



Anticiperen op het weer om emissie arm mest uit te rijden

Low emission manure application by anticipating on the weather

A.H. Ipema, D. Goense en J.F.M. Huijsmans

Anticiperen op het weer om emissie arm mest uit te rijden

Low emission manure application by anticipating on the weather

A.H. Ipema¹
D. Goense¹
J.F.M. Huijsmans

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van de Kennisbasis Groene Ruimte en Biodiversiteit (projectnummer KB-14-002-007)

Wageningen UR Livestock Research
Wageningen, april 2015

Livestock Research Rapport 862

A.H. Ipema, D. Goense, J.F.M. Huijsmans, 2015. *Anticiperen op het weer om emissie arm mest uit te rijden; Low emission manure application by anticipating on the weather*. Lelystad, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 862. 33 blz.

Samenvatting NL In dit rapport is op basis van informatie uit de literatuur nagegaan welke effecten de weersomstandigheden in potentie kunnen hebben op de ammoniakemissie bij mesttoediening met de zodenbemester, die in Nederland wordt toegepast. Een lagere windsnelheid en/of een lagere temperatuur geven een lagere emissie, daarentegen geeft een lagere relatieve luchtvochtigheid een hogere emissie.

Op basis van 10-jarige weersgegevens is vastgesteld dat gemiddeld de windsnelheid, de temperatuur en de straling in het voorjaar lagere waarden hebben en op die momenten dus ook een lagere emissie zullen veroorzaken.

Verschillende mesttoedieningsscenario's op bedrijfsniveau laten dan ook zien dat naarmate het aandeel van de mest dat in het voorjaar wordt toegediend toeneemt dit tot een relatief lagere totaal emissie zal leiden.

Tenslotte zijn de technische mogelijkheden om de mesttoediening juridisch sluitend te registreren en te rapporteren beschreven. Geschat wordt dat de meerkosten bij loonwerk afhankelijk van de deelname door de veehouders zal variëren van € 0,52 tot € 1,55 per m³ mest.

Summary UK In this report the potential effects of weather conditions on the ammonia emissions from manure application with the shallow injector, which is applied in Netherlands, are studied based on information from literature. A lower wind speed and/or a lower temperature will give lower emissions; on the other hand, lower relative humidity will give higher emissions. Based on weather data over a 10-year period it was established that, on average, the wind speed, temperature and radiation in the spring have lower values, so will cause a lower emission when the manure is applied at those times.

Different application scenarios at farm level show that when the proportion of manure applied in spring increases, this will lead to relatively lower total emissions.

Finally, the technical possibilities to register and report legally conclusive the application of the manure are described. It is estimated that the additional costs of the contractor depending on the participation by the farmers (20-60%) will vary from € 0.52 to € 1.55 per m³ manure.

© 2015 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wageningenUR.nl/livestockresearch. Livestock Research is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op als onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Algemeen	9
1.2 Doel	9
2 Materialen en methoden	10
2.1 Mogelijkheden om de emissie te beperken	10
2.2 Mogelijkheden voor juridisch sluitend registreren en rapporteren	10
2.3 Baten en kosten van een registratie en rapportage systeem	10
3 Resultaten	11
3.1 Factoren die emissie beïnvloeden	11
3.1.1 Effect toedieningstechnologie	11
3.1.2 Effecten van invloedsfactoren op de emissie per toedientechniek	12
3.2 Mogelijkheden om emissies te beperken	14
3.2.1 Keuze van de technologie	14
3.2.2 Optredende variatie in gemiddelde weersomstandigheden en relatieve effecten op de emissiesnelheid	15
3.2.3 Effecten op bedrijfsniveau	16
3.3 Juridisch sluitend registreren en rapporteren	17
3.3.1 Gebruikte toedieningstechnologie	17
3.3.2 Vastleggen van tijdstip en locatie van uitrijden	17
3.3.3 Meten van uitgebrachte hoeveelheden	18
3.3.4 De kwaliteit van de toedieningstechniek	19
3.3.5 De herkomst van de mest	20
3.3.6 Samenstelling van de mest	20
3.3.7 Fraude gevoeligheid	20
3.3.8 Inspectie	21
3.3.9 Implementatie van een registratie en rapportage systeem	21
3.4 Inschatten van besparingsmogelijkheden en kosten	23
3.4.1 Emissie besparingen	23
3.4.2 Kosten	23
4 Discussie	26
5 Conclusies	27
6 Literatuur	29
7 Bijlagen	30

Woord vooraf

Binnen de kaders van het kennisbasisonderzoek KB-IV 'Groen ondernemen met Veehouderij' en de Proeftuin Natura2000 Overijssel is verzocht een verkenning uit te voeren naar haalbaarheid van het gebruik van technologie bij mesttoediening en de daarmee te bereiken ammoniakemissiereductie met als het doel het creëren van ruimte voor bedrijfsontwikkeling. De nadruk dient daarbij gelegd te worden op de effecten van de weersomstandigheden bij de mesttoediening op de ammoniakemissie en op de mogelijkheden voor het juridisch sluitend registreren en rapporteren van de mesttoediening. In een later stadium zijn Jan Huijsmans en Bert Vermeulen bij deze studie betrokken om hun expertise op het gebied van de ammoniakemissie bij de mesttoediening in te brengen. De opmerkingen en adviezen van Gerard Migchels, als opdrachtgever, over de samenstelling van dit rapport hebben we zeer gewaardeerd.

