

Maatregelen om ammoniakemissie bij bovengronds toedienen van mest te beperken

S. Tamminga, L. Šebek, W. Bussink, J. Huijsmans, A. Van Pul en G. Velthof

21 januari 2009

Inleiding

In het kader van het ammoniakbeleid is het sinds begin jaren negentig verplicht om dierlijke mest op emissiearme wijze toe te dienen. Het Planbureau voor de Leefomgeving evalueert momenteel op verzoek van de ministeries van VROM en LNV of emissiearme mesttoediening effectief en doelmatig is en in hoeverre er sprake is van ongewenste neveneffecten. De ministers van VROM en LNV zullen op basis van deze rapportage aangeven of zij ruimte willen geven voor bovengrondse toediening van dierlijke mest aan grasland. Om te kunnen voldoen aan gestelde milieueisen (zoals het NEC-plafond¹), is het belangrijk dat kan worden geborgd dat de ammoniakemissie bij bovengrondse mesttoediening gelijk of lager is dan die bij emissiearme mesttoediening.

Het ministerie van LNV heeft op 29 september 2008 aan de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM) gevraagd om advies te geven over maatregelen die genomen moeten worden om te borgen dat de ammoniakemissie bij bovengrondse toediening van mest aan grasland niet hoger is dan die bij emissiearme toediening (zie bijlage 1). Daarenboven heeft het ministerie van LNV gevraagd of de maatregelen die worden genoemd in het zogenaamde Woudencertificaat en in het getuigschrift van de Vereniging tot Behoud van Boer en Milieu (VBBM) voorzien in de gewenste borging.

De CDM heeft een werkgroep samengesteld om de vragen te beantwoorden. De werkgroep bestond uit S. Tamminga (voorzitter; WU), L. Šebek (ASG), W. Bussink (NMI), J. Huijsmans (PRI), A. van Pul (RIVM) en G. Velthof (secretaris; Alterra).

In deze notitie worden de resultaten van de studie van de werkgroep beschreven.

¹ Het NEC-plafond is een nationaal emissieplafond (National Emission Ceiling) dat de landen binnen de Europese Unie hebben afgesproken ter beperking van de uitstoot van verzurende en luchtverontreinigende stoffen, zoals ammoniak.

Aanpak

Er zijn op bedrijfsniveau een groot aantal maatregelen die kunnen worden genomen om ammoniakemissie te beperken. De werkgroep heeft de opdracht afgebakend tot maatregelen die specifiek genomen kunnen worden om ammoniakemissie bij bovengronds toedienen te beperken. Maatregelen die tot meer structurele aanpassingen van melkveebedrijven leiden zijn buiten beschouwing gelaten, zoals aanpassingen aan stal- en beweidingssystemen, verlaging van de melkproductie, vermindering van het aantal stuks jongvee en meer mestafvoer vanaf het bedrijf.

De volgende drie groepen maatregelen zijn beschouwd:

1. rantsoenmaatregelen die leiden tot minder stikstof in de mest en/of tot een lagere fractie aan ammonium in de totale hoeveelheid stikstof in de mest;
2. maatregelen die rekening houden met (weers)omstandigheden bij het toedienen van mest; en
3. technische maatregelen bij toedienen van mest, zoals inregenen, verdunnen en aanzuren van mest.

Elke maatregel is nader beschreven en er is nagegaan of de maatregelen leiden tot een vergelijkbare of lagere ammoniakemissie dan de referentiesituatie (zie bijlagen 2 en 3). De referentiesituatie is hierbij als volgt gedefinieerd:

- Mesttoediening met sleepvoet (ammoniakemissiefactor 26% van de toegediende ammoniumstikstof; Huijsmans en Vermeulen, 2008). Deze techniek is gekozen als referentie, omdat dit de techniek is met de hoogste ammoniakemissiefactor die nog is toegelaten. Hierbij wordt opgemerkt dat de ammoniakemissie bij de meest toegepaste methode, zodenbemesting, lager is, namelijk 19% van de toegediende ammoniumstikstof (Huijsmans en Vermeulen, 2008). De ammoniakemissie bij bovengronds toedienen bedraagt 74% van de toegediende ammoniumstikstof (Huijsmans en Vermeulen, 2008).

De werkgroep heeft elke maatregel beoordeeld op:

- i) de ammoniakemissie op perceelsniveau;
- ii) effecten op de ammoniakemissie elders in het bedrijf of buiten het bedrijf;
- iii) mogelijke nevenaspecten, zoals effecten op emissies van methaan, lachgas en stank; en
- iv) mogelijke knelpunten bij handhaafbaarheid en controleerbaarheid.

In de studie heeft de werkgroep gebruik gemaakt van literatuur, gegevens van praktijkbedrijven uit het Koeien en Kansen project, eerdere adviezen over mesttoediening, eenvoudige modellen en expert kennis. Hieronder worden de resultaten samengevat. De gedetailleerde analyses staan in bijlagen 2 en 3.

Rantsoenmaatregelen

Gerichte rantsoenmaatregelen zijn effectief in de vermindering van de ammoniakemissie op melkveebedrijven. De berekeningen in bijlage 2 geven aan dat voor het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf in potentie een emissiereductie gerealiseerd kan worden van 15 tot 20% van de totale ammoniakemissie van het bedrijf. De mogelijke emissiereductie ten opzichte van het gemiddelde melkveebedrijf is waarschijnlijk hoger dan 20% voor grasbedrijven met veel beweiding en een relatief laag ruw eiwit gehalte in gras. Echter, het bovengronds toedienen van dunne mest geeft een dusdanig grote verhoging van de ammoniakemissie (een toename van ongeveer 75-90% op bedrijfsniveau) dat rantsoenmaatregelen alleen ontoereikend zijn om de extra emissie te compenseren. Met alleen rantsoenmaatregelen kan niet worden geborgd dat de ammoniakemissie van mest die bovengronds wordt toegediend, gelijk of lager is dan die bij emissiearme toediening van mest.

Er worden geen grote knelpunten voorzien voor wat betreft de handhaafbaarheid en controleerbaarheid van rantsoenmaatregelen. De reden hiervoor is dat binnen de mestwetgeving reeds een instrument in gebruik is dat stuurt op de rantsoensamenstelling; de "Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkvee". Elke melkveehouder kan tegen een geringe inspanning en relatief lage kosten de Handreiking toepassen.

Maatregelen die rekening houden met (weers)omstandigheden bij toedienen van mest

Voor een brede range van omstandigheden is aangetoond dat de huidige emissiearme mesttoedieningsmethoden de ammoniakemissie sterk verlagen ten opzichte van bovengrondse mesttoediening onder gelijke omstandigheden. Deze emissiereducties van emissiearme mesttoediening ten opzichte van bovengrondse mesttoediening worden ook bereikt onder weersomstandigheden waarbij al lage emissies zijn te verwachten.

Uit een modelstudie blijkt dat de ammoniakemissie bij bovengrondse mesttoediening slechts beperkt toe neemt, gaande van februari naar augustus, omdat het effect van de lagere temperatuur in het vroege voorjaar deels te niet wordt gedaan door een hogere windsnelheid in die periode. Dit geldt voor gemiddelde meteorologische omstandigheden in Nederland.

Neerslag kan de ammoniakemissie beperken. De grootte van deze emissiereductie is echter moeilijk in te schatten. Een getals- of modelmatige onderbouwing ontbreekt (bijlage 3). De te bereiken emissiereductie hangt af van de hoeveelheid en intensiteit van de regen, de duur van de regenperiode en het tijdstip van de regen na de mesttoediening.

Bij een specifieke combinatie van weersomstandigheden zijn de emissies bij bovengrondse toediening te reduceren tot een niveau dat in de buurt komt van de emissies die bij een emissiearme techniek onder gemiddelde weersomstandigheden wordt bereikt; dit zijn omstandigheden met lage windsnelheden, volledig bewolkt weer en/of bij neerslag (bijlage 3). Het is momenteel niet mogelijk precies aan te geven bij welke grenzen van meteorologische grootheden de vereiste reducties bereikt kunnen worden.

Op basis van weersfrequentietabellen is aan te geven dat sterk emissiereducerende weersomstandigheden maar zeer weinig voorkomen gedurende de periode dat mest kan worden uitgereden. Daarnaast gelden er nog vereisten voor de praktijkomstandigheden van mesttoediening (werktijd, groeiseizoen, een korte periode na een grassnede, bodem- en gewasomstandigheden). Op basis van weersfrequentietabellen, de praktijk van mesttoediening en de totale hoeveelheid uit te rijden mest kan slechts een klein deel van de mest onder sterk emissiereducerende weersomstandigheden worden toegediend. Verder is een borging voor een vereiste emissiebeperking bij bovengronds toedienen onder bepaalde (weers)omstandigheden niet te garanderen (bijlage 3).

Bij de introductie van emissiebeperkende maatregelen in 1987 is afgezien van het voorschrijven van toedienen bij koel en vochtig weer als methode van ammoniakemissiereductie om redenen van handhaafbaarheid (Anonymus, 1987).

Technische maatregelen bij het toedienen van mest

Het bovengronds toedienen van mest kan ook gepaard gaan met alternatieve emissiebeperkende maatregelen, zoals het verdunnen van de mest, (kunstmatig) inregenen en aanzuren van de mest. Huijsmans en Verwijs (2008) hebben de ammoniakemissie bij deze technieken samengevat.

Bij het toedienen van verdunde mest en het inregenen van mest werd een grote spreiding in de hoogte van de ammoniakemissie gevonden. Bij een verdunning van 1 op 3 (1 deel mest, 3 delen water) varieerde de emissie van 15-40% van de toegediende ammoniumstikstof en was de gemiddelde emissiereductie meer dan 50% (18-73%). Bij het inregenen werden emissies gevonden variërend van 5-70% van de toegediende ammoniumstikstof en emissiereducties van 45-89%. De intensiteit en hoeveelheid water spelen een rol bij de mate van emissiereductie. Indien eerst mest wordt uitgereden en vervolgens in een tweede werkgang met een tank water over de mest wordt gesproeid is het van belang dat de tijd tussen mest- en watertoediening kort is. Voor bouwland is momenteel het in een tweede werkgang onderwerpen van de mest niet meer toegelaten.

Bussink et al. (1994) hebben een totaalanalyse gemaakt van de ammoniakemissie bij bovengronds breedwerpige toediening van aangezuurde mest. Door de mest aan te zuren werd een emissiereductie bereikt van 85%, 72% en 55% bij respectievelijk een pH 4,5, pH 5,0 en pH 6,0.

De onderzoeken naar de ammoniakemissie bij de genoemde alternatieven (met uitzondering van aanzuren) voor het toedienen van mest (zoals bij verdunnen en inregenen) zijn veelal fragmentarisch verkennend uitgevoerd. Het aantal metingen is meestal beperkt en vertoont een grote spreiding. Eenduidige emissiegegevens zijn dan ook niet te geven.

De LNV werkgroep "Richtlijn Emissiearme Mesttoediening" heeft begin jaren '90 technieken beoordeeld op onder andere hun emissiereductie en controle mogelijkheden bij de juiste toepassing van de techniek. Deze werkgroep concludeerde in haar advies (LNV 1992a&b, 1993) dat zowel bij het inregenen als bij toepassing van verdunde mest de handhaving (heterdaad en naderhand) extra aandacht vragen of moeizaam zijn uit te voeren. Bij het inregenen spelen hierbij de hoeveelheid toegepast water, het tijdstip, de duur en de intensiteit van de berekening een grote rol. Bij het verdunnen speelt de mate van verdunning een belangrijke rol. Eenzelfde probleem in de handhaving vond de werkgroep bij het aanzuren van mest.

