worden. De kosten voor het verdiept monteren zijn gesteld op f 2 000,- per mixer. Vanwege de veiligheid is het noodzakelijk dat bij de salpeterzuurtank een waterleiding aanwezig is. Verder moet de installatie een elektra- en telefoonaansluiting hebben. De kosten hiervoor zijn gesteld op totaal f 1 500,-. De salpeterzuurtank komt op een aparte betonplaat te staan, die als fundering dient. De kosten hiervan zijn gesteld op f 1 000,-.

Omdat bij aanzuren in de installatie een mengsysteem is inbegrepen, kunnen de kosten hiervoor ten opzichte van de bestaande situatie bespaard worden. In de bestaande situatie wordt uitgegaan van een trekker-mixer voor de mestkelder onder de stal. Deze kost, incl. inbouwframe, f 8 000,-. Voor de silo wordt een elektrische mixer gebruikt, deze kost f 10 500 (incl. inbouwframe en bordes). De totale besparing bedraagt dan f 18 500,-.

De belangrijkste aanpassingen in de stal voor aanzuren en de daarbij behorende kosten staan weergegeven in tabel 46.

Tabel 46 Investering (f) voor aanzuren in een 2+1-rijige stal voor 60 melkkoeien inclusief bijbehorend jongvee.

	Investering
Aanzuurinstallatie stal (incl. 2 mixers)	72 000
Aansluiting silo op de installatie	12 000
Besparing mengsysteem	18 500
Anti-schuimmiddel	146
Overige aanpassingen	6 500
Totale investering	72 146

De economische levensduur van de aanzuurinstallatie is gesteld op tien jaar. De restwaarde is 10 %, zodat de afschrijving 9 % van de vervangingswaarde bedraagt. De jaarkosten voor onderhoud en verzekering zijn gesteld op 5 % van de vervangingswaarde. Dit is inclusief het regelmatig ijken van de pH-meters.

De overige aanpassingen zijn bouwkundige aanpassingen en worden afgeschreven in 20 jaar zonder restwaarde. Het afschrijvingspercentage bedraagt dus 5 %. De jaarkosten voor onderhoud en verzekering zijn 2 % van de vervangingswaarde. De enige variabele kostenpost is de hoeveelheid salpeterzuur,

welke afhangt van het aantal m³ mest dat aangezuurd moet worden en het zuurverbruik (zie par. 7.1).

Bij aanzuren moet de mest in de kelder en de silo dagelijks gemengd worden. In de kelder werkt iedere mixer (met een vermogen van 7,5 kW) dagelijks gedurende één uur. Dit geeft een stroomverbruik van 2738 kWh per jaar. Het totale jaarlijkse stroomverbruik voor de silo-mixer bedraagt 338 kWh.

Voor de drie staltypes (1 + 1-, 2 + 1- en 2 + 2-rijig) en de bijbehorende veestapelgroottes zijn de totale benodigde investeringen bepaald. De totale jaarkosten bestaan uit de som van de kosten voor afschrijving, onderhoud en verzekering, rente, water en energie en zijn weergegeven in tabel 47. De afzonderlijke kostenposten staan in bijlage 10. De kosten van het salpeterzuur zijn niet in de tabel opgenomen. Het salpeterzuur kost f 250,- per ton, excl. BTW. Omgerekend is dit f 2,33 per kg N incl. BTW.

Tabel 47 Investering en jaarkosten (f) voor aanzuren voor drie verschillende staltypes en verschillende veestapelgroottes (inclusief jongvee).

	Staltype / Aantal melkkoeien						
	1 + 1-rijig	2 + 1-rijig			2 + 2-rijig		
	45	40	60	100	60	100	150
Investering	58 108	72 098	72 146	72 244	72 154	72 255	72 378
Jaarkosten	11 164	14 069	14 074	14 084	14 074	14 085	14 098

7.5 Arbeidsopbrengst

Het effect van aanzuren op de arbeidsopbrengst is weergegeven in tabel 48. In deze tabel is de verandering in arbeidsopbrengst gegeven voor een bedrijf op zandgrond met 12 000 kg melkquotum per ha en een bedrijf op veengrond met 10 000 kg melk per ha. Daarbij is uitgegaan van een melkproduktie van 7 000 kg per koe en een bemestingsregime N_{max}. In de berekeningen is er vanuit gegaan dat door aanzuren niet teveel stikstof wordt aangevoerd.

Verder is geen rekening gehouden met een eventuele daling van de melkproduktie zoals beschreven is in hoofdstuk 6. De daling van de melkproduktie was namelijk deels een gevolg van een verschillend beweidingsmanagement en deels van aangezuurde mest.

Tabel 48 Daling arbeidsopbrengst (f) door aanzuren t.o.v. een bedrijfssysteem met emissie-arme toediening^{a)} en silo-afdekking, melkproductie 7 000 kg per koe, quotumniveau: zandgrond 12 000 kg/ha, veengrond 10 000 kg/ha, bemestingsniveau N_{max} .

Grondsoort	Zuurverbruik	30 ha		60 ha	
Zand	25 l	18 200	(607)	19 850	(331)
GT IV	35 l	19 650	(656)	22 800	(380)
Veen	25 l	17 850	(595)	19 150	(319)
GT II	35 l	19 600	(653)	22 600	(377)

^{a)} : Op zandgrond met zodebemesten, op veengrond met sleepvoetenmachine.

Ten opzichte van een bedrijfssysteem met emissie-arme toediening en een silo-afdekking bedraagt de daling van de arbeidsopbrengst door aanzuren f 595 - 656 per ha bij een bedrijfsgrootte van 30 ha en f 319 - 380 per ha bij 60 ha. De grondsoort heeft weinig invloed op de daling van de arbeidsopbrengst.

De jaarkosten voor aanzuren zijn schaalgevoelig, bij grotere bedrijven zijn de jaarkosten per ha aanzienlijk lager dan op kleinere bedrijven. Dit komt omdat de vaste kosten voor de installatie niet afhangen van de bedrijfsgrootte.

De extra kosten voor het zuur worden voor een deel gecompenseerd door besparingen op kunstmeststikstof, op loonwerk (omdat bovengronds wordt uitgereden in plaats van met de zode-bemester of sleepvoetenmachine) en de silo-afdekking. Een eventuele daling van de kosten zou bereikt kunnen worden door een goedkopere installatie, goedkoper zuur en/of een lager zuurverbruik.

In de berekeningen is gezien de emissiereductie er principieel vanuitgegaan dat de aangezuurde mest met de spreidplaat wordt toegediend. Het gebruik van de sleepvoetenmachine heeft alleen zin als de melkproductiedaling er mee kan worden voorkomen. Bijkomende voordelen van de sleepvoetenmachine zijn dat deze wellicht een iets betere verdeling van de mest, minder besmeuring van het gras en minder geuremissie tot gevolg heeft. Nadelen van de sleepvoetenmachine zijn de hogere kosten voor toediening (t.o.v. met een spreidplaat) en de waarschijnlijk minder gunstige effecten voor de weidevogels.

De kosten voor de mesttoediening met de sleepvoetenmachine zijn ca f 1,50 per m^3 mest hoger dan bij toediening met een spreidplaat. De extra kosten voor het toedienen met de sleepvoetenmachine voor de hierboven beschreven

bedrijfssituaties staan in tabel 49.

Tabel 49 Extra kosten (f) voor toedienen van mest met de sleepvoetenmachine in plaats van bovengronds breedwerpig (bij hierboven beschreven situaties).

	30 ha	60 ha
Zand	1 354	2 708
Veen	1 115	2 230

8 CONCLUSIES

- 1 Voor het aanzuren van dunne rundermest in de stal tot pH 4,0 was 25 - 35 liter salpeterzuuroplossing (ca 60 % HNO_3) nodig per ton mest. Deze spreiding wordt veroorzaakt door verschillen in mestsamenstelling.
- 2 Door toevoeging van salpeterzuur wordt de dunne rundermest verrijkt met nitraat. Bij een ammoniumgehalte van de mest van circa 1,6 tot 2,5 kg per ton werd 3,3 - 5,2 kg $\text{NO}_3\text{-N}$ toegevoegd. Het minerale stikstofgehalte (ammonium- en nitraatstikstof) van de mest was 4,9 tot 7,7 kg per ton. De nitraatanalyse in het laboratorium bleek aanvankelijk tijdens het onderzoek niet eenvoudig.
- 3 De installatie om mest aan te zuren werkt geheel automatisch. Tevens worden dagelijks de procesgegevens vastgelegd en gecontroleerd door de leverancier van de installatie. De pH-meting moest maandelijks worden gecalibreerd om afwijking van de pH te voorkomen.
- 4 Toediening van aangezuurde mest met een spreidplaat lijkt geen hogere geuremissie te geven dan toediening van onbehandelde mest met een spreidplaat. Hiernaar heeft nog onvoldoende onderzoek plaatsgevonden. Wel bleek dat de geuremissie van aangezuurde mest verminderd kan worden door deze met een sleepvoetenmachine toe te dienen. Bijkomend voordeel van de sleepvoetenmachine is dat de verdeling van de mest iets beter is dan bij een spreidplaat.
- 5 De verwerkings- en toedieningsapparatuur die direct met zuur in contact komen moeten voorzien zijn van een coating of van roestvaststaal gemaakt worden. De aantasting van beton, kalkzandsteen en metselmortel door aangezuurde mest is onvoldoende onderzocht, maar lijkt niet groter dan bij onbehandelde mest.
- 6 Bij aanzuren tot pH 4,5 trad in de mestkelder denitrificatie op. Tot ruim 20 % van het toegevoegde zuur ging verloren. Door het aanzuren tot pH 4,0 kon denitrificatie nagenoeg voorkomen worden. In de mestsilo trad geen denitrificatie op, de silo moet echter wel aangesloten zijn op de aanzuurin-stallatie.

- 7 Door het aanzuren van de mest in de kelder kon de ammoniakemissie uit een stal met roostervloer met circa 30 % verminderd worden. De emissie uit de silo wordt met ruim 90 % en bij toedienen met 85 % verminderd.
- 8 De stikstofwerking van aangezuurde mest, berekend op basis van de minerale N in de mest, bedroeg gemiddeld voor de eerste snede 110 % en voor de latere sneden 90 % (vergeleken met kunstmeststikstof). De verschillen tussen zandgrond en kleigrond zijn gering. Er werd geen verschil in gewasopbrengst gevonden tussen toediening met een spreidplaat en een sleepvoetenmachine en sleepslangenmachine.
Om de gewenste stikstofgift te realiseren moet de aangezuurde mest nauwkeurig gedoseerd worden en dient regelmatig het stikstofgehalte van de mest bepaald te worden.
- 9 De verzurende werking van aangezuurde mest op de bodem is gelijk aan die van onbehandelde mest aangevuld met kunstmeststikstof of alleen kunstmeststikstof.
- 10 De bodemvoorraad aan minerale stikstof bij toediening van aangezuurde mest lijkt bij eenzelfde stikstofbemestingsniveau gelijk aan die bij toediening van onbehandelde mest aangevuld met kunstmest.
- 11 In twee van de drie jaren bleek in een beweidingsproef de melkproductie bij het toedienen van aangezuurde mest met de spreidplaat lager dan bij toediening van onbehandelde mest met de zodebemester. Het verschil in productie was deels veroorzaakt door een verschillend beweidingsmanagement en deels een verminderde opname van gras dat met aangezuurde mest was bemest. Bij toediening van aangezuurde mest met de sleepvoetenmachine was er geen verschil in melkproductie.
- 12 Berekeningen toonden aan dat op veel bedrijven een landbouwkundig en milieukundig verantwoorde toepassing van aangezuurde rundermest mogelijk is. Het potentiële aantal bedrijven waar aanzuren toegepast kan worden varieert afhankelijk van de uitgangspunten. De kosten van het aanzuren zijn afhankelijk van de omvang van het bedrijf en zitten grotendeels in de kosten van de installatie en het salpeterzuur. De kosten van de installatie zijn bij kleine en grote bedrijven absoluut gezien nagenoeg gelijk. Bij grotere bedrij-

ven zijn de jaarkosten per koe of per hectare daarom aanzienlijk lager dan bij kleine bedrijven.

LITERATUUR

Bleijenberg, R., W.J. de Boer en W. Kroodsmas, 1995 "Beperking van de ammoniakemissie uit een ligboxenstal door het spoelen van de roosters, het aanzuren van mest of toepassing van een schijnvloer" IMAG-DLO in voorbereiding, Wageningen.

Bode, M.J.C. de, 1990/c "Onderzoek naar de geuremissie bij aanwending van aangezuurde mest", IMAG-DLO nota P-563, Wageningen.

Den Boer, D.J. en H. Gunnink, 1991/a "Toepassingsmogelijkheden van Orgakem in Nederland en per provincie bij verschillende stikstof en fosfaatbemestingsniveaus, gebaseerd op de meting 1989", NMI-rapport A 90.142-I, Den Haag.

Den Boer, D.J. en H. Gunnink, 1991/b "Toepassingsmogelijkheden van Orgakem in Nederland en per provincie bij verschillende stikstof en fosfaatbemestingsniveaus, bijlage 3 bij rapport A 90.142-I", NMI-rapport A 90.142-II, Den Haag.