De Auteurs

Samenvatting

In dit rapport is op basis van informatie uit de literatuur nagegaan welke effecten de weersomstandigheden in potentie kunnen hebben op de ammoniakemissie bij mesttoediening met de zodenbemester, die in Nederland wordt toegepast. Een lagere windsnelheid en/of een lagere temperatuur geven een lagere emissie, daarentegen geeft een lagere relatieve luchtvochtigheid een hogere emissie.

Op basis van 10-jarige weersgegevens is vastgesteld dat gemiddeld de windsnelheid, de temperatuur en de straling in het voorjaar lagere waarden hebben en op die momenten dus ook een lagere emissie zullen veroorzaken.

Verschillende mesttoedieningsscenario's op bedrijfsniveau laten dan ook zien dat naarmate het aandeel van de mest dat in het voorjaar wordt toegediend toeneemt dit tot een relatief lagere totaal emissie zal leiden.

Tenslotte zijn de technische mogelijkheden om de mesttoediening juridisch sluitend te registreren en te rapporteren beschreven. Geschat wordt dat de meerkosten bij loonwerk afhankelijk van de deelname door de veehouders zal variëren van € 0,52 tot € 1,55 per m³ mest.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Om de voortdurende aantasting van biodiversiteit te keren zijn op Europees niveau natuurdoelen geformuleerd. De verschillende lidstaten moeten deze natuurdoelen realiseren teneinde een Europees natuurnetwerk te creëren: Natura 2000. Stikstof is het grootste probleem bij de implementatie van Natura 2000. Het gaat daarbij om de externe werking van stikstof emitterende activiteiten (landbouw, verkeer, industrie) op voor stikstof gevoelige natuur die als gevolg van Natura 2000 beschermd moet worden. De landbouw levert een belangrijke bijdrage aan deze overbelasting (Bron: Hoofdlijnennotitie Programmatische Aanpak Stikstof – PAS).

Van de stikstofdepositie in Nederland wordt 46% veroorzaakt door de land- en tuinbouw. De land- en tuinbouw levert met nagenoeg 90% de grootste bijdrage aan de totale ammoniakemissie in Nederland (Oltmer et al., 2010). Meer dan de helft van de ammoniakemissie is afkomstig van de rundveehouderij. Varkens en pluimvee nemen respectievelijk circa 30% en 15% van de ammoniakemissie voor hun rekening. Ongeveer de helft van de ammoniak emitteert uit stallen en mestopslag, 40% komt vrij bij de mesttoediening en 10% bij beweiding en uit kunstmest (Van Bruggen et al., 2011).

Voor de veehouderij hebben de verschillende overheden (Ministeries van I&M en EZ, de provincies en de gemeenten) een "Actieplan Ammoniak Veehouderij" opgesteld, waarbij tevens wordt gerefereerd aan de eisen voor een aanzienlijke ammoniakemissiereductie vanuit Natura 2000. Het actieplan is gericht op het beperken/verminderen van emissies uit stallen en opslag; de huisvesting van pluimvee, varkens en melkvee zou op korte termijn moeten voldoen aan maximale emissiewaarden voor ammoniak (Besluit huisvesting). Beperking van de emissies bij mesttoediening komt hierin echter niet aan de orde.

Oltmer et al. (2010) geven een overzicht van (innovatieve) maatregelen om vermisting, verzuring en verdroging rondom Natura 2000-gebieden tegen te gaan. Daarbij wordt onder andere ook ingegaan op mogelijkheden om de emissie te beperken door de toedieningstechniek en door mest uit te rijden onder weersomstandigheden waarbij de emissie wordt beperkt.

1.2 Doel

In deze notitie zullen de te bereiken effecten met verschillende toedieningstechnieken voor mest op grasland als zodanig en in relatie tot de weersomstandigheden op de ammoniakemissie bij de toediening worden geëvalueerd.

Op de tweede plaats zal worden ingegaan op de technologische mogelijkheden om op het niveau van het individuele bedrijf de registratie van de mesttoediening geheel geautomatiseerd te doen plaatsvinden. Uitgaande van een bekende mestsamenstelling zal worden nagegaan op welke wijze de toegepaste toedieningstechniek, het tijdstip, de locatie en de hoeveelheid aangewende mest kan worden geregistreerd. Daarbij zal ook aandacht worden besteed aan de mogelijkheden om de geregistreerde informatie op een juridisch aanvaardbare wijze te borgen.