Nevenaspecten

De hoeveelheid mest die per keer bovengronds kan worden toegediend is lager dan die bij emissiearm toedienen. Dit betekent dat bij volledig bovengronds toedienen van mest er meer kleinere giften worden gegeven gedurende het seizoen en dat mest later in het seizoen (bij hogere temperaturen) wordt toegediend. Dit kan leiden tot een extra verhoging van de ammoniakemissie ten opzichte van emissiearme toediening.

Uit een studie naar nevenaspecten bij mesttoediening (Huijsmans et al., 2008) blijkt dat de stikstofbenutting door grasland van bovengronds toegediende mest lager is dan die van emissiearm toegediende mest. Tevens geeft deze studie aan dat er geen aanwijzingen zijn dat emissiearme mesttoediening nadelige effecten heeft op het bodemleven en de bodemstructuur ten opzichte van bovengrondse toediening. Nog lopend onderzoek in het kader van het Reductie Plan Overige Broeikasgassen geeft aan dat de lachgasemissie lager is bij bovengrondse dan bij emissiearme mesttoediening (Velthof, persoonlijke mededeling).

De kans op stankoverlast is groter bij bovengronds dan bij emissiearme toedienen van mest.

Rantsoenmaatregelen hebben nauwelijks negatieve effecten; alleen het risico van methaanemissie stijgt (maar dit is afhankelijk van de samenstelling van het rantsoen; bijlage

2). Verlaging van het stikstofgehalte van het rantsoen heeft wel verschillende positieve effecten, zoals de verlaging van de ammoniakemissie in andere delen van het bedrijf (stallen, mestopslag) en een verlaging van het risico van stikstofuitspoeling en lachgasemissie.

Het toedienen van mest onder regenachtige omstandigheden kan een negatief effect hebben op de bodemstructuur. Daarnaast bestaat er een kans op afspoeling van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater als mest vlak voor of tijdens grote regenbuien wordt toegediend (Van der Salm et al., 2006).

De effecten van mesttoedieningstechnieken en eventuele aanvullende maatregelen op de kosten zijn niet in het advies beschouwd.

Conclusies

De werkgroep concludeert het volgende:

- Voor een brede range van (weers)omstandigheden is aangetoond dat de huidige emissiearme mesttoedieningsmethoden de ammoniakemissie van toegediende dierlijke mest sterk verlagen ten opzichte van bovengrondse mesttoediening onder gelijke omstandigheden.
- Reductie van de ammoniakemissie is mogelijk door rekening te houden met de weersomstandigheden en een verlaging van het ammoniumgehalte van de mest. Dit geldt zowel voor bovengrondse als emissiearme mesttoediening.
- Voor het gemiddelde melkveebedrijf is het met alleen rantsoenmaatregelen niet mogelijk om de ammoniakemissie bij bovengrondse toediening te reduceren tot het niveau bij emissiearme toediening.
- Neerslag tijdens en na de mesttoediening kan de ammoniakemissie beperken. De grootte van deze emissiereductie is echter moeilijk in te schatten. Een getals- of modelmatige onderbouwing ontbreekt. De te bereiken emissiereductie hangt af van de hoeveelheid en intensiteit van de regen, de duur van de regenperiode en het tijdstip van neerslag na de mesttoediening.
- Onder bepaalde weersomstandigheden zijn de emissies bij bovengrondse aanwending te reduceren tot een niveau dat in de buurt komt van de emissies bij een emissiearme techniek bij gemiddelde weersomstandigheden. Dit zijn omstandigheden met lage windsnelheden, volledig bewolkt weer en/of bij neerslag. Het is momenteel niet mogelijk precies aan te geven bij welke grenzen van meteorologische grootheden de vereiste reducties bereikt kunnen worden.
- Op basis van weersfrequentietabellen is aan te geven dat sterk emissiereducerende weersomstandigheden maar zeer weinig voorkomen gedurende de periode dat mest kan worden uitgereden. Daarnaast gelden er nog vereisten voor de praktijkomstandigheden van mest (werktijd, groeiseizoen, een korte periode na een grassnede, bodem- en

gewasomstandigheden). Op basis van de weersfrequentietabellen, de praktijk van mest toedienen en de hoeveelheid mest kan slechts een klein deel van de mest onder sterk emissiereducerende weersomstandigheden worden toegediend. Verder is een borging voor een vereiste emissiebeperking bij bovengronds toedienen onder bepaalde omstandigheden niet (eenvoudig) te garanderen .

- Een verlaging van de ammoniakemissie bij bovengronds mest toedienen kan worden bereikt door aanzuren, verdunnen van de mest en inregelen van mest. In de jaren '90 is mede op basis van de moeilijke handhaafbaarheid besloten om deze technieken niet toe te laten.

Woudencertificaat en het getuigschrift VBBM

Tot slot, heeft het ministerie van LNV gevraagd in hoeverre de maatregelen uit het zogenaamde Woudencertificaat en het getuigschrift van de Vereniging tot Behoud van Boer en Milieu (VBBM) voorzien in de gewenste borging dat de ammoniakemissie bij bovengrondse toediening gereduceerd wordt tot het niveau van emissiearme toediening.

In het Woudencertificaat worden verschillende potentiële criteria genoemd waaraan bedrijven zouden moeten voldoen. Het gaat hierbij om de gift aan organische mest, het stikstofoverschot, het kunstmestgebruik en het ureumgetal in de melk. Tevens wordt aangegeven dat mest onder gunstige omstandigheden moet worden uitgereden (in het Woudencertificaat gedefinieerd als een temperatuur lager dan 25 graden, niet voor 13.00 uur 's middags en bij bewolkt, liefst regenachtig weer). Het betreffen dus zowel maatregelen die leiden tot minder stikstof in het rantsoen, als maatregelen die gebaseerd zijn op mesttoediening bij bepaald weer. Dit zijn maatregelen die kunnen leiden tot een verlaging van de ammoniakemissie bij bovengronds toedienen, zoals hierboven en in bijlagen 2 en 3 is aangegeven. De kwantitatieve onderbouwing van de criteria uit het Woudencertificaat ontbreekt; het is niet duidelijk welke reductie in ammoniakemissie wordt beoogd.

De werkgroep concludeert dat met het voldoen aan de criteria uit het Woudencertificaat een reductie van de ammoniakemissie kan worden verkregen met uitzondering van het temperatuurcriterium, maar er wordt met deze criteria niet geborgd dat de ammoniakemissie bij bovengrondse toediening gereduceerd wordt tot het niveau van emissiearme toediening.

In het getuigschrift van VBBM worden predicaten voor duurzaamheid beschreven. De predicaten zijn breder dan alleen ammoniakemissie; ze gaan bijvoorbeeld ook over bodemkwaliteit en dierenwelzijn. De werkgroep is nagegaan in hoeverre de in het getuigschrift beschreven duurzaamheidsvoorwaarden voorzien in de gewenste borging dat de ammoniakemissie bij bovengrondse toediening gereduceerd wordt tot het niveau van emissiearme mesttoediening. Er wordt in het getuigschrift niet aangegeven wat het effect is op ammoniakemissie indien aan bepaalde duurzaamheidsvoorwaarden wordt voldaan. De

werkgroep constateert dat het voldoen aan een deel van de duurzaamheidsvoorwaarden zal leiden tot een lager stikstofgehalte in het rantsoen en daardoor ook tot een verlaging van de ammoniakemissie. Zoals hierboven (en in bijlage 2) aangegeven leidt het verlagen van het stikstofgehalte in het rantsoen niet tot een reductie van ammoniakemissie bij bovengrondse mesttoediening tot het niveau van emissiearme toediening.

De werkgroep concludeert dat met de duurzaamheidsvoorwaarden uit het getuigschrift van VBBM weliswaar een reductie van de ammoniakemissie kan worden verkregen, maar er wordt met deze criteria niet geborgd dat de ammoniakemissie bij bovengrondse toediening gereduceerd wordt tot het niveau van emissiearme toediening.

Referenties

- Anonymus (1987). Besluit van 25 maart 1987, houdende regelen met betrekking tot het op of in de bodem brengen van dierlijke meststoffen (Besluit gebruik dierlijke meststoffen), Staatsblad 1987, 114.
- Bussink, D.W., J.F.M. Huijsmans en J.J.M.H. Ketelaars (1994). Ammonia volatilization from nitric-acid-treated cattle slurry, (surface) applied to grassland. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 42: 293-309.
- Huijsmans J.F.M. en G.D. Vermeulen (2008) Ammoniakemissie bij het toedienen van dierlijke mest. Actualisatie emissiefactoren. PRI rapport 218, Plant Research International, Wageningen (in press)
- Huijsmans, J.F.M., J.J. Schröder, G.D. Vermeulen, R.G.M. de Goede, D. Kleijn en W.A. Theunissen (2008) Emissiearme mesttoediening. Ammoniakemissie, mestbenutting en nevenaspecten. PRI rapport 195, Plant Research International, Wageningen.
- Huijsmans, J.F.M. en B.R. Verwijs (2008). Ammoniakemissie bij alternatieve mesttoedieningsmethoden. PRI rapport 220, Plant Research International, Wageningen (in press).
- LNV (1992a) Aanzuren van rundermest als emissiearme mesttoedieningstechniek (uitrijvariant), advies voor erkenning. Werkgroep Richtlijn Emissiearme Mesttoediening, LNV 26 juni 1992, .
- LNV (1992b) Bovengronds verspreiden van verdunde mest, advies voor erkenning als emissiearme mestaanwendingstechniek. Werkgroep Richtlijn Emissiearme Mesttoediening, LNV 23 december 1992.
- LNV (1993) Inregelen van mest, advies voor erkenning als emissiearme mesttoedieningstechniek.. Werkgroep Richtlijn Emissiearme Mesttoediening, LNV, 12 januari 1993.
- Salm, C. van der, J. Dolfing, J.W. van Groenigen, M. Heinen, G. Koopmans, J. Oenema, M. Pleijter, en A. van den Toorn (2006) Diffuse belasting van het oppervlaktewater met nutriënten vanuit grasland op een zware kleigrond. Monitoring van nutriëntenemissies op een melkveehouderij in Waardenburg. Alterra-rapport 1266, Alterra Wageningen.

Bijlage 1. Advies aanvraag

Commissie van Deskundigen Meststoffen
p/a dr.ir. G.L. Velthof
WOT Natuur en Milieu
Postbus 47
6700 AA WAGENINGEN



landbouw, natuur en
voedselkwaliteit

uw brief van	uw kenmerk	ons kenmerk	datum
		TRCDL/2008/2447	29 september 2008
onderwerp		doorkiesnummer	bijlagen
Emissie ammoniak		4648	

Geachte Voorzitter,

In het kader van het ammoniakbeleid is al in de jaren negentig besloten ondernemers te verplichten dierlijke mest op emissiearme wijze toe te dienen. Om uiteenlopende redenen heeft een beperkt aantal ondernemers zich van meet af aan tegen die voorschriften verzet. Vrees voor negatieve neveneffecten speelt onder meer een rol.

Afgelopen decennia is op verschillende plaatsen onderzocht in hoeverre het mogelijk is om door aangepaste bedrijfsvoering van een melkveebedrijf mest te produceren die bij bovengronds toedienen een even beperkte emissie van ammoniak geeft als mest van traditionele bedrijven die emissiearm wordt toegediend. Zoals u bekend loopt er ook nu nog een dergelijk onderzoek in de Noordelijke Friese Wouden.