Bruins, M.A., 1991 "De geuremissie van het toedienen van onbehandelde rundermest, van kort voor het toedienen van aangezuurde rundermest en van aangezuurde rundermest uit stal en silo. Vergelijkend onderzoek met tunnels" Concept IMAG-DLO nota, Wageningen.

Burg, P.F.J. van, 1962 "Interne stikstofbalans, produktie van droge stof en veroudering bij gras" Proefschrift, Pudoc Wageningen.

Bussink, D.W., J.F.M. Huijsmans en J. Ketelaars, 1994 "Ammonia volatilization from nitric-acid-treated cattle slurry, surface applied to grassland", Netherlands Journal of Agricultural Science, in voorbereiding.

Bussink, D.W., G.L. Velthof en O. Oenema, 1991 "Emissie van ammoniak, vetzuur, geur, methaan en lachgas uit onbehandelde en met Orgakem behandelde dunne rundermest", rapport A 90.093, NMI, Den Haag.

Counotte, e.a., 1988 "Gevaren bij het mixen van mengmest in ligboxenstallen: Het vrijkomen van zwavelwaterstof en blauwzuurgas", Arbeidsinspectie regio Noord te Groningen, Gezondheidsdienst voor Dieren in Noord Nederland, Gezondheidsdienst voor Dieren in Overijssel en Flevoland.

Demmers, T.G.M., 1991 "Opslag van met salpeterzuur aangezuurde mest - Een mogelijkheid voor de reductie van de ammoniakemissie?", IMAG-DLO, Nota V-91-15, Wageningen.

Dijk, T.A. van, 1989/a "Fosfaatbemesting van grasland via dunne mest verrijkt met Orgakem", NMI-rapport A 89.082-III, Den Haag.

Dijk, T.A. van, 1989/b "De stikstof- en fosfaatwerking van dunne rundermest verrijkt met Orgakem, 1989 Potproeven IB-DLO 6619 en 6620", NMI-rapport A 89.082-V, Den Haag.

Hendriks, J.G.L. en J.F.M. Huijsmans, 1992/a "Verdeelnauwkeurigheid bij gebruik van ketsplaat en mestpendel" Landbouwmechanisatie, 1992

Hendriks, J.G.L. en J.F.M. Huijsmans, 1992/b "Nauwkeurigheid breedteverdeling mesttoedieningstechnieken", Landbouwmechanisatie, 1992.

Japenga, J. en D. Wiersma, 1991 "Interactie tussen dierlijke mest en grond; vergelijking tussen dierlijke mest, aangezuurde dierlijke mest en verouderde mest", IB-DLO.

Kroodsma, W., R. Bleijenberg en N.W.M. Ogink, 1995 "Vermindering van de ammoniakemissie uit een jongveestal door toepassing van het eb/vloed systeem met aangezuurde mest" IMAG-DLO, in voorbereiding, Wageningen.

Kroodsma, W. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1989 "Ammoniakemissie-meting aan oppervlaktebronnen in een natuurlijk geventileerde ligboxstal m.b.v. een Lind-valldoos" IMAG nota 372, Wageningen.

Lent, A.J.H. van, 1991/a "Het aanzuren van mest in de melkveehouderij" Landbouwmechanisatie (1991) 10: p. 67-70.

Lent, A.J.H. van, 1991/b "Aanzuren in kelders en silo's (1)", Praktijkonderzoek 4 (1991) 4: p. 27-29.

Lent, A.J.H. van, 1991/c "Aanzuren in kelders en silo's (2)", Praktijkonderzoek 4 (1991) 5: p. 57-58.

Oenema, O., 1989 "Effect van volgens het Limafix-procede bewerkte mest op de pH van de bodem en op de mobiliteit van metalen" NMI-rapport A 89.082-IV, Den Haag.

Oenema, O., 1994 mondelinge mededeling.

Oenema, O. en J. Postmus, 1991 "Verzurende werking van aangezuurde dunne rundermest. IB 6674", NMI-rapport A 90.122, Den Haag.

Oenema, O. en G.L. Velthof, 1993 "Denitrification in nitric-acid-treated cattle slurry during storage" In: Netherlands Journal of Agricultural Science 41 (1993), p 63 - 80.

Oenema, O. en G.L. Velthof, 1993 "Stikstofverliezen en lachgasemissie uit aangezuurde dunne rundermest" In: Meststoffen, p. 57-63, NMI, Wageningen.

Oenema, O., G.L. Velthof and D.W. Bussink, 1993 "Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from cattle slurry", In: Oremland RS (ed.) The biogeochemistry of Global Change: Radiative Trace Gases, p. 419-433, Chapman & Hall, New York.

Schils, R.L.M., J.H. Geurink, H.G. van der Meer, A.P. Wouters en K. Sikkema, 1995 "Nitrogen utilization from nitric acid treated cattle slurry following surface application to grassland", in voorbereiding.

Selst, R. van en B. Yue, 1991, "Aantasting van steenachtige bouwmaterialen door aangezuurde drijfmest", Intron, Sittard.

Steunenberg, C.F. en C. Roos, 1991 "Geuremissies bij de verspreiding van behandelde en onbehandelde mest", IMET-TNO rapport 91-365, Apeldoorn.

Stevens, R.J., R.J. Laughlin en J.P. Frost, 1992 "Effects of separation, dilution, washing and acidification on ammonia volatilization from surface-applied cattle-slurry" *Journal of Agricultural Science* 119: p 383-389.

Velthof, G.L., 1990 "Denitrificatieremmers", NMI rapport A 90.082-I, Den Haag.

Velthof, 1992, persoonlijke mededeling.

Verboon, M.C. en A.J.H. van Lent, 1990 "Het aanzuren van mest in bedrijfsverband", *Praktijkonderzoek 3* (1990) 6: p. 30-33.

Versteeg, E.M., D.J. den Boer en D.W. Bussink, 1988 "Extra kalkbehoefte op grasland bij gebruik van aangezuurde dunne rundermest", NMI-rapport A 88.082-I, Den Haag

Bijlage I Mestanalyses

Tabel 1 Samenstelling van de aangezuurde mest in de kelder op de Waiboerhoeve (BLGG, g/kg)

Datum	N-tot	P ₂ O ₅	K ₂ O	NH ₃ -N	NO ₃ -N	pH	ds
22/2/90	4,6	1,3	4,9	1,70	2,7	4,8	8,8
2/3/90	4,8	1,3	5,2	1,68	3,2	4,7	9,7
7/3/90	5,0	1,3	5,2	1,68	2,9	4,8	10,1
14/3/90	4,6	1,2	5,5	1,67	3,1	4,5	10,2
21/3/90	4,0	1,1	4,3	1,64	3,1	4,5	10,1
28/3/90	4,8	1,4	5,4	1,64	3,1	4,4	10,6
11/4/90	4,4	1,4	5,9	1,50	3,2	4,7	10,0
25/4/90	4,2	1,4	6,1	1,56	3,2	4,6	11,1
9/5/90	4,6	1,4	6,2	1,66	3,4	4,7	11,2
22/5/90	4,7	1,5	6,6	1,67	3,4	4,7	11,6
7/6/90	4,0	1,3	5,9	1,63	3,4	4,5	9,3
20/6/90	4,1	1,2	6,0	1,63	3,4	4,5	9,3
3/7/90	3,5	1,2	5,8	1,62	3,4	4,3	8,6
19/7/90	3,2	1,1	5,2	1,47	3,3	4,1	7,3

Tabel 2 Samenstelling van de onbehandelde mest in de kelder op de Waiboerhoeve (BLGG, g/kg)

Datum	N-tot	P ₂ O ₅	K ₂ O	NH ₃ -N	NO ₃ -N	pH	ds
19/2/90	3,3	1,2	5,1	1,64	<0,1	8,0	8,3
7/3/90	3,6	1,4	4,2	1,44	<0,1	7,8	9,2
28/3/90	3,6	1,3	4,9	1,63	<0,1	7,8	8,4
11/4/90	3,5	1,3	5,2	1,59	<0,1	7,7	7,9
25/4/90	3,4	1,3	5,1	1,47	<0,1	7,7	7,9
9/5/90	3,2	1,2	5,1	1,47	<0,1	7,6	7,3
22/5/90	3,1	1,1	5,3	1,46	<0,1	7,6	6,1
7/6/90	2,8	1,0	4,9	1,36	<0,1	7,6	5,2
20/6/90	2,9	1,0	5,0	1,41	<0,1	7,7	5,5
3/7/90	3,0	0,1	4,9	1,45	<0,1	7,7	5,8
17/7/90	2,7	1,0	4,7	1,37	<0,1	8,1	5,4

Tabel 3 Samenstelling van de aangezuurde mest uit de kelder op de Waihoerhoeve, bij toedienen (BLGG, g/kg)

Datum	N-tot	P ₂ O ₅	K ₂ O	NH ₄ -N	NO ₃ -N	pH	ds
15/3/90	4,5	1,4	5,9	1,70	3,04	4,7	10,4
	4,0	1,4	5,5	1,73	3,26	4,7	10,4
	4,6	1,4	5,9	1,73	3,23	4,7	10,1
	4,7	1,4	6,2	1,73	3,14	4,7	10,2
	4,6	1,4	6,7	1,69	3,05	4,7	10,4
	4,7	1,4	5,4	1,73	3,03	4,8	10,4
4/5/90	4,5	1,4	5,8	1,61	3,2	4,6	11,1
	4,7	1,4	6,2	1,62	3,3	4,6	11,0
	4,5	1,4	6,1	1,57	3,0	4,7	10,6
	4,6	1,6	6,0	1,65	3,3	4,5	11,0
	4,6	1,4	6,0	1,64	3,1	4,5	10,8
	4,5	1,4	6,1	1,62	3,1	4,5	10,8
30/5/90	5,0	1,4	5,6	1,64	3,3	4,3	9,3
	4,8	1,2	5,7	1,67	3,6	-	9,3
	4,3	1,4	5,8	1,63	3,6	-	9,2
1/6/90	3,8	1,3	5,4	1,59	3,1	4,5	9,5
	3,8	1,3	5,6	1,66	3,0	4,5	9,0
22/6/90	3,7	1,3	5,8	1,76	3,4	4,3	9,6
	3,8	1,2	5,4	1,74	3,4	4,3	9,5
	4,0	1,4	5,6	1,64	3,3	4,2	9,3
	3,9	1,2	5,7	1,67	3,6	-	9,3
	4,0	1,4	5,8	1,63	3,6	-	9,2
	4,0	1,3	5,8	1,68	3,3		9,2
18/7/90	3,7	1,2	6,0	1,55	3,6	4,2	8,8
	3,5	1,2	5,8	1,56	3,5	4,2	8,7
25/7/90	3,1	1,1	5,3	1,43	3,2	4,1	7,5
	3,1	1,1	5,5	1,53	3,4	4,1	7,8
	3,1	1,1	5,7	1,53	3,3	4,1	7,7
	2,9	1,0	5,1	1,54	3,3	4,2	7,7

Vanaf 1991 zijn alle mestmonsters geanalyseerd door het IMAG-DLO (met aangepaste nitraat-analyses)

Tabel 4 Samenstelling aangezuurde mest in de kelder op de Waiboerhoeve (g/kg)

Datum	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N-tot	P	K	pH	ds	as
30/10/90	1,60	3,38	7,02	0,43	4,30	4,7	8,50	21,4
21/11/90	1,63	3,44	7,48	0,52	4,71	4,4	9,51	20,7
12/12/90	1,94	3,35	7,70	0,60	5,26	5,3	10,1	20,6
3/1/91	1,76	3,53	8,22	0,56	5,43	4,8	9,47	21,0
23/1/91	1,78	3,70	8,66	0,51	6,06	4,5	10,4	20,0
13/2/91	1,50	3,78	8,94	0,66	5,73	4,4	10,6	20,2
6/3/91	1,42	3,61	8,83	0,61	6,36	4,2	10,9	20,2
14/3/91	2,13	3,53	8,48	0,68	5,87	5,6	10,9	21,8
17/4/91	1,95	3,45	8,67	0,64	5,48	5,1	11,6	20,8
8/5/91	1,70	3,65	8,83	0,64	5,71	4,6	11,8	20,3
7/6/91	1,85	3,26	8,55	0,69	5,73	4,8	11,6	20,1
29/5/91	1,68	3,88	8,32	0,72	5,31	4,6	11,6	20,2
26/6/91	1,98	3,79	8,80	0,56	5,63	4,9	11,6	20,1
5/7/91	1,99	3,71	8,48			4,9	11,5	20,5
18/7/91	1,98	3,84	8,54			4,6	11,3	20,1
1/8/91	1,95	3,80	8,53			4,5	11,3	19,4
21/8/91	1,87	4,04	8,35	0,55	5,81	4,6	10,8	20,3
7/10/91	1,72	3,61	7,87	0,47	5,42	4,6	10,5	19,8
13/11/91	1,72	3,18	7,46	0,46	5,35	5,2	9,80	21,6
4/12/91	1,76	3,67	7,62	0,53	5,49	4,8	10,4	20,9
19/12/91	1,62	3,56	7,50	0,53	5,61	4,7	13,0	16,6
8/1/92	1,56	3,50	7,47	0,55	5,59	4,7	12,1	18,7
29/1/92	1,48	3,48	7,36	0,50	5,27	4,8	11,7	21,8
18/3/92	1,53	3,55	7,00	0,58	5,86	4,9	12,2	21,3
26/3/92	1,64	3,53	6,91	0,62	5,81	5,0	12,4	20,7
8/4/92	1,56	3,67	7,80			4,34	12,1	20,7
1/5/92	1,72	3,40	7,62			5,40	11,2	21,6
14/5/92	1,79	3,79	7,99			4,87	11,8	20,7
3/7/92	2,14	4,14	8,49	0,65	6,43	5,35	15,1	16,7
18/2/93	1,75	4,65	8,35	0,77	5,88	4,03	10,9	23,5
15/4/93	1,68	4,38	8,54			4,0	11,4	
28/4/93	1,59	4,43	8,75			3,9	11,6	
13/5/93	1,63	4,17	8,38			4,3	12,6	

Tabel 5 Samenstelling aangezuurde mest in de silo op de Waiboerhoeve (g/kg)

Datum	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N-tot	P	K	pH	ds	as
3/1/91	1,59	3,17	7,25	0,54	4,74	4,8	9,30	20,2
23/1/91	1,63	2,70	7,42	0,45	4,65	5,4	8,64	21,3
6/3/91	1,40	2,94	7,17	0,53	4,80	6,0	9,30	20,5
18/3/91	2,20	0,11	4,46	0,52	5,03	7,6	7,29	26,5
19/12/91	1,64	2,99	6,06	0,49	5,02	5,9	9,42	21,6
8/1/92	1,64	2,70	6,12	0,42	4,78	6,2	9,06	21,7
29/1/92	1,62	2,60	5,89	0,50	4,94	6,4	8,87	21,9
6/2/92	1,44	2,51	5,98	0,49	4,59	6,5	8,75	21,9
18/3/92	1,78	geen	3,70	0,43	4,85	7,7	7,09	25,7

Tabel 6 Samenstelling onbehandelde mest in de kelder op de Waiboerhoeve (g/kg)

Datum	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N-tot	P	K	pH	ds	as
30/10/90	2,17	nvt	4,06	0,61	4,57	6,9	7,03	26,8
21/11/90	1,68	nvt	3,92	0,54	3,90	6,7	6,36	24,9
12/12/90	2,17	nvt	3,82	0,72	4,42	7,0	7,53	24,7
3/1/91	1,85	nvt	4,14	0,76	3,54	6,7	9,57	19,3
13/2/91	1,61	nvt	3,50	0,56	3,47	6,7	6,81	22,0
6/3/91	1,38	nvt	3,53	0,56	3,25	6,7	8,00	19,0
14/3/91	1,51	nvt	2,85	0,46	2,65	7,0	5,37	23,1
17/4/91	1,53	nvt	3,22	0,51	2,95	6,6	6,59	20,4
11/3/91	1,64	nvt	3,38	0,57	3,21	6,5	6,77	21,0
10/5/91	1,72	nvt	3,31	0,49	3,50	6,7	6,09	24,0
29/5/91	1,59	nvt	3,35	0,49	3,09	6,4	7,61	21,0
7/6/91	1,30	nvt	2,62	0,41	2,83	6,6	4,57	26,6
13/11/91	1,29	nvt	2,76	0,37	3,68	7,3	4,69	28,6
4/12/91	1,34	nvt	2,89	0,45	3,64	7,5	6,41	28,0
29/1/92	1,74	nvt	3,45	0,52	4,22	7,4	7,76	21,5
18/3/92	1,52	nvt	3,24	0,54	4,11	7,2	7,73	22,2
4/6/92	1,75	nvt	3,33	0,64	4,20	7,1	6,94	24,2
18/2/93 *)	2,22	nvt	4,20	0,76	5,53	7,4	9,03	25,8

*) Deze mest is later aangezuurd.

ROC Bosma Zathe

Tabel 7 Samenstelling aangezuurde mest in kelder op ROC Bosma Zathe (GD Drachten, g/kg bepaald in zowel de verse mest als de mest na drogen)

	vers		droog						
	N-tot	NH ₄ -N	N-tot	NH ₄ -N	NO ₃ -N	ds	pH	P	K
9/2/90	5,5	3,2	2,3	0,1	0,02	8,9	7,6	0,7	7,4 *
23/2/90	7,7	1,8	6,2	1,5	4,7	11,1	4,4	0,7	7,2
8/3/90	7,1	2,3	5,4	1,4	3,9	10,3	4,7	0,7	6,8
29/3/90	7,1	2,1	4,8	1,4	4,4	7,3	3,6	0,4	4,5
26/4/90	7,3	2,2	7,2	2,1	5,2	11,5	4,6	0,7	7,6
vers	N-tot	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	ds	pH		
9/7/90	9,1	2,5	3,7	0,6	6,6	10,5	4,3	vers	

* Later aangezuurd

Tabel 8 Samenstelling aangezuurde mest in silo op ROC Bosma Zathe (GD Drachten, g/kg bepaald in zowel de verse mest als de mest na drogen)

	vers		droog							
Datum	N-tot	NH ₄ -N	N-tot	NH ₄ -N	NO ₃ -N	ds	pH	P	K	
23/2/90	8,8	1,7	6,3	1,5	4,0	9,9	4,8	0,7	7,2	
8/3/90	6,6	1,2	5,2	1,4	2,5	9,4	4,5	0,6	6,5	
29/3/90	6,9	3,0	6,6	1,5	5,2	9,9	4,6	0,5	6,6	
26/4/90	7,3	3,0	6,0	2,0	4,4	9,5	4,7	0,7	7,5	

Tabel 9 Samenstelling onbehandelde mest in de kelder op ROC Bosma Zathe (GD Drachten, g/kg bepaald in zowel de verse mest als de mest na drogen)

	vers		droog							
Datum	N-tot	NH ₄ -N	N-tot	NH ₄ -N	NO ₃ -N	ds	pH	P	K	
9/2/90	5,5	3,2	2,4	0,1	0,004	8,9	7,6	0,7	7,4	
23/2/90	4,5	3,2	2,4	0,1	0,004	8,5	7,6	0,7	5,5	
8/3/90	4,8	2,1	2,3	0,1	0,3	8,1	6,5	0,6	5,4	
29/3/90	4,6	2,2	2,6	0,2	0,05	8,7	6,5	0,6	5,6	
26/4/90	5,0	2,6	2,4	0,2	0,1	8,4	7,2	0,7	6,0	
vers	N-tot	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	ds	pH			
9/7/90	4,2	2,2	0,2	0,6	5,0	6,7	8,1			

Tabel 10 Samenstelling aangezuurde mest uit de kelder bij toediening, ROC Bosma Zathe (GD allen in vers behalve op 9/3, g/kg).

Datum	N-tot	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	ds	pH
9/3	7,0	2,4	2,7	0,7	6,7	11,2	4,9 (droog)
9/3	7,0	2,3	2,5	0,7	7,0	10,6	4,8 (droog)
7/5	7,0	2,2	4,6	1,2	7,1	11,2	4,8
7/5	6,9	2,1	4,8	0,7	7,1	11,3	4,8
1/6	8,9	2,4	4,2	0,7	7,3	11,5	4,7
1/6	8,8	2,4	4,2	0,7	7,3	11,6	4,7
27/6	8,7	2,4	4,1	0,6	6,7	8,9	3,7
27/6	8,6	2,4	4,1	0,6	6,9	9,2	3,7

In 1991 en 1992 zijn alle analyses gedaan door het IMAG-DLO (met aangepaste nitraat-analyses)

Tabel 11 Samenstelling aangezuurde mest in de kelder op ROC Bosma Zathe (g/kg)

Datum	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N-tot	P	K	pH	ds	as
20/11/90	1,75	4,40	9,68	0,59	6,63	4,1	11,4	21,8
13/12/90	1,77	3,93	9,42	0,62	6,86	4,3	11,3	22,9
4/1/91	2,33	3,87	9,00	0,63	7,00	5,3	11,5	24,1
22/1/91	2,26	3,94	9,97	0,77	7,54	5,2	12,1	24,3
19/2/91	2,02	4,34	9,73	0,61	7,11	4,3	11,7	23,3
8/3/91	2,30	4,11	9,92	0,68	6,97	4,9	11,6	23,8
26/3/91	2,24	3,99	9,84	0,69	7,00	4,6	11,5	23,0
16/4/91	2,07	3,87	9,73	0,71	6,90	4,9	11,3	22,8
10/5/91	2,00	4,26	8,88	0,83	6,78	4,5	11,5	22,8
28/5/91	2,46	4,27	9,57	0,65	6,94	5,4	11,2	22,0
20/6/91	2,36	3,60	8,82	0,64	6,50	6,1	10,7	21,8
10/7/91	2,07	4,12	8,79	0,59	6,43	4,7	13,8	19,0
6/8/91	2,04	4,17	9,03	0,55	6,33	4,6	12,2	20,9
1/10/91	2,02	4,04	8,96	0,58	5,95	4,6	13,3	16,7
22/10/91	2,03	3,98	8,76	0,55	5,92	4,7	11,7	19,0
27/11/91	1,78	3,93	8,69	0,56	6,06	4,2	11,3	20,6
16/12/91	1,62	3,69	8,54	0,57	6,72	4,7	11,7	21,0
7/1/92	1,64	3,81	8,60	0,58	6,67	4,1	12,0	20,7
5/2/92	1,44	3,82	8,42	0,58	6,56	4,5	12,0	21,5
1/4/92	1,66	3,94	8,43	0,71	7,06	4,46	12,6	20,9
30/11/92	2,04	4,13	8,88	0,49	6,80	4,60	10,6	21,3
6/1/93	2,16	4,20	9,42	0,57	7,03	4,83	11,8	20,4
3/2/93	1,93	4,36	9,52			4,36	12,1	20,7
11/2/93	2,03	4,35	8,29			4,37	12,4	20,1
25/2/93	1,86	4,86	9,78	0,61	7,25	3,91	12,6	19,6
2/3/93	1,87	4,78	9,88			3,96	12,8	19,6
20/3/93	1,84	4,70	9,70			4,70	12,5	
15/4/93	1,86	4,46	9,33			4,4	12,2	
28/5/93	2,30	4,46	9,91	0,67	7,55	5,2	12,3	
3/6/93	2,28	4,87	10,00			4,3	12,1	
25/11/93	2,57	5,10	10,5			4,13	11,3	21,6
15/12/93	2,34	5,23	10,7	0,62	7,17	2,74	11,8	22,0

Tabel 12 Samenstelling aangezuurde mest in de silo op ROC Bosma Zathe (g/kg)

Datum	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N-tot	P	K	pH	ds	as
22/2/91	2,47	3,93	10,10	0,67	7,49	5,7	11,8	25,3
10/5/91	2,38	4,89	9,96	0,65	5,89	3,9	10,6	21,9
28/5/91	2,57	4,94	10,00	0,67	6,00	4,2	11,0	21,1
20/6/91	2,57	5,14	10,10	0,67	6,06	4,2	10,9	21,0
10/7/91	2,51	5,01	9,88	0,65	5,87	4,2	10,5	21,4
6/8/91	2,67	4,74	9,96	0,66	6,15	4,5	10,7	21,4
27/11/91	1,84	4,08	8,33	0,53	5,27	3,6	10,5	19,8
16/12/91	1,84	4,06	8,15	0,54	5,34	3,5	10,4	19,8
7/1/92	1,70	3,97	7,72	0,53	4,93	3,6	9,74	19,5
5/2/92	1,58	3,74	8,17	0,53	5,88	4,2	11,1	20,4
1/4/92	1,84	3,69	8,08	0,67	6,05	4,50	14,0	15,9
6/1/93	2,03	4,47	8,93	0,51	6,42	3,79	10,3	20,5
3/2/93	1,92	4,40	8,64			3,79	10,4	19,8
25/2/93	1,98	4,43	8,72	0,50	6,17	3,68	10,3	20,0
20/3/93	1,88	4,67	9,10	0,52	6,65	3,6	11,1	
15/4/93	1,82	4,60	9,03			3,6	11,0	
28/5/93	1,89	4,84	8,85			3,6	11,2	
3/6/93	1,99	4,64	9,29			3,6	11,1	

Tabel 13 Samenstelling onbehandelde mest in de kelder op ROC Bosma Zathe (g/kg)

Datum	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N-tot	P	K	pH	ds	as
20/11/90	2,20		3,90	0,44	5,14	6,9	5,79	31,7
13/12/90	2,35		4,72	0,68	5,71	6,8	8,19	26,5
4/1/91	2,55		5,20	0,75	5,92	6,9	8,68	26,6
19/2/91	2,40		5,72	0,76	5,79	7,0	9,02	24,8
22/1/91	2,23		5,57	0,83	5,47	7,1	9,92	23,4
8/3/91	2,60		5,28	0,81	5,32	7,1	8,57	25,3
26/3/91	2,40		4,85	0,72	5,24	7,1	7,81	26,6
16/4/91	2,50		5,08	0,77	5,46	7,1	8,72	26,1
10/5/91	2,40		5,30	0,83	5,64	6,7	8,41	28,1
28/5/91	2,51		4,60	0,63	5,46	7,2	6,94	28,1
8/6/91	2,41		4,64	0,64	5,22	7,0	6,77	28,9
20/6/91	2,24		4,30	0,58	5,09	7,1	6,53	27,2
29/7/91	2,00		3,77	0,59	4,40	7,1	6,48	28,0
1/10/91	1,29	nvt	2,16	0,25	2,90	7,2	3,00	30,8
22/10/91	1,67	nvt	2,95	0,35	3,79	7,1	4,61	28,0
27/11/91	2,12	nvt	3,67	0,44	4,80	7,2	5,57	30,1
16/12/91	2,20	nvt	4,34	0,58	5,87	7,3	7,40	27,6
5/2/92	1,98	nvt	4,55	0,73	5,43	7,2	9,19	25,3
1/4/92	2,21	nvt	4,60	0,77	5,76	7,4	8,33	26,5
30/11/92	2,26	nvt	4,56			7,1	9,20	22,8
6/1/93	2,32	nvt	4,79	0,71	5,65	7,1	9,04	23,3
3/2/93	2,28	nvt	5,01			7,3	9,14	22,4
25/2/93	2,38	nvt	4,76	0,75	5,45	7,3	8,94	23,2
23/3/93	2,17	nvt	4,66	0,74	5,55	7,5	9,47	