Eveneens bij u bekend is dat het Planbureau voor de leefomgeving op verzoek van de bewindslieden van VROM en LNV evalueert of de bedoelde voorschriften effectief en doelmatig zijn en in hoeverre sprake is van ongerwenste neveneffecten.

Na ontvangst van de rapportage zullen genoemde bewindslieden een beleidsreactie geven. Daarbij zullen zij ook aangeven in hoeverre zij ruimte willen geven voor bovengronds toedienen van dierlijke mest.

Bepalend daarvoor zijn de bevindingen van het Planbureau. Evenzeer is echter van belang dat kan worden geborgd dat de emissie van mest die bovengronds wordt toegediend, daadwerkelijk binnen bepaalde grenzen blijft.

Meer concreet ligt de vraag voor wat wij van melkveebedrijven kunnen vragen te doen of te laten in het kader van hun bedrijfsvoering, opdat gewaarborgd is dat de emissie uit mest bij gebruik van bovengrondse aanwendingstechnieken niet hoger is dan die van mest van bedrijven die met emissiearme methoden wordt toegediend. In eerste instantie gaat het hierbij om het emissieresultaat op bedrijfsniveau, uitgedrukt in emissie per ha. Voor de eindbeoordeling is echter ook van belang te weten in hoeverre als gevolg van de alternatieve aanpak de emissie van ammoniak elders toeneemt of anderszins negatieve effecten optreden, zoals extra emissie van broeikasgassen of stankhinder. Tot slot is ook van belang in hoeverre alternatieven handhaafbaarbaar zijn.

Gaarne zou ik hierover uw opvattingen en aanbevelingen uiterlijk half november a.s. vernemen.

Datum	Kenmerk	Vervolgblad
29 september 2008	TRCDL/2008/2447	2

— Bijgaand treft u een exemplaar aan van het zgn Woudencertificaat en het getuigschrift van de VBBM. Ik wil u vragen mede aan te geven in hoeverre de maatregelen die daarin zijn genoemd, kunnen voorzien in de gewenste borging.

DE DIRECTEUR LANDBOUW,

ir. C.A.C.J. Oomen

Bijlage 2. Rantsoenmaatregelen.

Rantsoenmaatregelen om de emissie van ammoniak (NH_3) te verlagen zijn gericht op verlaging van de hoeveelheid geproduceerde ammoniakale stikstof (TAN, kg N). Dit komt neer op verlaging van de excretie van stikstof (N) met urine en mest. In principe mag voor iedere voedingsfactor, die de hoeveelheid en aard van de N-excretie beïnvloedt, verwacht worden dat deze tevens de NH_3 -emissie beïnvloedt.

Rantsoenmaatregelen die gericht zijn op verandering van de N-stromen in de melkkoe kunnen tegelijkertijd effect hebben op haar energievoorziening van de melkkoe. De interactie tussen energie- en eiwitmetabolisme is sterk en daarom kunnen energie- en eiwitmetabolisme in principe niet onafhankelijk van elkaar beschouwd worden. Een rantsoenmaatregel die niet alleen de NH_3 emissie vermindert, maar tevens de (melk)productie, is lastig te interpreteren. In deze notitie wordt het effect van rantsoenmaatregelen op de NH_3 emissie vergeleken per eenheid product (i.c. per 1000 kg melk). Wanneer het niet om directe vergelijking gaat is gerekend onder de aanname dat zowel de energievoorziening van het dier als de productie gelijk blijven.

Beschrijving van de maatregelen

Verlaging van de N-excretie (met urine en mest) wordt gerealiseerd door rantsoenmaatregelen die het N-aanbod aan de veestapel zo goed mogelijk afstemmen op de N-behoefte. Deze maatregelen hebben het meeste effect wanneer ze gepaard gaan met een bedrijfsmanagement dat gericht is op het verkrijgen van een hoge voerkwaliteit bij alle voedermiddelen (ruwvoerders, krachtvoerders en bijproducten). De mogelijkheden om op deze wijze de NH_3 -emissie effectief te verlagen zijn afhankelijk van de actuele bedrijfsomstandigheden.

Beperken N-uitscheiding met urine (verteerd voereiwit dat niet voor productie is benut)

Vermindering van de N-uitscheiding met urine betekent vermindering van de absolute hoeveelheid geproduceerde TAN. De NH_3 -emissie is in de huidige rekenregels direct gekoppeld aan de hoeveelheid geproduceerde TAN (Velthof et al., 2009).

Het betreft rantsoenmaatregelen die de efficiëntie van de eiwitbenutting verhogen:

- Verlagen van het ruw eiwitgehalte van het rantsoen;
- Verbeteren van de benutting (voor eiwitproductie in melk en vlees) van de hoeveelheid verteerd ruw eiwit, zodat de N uitscheiding met urine vermindert;
- Verhogen van de microbiële eiwitproductie in de pens;
- Onnodige N-verliezen in de pens voorkomen en daarmee de N-uitscheiding met de urine verminderen;
- Vastleggen verteerd voereiwit in de dikke darm;
- Verminderen van de N uitscheiding met urine door vastlegging van (bloed)ureum via dikke darmfermentatie bij N arme darminhoud (rantsoen met veel zetmeel of ruwe celstof en weinig eiwit). Dit verlaagt overigens de (schijnbare) verteerbaarheid.

Beperken N-uitscheiding met mest (niet verteerde voereiwit)

Vermindering van de N uitscheiding met mest heeft betrekking op vermindering van de hoeveelheid N die met mest moet worden uitgereden en op de hoeveelheid TAN die door mineralisatie in de mestkelder wordt geproduceerd.

Het betreft rantsoenmaatregelen die de verteerbaarheid van het voereiwit verhogen:

- Optimaliseren van de pensfermentatie;
- Verbeteren van de verteerbaarheid van het rantsoen zodat minder voer (minder eiwit) nodig is voor eenzelfde productie;
- Optimaliseren van het rantsoen voor maximale melkproductie;
- Energieaanbod aan de koe verhogen door afstemmen koolhydraat- en eiwit aanbod waardoor op hetzelfde rantsoen meer melkeiwit wordt geproduceerd.

In Nederland is de kwaliteit van de voedermiddelen op melkveebedrijven van hoog niveau. Hierdoor zijn er slechts beperkte mogelijkheden om de verteerbaarheid van het voereiwit te verbeteren. Verlaging van de N-excretie heeft in Nederland vooral betrekking op verbetering van de benutting van het verteerde voereiwit.

Om inzicht te krijgen in de effectiviteit van het sturen op een verbetering van de verteerbaarheid van het voereiwit en vervolgens op verhoging van de hoeveelheid verteerd voereiwit dat wordt vastgelegd in melk en vlees (benutting verteerd eiwit), is in Tabel 1 de N-stroom in melkgevendende koeien weergegeven. In Tabel 1 zijn de getallen voor de excreties (N mest, TAN en N dunne mest) direct vergelijkbaar, omdat ze betrekking hebben op een gelijk blijvend energieaanbod en melk(eiwit)productie. Deze aanname betekent dat de hoeveelheid N die wordt vastgelegd in melk en vlees constant moet blijven (vetgedrukte kolom). Vanwege de constante N-vastlegging varieert de N-opname met veranderingen in verteerbaarheid en benutting. Andersom zou bij constante N-opname de N-vastlegging variëren en zijn de resultaten voor de excreties (N mest, TAN en N dunne mest) niet direct vergelijkbaar. De gekozen percentages voor verteerbaarheid en benutting in de uitgangssituatie komen overeen met het gemiddelde in de Nederlandse praktijk (WUM 2006) en de verbeteringen zijn gebaseerd op gemeten waarden van een bedrijf met weidegang binnen het project Koeien&Kansen (nb: het hoogste percentage verteerd voereiwit dat benut wordt voor productie was 43,4% en werd gemeten op een bedrijf zonder weidegang).

Tabel 1. Effect van verbetering van de verteerbaarheid en/of de benutting van voereiwit op de hoeveelheid geproduceerd urine N (= TAN) in gram N per dier per dag bij gelijk energieaanbod en gelijke productie van eiwit in melk en vlees (= N 'melk')

Situatie ¹⁾	N opname (g/dag)	N Efficiëntie (%)	N verteerd (g/dag)	N 'melk' (g/dag)	N mest (g/dag)	TAN (g/dag)	N dunne mest (g/dag)	TAN (%)
1	525	25.9	367	136	158	231	389	59.4
2	503	27.0	367	136	136	231	367	63.0
3	474	28.7	332	136	142	196	338	57.9
4	454	30.0	332	136	123	196	319	61.5

- ¹⁾ 1 = uitgangssituatie, verteerbaarheid 70% en benutting verteerd voereiwit 37%
 2 = verbetering verteerbaarheid, verteerbaarheid 73% en benutting verteerd voereiwit 37%
 3 = verbetering benutting, verteerbaarheid 70% en benutting verteerd voereiwit 41%
 4 = verbetering verteerbaarheid en benutting, verteerbaarheid 73% en benutting verteerd voereiwit 41%

Uit Tabel 1 kan het volgende geconcludeerd worden:

1. De N-efficiëntie (g N 'melk' / g N opname) is niet geschikt als kwantitatieve voorspeller van de TAN productie (grammen), maar een duidelijk hogere N-efficiëntie geeft wel een indicatie voor een lagere TAN productie.
2. Vermindering van de *hoeveelheid* geproduceerde TAN is gekoppeld aan verhoging van het percentage verteerd voer-N dat wordt vastgelegd in melk en vlees.
3. Vermindering van het *percentage* TAN hoeft niet altijd een vermindering van de absolute hoeveelheid TAN te betekenen.
4. Vermindering van de N-excretie (kolom N dunne mest) hoeft niet altijd een vermindering van de hoeveelheid TAN te betekenen.
5. Het percentage aan TAN en de hoeveelheid N-excretie kunnen niet direct gebruikt worden als indicatoren voor de ammoniakemissie (daarvoor is de combinatie van beide nodig).
6. Rantsoenmaatregelen kunnen, op basis van Tabel 1, voor het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf de hoeveelheid geproduceerde TAN met ongeveer 15% terug brengen.

Effectieve voermaatregelen moeten volgens Tabel 1 resulteren in een verminderde hoeveelheid verteerde N bij gelijke energievoorziening. Daardoor neemt de N-benutting toe en neemt de N-excretie af. In de praktijk komt dat neer op een verruiming van de verhouding VEM/DVE bij vermijden van een OEB surplus.

De belangrijkste voermaatregel is daarmee het verlagen met het ruw eiwitgehalte in het rantsoen (bij gelijkblijvend energiegehalte).

Voor een goede diergezondheid en (melk)productie is een minimum eiwit aanbod vereist. Binnen het project Koeien&Kansen is die grens opgezocht door het proefbedrijf De Marke en daarbij is geconcludeerd dat beneden een niveau van ca. 140 g ruw eiwit per kg droge stof in het rantsoen, het risico van productieverlies en verminderde diergezondheid (te) groot wordt. Binnen het project Koeien&Kansen wordt gestreefd naar een jaargemiddeld eiwitgehalte in het rantsoen van ca. 150 g re/kg ds. Het is dus mogelijk om met voermaatregelen een verdere reductie van de geproduceerde TAN op een gemiddeld melkveebedrijf (WUM 2006) te bereiken dan de aangegeven 15% op basis van Tabel 1. Binnen Koeien&Kansen in 2006 bedroeg de hoogst gemeten reductie in TAN (t.o.v. WUM 2006) 18,6% voor een bedrijf zonder weidegang en met 142 g re/kg ds in het gemiddelde jaarrantsoen.