Bijlage II Rantsoenen van het vee op ROC Bosma Zathe

Boven de stalzijde waar de mest in de kelder werd aangezuurdbevonden zich een aantal dieren in een voederproef (jongvee) en een deel van het laagproductieve vee. Het vee dat in de voederproef zat had het volgende rantsoen:

90-91	16 pinken (ca 12 mnd)	7 kg ds/dag voordroogkuil
	16 pinken (ca 16 mnd)	8.5 kg ds voordroogkuil
91-92	5 pinken (ca 12 mnd)	2.6 kg ds stro + 5 kg ds grasbrok
	5 pinken (ca 12 mnd)	1.9 kg ds stro + 5 kg ds lucernebrok
	6 pinken (ca 15 mnd)	3.0 kg ds stro + 5.8 kg ds grasbrok
	6 pinken (ca 15 mnd)	2.8 kg ds stro + 6 kg ds lucernebrok
	6 pinken (ca 17 mnd)	3.6 kg ds stro + 6 kg ds grasbrok
92-93	6 pinken (ca 17 mnd)	3.0 kg ds stro + 6.3 kg ds lucernebrok
	10 pinken (12 mnd)	9 kg ds gedroogde lucerne
	12 pinken (ca 15 mnd)	10 kg ds gedroogde lucerne
	12 pinken (ca 17 mnd)	10 kg ds gedroogde lucerne

Bijlage III Stalluchtconcentratiemetingen (alle concentraties in ppm behalve CO₂ in vol %).

6-3-1990	aangezuurde mest					onbehandelde mest				
	NH ₃	CO ₂	HCN	H ₂ S	CH ₄	NH ₃	CO ₂	HCN	H ₂ S	CH ₄
onder roosters										
voor mixen										
			0	0	0			0	0	0
			0	0	0			0	0	0
	0	0,06	0	0	0	5	0,07	0	0	0
15 min na mixen										
			0	0						
			0	0						
	3	0,06	0	0	0					
boven roosters										
voor mixen										
			0	0	0			0	0	0
			0	0	0			0	0	0
	2	0,05	0	0	0	2	0,07	0	0	0
15 min na mixen										
			0	0	0					
			0	0	0					
	1	0,05	0	0	0					

Overige metingen	Stal		Buiten
	Aangezuurd	Onbehandeld	
Opening inlaatklep (% van het maximum)	30 %	50 %	
Temperatuur (°C)	10,2	8,7	8,7
Relatieve luchtvochtigheid (%)	86	87	87
Luchtsnelheid in ligbox (gem cm/s)	19	18	
Weersomstandigheden			droog
Windrichting			ZW
Windsnelheid (m/s)			7,9

21-3-1990	aangezuurde mest					onbehandelde mest				
	NH ₃	CO ₂	HCN	H ₂ S	CH ₄	NH ₃	CO ₂	HCN	H ₂ S	CH ₄
onder roosters										
voor mixen										
voor	5		0	0	0			0	0	0
achter			0	0				0	0	
verdeeld	6	0,06	0	0	0	8	0,05	0	0	0
15 min na mixen										
voor			0	0	0					
achter			0	0	0					
verdeeld	2	0,09	0	0	0					
boven roosters										
voor mixen										
voor										
achter										
verdeeld	2	0,06		0		2	0,06			
15 min na mixen										
voor										
achter										
verdeeld	2	0,06								

Overige metingen	Stal	Buiten	
	Aangezuurd	Onbehandeld	
Opening inlaatklep (% van het maximum)	50 %	80 %	
Temperatuur (°C)	12,9	12,6	11,0
Relatieve luchtvochtigheid (%)	89	90	90
Luchtsnelheid in ligbox (gem cm/s)	10 - 25	10 - 30	
Weersomstandigheden			droog
Windrichting			ZW
Windsnelheid (m/s)			4,6

4-4-1990	aangezuurde mest					onbehandelde mest				
	NH ₃	CO ₂	HCN	H ₂ S	CH ₄	NH ₃	CO ₂	HCN	H ₂ S	CH ₄
onder roosters										
voor mixen										
voor										
achter										
verdeeld	5	0,04				6	0,05			
15 min na mixen										
voor										
achter										
verdeeld	4	0,05	0	0						
boven roosters										
voor mixen										
voor										
achter										
verdeeld	3	0,06				3	0,07			
15 min na mixen										
voor										
achter										
verdeeld	3	0,05				3	0,06			

Overige metingen	Stal		Buiten
	Aangezuurd	Onbehandeld	
Opening inlaatklep (% van het maximum)	40 %	80 %	
Temperatuur (°C)	7,1	8,4	3,1
Relatieve luchtvochtigheid (%)	84	82	99
Luchtsnelheid in ligbox (gem cm/s)	20 - 35	5 - 10	
Weersomstandigheden			regenachtig
Windrichting			NW
Windsnelheid (m/s)			2,3

6-2-91	Aangezuurd		Onbehandeld	
	ZW + NW		ZO + NO	
Onder roosters	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂
voor mixen	3,5	0,07	2	0,08
tijdens mixen	3	0,08		
Boven roosters				
voor mixen	3	0,09	2	0,08
tijdens mixen	3	0,08		
Temperatuur (°C)	-1,7		-2	
Luchtsnelheid (cm/sec)	10		7	
Relatieve luchtvochtigheid (%)				

Kelder onbehandeld is vol. Ventilatiekleppen gesloten i.v.m. lage temperatuur.

Tijd: 9.30 - 12.00

Wind: 0, snelheid: 3,4 m/sec.

Temperatuur: - 8,3 °C, vrij zonnig

Relatieve Luchtvochtigheid: - %

27-2-91	Aangezuurd ZW		NW		Onbehandeld ZO		NO	
	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂
Onder roosters								
voor mixen	6	0,08		0,08				
tijdens mixen	5	0,07	4	0,15				
Boven roosters								
voor mixen	2	0,08	2	0,07	3	0,08	3	0,08
tijdens mixen	2	0,07	2	0,07				
Temperatuur (°C)	6,5		5,3		6,7		6,7	
Luchtsnelheid (cm/sec)	8		11		14		10	
Relatieve luchtvochtigheid (%)	84		85		83		83	

Tijd: 9.30 - 12.00

Wind: O, snelheid: matig

Temperatuur: 4 °C, zonnig

Relatieve Luchtvochtigheid: 77 %

In omgeving mixer hoog CO₂-gehalte

20-3-91	Aangezuurd ZW		NW		Onbehandeld ZO		NO	
	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂
Onder roosters								
voor mixen	3	0,07	3	0,2				
tijdens mixen	4	0,08	3	0,3				
Boven roosters								
voor mixen	1	0,06	1,5	0,06	2	0,07	2	0,08
tijdens mixen	1	0,06	1	0,08				
Temperatuur (°C)	12,2		12,6		13,8		13,2	
Luchtsnelheid (cm/sec)	19		12		10		11	
Relatieve luchtvochtigheid (%)	82		82		84		83	

Ca. 5 minuten na start mixen werd mestpomp gestart, om aangezuurde mest weg te pompen.

Tijd: 9.30 - 12.00

Wind: W, snelheid: 4,6 m/sec.

Temperatuur: 11,8 °C, licht bewolkt

Relatieve Luchtvochtigheid: 83 %

10-4-91	Aangezuurd ZW		NW		Onbehandeld ZO		NO	
	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂
Onder roosters								
voor mixen	10	0,07	8	0,08			4	0,07
tijdens mixen	7	0,1	10	0,1				
Boven roosters								
voor mixen	4	0,12	4	0,09	4	0,09	4	0,1
tijdens mixen	3	0,1	3	0,1				
Temperatuur (°C)	13,7		13,5		13		13,3	
Luchtsnelheid (cm/sec)	13		7		7		6	
Relatieve luchtvochtigheid (%)	88		86		85		86	

Tijd: 9.30 - 12.00

Wind: ZW, snelheid: 4,7 m/sec.

Temperatuur: 14,4 °C, vrij zonnig

Relatieve Luchtvochtigheid: 67 %

12-12-91	Aangezuurd ZW		NW		Onbehandeld ZO		NO	
	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂
Onder roosters								
voor mixen	5	0,05	5	0,05	9	0,07	12	0,07
tijdens mixen	4	0,05	5	0,05				
Boven roosters								
voor mixen	2	0,05	2	0,07	2,5	0,07	2,5	0,08
tijdens mixen	2	0,06	3	0,06				
Temperatuur (°C)	4,4		4,5		5		5,3	
Luchtsnelheid (cm/sec)	7		7		10		7	
Relatieve luchtvochtigheid (%)	80		83		79		80	

Tijd: 11.00 - 13.30

Wind: ZW, snelheid: 3,1 m/sec.

Temperatuur: 1,6 °C, bewolkt

Relatieve Luchtvochtigheid: 88 %

8-1-92	Aangezuurd ZW		NW		Onbehandeld ZO		NO	
	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂
Onder roosters								
voor mixen	3	0,04	17	0,05	10	0,05	8	0,06
tijdens mixen	3	0,04	10	0,3				
Boven roosters								
voor mixen	0,5	0,04	2	0,07	2	0,06	2	0,07
tijdens mixen	0,75	0,04	3	0,07				
Temperatuur (°C)	8,3		9		8,8		8,5	
Luchtsnelheid (cm/sec)	13		7		7		6	
Relatieve luchtvochtigheid (%)	76		80		77		80	

Tijd: 11.00 - 13.30

Wind: ZW, snelheid: 7,4 m/sec.

Temperatuur: 8 °C, half bewolkt

Relatieve Luchtvochtigheid: 83 %

Mestnivo aangezuurde mest: 30 - 40 cm onder de roosters. Bij mixer schuimvorming in kanaal tegen de voergang. Metingen boven schuimmassa: NH₃ 32 ppm CO₂ 0,06 vol %.

5-2-92	Aangezuurd ZW		NW		Onbehandeld ZO		NO	
	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂
Onder roosters								
voor mixen	5	0,06	6	0,06	16	0,07	8	0,07
tijdens mixen	5	0,1	4	0,3				
Boven roosters								
voor mixen	1,5	0,04	1	0,06	2	0,07	2	0,06
tijdens mixen	1,5	0,07	2	0,07				
Temperatuur (°C)	9,6		10		11		10,8	
Luchtsnelheid (cm/sec)	7		3		8		4	
Relatieve luchtvochtigheid (%)	88		90		86		87	

Tijd: 11.00 - 13.30

Wind: NW, snelheid: 3,2 m/sec.

Temperatuur: 8,4 °C

Relatieve Luchtvochtigheid: 90 %

4-3-92	Aangezuurd				Onbehandeld			
	ZW		NW		ZO		NO	
Onder roosters	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂	NH ₃	CO ₂
voor mixen	9	0,07	12,5	0,07	12	0,07	10	0,07
tijdens mixen	8	0,08	9	0,09				
Boven roosters								
voor mixen	2	0,08	3	0,07	3	0,07	3,5	0,08
tijdens mixen	2	0,07	2	0,07				
Temperatuur (°C)	11,2		11,7		11,8		13,3	
Luchtsnelheid (cm/sec)	8		7		12		7	
Relatieve luchtvochtigheid (%)	86		87		87		78	

Tijd: 11.00 - 13.30

Wind: ZW, snelheid: 4,6 m/sec.

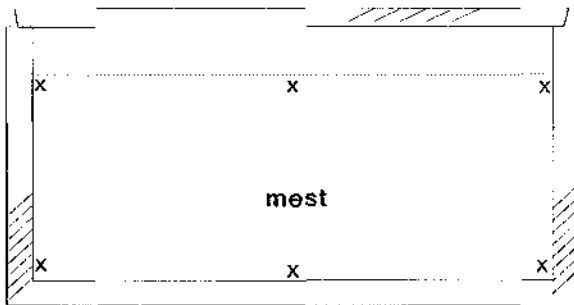
Temperatuur: 8,8 °C, iets mistig

Relatieve Luchtvochtigheid: 96 %

Bij aangezuurde mest, mestnivo ca. 30 - 40 cm onder de roosters. Bij de kalveren geen zichtbare beweging van de mest tijdens het mixen (drijfslag).

Bijlage IV pH-metingen

roosterbalk



Afbeelding 10 Schematische voorstelling meetpunten (dwarsdoorsnede mestkanaal)

Tabel 1 Gemiddelde pH langs de wanden en aan het mestoppervlak in de kelder met aangezuurde mest op ROC Bosma Zathe, voor mixen (circa 20 uur na de vorige mixbeurt). met de term "voergang" is het mestkanaal naast de voergang, "buitenkanaal" is het kanaal tussen de twee rijen ligboxen.

		Links		Midden		Rechts	
		voergang	buitenkanaal	voergang	buitenkanaal	voergang	buitenkanaal
1991/92	oppervlak	6,1	4,9	5,2	4,8	5,7	5,4
	pH 4,5 bodem	6,7	5,6	4,5	4,4	6,4	6,2
1992/93	oppervlak	4,8	4,5	4,8	4,5	4,6	4,7
	pH 4,0 bodem	6,1	5,4	4,5	4,3	5,8	5,9

Tabel 2 Gemiddelde pH langs de wanden en aan het mestoppervlak in de kelder met aangezuurde mest op ROC Bosma Zathe, kort na mixen

		Links		Midden		Rechts	
		voergang	buitenkanaal	voergang	buitenkanaal	voergang	buitenkanaal
1990/91	oppervlak	4,8	4,5	4,7	4,4	4,7	4,6
	pH 4,5 bodem	5,3	4,9	4,6	4,4	5,3	5,1
1991/92	oppervlak	4,8	4,5	4,8	4,4	4,6	4,9
	pH 4,5 bodem	5,9	5,5	4,4	4,4	5,7	5,8
1992/93	oppervlak	4,5	4,0	4,1	3,9	4,2	4,4
	pH 4,0 bodem	5,7	5,2	4,2	4,1	5,6	5,6

Tabel 3 Gemiddelde pH langs de wanden en aan het mestoppervlak in de kelder met aangezuurde mest op de Waiboerhoeve, voor mixen (circa 20 uur na de vorige mixbeurt), met de term "voergang" is het mestkanaal naast de voergang, "buitenkanaal" is het kanaal tussen de twee rijen ligboxen.

		Links		Midden		Rechts	
		voergang	buitenkanaal	voergang	buitenkanaal	voergang	buitenkanaal
1990/91	oppervlak						
	4,4	4,5	4,5	4,6	4,3	4,5	
pH 4,5	bodem						
	5,5	4,9	4,8	4,4	5,4	5,0	
1991/92	oppervlak						
	6,3	5,4	6,2	4,9	5,6	6,3	
pH 4,5	bodem						
	6,8	7,0	5,1	5,0	5,9	7,1	

Tabel 4 Gemiddelde pH langs de wanden en aan het mestoppervlak in de kelder met aangezuurde mest op de Waiboerhoeve, kort na mixen

		Links		Midden		Rechts	
		voergang	buitenkanaal	voergang	buitenkanaal	voergang	buitenkanaal
1990/91	oppervlak						
	4,4	4,7	4,6	4,6	4,5	4,5	
pH 4,5	bodem						
	5,6	5,3	4,3	4,2	5,4	5,3	
1991/92	oppervlak						
	4,7	4,5	4,5	4,5	4,6	4,7	
pH 4,5	bodem						
	6,4	6,0	4,5	4,4	6,1	6,2	
1992/93	oppervlak						
	4,2	3,9	4,0	3,9	4,1	4,3	
pH 4,0	bodem						
	5,5	3,9	3,7	3,9	4,8	5,2	

Bijlage V Vluchtige Vetzuren

Tabel 1 VVZ gehalten in de mest op Waiboerhoeve in 1990 (IMAG-DLO, mg/liter)

	azijnzuur	propionzuur	isoboterz.	boterzuur	iso-valer.	valeriaanzuur
aangezuurde mest in kelder						
15-3-90	4230	1164	118	312	169	25
29-5-90	2805	781	75	214	85	77
wk 26	6986	2044	244	336	342	78
wk 35	2404	635	70	188	132	30
onbehandelde mest in kelder						
15-3-90	5857	1976	845	834	311	132

Tabel 2 VVZ gehalten in de mest op ROC Bosma Zathe in 1990 (Gezondheidsdienst te Drachten, g/liter)

	azijnzuur	propionzuur	isoboterz.	boterzuur	iso-valer.	valeriaanzuur
aangezuurde mest in kelder						
23-2-90	4,19	1,26	0,11	0,37	0,17	0,07
8-3-90	3,87	1,72	0,28	0,42	0,23	0,07
29-3-90	3,68	0,97	0,24	0,34	0,21	0,10
26-4-90	2,53	0,89	0,65	0,21	0,21	0,08
gem 90	3,57	1,21	0,32	0,34	0,21	0,08
onbehandelde mest in kelder						
9-2-90	5,96	1,78	0,31	0,61	0,29	0,13
9-2-90	4,73	2,48	0,28	0,32	0,22	0,20
23-2-90	5,76	1,69	0,18	0,55	0,21	0,11
8-3-90	5,06	1,90	0,23	0,78	0,31	0,11
29-3-90	5,54	1,66	0,22	0,66	0,31	0,14
26-4-90	4,10	1,33	0,14	0,48	0,19	0,08
gem 90	5,14	1,81	0,23	0,57	0,26	0,13
aangezuurde mest in silo						
23-2-90	5,29	1,62	0,13	0,32	0,18	0,08
8-3-90	5,22	1,61	0,12	0,32	0,24	0,08
29-3-90	5,21	1,62	0,14	0,34	0,20	0,08
26-4-90	5,36	1,72	0,24	0,60	0,29	0,09
gem 90	5,27	1,64	0,16	0,40	0,23	0,08

Tabel 3 Vluchtige vetzuren 90/91 (analyse IMAG, mg/liter)

	azijnzuur	propionzuur	isoboterz.	boterzuur	iso-valer.	valeriaanzuur
Waiboerhoeve						
aangezuurde mest in kelder						
12-12-90	1722	277	25	111	38	30
23-1-91	1241	220	18	106	23	70
14-3-91	1787	254	27	128	28	0
7-6-91	2077	375	32	127	27	0
21-8-91	925	136	50	50	40	13
gem 90-91	1577	258	30	107	31	23
onbehandelde mest in kelder						
12-12-90	4747	1352	147	329	237	56
23-1-91	4057	1109	117	509	170	72
14-3-91	5088	1558	158	550	223	73
7-6-91	3299	1147	163	536	104	56
gem 90-91	4298	1292	146	481	184	64
aangezuurde mest in silo						
23-1-91	975	188	18	32	25	19
18-3-91	892	318	35	60	54	0
gem 90-91	934	253	27	71	40	10
Bosma Zathe						
aangezuurde mest in kelder						
13-12-90	1438	447	34	276	48	50
22-1-91	1483	235	25	85	35	27
10-5-91	1379	222	21	144	36	0
20-6-91	2200	263	37	110	74	0
6-8-91	1993	373	39	128	47	0
gem 90-91	1698	308	31	148	48	15
onbehandelde mest in kelder						
13-12-90	7259	2159	188	423	277	110
22-1-91	6708	1788	250	582	272	91
10-5-91	6660	2484	550	1041	405	42
20-6-91	4691	1503	150	359	231	54
29-7-91	7346	2030	252	568	411	94
gem 90-91	6533	1993	278	595	319	78
aangezuurde mest in silo						
10-5-91	3592	1189	172	558	128	41
20-6-91	3556	762	93	217	148	13
6-8-91	4239	945	108	271	167	54
gem 90-91	3796	965	124	349	148	36

Tabel 4 Vluchtige vetzuren 91/92 (analyse IMAG, mg/liter)

	azijnzuur	propionzuur	isoboterz.	boterzuur	iso-valer.	valeriaanzuur
Waiboerhoeve						
aangezuurde mest in kelder						
4-12-91	954	145	27	58	35	15
29-1-92	1440	302	24	100	30	24
gem 91-92	1197	224	26	79	33	20
onbehandelde mest in kelder						
4-12-91	3763	808	135	303	204	60
29-1-92	4179	880	127	478	178	65
gem 91-92	3971	844	131	391	191	63
aangezuurde mest in silo						
29-1-92	1223	249	30	54	63	0
Bosma Zathe						
aangezuurde mest in kelder						
27-11-91	797	136	23	77	27	15
16-12-91	954	145	27	58	35	15
gem 91-92	876	145	25	68	31	15
onbehandelde mest in kelder						
27-11-91	6329	1444	237	303	330	73
16-12-91	3763	808	135	303	204	60
gem 91-92	5046	1126	186	303	267	67
aangezuurde mest in silo						
27-11-91	754	123	21	72	23	0

Bijlage VI Gegevens bemestingsproef Waiboerhoeve.

Tabel 1 Opbrengsten aangezuurde mest 1990

Sneede	perceel	Bemesting			Opbrengst		N-efficiëntie		WC_ds (%)
		aangezuurde mest	kunst-mest-stroken		aange-zuurd (kg ds-/ha)	kunst-mest (kg ds/ha)	aange-zuurd (kg ds/kg N)	kunst-mest (kg ds/kg N)	
		mestgift (ton/ha)	N-gift (kg/ha)	(kg N/ha)					
1	1	25,9	125,8	110	4683	4717	37,2	42,9	87
	2	23,6	115,9	110	5166	5200	44,6	47,3	94
	3	23,4	111,1	110	4220	4720	38,0	42,9	89
	Gemiddeld				4706	4885			
2	1	15,2	71,1	80	2556	2339	35,9	29,2	123
	2	14,9	71,1	80	2682	2429	37,7	30,4	124
	3	15,0	72,1	80	4859	4651	67,4	58,1	116
	Gemiddeld				3314	3087			
3	1	17,3	101,4	80	2783	2913	27,4	36,4	75
	2	14,6	68,3	80	1725	1742	25,3	21,8	116
	3	12,6	66,2	80	2159	2201	32,6	27,5	119
	Gemiddeld				2225	2288			
4	1	10,4	52,1	80	1924	2391	36,9	29,9	123
	2	12,1	62,4	80	2118	2326	33,9	29,1	117
	3	12,0	61,1	80	2845	3133	46,6	39,2	119
	Gemiddeld				2277	2599			
5	1	11,9	56,7	60	1208	1154	20,6	19,2	107
	2	11,9	56,9	60	831	950	14,6	15,8	92
	3	11,5	55,8	60	2075	2094	36,5	34,9	105
	Gemiddeld				1347	1376			
Totaal	1	80,7	407,1	410	13155	13514	32,3	33,0	98
	2	77,1	374,6	410	12522	12647	33,4	30,8	108
	3	74,5	366,3	410	16158	16800	44,1	41,0	108
	Gemiddeld				13869	14235	36,3	34,7	105

Tabel 2 Opbrengsten aangezuurde mest 1991

Sede	perceel	Bemesting			Opbrengst		N-efficiëntie		WC_ds (%)
		aangezuurde mest	kunst-mest-stroken		aangezuurd	kunst-mest	aangezuurd	kunst-mest	
		mestgift (ton/ha)	N-gift (kg/ha)	(kg N/ha)	(kg ds/ha)	(kg ds/ha)	(kg ds/kg N)	(kg ds/kg N)	
1	1	15,7	88,5	80	3183	3155	36,0	39,6	91
	2	17,1	96,5	80	3428	3627	35,5	45,3	78
	3	17,8	101,0	80	2604	3150	25,8	39,5	65
	Gemiddeld				3072	3311			
2	1	11,6	62,1	60	3711	3884	59,8	64,7	92
	2	7,3	39,1	60	4196	4160	107,3	69,3	155
	3	9,6	51,4	60	2856	2607	55,8	43,5	128
	Gemiddeld				3588	3550			
3	1	13,9	71,0	80	1712	1758	24,1	22,1	109
	2	14,8	75,6	80	2872	2788	38,0	34,9	109
	3	12,8	65,4	80	3424	3669	52,4	45,9	114
	Gemiddeld				2669	2738			
4	1	10,2	61,6	45	3127	3082	50,8	68,5	74
	2	9,2	53,5	45	1942	2035	34,4	45,2	76
	3	11,0	62,7	45	2345	2109	37,4	46,9	80
	Gemiddeld				2471	2409			
5	1	9,3	53,5	45	1312	1371	24,5	30,5	80
	2	8,9	52,6	45	839	625	16,0	13,9	115
	3	9,3	55,0	45	731	598	13,3	13,3	100
	Gemiddeld				961	864			
Totaal	1	60,7	336,7	310	13044	13249	38,7	42,7	91
	2	57,3	317,3	310	13276	13235	41,8	42,7	98
	3	60,5	335,5	310	11960	12133	35,7	39,1	91
	Gemiddeld				12760	12872	38,7	41,5	93

Tabel 3 Opbrengsten aangezuurde mest 1992

Sede	perceel	Bemesting			Opbrengst		N-efficiëntie		WC ds (%)
		aangezuurde mest mestgift (ton/ha)	kunst-mest-stroken N-gift (kg/ha)	kunst-mest-stroken (kg N/ha)	aangezuurd (kg ds/ha)	kunst-mest (kg ds/ha)	aangezuurd (kg ds/kg N)	kunst-mest (kg ds/kg N)	
1	1	14,9	75,6	117,5	3029	3188	40,1	27,2	147
	2	15,2	77,4	80	3759	3733	48,6	46,7	104
	3	15,6	79,4	80	4657	4358	58,7	54,5	108
	Gemiddeld				3815	3759			
2	1	14,3	73,3	60	3538	3082	48,3	51,4	94
	2	13,5	69,1	60	838	889	12,1	14,7	82
	3	12,3	65,4	60	2189	2426	33,5	40,4	83
	Gemiddeld				2188	2132			
3	1	15,2	84,7	80	1989	2067	23,5	25,8	91
	2	15,2	85,0	80	3491	3538	41,1	45,5	90
	3	14,9	88,3	80	3464	3304	39,2	41,3	95
	Gemiddeld				2981	2970			
4	1	9,4	58,9	45	1468	1616	24,9	35,9	69
	2	15,9	99,6	80	2506	3108	26,2	38,9	67
	3	13,0	81,8	45	1385	1402	16,9	31,2	54
	Gemiddeld				1786	2042			
Totaal	1	53,8	292,5	302,5	10024	9952	34,3	32,9	104
	2	59,8	331,1	300	10594	11268	32,0	37,6	85
	3	55,8	314,9	265	11695	11490	37,1	43,4	85
	Gemiddeld				10771	10904	34,4	37,7	91

Bijlage VII Gegevens N-mineraal proef ROC Bosma Zathe

Tabel 1 Overzicht jaarlijkse mestgift en werkzame stikstof-gift.