De gegevens in Tabel 1 zijn bedoeld ter illustratie en vertaling ervan naar de effectiviteit van rantsoenmaatregelen op de ammoniakemissie op bedrijfsniveau is niet zonder meer mogelijk. Tabel 1 heeft namelijk betrekking op melkgevende dieren en op bedrijfsniveau gaat het om de gehele veestapel. Ook spelen er op bedrijfsniveau tal van interacties die de totale ammoniakemissie beïnvloeden. Om toch een beeld te kunnen geven van de effectiviteit van rantsoenmaatregelen op bedrijfsniveau is op basis van de rapportage van Velthof et al. (2009) een bedrijfsmodel gemaakt waarmee enkele bestaande Koeien&Kansen bedrijven en een (fictief) WUM bedrijf zijn doorgerekend.

Effect op de ammoniakemissie op bedrijfsniveau

In Tabel 2 zijn, naast het fictieve WUM bedrijf, twee Koeien&Kansen bedrijven opgenomen met een verschillende benutting van het verteerde voereiwit. Voor onderlinge vergelijking van de bedrijven (die op veel punten verschillen), is de ammoniakemissie uitgedrukt per 1000 kg melk en per GVE (grootvee eenheden). Daarnaast zijn enkele bedrijfskenmerken gelijk gehouden nl een intensiteit van 15.000 kg melk per ha en een areaal verdeling volgens derogatie (70% grasland en 30% maisland) en heeft het bedrijf WUM 2006 een gelijke veestapel als het Koeien&Kansen bedrijf Hoefmans.

Om het effect van bovengronds toedienen van mest op de NH₃ emissie van het bedrijf weer te geven, zijn in Tabel 2 de emissies bij mestaanwending op grasland opgenomen. Deze emissiegetallen zijn gebaseerd op een emissie bij mestaanwending van respectievelijk 26% (sleepvoet) en 74% (bovengronds toedienen) van de met de mest toegediende TAN (Huijsmans en Vermeulen, 2008).

Tabel 2. N-stromen op bedrijven met een gemiddeld Nederlands rantsoen (WUM 2006) en op 2 Koeien&Kansen bedrijven.

	WUM 2006	Hoefmans 2006	Van Hoven 2006
Benutting verteerde voereiwit melkvee (%)	37.2	40.8	36.5
N-efficiëntie melkvee (%)	25.9	28.5	25.6
Aantal Koeien	88	88	102
Aantal GVE	108	108	130
Melkproductie (kg)	681472	768394	790811
Melkvet (%)	4.39	4.36	4.56
Melkeiwit (%)	3.48	3.47	3.42
Beweiding in dagen per jaar	125	64	192
Beweiding in uren per dag	7	6	12
Ruw eiwitgehalte rantsoen (g/kg ds)	161.5	152.5	159.5
Kg NH ₃ -N per 1000 kg melk			
Stal en opslag	1.48	1.25	1.19
Dunne mest toediening grasland	1.99	1.75	1.33
Dunne mest toediening bouwland	0.54	0.51	0.53
Toediening kunstmest	0.14	0.14	0.14
Beweiding	0.07	0.02	0.16
Totaal	4.21	3.66	3.34
Bedrijfsemisatie t.o.v. WUM 2006 (%)	100	86.9	79.3
Kg NH ₃ -N per GVE	26.5	25.9	20.3
Kg NH ₃ -N op grasland bij sleepvoet	1359	1343	1050
Kg NH ₃ -N bedrijf bij sleepvoet	2869	2813	2645
Kg NH ₃ -N bedrijf bij bovengronds	5378	5292	4583
Toename bedrijfsemisatie bij bovengronds t.o.v. bij sleepvoet (%)	87	88	73
%TAN			
Jaar	61.9	57.5	62.8
Weideseizoen	68.2	62.8	67.8
Stalseizoen	56.0	56.0	51.6

Met betrekking tot de NH₃ emissie blijkt uit Tabel 2:

1. Voor het gemiddelde Nederlandse bedrijf (WUM 2006) bedraagt de emissie bij emissiearm toedienen van dunne mest (sleepvoet) op grasland met 1359 kg NH₃-N ongeveer 50% van de bedrijfsemisatie.
2. Voor het bedrijf WUM 2006 bedraagt de emissie bij bovengronds toedienen van dunne mest op grasland met 3868 kg NH₃-N (=5378 – 2869 + 1359; zie tabel 2) ongeveer 70% van de bedrijfsemisatie.

Met betrekking tot het effect van voermaatregelen op de NH₃ emissie blijkt uit Tabel 2:

1. Op het bedrijf Hoefmans is de reductie van de ammoniakemissie 13,1% t.o.v. van het bedrijf WUM 2006.
2. Het bedrijf Van Hoven realiseert bij een vrijwel gelijk benuttingpercentage en regehalte in het rantsoen een 20,7% lagere ammoniakemissie op bedrijfsniveau dan het bedrijf WUM 2006.

De rantsoenmaatregel 'Minder eiwit in het rantsoen om de benutting van het verteerde voereiwit te verhogen' is effectief voor de verlaging van de geproduceerde TAN (Tabel 1) en blijkt ook effectief om de NH₃-emissie op bedrijfsniveau te verlagen. Het bedrijf Hoefmans realiseert met deze aanpak een reductie in de bedrijfsemis­sie die met 13,1% iets lager ligt dan de berekende 15,2% reductie in kg TAN op basis van Tabel 1. Dit verschil kan verklaard worden uit het verschil in weidegang. Als er op het bedrijf WUM 2006 een gelijke beweiding wordt toegepast als op het bedrijf Hoefmans, dan is de berekende reductie van de ammoniakemissie 15,9%.

Uit de resultaten van het bedrijf Van Hoven blijkt duidelijk dat meer weidegang leidt tot minder ammoniakemissie. Dit ondanks het feit dat meer weidegang leidt tot een hoger re-gehalte in het rantsoen, een hoger percentage TAN en een verhoging van de kg geproduceerde TAN. De reden hiervoor is dat er minder mest (en kg TAN) in de kelder wordt opgevangen (= minder emissie door mineralisatie), waardoor ook minder dunne mest hoeft te worden uitgereden (= grootste emissiepost op het bedrijf). Uit de gegevens in Tabel 2 blijkt met betrekking tot de effecten van weidegang op de bedrijfsemis­sie het volgende:

1. Veel weidegang, zoals op bedrijf Van Hoven, reduceert het aandeel van de NH₃ emissie bij toedienen van dunne mest op grasland in de totale emissie van het bedrijf van ca. 50% tot ca. 40% bij sleepvoet en van ca. 70% tot ca. 65% bij bovengronds toedienen.
2. Als er op het bedrijf WUM 2006 een gelijke beweiding wordt toegepast als op het bedrijf Van Hoven, dan is de reductie in ammoniakemissie niet 20,7% maar 4,3%. Hieruit blijkt dat bijna het gehele verschil in emissie tussen het bedrijf Van Hoven en het bedrijf WUM 2006 te verklaren is uit het verschil in beweiding.

De beschreven emissiereductie komt overeen met de door Aarts et al, 2007 aangegeven mogelijke reductie van 20%.

Op basis van Tabel 2 kan het volgende geconcludeerd worden:

1. Bovengronds toedienen verhoogt de bedrijfsemis­sie met 73 – 88% afhankelijk van het beweidingssysteem. Voor een bedrijf zonder beweiding was de berekende emissie verhoging 93%. Absoluut gaat het voor de bedrijven in Tabel 2 om een verhoging van ca 2,5 – 3,7 kg NH₃-N per 1000 kg melk.
2. Rantsoenmaatregelen (lager re-gehalte, meer weidegang) kunnen de bedrijfsemis­sie met maximaal 15 - 20% verlagen. Absoluut gaat het voor de bedrijven in Tabel 2 om een verlaging van ca 0,6 – 0,8 kg NH₃-N per 1000 kg melk.
3. Uit 1 en 2 volgt dat het niet mogelijk is om met uitsluitend voermaatregelen de extra emissie als gevolg van bovengronds mest toedienen op grasland te compenseren. Voor de combinatie van voermaatregelen plus bovengronds toedienen blijkt de bedrijfsemis­sie te stijgen. Voor bedrijven met onbeperkte weidegang gedurende 195 dagen bedraagt de toename in bedrijfsemis­sie 1,7 kg NH₃-N per 1000 kg melk en voor bedrijven met beperkte weidegang gedurende 64 dagen is de toename 3,1 kg NH₃-N per 1000 kg melk.

Het effect van bovengronds toedienen op de bedrijfsemis­sie is berekend op basis van een emissie van 74% van de TAN in de uitgereden mest. Door het nemen van aanvullende maatregelen kan de NH₃-emissie verder worden verlaagd. Er is berekend hoe groot deze reductie door andere maatregelen moet zijn, indien rantsoenmaatregelen worden genomen.

Het verschil in emissie tussen het bedrijf met de hoogste emissiereductie (Van Hoven) voor bovengronds toedienen en het bedrijf WUM 2006 met sleepvoet bedraagt 1,59 kg NH₃-N per 1000 kg melk. Om dit verschil te compenseren voor het bedrijf Van Hoven, moet het emissiepercentage van bovengronds toedienen dalen van 74% naar 43%. Het is de vraag of het effect van maatregelen om emissiearm bovengronds uit te rijden een reductie van 74% naar 43% kunnen bewerkstelligen. Op deze maatregelen wordt in bijlage 3 ingegaan.

Effect op ammoniakemissie elders

De relatie tussen rantsoenmaatregelen en het effect op de NH₃-emissie elders loopt via verminderen van de mestafvoer cq verhogen van de mestaanvoer. Wanneer de mest elders exact op dezelfde wijze zou worden aangewend als op het melkveebedrijf (en vice versa), dan gebeurt mest af- of aanvoer emissieneutraal. Indien rantsoenmaatregelen leiden tot

minder mestafvoer, dan zal (bij gelijkblijvend gebruik van die mest) de emissie elders ook verminderen.

Nevenaspecten

Rantsoenmaatregelen om de NH₃-emissie te verminderen kennen nauwelijks negatieve nevenaspecten:

- De methaan emissie kan stijgen (afhankelijk van de rantsoensamenstelling). Dit zal zich met name voordoen als een verhoogde VEM/DVE verhouding wordt gerealiseerd door meer ruwvezel in het rantsoen op te nemen.
- Bij voerfouten is er een hoger risico op een te laag nutriëntenaanbod, waardoor de melkproductie kan dalen en/of het dierwelzijn onder druk kan komen te staan.

Er zijn ook enkele positieve neveneffecten te verwachten:

- De lachgas emissie daalt (door dalend N-overschot)
- De nitraatuitspoeling daalt (door dalend N-overschot)
- Het gebruik van sojaproducten daalt (duurzaamheid groter, minder kooldioxide emissie)

Daarnaast zijn er nevenaspecten die het bedrijfsmanagement kunnen bemoeilijken:

- Het N- en P-gehalte in mest daalt. Bij bemesting volgens de gebruiksnormen heeft dat geen effect op de gewasproductie, maar bij verplichte mestafvoer moet meer volume worden afgevoerd.
- De verhouding N/P in mest verandert. Dat kan positief en negatief werken, afhankelijk van de gevraagde verhouding N/P bij bemesten.

Mogelijke knelpunten bij handhaafbaarheid en controleerbaarheid

Er worden geen grote knelpunten voorzien voor wat betreft de handhaafbaarheid en controleerbaarheid van rantsoenmaatregelen. De reden hiervoor is dat er binnen de mestwetgeving reeds een instrument gebruikt wordt dat ook stuurt op de rantsoensamenstelling. Het betreft de "Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkvee". Elke melkveehouder kan tegen een geringe inspanning en relatief lage kosten de Handreiking toepassen en krijgt daarmee bovendien (voer)management informatie.

Conclusie

Gerichte rantsoenmaatregelen zijn effectief in de vermindering van de ammoniakemissie op melkveebedrijven. Er kan voor het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf in potentie een emissiereductie gerealiseerd worden van 15 tot 20 % van de totale bedrijfsemissie. De mogelijke emissiereductie ten opzichte van het gemiddelde melkveebedrijf is waarschijnlijk hoger dan 20% voor grasbedrijven met veel beweiding en een relatief laag ruw eiwit gehalte in gras. Echter, het bovengronds toedienen van dunne mest geeft een dusdanig grote verhoging van de ammoniakemissie (een toename van ongeveer 75-90%) dat voermaatregelen alleen ontoereikend zijn om de extra emissie te compenseren.

Literatuur

Aarts et al, (2007). De ammoniakemissie van de Nederlandse melkveehouderij bij een management gelijk aan dat van de deelnemers aan 'Koeien&Kansen'. WOT rapport 63, Wageningen.

Huijsmans J.F.M. en G.D. Vermeulen (2008) Ammoniakemissie bij het toedienen van dierlijke mest. Actualisatie emissiefactoren. PRI rapport 218, Plant Research International, Wageningen (in press).

Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen en J.F.M. Huijsmans (2009). Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland, Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-rapport 70 (in afroning).

WUM 2006. Werkgroep Uniformering Mestcijfers. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS)

<http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/DFE3B05B-A139-4E80-BF5F-EFCC99EC1C6D/0/2006dierlijkemestemineraleart.pdf>

Bijlage 3. Maatregelen die rekening houden met (weers)omstandigheden bij toedienen mest

3.2.1. Beschrijving van de maatregel

De ammoniakemissie tijdens en na het toedienen van mest wordt beïnvloed door een groot aantal factoren. Een van deze factoren is het weer. Een emissiereducerende maatregel kan zijn om het tijdstip zodanig uit te kiezen dat de weersomstandigheden er toe leiden dat de ammoniakemissie beperkt blijft. Dit betekent in het algemeen:

- a) condities met lage windsnelheden, lage temperatuur en bewolkt weer (lage instraling) en/of
- b) tijdens een neerslagperiode.

3.2.2. Effect van de ammoniakemissie op perceelsniveau

De centrale vraag is of de ammoniakemissie bij bovengronds breedwerpige mesttoediening én emissieverlagende weersomstandigheden vergelijkbaar of lager kan zijn dan de ammoniakemissie bij emissiearme mesttoediening. Daartoe moet de referentietoestand waarbij het effect van de emissiearme mesttoediening is gemeten, goed gedefinieerd zijn.

Sinds eind jaren 80 zijn ammoniakemissiemetingen uitgevoerd bij de toediening van mest met verschillende technieken. Om een goede vergelijking tussen methoden van mesttoedienen te maken zijn die proefseries geanalyseerd waarin twee toedieningstechnieken tegelijkertijd gemeten werden en dus onderling te vergelijken zijn. De reden hiervan is dat op deze wijze de storende invloed van mest- en omgevingsvariabelen op de zuivere vergelijking van technieken (d.w.z. vergelijking onder dezelfde omstandigheden) zoveel mogelijk uitgesloten is. Bij deze onderling vergelijkbare omstandigheden bedroeg de emissie bij bovengronds toedienen gemiddeld 72% van de TAN-gift en bij mesttoediening met een sleepvoetenmachine 28% van de TAN-gift. Bij de onderlinge vergelijking tussen bovengronds toedienen en zodenbemesting waren de gemiddelde emissies respectievelijk 71% en 13% van de TAN-gift. Deze analyse geeft aan dat mesttoediening met een sleepvoetenmachine een gemiddelde emissiereductie oplevert van 61% ten opzichte van bovengrondse mesttoediening. Zodenbemesting geeft een emissiereductie van 82% (Huijsmans & Vermeulen, 2008).

De gemiddelde weersomstandigheden tijdens deze onderling vergelijkende onderzoeken waren:

- windsnelheid circa 3 m/s (0,5-7)
- temperatuur circa 15 °C (3-30)
- relatieve luchtvochtigheid 65-70% (34-100)
- instraling circa 100 J/cm² h (0-375).

Deze "gemiddelde" weersomstandigheden zijn een gemiddelde over de gemeten data tijdens het emissieproces. De emissie is hoger gedurende de eerste uren na toedienen. Tijdens deze eerste uren zijn meer data gemeten. Uiteindelijk zijn alle data gewoon gemiddeld. Dit betekent dat de weersomstandigheden naar tijd gewogen gemiddeld zijn; de eerste uren en dag tellen zwaarder mee dan de navolgende dagen.

In Tabel 1 is de gemiddelde ammoniakemissie weergegeven van alle emissiemetingen, onafhankelijk of meerdere technieken onderling vergeleken zijn binnen een experiment.

Tabel 1. Gemiddelde totale emissie (% TAN-gift) per toedienmethode van mest op **grasland** en de berekende emissiereductie op basis van alle beschikbare waarnemingen (n) (Huijsmans en Vermeulen, 2008)

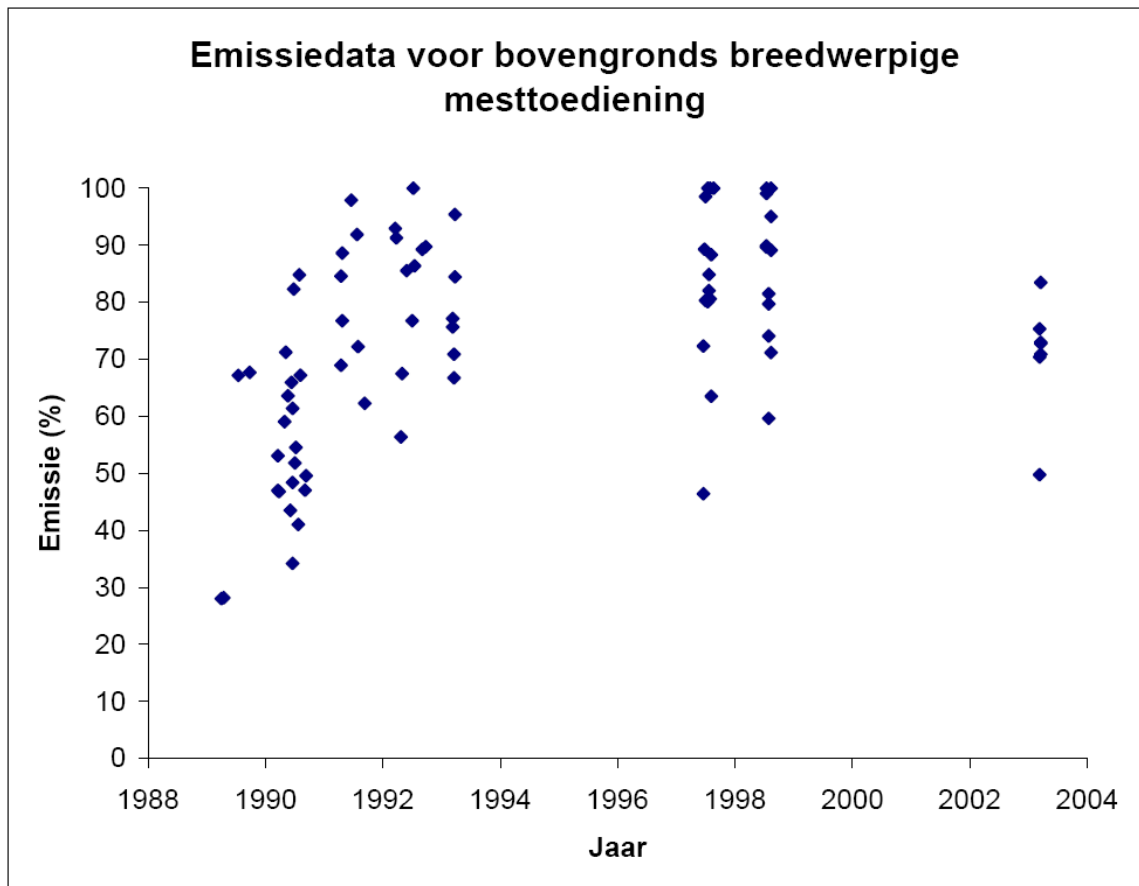
Methode	Gemiddelde totale emissie (%)	Emissiereductie (%)	n
Bovengronds	74		81
Sleepvoet	26	65	29
Zodenbemesten	16	78	89

Uit lineaire regressieanalyse van de totale emissie over de jaren bleek dat de emissie bij zodenbemesting is gestegen in de loop der jaren. De consequentie van deze constatering is dat het in tabel 1 genoemde cijfer voor de gemiddelde emissie bij de zodenbemesting (16%) niet meer de beste schatting is van de emissie op dit moment, maar dat als beste schatting nu 19% aangehouden wordt voor de ammoniakemissie bij zodenbemesting (Huijsmans en Vermeulen, 2008).

Het bovenstaande geeft dus de bereikte emissiereducties aan voor de huidige toegepaste emissiearme technieken. Van belang is nu te weten onder welke omstandigheden bij bovengrondse mesttoediening lage emissies worden gevonden. In Figuur 1 staan de resultaten van de uitrijproeven bij bovengronds breedwerpige mesttoediening op grasland, uitgevoerd over de periode 1989-2003 (Huijsmans en Vermeulen, 2008). Hieruit valt af te leiden dat de laagste gemeten emissie bij bovengrondse toediening 28% is.

Figuur 1 laat ook zien dat er slechts een paar metingen beschikbaar zijn met lage emissies. De lage emissies werden gevonden bij verschillende emissiebepalende factoren. In Tabel 2 staan voor een aantal lage emissies de omstandigheden beschreven. Het 1^e experiment laat zien dat een lage temperatuur en veel neerslag leidt tot een lage emissie. Het 2^e experiment heeft een hogere emissie bij onder andere minder neerslag. Op de eerste dag valt er een beetje regen en is er weinig wind. Op de tweede dag is er vrij veel regen en geen zon. In het 3^e experiment is er geen neerslag, maar is het vrijwel geheel bewolkt op beide dagen en is de windsnelheid op de eerste dag zeer laag. Het eenduidig wijzen per meting naar een factor die de emissie zou hebben verlaagd is veelal niet mogelijk, omdat het een combinatie van factoren betreft. Vandaar dat vaak vergelijkende proeven zijn uitgevoerd om relatieve effecten van maatregelen aan te tonen. Voor de experimenten waarbij de emissie bij bovengrondse toediening lager was dan 50% van de TAN-gift en waarbij ook de emissie is gemeten bij zodenbemesting, gaf zodenbemesting gemiddeld een emissiereductie van 83%.

Figuur 1 Emissiedata (% TAN-gift) voor bovengronds breedwerpige toediening van mest op grasland (Huijsmans en Vermeulen, 2008).