Perceel	Mestgift (ton/ha)			Gift werkzame stikstof (kg/ha)		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992
A1	35,5	38,1	38,7	317	279	331
A2	33,6	34,5	44,3	257	248	318
A3	36,4	40,4	44,8	293	292	322
Gemiddeld aangezuurd	36,2	37,7	42,6	289	273	324
O1	30,8	41,1	39,6	304	320	317
O2	36,4	29,2	31,5	316	323	317
O3	39,8	38,0	35,3	346	313	284
Gemiddeld onbehandeld	35,6	36,1	35,5	322	319	306

Tabel 2 Droge stof opbrengsten (ton/ha) bij maaien en weiden per jaar.

	Perceel	Maaien	Weiden	Totaal
1990	A1	5,0	8,6	13,6
Aangezuurde mest	A2	9,7	3,3	12,9
	A3	6,0	7,4	13,4
	gemiddeld	6,9	6,4	13,3
Onbehandelde mest	O1	7,7	5,6	13,4
	O2	8,2	5,4	13,6
	O3	5,8	8,8	14,7
	gemiddeld	7,2	6,6	13,9
1991				
Aangezuurde mest	A1	4,4	9,5	13,9
	A2	4,2	6,3	10,5
	A3	5,5	6,5	12,1
	gemiddeld	4,7	7,5	12,2
Onbehandelde mest	O1	7,8	4,9	12,6
	O2	1,7	10,3	12,0
	O3	6,7	6,7	13,4
	gemiddeld	5,4	7,3	12,7
1992				
Aangezuurde mest	A1	5,9	7,0	12,9
	A2	6,3	5,0	11,3
	A3	8,3	5,9	14,1
	gemiddeld	6,8	6,0	12,8
Onbehandelde mest	O1	6,2	7,0	13,2
	O2	7,9	6,4	14,3
	O3	7,0	5,4	12,5
	gemiddeld	7,0	6,3	13,3

Tabel 3 Voorraad minerale stikstof in de bodem (in kg N-min/ha) in de lagen 0 - 80 cm.

Aanzuren	maart '90	mei '90	1 juni '90	half juni '90	half juli '90	half aug '90	sept '90	okt '90	mar '91	sept '91	nov '91	mar '92	okt '92	dec '92
A1	55	180	235	298	239	149	112	174	83	49	119	88	134	121
A2	84	228	190		162	117		74	85	88	69	65	235	132
A3	58	99	146		234	95	104	216	86	136	107	116	223	170
Gemiddeld	66	169	190		212	120	108	155	85	91	98	90	197	141
Zodebe-mesting	maart '90	mei '90	1 juni '90	half juni '90	half juli '90	half aug '90	sept '90	okt '90	mar '91	sept '91	nov '91	mar '92	okt '92	dec '92
B1	83	170	188	183	177	121		145	96	106	101	75	163	80
B2	123	305	155		179	148		65	114	110	112	75	153	132
B3	89	105	116		174	115	148	149	91	84	100	108	130	171
Gemiddeld	98	193	153		177	128	148	120	100	100	104	86	149	128

Tabel 4 Voorraad minerale stikstof in de bodem (in kg N-min/ha) in de laag 0 - 20 cm.

Aanzuren	maart '90	mei '90	1 juni '90	half juni '90	half juli '90	half aug '90	sept '90	okt '90	mar '91	sept '91	nov '91	mar '92	okt '92	dec '92
A1	16	113	126	194	156	82	61	70	38	26	61	31	71	44
A2	27	92		118	70	48		27	34	33	33	24	128	44
A3	18	43		85	160	51	50	97	31	70	46	34	111	64
Gemiddeld	20	83	126	132	129	61	56	64	34	43	47	30	103	51
Zodebe-mesting	maart '90	mei '90	1 juni '90	half juni '90	half juli '90	half aug '90	sept '90	okt '90	mar '91	sept '91	nov '91	mar '92	okt '92	dec '92
O1	29	82	71	103	100	50		69	40	53	51	20	96	39
O2	35	95		53	74	69		24	41	31	48	18	67	42
O3	21	47		66	111	58	74	80	37	39	41	32	67	68
Gemiddeld	28	75	71	74	95	59	74	58	40	41	47	23	77	50

Tabel 5 Voorraad minerale stikstof in de bodem (in kg N-min/ha) in de laag 20-40 cm.

Aanzuren	maart '90	mei '90	1 juni '90	half juni '90	half juli '90	half aug '90	sept '90	okt '90	mar '91	sept '91	nov '91	mar '92	okt '92	dec '92
A1	11	28	56	48	34	31	15	45	18	8	38	22	33	23
A2	22	57		31	38	25		17	25	21	19	19	57	29
A3	12	19		26	32	20	31	56	19	19	27	28	57	43
Gemiddeld	15	35	56	35	34	25	23	39	21	16	28	23	49	32
Zodebe-mesting	maart '90	mei '90	1 juni '90	half juni '90	half juli '90	half aug '90	sept '90	okt '90	mar '91	sept '91	nov '91	mar '92	okt '92	dec '92
O1	22	31	32	36	23	39		16	24	24	27	20	31	16
O2	37	62		36	45	24		14	28	25	38	23	34	47
O3	24	22		19	32	23	46	27	20	19	16	27	34	38
Gemiddeld	28	38	32	31	33	29	46	19	24	23	27	23	33	34

Tabel 6 Voorraad minerale stikstof in de bodem (in kg N-min/ha) in de laag 40 - 60 cm

Aanzuren	maart '90	mei '90	1 juni '90	half juni '90	half juli '90	half aug '90	sept '90	okt '90	mar '91	sept '91	nov '91	mar '92	okt '92	dec '92
A1	11	17	26	26	31	18	18	32	15	8	13	19	18	26
A2	20	49		20	36	27		17	17	20	13	15	34	42
A3	13	15		18	22	12	14	42	19	34	22	31	38	34
Gemiddeld	15	27	26	21	29	19	16	30	17	21	16	22	30	34
Zodebe-mesting	maart '90	mei '90	1 juni '90	half juni '90	half juli '90	half aug '90	sept '90	okt '90	mar '91	sept '91	nov '91	mar '92	okt '92	dec '92
O1	17	25	42	28	29	17			18	16	16	21	18	11
O2	32	81		42	37	36		18	30	32	24	24	42	39
O3	22	15		14	18	16	17	24	18	13	26	26	16	38
Gemiddeld	24	41	42	28	28	23	17	21	22	20	22	24	25	29

Tabel 7 Voorraad minerale stikstof in de bodem (in kg N-min/ha) in de laag 60 - 80 cm.

Aanzuren	maart '90	mei '90	1 juni '90	half juni '90	half juli '90	half aug '90	sept '90	okt '90	mar '91	sept '91	nov '91	mar '92	okt '92	dec '92
A1	16	22	27	30	18	19	18	27	12	7	8	17	11	28
A2	15	31		20	19	17		14	10	14	4	7	17	17
A3	14	23		17	20	12	9	21	17	13	12	23	17	27
Gemiddeld	15	25	27	22	19	16	14	21	13	11	8	15	15	24
Zodebe- mesting	maart '90	mei '90	1 juni '90	half juni '90	half juli '90	half aug '90	sept '90	okt '90	mar '91	sept '91	nov '91	mar '92	okt '92	dec '92
O1	15	32	43	15	25	15		31	14	13	7	15	18	13
O2	20	68		24	23	19		9	15	23	3	10	12	4
O3	22	21		17	15	18	12	18	17	14	16	23	12	27
Gemiddeld	19	40	43	19	21	17	12	19	15	17	9	16	14	15

Tabel 8 pH waarden in de verschillende bodemlagen van de 6 percelen aan het eind van elk jaar.

perceel	laag	16-10-90	12-11-91	17-12-92
A1	0 - 20	4,71	4,99	4,65
	20 - 40	4,22	4,37	4,26
	40 - 60	4,22	4,35	4,29
	60 - 80	4,37	4,56	4,38
A2	0 - 20	5,26	5,54	5,27
	20 - 40	5,24	5,43	5,27
	40 - 60	5,11	5,38	5,21
	60 - 80	5,18	5,28	5,16
A3	0 - 20	4,90	5,07	4,85
	20 - 40	4,90	5,08	4,86
	40 - 60	4,83	5,02	4,77
	60 - 80	4,80	5,04	4,77
O1	0 - 20	4,58	4,74	4,64
	20 - 40	4,17	4,30	4,24
	40 - 60	4,15	4,27	4,20
	60 - 80	4,28	4,40	4,35
O2	0 - 20	5,21	5,25	5,03
	20 - 40	4,92	5,05	5,04
	40 - 60	4,82	5,03	4,92
	60 - 80	4,80	5,01	4,89
O3	0 - 20	4,75	5,04	4,87
	20 - 40	4,73	4,92	4,79
	40 - 60	4,63	4,88	4,70
	60 - 80	4,64	4,90	4,66

Tabel 9 Perceelsgebruik.

1990	1 ^e snede		2 ^e snede		3 ^e snede		4 ^e snede	
A1	7/5	M	25/5	W	18/6	W	9/7	M
A2	16/5	M	8/6	W	9/7	M	8/8	W
A3	4/5	W	12/6	M	5/7	W	14/8	M
O2	16/5	M	11/6	W	2/7	W	25/7	M
1991								
A1	8/5	M	24/5	W	24/6	W	1/8	W
A2	10/5	W	31/5	W	3/7	M	22/7	W
A3	22/5	M	11/6	W	8/7	M	29/7	W
O2	10/5	W	31/5	W	21/6	W	8/7	M
O3	22/5	M	10/6	W	1/7	W	29/7	M
1992								
A1	29/4	M	29/5	M	18/6	W	20/7	M
A2	5/5	M	29/5	W/M	22/6	W	22/7	M
A3	20/5	W	20/5	W	20/7	W	26/8	M
O2	27/4	W	22/5	M	11/6	W	3/7	W
O3	5/5	M	20/5	W	23/6	M	17/7	W

Tabel 10 Organische stofgehalte in de bodem (0-5 cm) van de proefpercelen van het voorjaar van 1990 tot en met het najaar van 1992 (in g per 100 droge stof).

Perceel	vj '90	nj '90	vj '91	nj '91	vj '92	nj '92
A1	12,0	11,4	12,3	11,6	12,2	11,4
A2	11,3	12,2	11,0	11,4	11,9	13,5
A3	9,1	7,6	8,7	8,4	8,5	8,4
O1	11,9	13,1	12,9	12,8	13,1	12,4
O2	10,2	10,3	10,3	10,7	10,5	10,7
O3	8,4	8,5	8,9	9,3	11,1	9,1

Tabel 11 N-tot gehalte in de bodem van de proefpercelen van het voorjaar van 1990 tot en met het najaar van 1992 (in g N per 100 g droge stof).