Tabel 2. Voorbeelden van experimenten met lagere emissies en de daarbij behorende omstandigheden

Exp.	Duur meetperiode (dagen)	Emissie in % TAN-gift	T 1 ^e dag °C	T 2 ^e dag °C	Neerslag** 1 ^e dag	2 ^e dag	Wind* 1 ^e dag	2 ^e dag	Zon* uren 1 ^e dag	uren 2 ^e dag
1	7	28.5	4.5	3.3	3.0	7.1	4.1	3.6	0	2.7
2	5	42.3	13.0	10.7	2.5	0.5	2.6	8.6	7.9	0.9
3	4	33.9	12.0	12.4	0	0	1	2.7	0	0.7

** gegevens de Bilt, ***neerslaggegevens op locatie

Conditie die van invloed zijn op de hoogte van de ammoniakemissie

De ammoniakemissie betreft een verdampingsproces. Het is dan ook logisch dat de weersomstandigheden van grote invloed zijn. Een mechanistisch procesmodel voor de ammoniakemissie bij mesttoediening onder Nederlandse omstandigheden is niet voorhanden. Wel zijn een groot aantal metingen uitgevoerd in NL, waaruit de emissie onder praktijkomstandigheden is bepaald (Figuur 1).

In een internationaal project zijn eind jaren '90 de resultaten van een groot aantal ammoniakemissiemetingen uit diverse landen in West-Europa (waaronder Nederland) samengevoegd in een database (www.alfam.dk). Deze gegevens zijn statistisch bewerkt tot het generiek model ALFAM (Sogaard et al., 2002) waaruit blijkt wat het effect is van:

- Vochtige of droge grond
- Luchttemperatuur
- Windsnelheid
- Mestsoort
- Drogestofgehalte mest
- Ammonium-gehalte mest
- Toedieningstechniek
- Toedieningshoeveelheid

In totaal zijn van de experimentele gegevens 2481 records gebruikt in het statistische model (een record is een meetinterval in een experiment). In Tabel 3 is een rekenvoorbeeld gegeven voor de omgeving Leeuwarden op basis van het ALFAM model bij *bovengronds toedienen* van dunne rundermest aan grond met een minder dan 15 cm hoog gewas.

Tabel 3. Een rekenvoorbeeld voor de omgeving Leeuwarden op basis van het ALFAM model. Percentage ammoniakvervluchtiging (vet weergegeven) bij *bovengronds toedienen* van dunne rundermest aan grond met een minder dan 15 cm hoog gewas (de dunne mest bevat gemiddeld ongeveer 8% ds).

	windsnelheid m/s	temp °C	Bovengronds toedienen	
			15 ton/ha 2.0 TAN 8% ds	15ton/ha 1.5 TAN 8% ds
februari	6	3	65	71
maart	5	6	66	73
april	5	10	72	80
mei	5	13	77	85
juni	4	15	78	85
juli	4	17	81	89
augustus	4	16	79	87

Uit tabel 3 blijkt dat de ammoniakvervluchtiging tussen februari en juli beperkt varieert. Een verklaring hiervoor is dat gaandeweg van februari tot juli de temperatuur weliswaar sterk toeneemt maar de andere drijvende kracht voor ammoniakemissie, de windsnelheid afneemt.

Verder neemt de fractie TAN die vervluchtigt toe bij een daling van het TAN-gehalte. Per saldo neemt de totale ammoniakemissie wel af bij een daling van het TAN-gehalte. Op basis van het ALFAM model (tabel 3) daalt bij bovengronds toedienen de ammoniakemissie per ha met ongeveer 17% indien het TAN-gehalte in mest met 25% afneemt.

Wat betekent dit nu voor de Nederlandse situatie? Bij bovengronds toedienen wordt gemiddeld uitgegaan van 74% emissie van de aanwezige TAN. Bij toepassing van een toegestane techniek die de emissie het minst beperkt, sleepvoeten, bedraagt de emissie gemiddeld 26%. Dit komt overeen met emissiereductie van **65%**. Er van uitgaande dat de emissie minimaal met dit percentage dient te worden beperkt blijkt dat dit op basis van

normale Nederlandse omstandigheden niet bereikt wordt. Daarbij moet nog nagegaan worden hoe realistisch het is om het TAN-gehalte met 25% te verlagen ten opzichte van normaal (dit wordt in bijlage 2 van dit advies beantwoord).

Weersomstandigheden die emissieverlagend werken

De ammoniakemissie is afhankelijk van een complex aan factoren. Binnen metingen eenduidig wijzen naar één factor die de emissie zou hebben verlaagd, is veelal niet mogelijk. In een aantal onderzoeken (Huijsmans et al., 2001 en 2003; Bussink et al., 1994; Générumont en Cellier, 1997, Søggaard et al., 2002) is op basis van een groot aantal experimenten procesmatig gekeken naar de invloedsfactoren op de ammoniakemissie. De volgende factoren samen of apart kunnen bijdragen aan het beperken van de ammoniakemissie:

- lagere windsnelheid
- lagere temperatuur
- hogere relatieve luchtvochtigheid
- minder instraling
- neerslag

Huijsmans et al. (2001) hebben op basis van de uitrijproeven op grasland (Figuur 1, data t/m 1993) een statistische formulering afgeleid voor de invloed van de windsnelheid en de instraling op de emissie bij bovengrondse breedwerpige mesttoediening. Zo vonden zij bijvoorbeeld dat bij een toename van de windsnelheid met 2 m/s de verdamping met 65% toenam. Een toename van de straling met 100 J/cm² uur leidde tot een toename van 75% in verdamping. In Tabel 4 zijn de emissies weergegeven die worden gevonden bij toepassing van deze formulering voor een aantal meteorologische omstandigheden. Die omstandigheden zijn weergegeven waarbij een vermindering van de verdamping ten opzichte van de referentie is te verwachten.

Tabel 4. Een schatting van de vervluchtiging bij bovengrondse toediening onder verschillende meteorologische omstandigheden als percentage van de TAN.

	U = 3.2 m/s	U = 2 m/s	U = 1 m/s	
R = 100 J/cm ² h	74%	54%	42%	
R = 50 J/cm ² h	57%	42%	32%	
R = 0 J/cm ² h	42%	31%	24%	Totaal bewolkt

Bovenstaande benadering is indicatief en zal in de werkelijkheid niet snel gelden. Het effect dat is weergegeven, wordt bovendien alleen bereikt bij gelijkblijvende weersomstandigheden gedurende de gehele emissieperiode (4 dagen).

Conditie met neerslag

Tot op heden is er in Nederland weinig onderzoek uitgevoerd naar het effect van neerslag op de ammoniakemissie. Emissiemetingen vinden buiten in het open veld plaats onder de gegeven omstandigheden. Het aantal invloedsfactoren op de hoogte van de emissie is groot en daarmee ook de variatie in de onderzoeksproeven. Bij neerslag speelt naast de duur en hoeveelheid regen ook tijdstip van de regen na de mesttoediening een rol. Uit onderzoek is gebleken dat de emissie gereduceerd kan worden door de mest gelijk bij de toediening (kunstmatig) in te regenen. Hierbij praten we over hoeveelheden van minimaal 1 mm binnen een seconde (spoelen) of een beregning van 5-10 mm met een beregeningsinstallatie. Bij inregenen werden emissies gevonden variërend van 5-70% en emissiereducties van 45-89% (Huijsmans & Verwijs, 2008). Hierbij speelt zowel de intensiteit als de hoeveelheid water een rol in de mate van emissiereductie. Indien eerst mest wordt uitgereden en vervolgens in een tweede werkgang met een tank water over de mest wordt gesproeid is het van belang dat de tijd tussen mest en water toedienen kort is. Immers gedurende de periode direct na het toedienen vindt een groter deel van de emissie plaats dan later.

Bij metingen in Nederland is ook regen voorgekomen, echter bij de analyse van invloedsfactoren bleek de variabele "regen" als invloedsfactor moeilijk te kwantificeren (intensiteit, hoeveelheid, duur, tijdstip na de mesttoediening). Bij de analyse van Nederlands onderzoek is wel instraling meegenomen (bij regen veelal lage instraling door bewolkt weer).

In Frankrijk is onderzoek uitgevoerd naar het effect van neerslag op de ammoniakemissie. Générmont en Cellier (1997) rapporteren op basis van modelberekeningen een reductie van 20-25% bij een regenintensiteit van 0.5 mm/h gedurende een dag.

Effect van meteorologische omstandigheden

In bovenstaande paragrafen zijn de effecten van wind en straling enerzijds en neerslag anderzijds separaat behandeld. De geschetste effecten (Tabel 2 en 3) zijn kwantitatief niet altijd eenduidig. In de onderzoeken van Bussink et al. (1994), Générmont en Cellier (1997) Huijsmans et al. (2001 en 2003) en Søgaard et al. (2002) zijn de gevonden invloedsfactoren op de emissie niet altijd gelijk en/of is de grootte van het effect op de emissie kwantitatief verschillend.

Verschillende effecten zullen niet altijd additief werken. Bij regen mag aangenomen worden dat de instraling zeer beperkt is. Dus de emissiefactor regen en straling zijn niet additief. In veldexperimenten zijn relatief hoge emissies waargenomen onder koude omstandigheden. In deze situaties was de koude schrale wind (lage luchtvochtigheid) waarschijnlijk de oorzaak van de hoge verdamping. Daarnaast geldt dat de weersomstandigheden gedurende de emissie niet constant zullen zijn en dat de emissiehoogte niet het patroon volgt zoals voorspeld bij constante omstandigheden. Dit is echter op dit moment niet aan te geven en zou verder uitgewerkt en onderzocht kunnen worden.

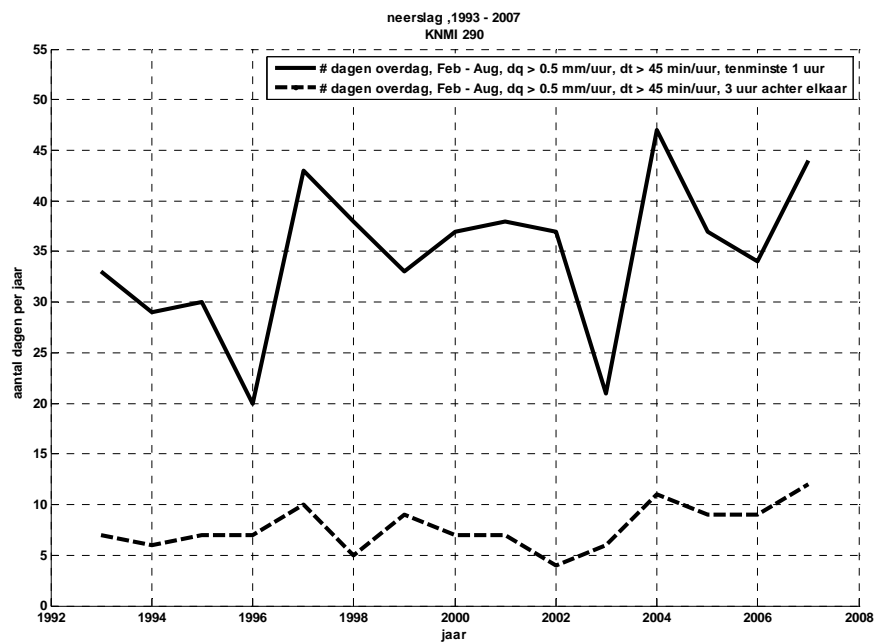
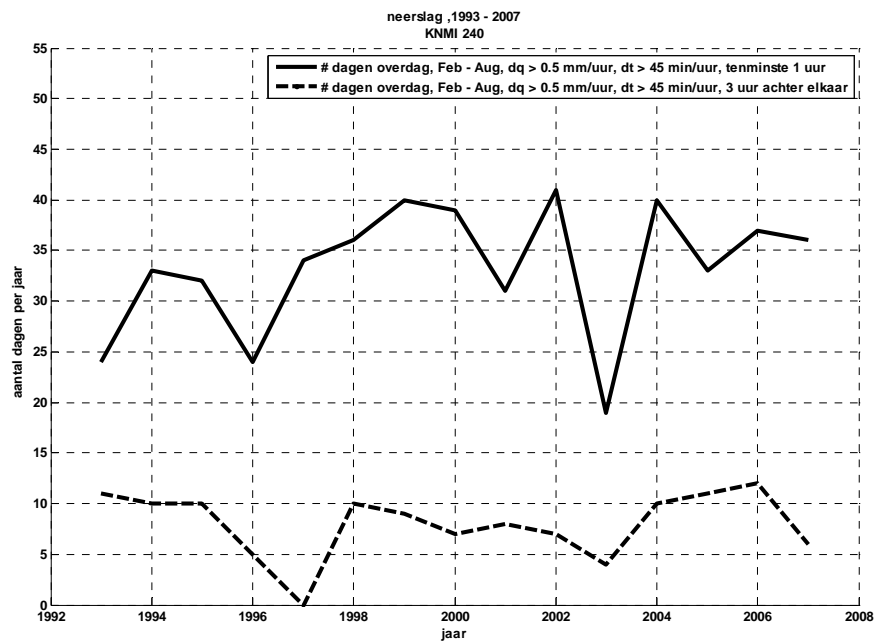
Bovendien speelt de vraag hoe vaak emissieverlagende weersomstandigheden gedurende het bemestingsseizoen voorkomen (zie volgende paragraaf).