Perceel	vj '90	nj '90	vj '91	nj '91	vj '92	nj '92
A1	0,435	0,395	0,466	0,405	0,407	0,395
A2	0,326	0,358	0,337	0,356	0,332	0,389
A3	0,333	0,319	0,346	0,308	0,307	0,347
O1	0,472	0,456	0,465	0,477	0,422	0,480
O2	0,353	0,351	0,368	0,380	0,315	0,382
O3	0,285	0,301	0,345	0,344	0,366	0,343

Bijlage VIII Maaiproeven

Tabel 1 Data van mesttoediening en oogst

lokatie	snede	1990		1991		1992	
		mest	oogst	mest	oogst	mest	oogst
Lelystad	1	27 mrt	10 mei	20 mrt	13 mei	19 mrt	6 mei
	2	11 mei	11 jun	14 mei	19 jun	8 mei	2 jun
	3	11 jun	4 jul	19 jun	17 jul	4 jun	8 jul
	4	4 jul	23 aug	18 jul	20 aug	9 jul	18 aug
	5		25 oct		17 oct		6 oct
Ureterp	1	9 mrt	7 mei	8 mrt	7 mei	6 mrt	7 mei
	2	7 mei	31 mei	7 mei	4 jun	7 mei	3 jun
	3	1 jun	26 jun	4 jun	2 jul	3 jun	1 jul
	4	27 jun	24 jul	2 jul	25 jul	1 jul	3 aug
	5		29 aug		2 sep		2 sep
	6		10 oct		15 oct		12 oct

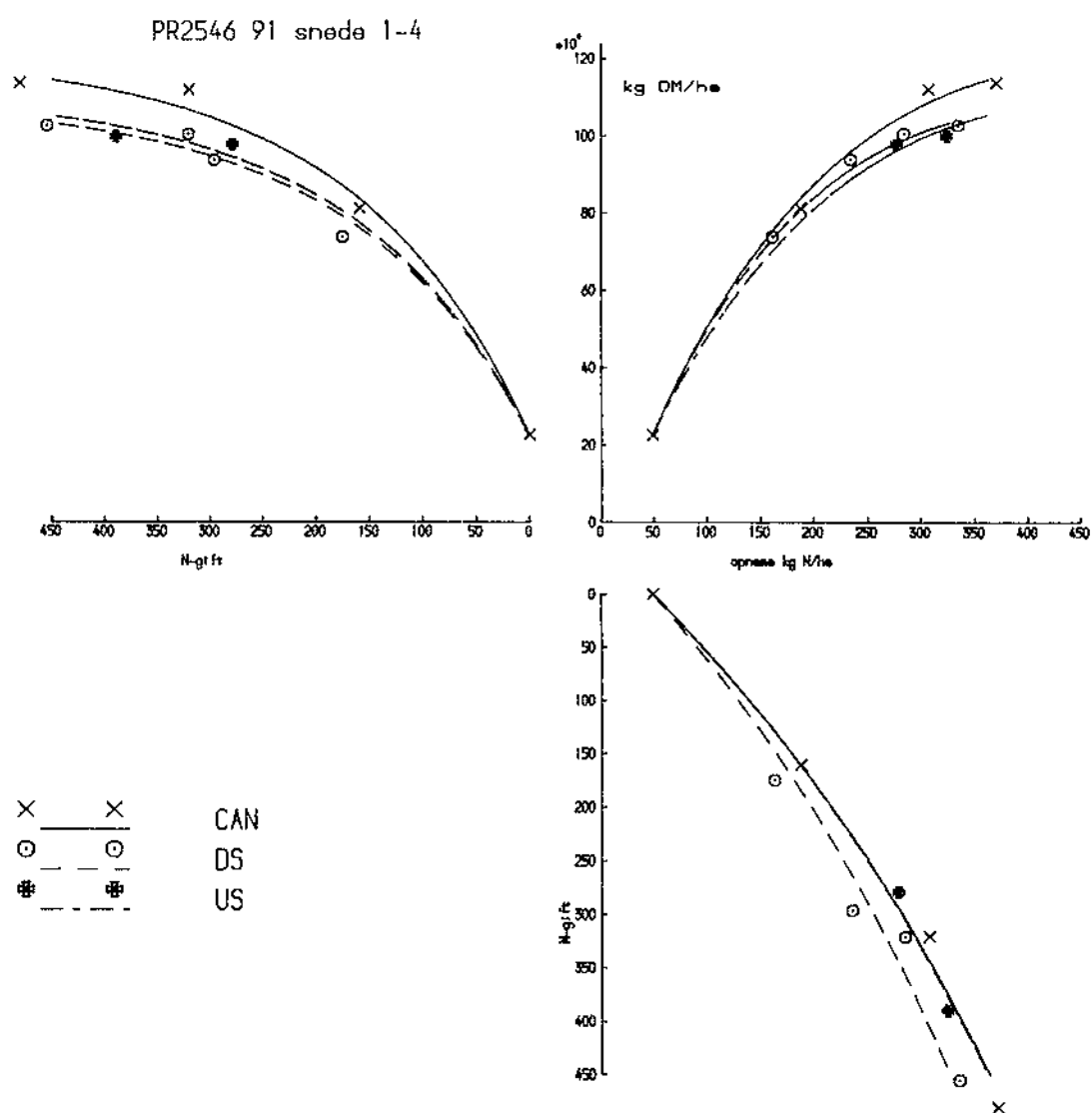
Tabel 2 Gemiddelde en standaard afwijking (tussen haakjes) van droge stof, N-totaal, minerale N, $\text{NH}_4\text{-N}$ en $\text{NO}_3\text{-N}$ gehalten (g kg^{-1}) en pH van onverdunde (OM) en verdunde aangezuurde mest

	Lelystad		Ureterp	
	OM	VM	OM	VM
Droge stof	106 (9,3)	60 (6,6)	110 (9,3)	64 (5,6)
N totaal	7,6 (1,27)	4,5 (0,83)	8,8 (0,88)	5,3 (0,45)
Organisch N	2,3 (0,81)	1,4 (0,51)	2,8 (0,76)	1,6 (0,55)
Minerale N	5,3 (0,88)	3,1 (0,52)	5,9 (0,58)	3,6 (0,35)
$\text{NH}_4\text{-N}$	1,9 (0,28)	1,1 (0,20)	2,0 (0,36)	1,3 (0,27)
$\text{NO}_3\text{-N}$	3,4 (0,72)	2,1 (0,40)	3,9 (0,52)	2,4 (0,28)
pH	4,9 (0,61)	5,1 (0,64)	4,6 (0,49)	4,6 (0,41)

Tabel 3 Botanische samenstelling (%).

datum	behandeling	totale bedekking	Engels raai	andere grassen	kruiden
<i>Waiboerhoeve</i>					
17-4-90	VM3/N2	95	78	18	4
5-6-91	VM3	90	74	24	2
	N2	89	77	22	1
19-6-92	VM3	90	80	12	7
	N2	93	79	15	6
<i>ROC Bosma Zathe</i>					
19-4-90	VM3/N2	85	89	8	3
19-6-91	VM3	81	91	8	1
	N2	89	93	6	1
17-6-92	VM3	90	90	10	0
	N2	90	92	8	0

Figuur



Bijlage IX Beweidingsproef ROC Bosma Zathe

Tabel 1 N-Giften en ds-opbrengsten met onbehandelde mest.

jaar	snede	stikstofgift in kg/ha			dagen ^{a)}	maaiopbrengst in kgds/ha	
		kunst mest	organ. mest ^{b)}	totaal org. mest		zonder mest	met org. mest
1990	1	60	29	89	45	3186	3474
1991	1	50	25	75	54	1715	2370
1992	1	63	22	85	56	2591	2837
1993	1	50	25	75	47	2620	3029
gemid.		56	25	81	51	2528	2928
1990	2	49	11	60	72	1787	1752
1991	2	48	8	56	82	2165	2268
1992	2	46	7	53	81	2001	1992
1993	2	52	9	61	72	1842	1695
gemid.		49	9	58	77	1949	1927
totaal	1 + 2	105	34	139		4477	4855
1990	3	27	24	51	18	2290	2220
1991	3	31	26	57	14	1279	1186
1992	3	23	31	54	20	2100	2091
1993	3	25	27	52	16	1855	1680
gemid.		27	27	54	17	1881	1794
1990	4	35	8	43	49	1501	1659
1991	4	39	8	47	37	1468	1619
1992	4	34	11	45	43	1106	1289
1993	4	38	9	47	39	998	1203
gemid.		37	9	46	42	1268	1443
totaal	3 + 4	64	36	100		3149	3237

^{a)} het aantal dagen tussen de bemesting met organische mest en de "oogst" van de maaistroken.

^{b)} gemiddeld 2,3 kg minerale N per ton mest, hiervan is 85 % werkzaam (:- 2 kg N per ton)
- ingerekend 1,5 kg N voor eerste en 0,5 kg N voor tweede snede na toediening.

Tabel 2 N-giften en ds-opbrengsten met aangezuurde mest.

jaar	snede	stikstofgift in kg/ha			dagen	maaiopbrengst in kgds/ha	
		kunst mest	organ. mest ^{a)}	totaal ^{a)} org. mest		zonder mest	met org. mest
1990	1	-	66	66	44	1706	3071
1991	1	-	75	75	55	750	2284
1992	1	12	80	92	44	1629	2890
gem.'90/'92		4	74	78	48	1362	2748
1993	1	-	76	76	47	1556	2943
1990	2	-	54	54	20	2065	2319
1991	2	-	60	60	20	1778	2268
1992	2	-	63	63	18	2528	3172
gem.'90/'92		-	59	59	19	2124	2586
1993	2	-	54	54	16	2327	2661
1990	3	-	54	54	21	2098	2302
1991	3	-	53	53	21	1824	2291
1992	3	-	49	49	19	1261	1575
gem.'90/'92		-	52	52	20	1728	2056
1993	3	-	53	53	16	2052	2351
1990	4	-	53	53	23	1951	2117
1991	4	-	41	41	20	1476	1957
1992	4	-	47	47	23	1828	2091
gem.'90/'92		-	47	47	22	1752	2055
1993	4	-	51	51	21	1979	2256

^{a)} het aantal dagen tussen de bemesting met organische mest en de "oogst" van de maaistroken.

^{b)} gemiddelde hoeveelheid minerale N in aangezuurde mest: van 1990 - '93 respectievelijk 6,65, 6,24, 5,63 en 6,50 kg/ton.

Tabel 3 Gemaaide oppervlakten en maaiopbrengsten van 1990 tot en met 1993

1990	Onbehandelde mest		Aangezuurde mest	
	voor 1 juli	na 1 juli	voor 1 juli	na 1 juli
Gemaaide opp (ha)	13,8	16,8	12,5	16,0
Maaipercantage	111	135	100	128
Droge stof (ton)	46,4	44,1	19,0	47,6
Kg ds per ha	3369	2632	3116	2971
1991				
Gemaaide opp (ha)	9,0	13,1	10,4	13,9
Maaipercantage	71	103	82	110
Droge stof (ton)	30,1	40,2	31,7	35,6
Kg ds per ha	3338	3077	3049	2555
1992				
Gemaaide opp (ha)	17,9	15,6	18,9	14,3
Maaipercantage	139	120	149	113
Droge stof (ton)	54,9	38,3	55,4	35,4
Kg ds per ha	3058	2457	2929	2478
1993				
Gemaaide opp (ha)	16,2	14,1	15,3	13,8
Maaipercantage	125	109	121	109
Droge stof (ton)	49,4	29,5	46,1	30,3
Kg ds per ha	3045	2098	3010	2195

Tabel 4 Ds-opbrengst (ton) en N-bemesting (kg/ha).

Jaar	1990		1991		1992		1993	
	Aan-zuur	Zodeb.	Aan-zuur	Zodeb.	Aan-zuur	Zodeb.	Aan-zuur	Zodeb.
Totaal ds	86,6	90,6	67,3	70,3	90,9	93,2	76,5	78,9
kg ds/ha	3035	2964	2766	3184	2738	2778	2624	2605
N-gift/ha	289	313	262	301	324	313	332	316

Tabel 5 Bezettingsgraad en kwaliteit van het grasbestand bij het zodebemestersysteem (%)

	vj 90	nj 90	vj 91	nj 91	vj 92	nj92	vj 93	nj93
Bezettingsgraad	88	84	84	95	99	92	98	95
goede grassen	74	70	64	73	72	72	65	76
matige grassen	6	5	6	6	6	7	5	5
slechte grassen	7	8	8	10	12	7	15	7
kruiden	4	3	4	7	9	6	11	6
Engels raaigras	64	60	51	62	64	63	72	68
Kweek	4	5	4	4	4	6	4	4
Straatgras	6	8	9	9	10	6	6	6
Paardebloem	3	3	3	4	3	6	4	4

Tabel 6 Bezettingsgraad en kwaliteit van het grasbestand bij het aanzuursysteem (%)

	vj 90	nj 90	vj 91	nj 91	vj 92	nj 92	vj 93	nj 93
Bezettingsgraad	90	84	83	96	97	94	98	95
goede grassen	75	67	62	74	69	70	64	74
matige grassen	6	5	6	6	9	8	6	6
slechte grassen	9	11	11	12	13	10	19	11
kruiden	4	3	7	4	6	6	8	4
Engels raaigras	66	60	51	65	59	63	67	64
Kweek	4	3	3	4	6	7	4	4
Straatgras	7	10	10	11	12	8	9	9
Paardebloem	2	3	3	2	2	4	2	2

Tabel 7 Voederwaarde van gras de eerste vier sneden (1992 - 1993)

	Sne de	N-gift (kg-/ha)	Sne-de-op-brengst (kg ds/ha)	Samenstelling (gr/kg ds)					VEM
				Rc	Ras	Re	DVE	OEB	
Aangezuurd	1	79	1740	196	99	235	101	79	1038
	2	57	2260	221	106	220	96	66	980
	3	51	1550	202	101	238	103	77	1006
	4	46	1620	205	100	248	105	85	985
	Gemiddeld	58	1795	208	102	235	101	77	1002
Onbehandeld	1	77	1940	194	94	213	100	58	1035
	2	52	1810	209	92	215	99	57	1009
	3	53	1430	192	93	224	104	62	1023
	4	45	1630	200	93	230	104	65	1005
	Gemiddeld	57	1705	198	93	221	102	61	1018

Tabel 8 Samenstelling van het gras van de eerste vier sneden (in grammen per kg droge stof).