Weersomstandigheden voor emissiebeperking

Een indruk van de mogelijkheden van toedienen bij regenachtig weer kan verkregen worden door te kijken naar hoe vaak perioden van regen van een bepaalde intensiteit overdag voorkomen gedurende het uitrijdseizoen (februari-augustus). In figuur 2 staat voor twee KNMI-stations het aantal dagen waarop minimaal één uur regen (geïnterpreteerd als dat het meer dan 45 min heeft geregend in het uur) en waar minimaal drie uur regen achter elkaar voorkomt met een intensiteit van 0,5 mm/h. Deze regenintensiteit is gekozen naar aanleiding van de bevindingen met het model van Genremont en Cellier (1997). Het aantal dagen met regen van minimaal 0,5 mm/uur gedurende één uur is voor beide stations ongeveer 30 met een range van circa 20-45 dagen. Het aantal dagen met minimaal drie uur regen met de intensiteit van 0,5 mm/uur is ongeveer 7 met een range van circa 5-10.

In Figuur 3 is voor twee meteostations aangegeven wat het aantal dagen met regen is voor de voorjaarsperiode februari-maart omdat deze periode voor de bemesting van belang is. Het aantal dagen met één uur regen is ongeveer 10 met een range van circa 4-18. Voor perioden met drie uur regen is het aantal dagen ongeveer 3 met een range van 0-6.

Om een indruk te verkrijgen van de mogelijkheden van toedienen bij bewolkt weer en bij een relatief lage windsnelheid, is in Figuur 4 het aantal dagen uitgezet waarbij het volledig bewolkt was en de wind op 10 m hoogte onder de 3 m/s gedurende de dag en gedurende het uitrijdseizoen (februari-augustus). Onder deze meteorologische condities is de inschatting dat de vervluchtiging van ammoniak bij bovengrondse toediening lager dan ca. 33% is (zie Tabel 1 gebaseerd op Huijsmans et al., 2001). Uit Figuur 4 valt op te maken dat het aantal dagen waarop de emissiereducerende weersomstandigheden van bewolkt weer en lage windsnelheden gedurende korte tijd voorkomen relatief hoog is; circa 80-110 dagen. Echter als de omstandigheden voor langere tijd aanwezig moeten zijn, hier als 8 uur geïnterpreteerd, dan blijven slechts 3-10 dagen per jaar over.



Figuur 2. Aantal dagen met neerslag overdag gedurende één en drie uur met intensiteit van 0,5 mm/uur voor Schiphol (bovenste figuur) en Twente (onderste figuur) gedurende het mestuitrijseizoen. (Bron data: KNMI)

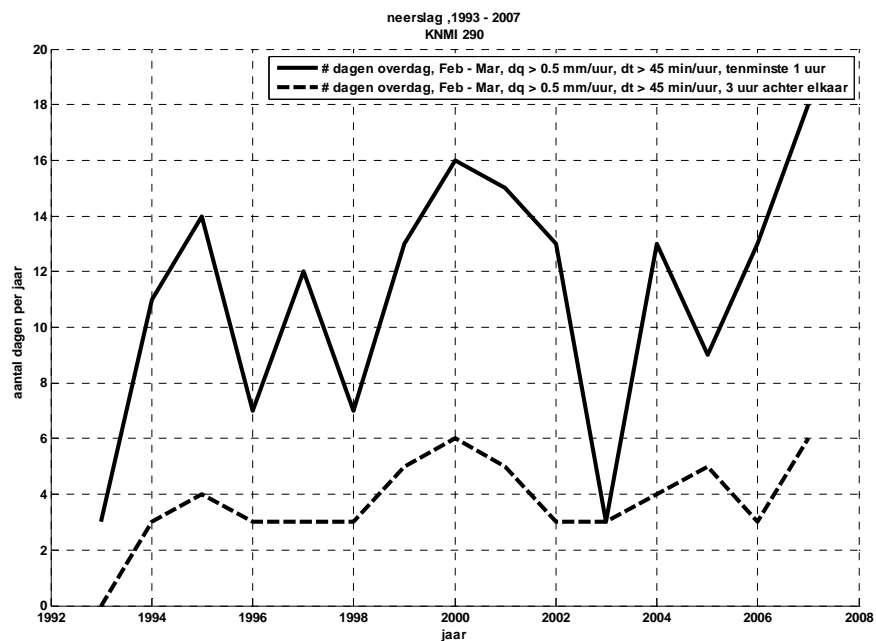
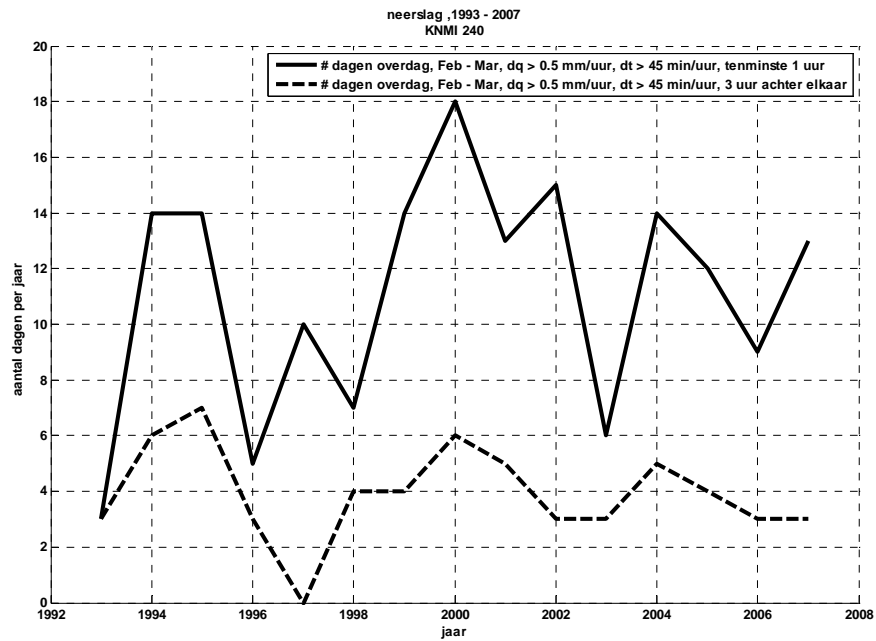
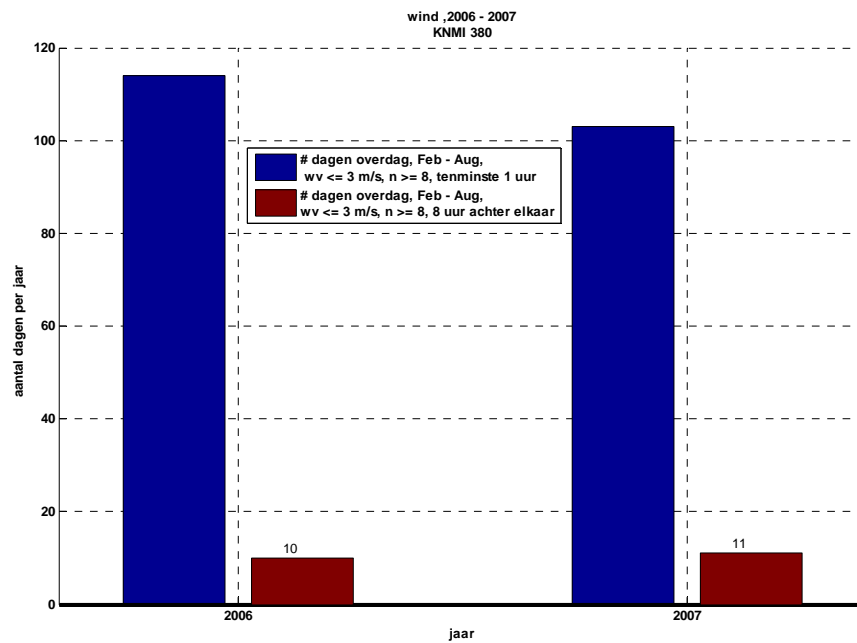
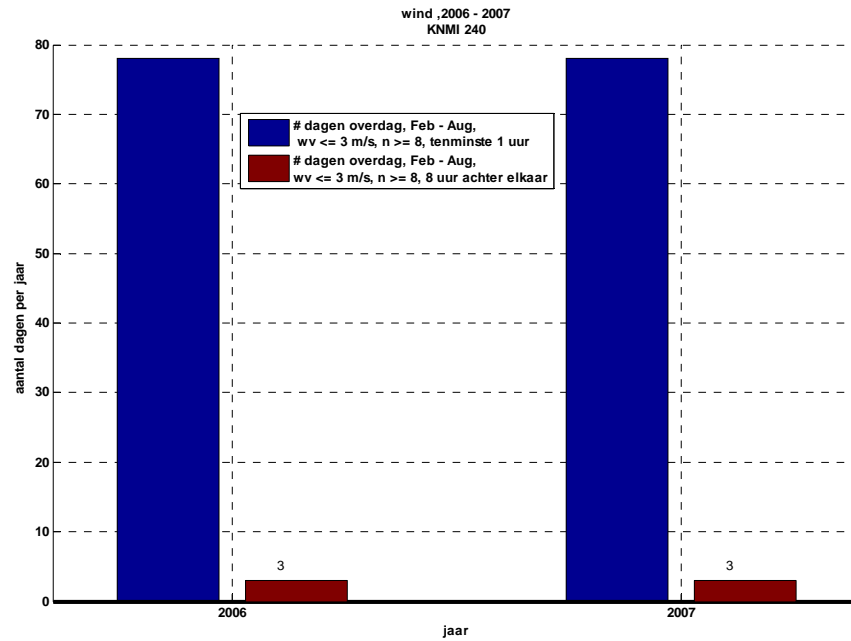


Figure 3. Aantal dagen met neerslag overdag gedurende één en drie uur met intensiteit van 0,5 mm/uur voor Schiphol (bovenste) en Twente (onderste figuur) gedurende februari-maart. (Bron data: KNMI).