	Snede	K	Na	Ca	Mg	P	Cl	NO ₃
Aangezuurd	1	38,6	1,1	3,9	2,1	4,4	10,0	3,6
	2	38,5	2,0	4,6	2,4	3,8	13,9	6,2
	3	37,9	1,7	4,9	2,6	3,4	14,3	7,5
	4	36,7	1,7	5,1	2,6	3,2	13,7	8,1
	Gemiddeld	37,9	1,7	4,6	2,4	3,7	13,0	6,3
Onbehandeld	1	35,0	1,7	4,0	2,3	4,3	8,1	1,9
	2	32,8	2,2	4,5	2,4	3,8	9,8	3,8
	3	32,7	2,0	5,0	2,7	3,2	11,5	5,0
	4	32,1	2,0	4,9	2,6	3,2	11,7	4,6
	Gemiddeld	33,2	2,0	4,6	2,5	3,6	10,3	3,8

Bijlage X Kostenberekening

Tabel 1 Jaarlijkse kosten (f) voor aanzuren, voor 3 verschillende staltypes en 3 veestapelgroottes per staltype (inclusief jongvee)

	Staltype / Aantal melkkoeien						
	1 + 1-rijg	2 + 1-rijg			2 + 2-rijg		
	45	40	60	100	60	100	150
Afschrijving	5328	6507	6512	6522	6513	6523	6535
Onderhoud en verzekering	2811	3451	3451	3451	3451	3451	3451
Rente	2471	3064	3064	3064	3064	3064	3065
Energie	554	1046	1046	1046	1046	1046	1046

Bijlage XI Controlemeting van de ingestelde pH in de kelder op ROC Bosma Zathe

Tabel 1 Controlemeting van de ingestelde pH in de kelder op ROC Bosma Zathe.

Datum	Ingesteld	Controle
20-11-90	4,5	4,1
12-12-90		4,0
24-1-91		4,1
19-2-91		4,3
5-3-91		4,7
10-4-91		4,6
7-5-91		4,2
22-11-91	4,5	4,0
7-1-91		4,1
5-2-92		4,3
19-3-92		4,0
17-6-92		4,2
18-12-92	4,0	3,9
13-1-93		3,8
11-2-93		3,9
25-2-93		3,2
18-3-93		3,3
22-3-93		4,2
15-4-93		4,3
3-6-93		4,2
7-7-93		4,2
8-12-93	4,0	2,5
16-12-93		2,5
5-1-93		5,2
13-1-94		4,3
11-2-94		3,9
9-3-94		3,7
11-4-94		4,0

LIJST VAN AFKORTINGEN

CABO-DLO	DLO-Centrum voor AgroBiologisch Onderzoek
IB-DLO	DLO-Instituut voor Bodemvruchtbaarheid
AB-DLO	DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheids- onderzoek
IMAG-DLO	DLO-Instituut voor Milieu- en Agritechniek
LEI-DLO	DLO-Landbouw Economisch Instituut
NMI	Nutrienten Management Instituut
PR	Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij
ROC Bosma Zathe	Regionaal Onderzoekcentrum Bosma Zathe

LIST OF TABLES, AND FIGURES.

- Table 1 Research-aspects.
- Table 2 Mean $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ and N-mineral concentrations (kg/tonne) of the acidified slurry.
- Table 3 Manure level in the pit, flow of the slurry, and the calculated capacity of the mixer (location: ROC Bosma Zathe).
- Table 4 Monitoring of the settled pH in the pit (location: ROC Bosma Zathe, winter 1993 - '94).
- Table 5 Slurry-quantities, acid-use and nitrate-losses (ROC Bosma Zathe).
- Table 6 Slurry-quantities, acid-use and nitrate-losses (Waiboerhoeve).
- Table 7 Slurry-quantities, acid-use and nitrate-losses in the silo (ROC Bosma Zathe).
- Table 8 Total volatile fatty acids (g/litre) of the acidified slurry.
- Table 9 Odour-emission of several objects.
- Table 10 Concentration of dangerous gasses during the acidification of (untreated) slurry in the silo.
- Table 11 N-application rate (kg/ha) and mineral-N-content of the soil (kg/ha) in the layer between 0 and 80 cm after 4 cuts.
- Table 12 Mean slurry-rate (tonne/ha) and N-rate (kg/ha).
- Table 13 Mean DM-yield (tonne/ha).
- Table 14 Potential loss of mineral nitrogen (kg N/ha).
- Table 15 N-rate (kg/ha) after multiple applications.
- Table 16 N-recovery, efficiency-index (N), N-efficiency and efficiency-index (DM) at an application rate of 80 kg N per ha per cut.
- Table 17 Organic matter-content and pH in the soil (0 - 5 cm).
- Table 18 Mean N-rate and DM-yield after application of untreated slurry.
- Table 19 Mean N-rate and DM-yield after application of acidified slurry (in 1990 - '92 with a splashplate, in 1993 with a trailerfeet).
- Table 20 Fertilization of the test plots.
- Table 21 Mean N-effect and efficiency-index.
- Table 22 Mean temperature and precipitation on ROC Bosma Zathe and the 30-year mean of Leeuwarden and Eelde.
- Table 23 pH and organic matter-content (g/100 g DM) of the soil (0 - 5 cm).
- Table 24 P_2O_5 -content (mg P_2O_5 /100 g DM) and K-content (mg K_2O /100 g DM) of the soil (0 - 5 cm).
- Table 25 MgO- (mg/kg DM) and N-total-content (g/100 g DM) of the soil (0 - 5 cm).
- Table 26 Mean DM concentration (%), N-min, P and K-concentration (kg/tonne) of the applied slurry.
- Table 27 Amount of applied slurry (tonne/ha).
- Table 28 Ammount of mineral N out of fertiliser and slurry (kg N/ha).
- Table 29 K_2O - and P_2O_5 -rate in both systems (kg/ha).
- Table 30 Botanic composition and ground cover (%).
- Table 31 Grazingperiod of the milkcows in both systems.
- Table 32 Grazingfigures
- Table 33 Number of hectares and DM-yields after mowing.
- Table 34 Foddercrop-yield.

- Table 35 Mean feeding value in the first 4 cuts.
- Table 36 Mean composition of the grass in the first 4 cuts.
- Table 37 Supplement feeding (besides grazing).
- Table 38 Mean milk-yield (kg milk/cow/day)
- Table 39 Mean milk-yield per cow per day per paddock.
- Table 40 Mean milk-yield (in kg per cow per day) and fat- and protein content.
- Table 41 Nitrate-N enrichment of the slurry after acidifying (5 % nitrate loss due to denitrification).
- Table 42 Maximum stocking rate (milkcows per ha, including additional youngstock) for acidification of slurry (for the given stocking rates all the slurry can be utilized on the farm, no removal of slurry is necessary); milk-yield is 7 000 kg per cow per year.
- Table 43 Summary of the calculation of the number of farms that can acidify all slurry (without removal).
- Table 44 Mean reduction of the ammonia-emission (%) compared to the reference situation (without measurements to reduce the emission); milk-yield is 7 000 kg per cow per year, milk-quota 12 000 kg per ha on sandy soil and 10 000 kg per ha on peatsoil.
- Table 45 Mean N-surplus with and without measurements to reduce the ammonia-emission; milk-yield is 7 000 kg per cow per year, milk-quota 12 000 kg per ha on sandy soil and 10 000 kg per ha on peat soil, level of N-fertilization is N-max.
- Table 46 Additional investments (*f*) for acidification in a 2 + 1 row cubicle house for 60 dairy cows (and additional youngstock).
- Table 47 Investments and annual costs (*f*) for acidification of slurry for three types of cubicle houses and various herd size (including additional youngstock).
- Table 48 Decrease of farm income (*f*) due to acidification of the slurry compared to a reference farm system with low emission application and storage of slurry.
- Table 49 Extra costs for application of the acidified slurry with a bandspreader with trailing feet in stead of application with a splashplate.
-
- Figure 1 Titrationcurve of cattle slurry
- Figure 2 Map of cubicle house on ROC Bosma Zathe
- Figure 3 Map of pits on ROC Bosma Zathe
- Figure 4 Map of cubicle house (Melkvee 3) on the Waiboerhoeve
- Figure 5 Map of pits on the Waiboerhoeve
- Figure 6 Ammonia-emission from the pit
- Figure 7 Mean ammonia-emission from the pit
- Figure 8 pH of the acidified slurry in the silo on the Waiboerhoeve (1990-'91)
- Figure 9 Mineral nitrogen content of the soil (the closed line is from acidified slurry, the dotted line is from untreated slurry).

ACTUELE RAPPORTEN + JAAR VAN UITGAVE

Nr.		Prijs
107	De invloed van de zwaarte van een snede op de hergroei van gras. 1987	25,00
108	Oogst en conservering van luzerne. 1987	15,00
109	De nawerking van eerder gegeven stikstof. 1989	25,00
110	Invloed stikstofbemesting en zwaarte voorgaande snede op hergroei van gras. 1987	15,00
111	Melkveehouderij en milieu. 1988	17,50
112	Energiebewuste bedrijfsvoering op een melkveebedrijf. 1988	25,00
113	Vorstschade in grasland. 1988	25,00
114	Grasproductie en benutting bij de beweidingssystemen O4 en B4. 1989	25,00
115	Bodem, vegetatie, produktie en graskwaliteit van grasland met beheersbeperkingen. 1989	25,00
116	Simulatie van voeding en groei van jongvee. Toelichting op een computerprogramma. 1989	25,00
117	Verdeling en toevoegmiddelen bij het inkuilen van gras. 1989	25,00
118	Effect oogstmachines en melasse op de kwaliteit van slecht voorgedroogd kuilvoer. 1989	25,00
119	Invloed van toevoegmiddelen op de kwaliteit van slecht voorgedroogd kuilvoer. 1989	25,00
120	Korrelkneuzen bij de oogst van snijmaïs. 1989	25,00
121	Invloed van het toevoegen van melasse aan gras. 1989	25,00
122	Het schaapmodel. 1989	25,00
123	Bemonstering, kwaliteit en voederwaardering van graskuil. 1990	25,00
124	Grasproductie en -benutting bij de beweidingssystemen B4 en B4+4. 1990	25,00
125	Opname van diploid en tetraploid in Engels raaigras. 1990	25,00
126	Bedrijfsmodel voor veenweidegebieden met verweving van natuur- en veehoudersbelangen. 1990	25,00
127	Graslandgebruik, bemesting en voedervoorziening op bedrijven met beheersbeperkingen. 1990	25,00
128	Continuugebruik van Italiaans raaigras in vergelijking met Mk1-mengsel op komklei. 1990	25,00
129	Vriespunt van boerderijmelk. 1990	25,00
130	Invloed van het toevoegen van mierzuur en melasse aan weinig voorgedroogde graskuil. 1990	25,00
131	Vleesproductie met Piemontese x zwartbonte kruislingvaarzen. 1991	25,00
132	Invloed van ontwatering van veengrasland en van grasland met gebruiksbependingen op de voedervoorziening van melkveebedrijven. 1991	25,00
133	Inpassing melkveehouderij in het geïntegreerde bedrijfsmodel voor veenweidegebieden. 1991	25,00
134	Herstructurering van een veenweidegebied met het geïntegreerde bedrijfsmodel. 1992	25,00
135	Gecombineerd weiden van schapen en pinken. 1992	25,00
136	Invloed tijdstip van toediening op stikstofwerking van dunne rundermest op grasland. 1992	25,00
137	Kuilafdekking en kuilkwaliteit. 1992	25,00
138	Bedrijfseconomische gevolgen beperking stikstofverliezen op melkveebedrijven. 1992	25,00
139	Ammoniak-emissiemetingen met de Lindvalldoos. 1992	25,00
140	Propo Noord-Brabant. 1992	25,00
141	Dairy farming and automatic milking. 1992	25,00
142	Verfijning stikstofbemestingsadvies voor grasland naar gebruikswijze. 1992	25,00
143	Twee duurzaamheidscriteria getoetst aan een gangbaar melkveebedrijf. 1993	25,00
144	Stikstofverliezen en inkomen bij meer jongvee op melkveebedrijven. 1993	25,00
145	Afname melkstellen door melkmeters. 1993	25,00
146	Inkuilverliezen bij snijmaïs. 1993	25,00
147	Stromend diepkoelen van rauwe melk. 1993	25,00
148	Verfijning stikstofbemestingsadvies voor grasland. 1993	25,00
149	Bedrijfseconomische en milieutechnische gevolgen emissie-arme bedrijfssystemen op melkveebedrijven. 1993	25,00
150	Invloed bedrijfsfactoren op energieverbruik melkveebedrijven. 1994	
151	Perspectieven grassenveredeling voor bedrijfsinkomen en mineralenoverschotten. 1994	25,00
152	Effect bodemverdichting op opbrengst en stikstofopname Engels raaigras op zandgrond. 1994	25,00
153	Vertrapping van grasaanbod op veengrasland met een slechte draagkracht. 1994	25,00
154	Tactische N-voorjaarsbemesting op gras-klavermengsels. 1994	25,00
155	High Performance Conditioner. 1995	25,00

Rapporten zijn verkrijgbaar door overmaking van het betreffende bedrag op Postbank nr. 2307421 van het PR te Lelystad met vermelding van het nummer van het rapport.