Figuur 4. Aantal dagen met een volledige bewolking en een windsnelheid lager dan 3 m/s op 10 m hoogte. Blauw (linker balk) geeft het aantal dagen aan waarop minimaal deze omstandigheden één uur voorkomen en bruin (rechter balk) geeft het aantal dagen aan waarbij deze omstandigheden 8 uur achter elkaar voorkomen voor Schiphol (boven) en Beek (L, onder) gedurende de dag en het uitrijseizoen. (Bron data: KNMI).

3.2.3. Effect op ammoniakemissie elders

De maatregel waarin mest wordt toegediend onder emissiereducerende weersomstandigheden leidt tot een daadwerkelijke reductie in de ammoniakemissie. Er zal meer TAN in de mest aanwezig blijven en meer in de bodem/gewas opgenomen kunnen worden.

3.2.4 Nevenaspecten

Het toedienen van mest onder enkel regenachtige omstandigheden kan er toe leiden dat mest wordt uitgereden onder te natte bodemomstandigheden, wat bodem- en gewasschade tot gevolg kan hebben.

Het toedienen van mest onder langere perioden van intensievere regen kan leiden tot het gevaar voor afspoeling.

3.2.5. Mogelijke knelpunten bij handhaafbaarheid en controleerbaarheid

In het Besluit gebruik dierlijke meststoffen (Anonymus, 1987) is bij de introductie van emissie beperkende maatregelen aangegeven dat om redenen van handhaafbaarheid afgezien is van het voorschrijven van toedienen bij koel en vochtig weer als methode van ammoniak-emissiereductie.

De LNV werkgroep "Richtlijn Emissiearme Mesttoediening" heeft technieken beoordeeld op onder andere hun emissiereductie en controle mogelijkheden bij de juiste toepassing van de techniek. Deze werkgroep concludeerde in haar adviezen (LNV 1992a en b, 1993) dat zowel bij het inregenen als bij toepassing van verdunde mest de handhaving (heterdaad en naderhand) extra aandacht vraagt of moeizaam zal zijn uit te voeren. Bij het inregenen spelen hierbij de hoeveelheid toegepast water, het tijdstip, de duur en de intensiteit van de beregening een grote rol. Bij het verdunnen speelt de mate van verdunning een belangrijke rol. Eenzelfde probleem in de handhaving zagen zij bij het aanzuren van de mest.

Naast de hoeveelheid en de duur van de regen is ook het tijdstip van de regen na de mesttoediening van belang. Voor mest toedienen en vervolgens in een tweede werkgang onderwerken op bouwland is aangetoond dat de tijd tussen toedienen en onderwerken een belangrijke factor is voor de uiteindelijke ammoniakemissie. Immers de ammoniakemissie is het hoogst gedurende de eerste uren na de mesttoediening. Voor bouwland is sinds 2008 deze mogelijkheid om ammoniakemissie te reduceren niet meer toegelaten mede in verband met de handhaafbaarheid. Parallel hieraan zou dus bij een vergelijkbare situatie de controle op het tijdstip van regen bij of na de mesttoediening niet handhaafbaar zijn.

Een goede uitvoering van de maatregel valt of staat met de persistentie in de weerscondities. Dit is ook te interpreteren als een voorwaarde dat de weerscondities gedurende een langere periode (dagen) hetzelfde moeten zijn.. Immers op het moment van uitrijden kunnen emissieverlagende omstandigheden aanwezig zijn, maar als op een later tijdstip wel meer emitterende omstandigheden voorkomen kan vervolgens alsnog een emissie optreden. In de vorige paragraaf is aangetoond dat aan de voorwaarde van persistentie van weersomstandigheden moeilijk voldaan kan worden.

Bij de lengte van de periode dat bepaalde weersomstandigheden zouden zijn vereist, speelt ook de tijdsperiode die nodig is voor uitvoering van de bemestingswerkzaamheden. Voor de bemesting moet uitgegaan worden van een bepaalde hoeveelheid werk (en dus tijd) voor het toedienen van de mest. Afhankelijk van de grootte van het bedrijf, toegepaste mestgiften en de perceelsgrootten zal een minimale lengte van de gewenste periode noodzakelijk zijn om alle bemestingswerkzaamheden uit te voeren. Ruwweg kan er 20-30 m³ per uur worden uitgereden. Bij een voorraad van bijvoorbeeld 500 m³ betekent dit er gedurende 25 tot 17 uur mest moet worden uitgereden.

Niet alleen de totale lengte van de benodigde gewenste periode is van belang, maar ook dat bij de verdeling van de werkzaamheden de perioden niet te kort zijn. Bepaalde

bemestingswerkzaamheden zullen zoveel mogelijk aaneengesloten plaatsvinden (werkverdeling, efficiëntie, per perceel afwerken).

Naast de weerreeksen en frequentietabellen voor bepaalde weersomstandigheden en de tijd voor de uitvoering van de bemestingswerkzaamheden moet voor de keuze van het tijdstip van de bemesting rekening worden gehouden met:

- werktijden (niet 's nachts mest toedienen, alleen op werkdagen)
- de stand van het gewas; geen mest toedienen in perioden dat gras al volledig aan de groei is (bemesten kort na een snede)
- bodemomstandigheden; natte bodemomstandigheden (als gevolg van regenachtige periode) beperken de mogelijkheden om mest uit te rijden (bodem- en gewasschade)
- soms natte voorjaren, waardoor beperkte mogelijkheden om mest voor het groeiseizoen uit te rijden
- soms droge voorjaren, waardoor er beperkte mogelijkheden zijn om mest voor het groeiseizoen toe te dienen (Figuur 3 laat zien dat er in voorjaar 1997 geen periode is geweest met meer dan 3 uur aaneengesloten neerslag).

Indien ingespeeld wordt op neerslaghoeveelheden kan in het algemeen het beste worden uitgegaan van regen uit frontale systemen aangezien deze beter te voorspellen zijn. Van neerslag die voortkomt uit convectieve bewolking (typische buien bij zomers weer of zeer onstabiele lucht met buig karakter) is veel moeilijker de plaats en de hoeveelheid in te schatten. Deze situaties lenen zich niet goed voor gebruik in dit type maatregel.

3.2.6. Discussie en conclusie

- Ammoniakemissie bij bovengronds toedienen bedraagt gemiddeld 74% van de TAN-gift.
- Voor een brede range van omstandigheden is aangetoond dat de huidige emissiearme mesttoedieningsmethoden de ammoniakemissie aanzienlijk verlagen ten opzichte van bovengrondse mesttoediening onder gelijke omstandigheden. Deze emissiereducties worden ook bereikt onder weersomstandigheden waarbij lage emissies zijn te verwachten.
- Reductie van de ammoniakemissie is mogelijk door rekening te houden met de weersomstandigheden en een verlaging van het TAN-gehalte van de mest. Dit geldt zowel voor bovengrondse als emissiearme mesttoediening.
- De ammoniakemissie bij bovengrondse mesttoediening neemt slechts beperkt toe gaande van februari naar augustus omdat het effect van een lagere temperatuur in het vroege voorjaar deels te niet wordt gedaan door de hogere windsnelheid in die periode. Dit geldt voor gemiddelde meteorologische omstandigheden.
- Het verlagen van het TAN-gehalte wordt deels te niet gedaan door het toenemen van het emissiepercentage bij bovengrondse toediening. Een 25% verlaging van het TAN-gehalte leidt slechts tot een 17,5% lagere ammoniakemissie (in dit voorbeeld)
- Een verdere verlaging van de ammoniakemissie bij bovengronds mest toedienen kan naast het verlagen van het TAN-gehalte bereikt worden door aanzuren, verdunnen van de mest of toepassen van een andere mestbewerking/behandeling. Aan deze methoden moeten dan aanvullende voorwaarden gesteld worden om voldoende emissiereductie te waarborgen. Deze methoden zijn, mede in verband met de handhaving, daarom niet toegelaten binnen NL.
- Neerslag kan de ammoniakemissie beperken. De grootte van deze emissiereductie is echter moeilijk in te schatten. Een getals- of modelmatige onderbouwing ontbreekt. De te bereiken emissiereductie hangt af van de hoeveelheid regen en intensiteit, de duur van de regenperiode en het tijdstip van regenval na de mesttoediening.
- Onder bepaalde weersomstandigheden zijn de emissies bij bovengrondse toediening te reduceren tot een niveau dat in de buurt komt van de emissies bij een emissiearme techniek; dit zijn omstandigheden met lage windsnelheden, volledig bewolkt weer en/of bij neerslag. Deze omstandigheden komen weinig voor. Het is niet mogelijk momenteel precies aan te geven bij welke grenzen van meteorologische grootheden de vereiste reducties bereikt kunnen worden.

- Op basis van weersfrequentietabellen en de vereiste omstandigheden voor mest toedienen (werktijd, bodem- en gewasomstandigheden) is ingeschat dat een borging voor een vereiste emissiebeperking bij bovengronds toedienen onder emissiereducerende weersomstandigheden niet eenvoudig te garanderen is.

Literatuur

Anonymus, 1987. Besluit van 25 maart 1987, houdende regelen met betrekking tot het op of in de bodem brengen van dierlijke meststoffen (Besluit gebruik dierlijke meststoffen), Staatsblad 1987, 114.

Bussink, D.W., J.F.M. Huijsmans & J.J.M.H. Ketelaars, 1994. Ammonia volatilization from nitric-acid-treated cattle slurry, (surface) applied to grassland. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 42: 293-309.

Génermont, S, & P. Cellier, 1997. A mechanistic model for estimating ammonia volatilization from slurry applied to bare soil. *Agricultural and Forest Meteorology* 88:145-167.

Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & M.M.W.B. Hendriks, 2001. Effect of application technique, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to grassland. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 49: 323-342.

Huijsmans, J.F.M. 2003. Manure application and ammonia volatilization. PhD thesis Wageningen University with summaries in English and Dutch, Wageningen, The Netherlands, ISBN 90-5808-937-1, pp 160.

Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & G.D. Vermeulen, 2003. Effect of application method, manure characteristics, atmosphere and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to arable land. *Atmospheric Environment* 37: 3669-3680.

Huijsmans J.F.M. en G.D. Vermeulen (2008) Ammoniakemissie bij het toedienen van dierlijke mest. Actualisatie emissiefactoren. PRI rapport 218, Plant Research International, Wageningen (in press).

Huijsmans en Verwijs, 2008. Ammoniakemissie bij alternatieve mesttoedieningsmethoden. PRI rapport 220, Plant Research International, Wageningen (in press).

LNV, 1992a Aanzuren van rundermest als emissiearme mesttoedieningstechniek (uitrijvariant), advies voor erkenning. Werkgroep Richtlijn Emissiearme Mesttoediening, LNV 26 juni 1992, .

LNV, 1992b Bovengronds verspreiden van verdunde mest, advies voor erkenning als emissiearme mestaanwendingstechniek. Werkgroep Richtlijn Emissiearme Mesttoediening, LNV 23 december 1992.

LNV,,1993. Inregenen van mest, advies voor erkenning als emissiearme mesttoedieningstechniek.. Werkgroep Richtlijn Emissiearme Mesttoediening, LNV, 12 januari 1993.

Søgaard, H.T., S.G. Sommer, N.J. Hutchings, J.F.M. Huijsmans, D.W. Bussink & F. Nicholson, 2002. Ammonia volatilization from field-applied animal manure-the ALFAM model. *Atmospheric Environment* 36: 3309-3319.