2 Materialen en methoden

2.1 Mogelijkheden om de emissie te beperken

Op basis van literatuur onderzoek is nagegaan welke factoren de ammoniakemissie bij mesttoediening in welke mate beïnvloeden. De studie is gericht op praktische mogelijkheden om de ammoniakemissie bij de mesttoediening te beperken. De nadruk in deze studie ligt daarom op twee factoren die in de praktijk keuzemogelijkheden bieden: de toedieningstechnologie en de weersomstandigheden tijdens of kort na de toediening. De kwantificering van de mogelijke emissiebeperkingen is ingeschat vanuit modelanalyses van Huijsmans et al. (2001) en is toegepast voor een gebied in oost Nederland, waar relatief veel Natura2000 gebieden liggen. Concreet is Heino gekozen als locatie waarvoor ook een meerjarige set van meteorologische data beschikbaar is. Voor deze studie is het weer in de periode van 2001-2010 gebruikt.

Als vingeroefening is ook het mogelijk effect van een aantal strategieën voor mesttoediening op bedrijfsniveau bekeken. Op basis van een bedrijf wordt aangenomen dat in de perioden maart, mei en juni een deel van de mest wordt toegediend met in maart meestal het grootste deel. Om het effect van verschuiving van het tijdstip van mesttoediening en de daarbij gemiddelde weersomstandigheden na toediening op de emissie op jaarbasis te kunnen vaststellen is uitgegaan van drie verschillende scenario's (A, B en C) voor de verdeling van de mest over de drie uitrijperiodes in respectievelijk maart, mei en juni.

2.2 Mogelijkheden voor juridisch sluitend registreren en rapporteren

Er wordt nagegaan welke methoden er zijn om gebruikte apparatuur, tijdstip en locatie van uitrijden vast te leggen. GPS is een voor de hand liggende technologie, maar het daar bij behorende registratie en rapportage systeem kent meerdere uitvoeringsvormen. Er wordt een inventarisatie gemaakt van logging systemen. Hierbij wordt aandacht besteed aan technieken om de actuele flow van mest te meten, de gerealiseerde kwaliteit van toedienen van mest vast te leggen, na te gaan wat de herkomst van de mest is en de samenstelling van de mest vast te stellen.

Er wordt een inventarisatie gemaakt van methoden waarop de geregistreerde gegevens naar de bevoegde autoriteit kan worden gerapporteerd.

Bij alle geïnventariseerde technieken en methoden zal worden nagegaan hoe gevoelig ze zijn voor vergissingen en fraude.

2.3 Baten en kosten van een registratie en rapportage systeem

De baten van het registratie systeem bestaan uit de reductie die gerealiseerd kan worden ten opzichte van de emissie op basis van forfaitaire normen zoals opgenomen in 'Besluit gebruik meststoffen'.

Op basis van de technische mogelijkheden voor een juridisch sluitende registratie en rapportage systeem wordt een keuze gemaakt van een realistische uitvoering van een dergelijk systeem. Van de daarvoor benodigde componenten wordt een eindgebruikersprijs ingeschat. Op basis van de zo berekende kosten voor een registratie en rapportage systeem wordt met schattingen voor afschrijftermijn, de onderhoudskosten en een rente van 5% de kosten per m³ mest ingeschat. Een variabele factor die daarbij wordt meegenomen is het aandeel van "registrerende" boeren dat een loonwerker in zijn klantenbestand heeft.

3 Resultaten

3.1 Factoren die emissie beïnvloeden

In Nederland is door Huijsmans et al. (2001) en Huijsmans en Schils (2009) onderzoek gedaan naar factoren, die invloed kunnen hebben op de ammoniakemissie bij mesttoediening op grasland. Als significante factoren zijn daarbij naar voren gekomen:

- de toegepaste toedieningstechnologie;
- de toegediende hoeveelheid mest (m^3/ha) en het TAN-gehalte van de mest (g/kg);
- de windsnelheid (m/s), de straling ($\text{J}/\text{cm}^2/\text{uur}$), de luchttemperatuur ($^{\circ}\text{C}$), de relatieve luchtvochtigheid (%) en verder nog
- de grashoogte (cm).

In de studie zijn geen significante invloeden van grondsoort, vochtgehalte van de grond, mestsoort, droge stofgehalte en pH van de mest gevonden. Dat wil niet zeggen dat een aantal van deze factoren mogelijk toch invloed op de emissie hebben; een effect kon mogelijk niet aangetoond worden door geringe variatie van deze parameters in de geanalyseerde dataset. In ander onderzoek (Bussink et al, 1994) werd bijvoorbeeld aangetoond dat het aanzuren van mest (sterke verlaging van de pH) een grote invloed op de NH_3 emissie heeft bij bovengronds breedwerpige toediening.

In de studie van Huijsmans et al. (2001) is vastgesteld dat de snelheid waarmee de ammoniak na toediening van de mest vervluchtigt niet lineair in de tijd verloopt, maar dat een duidelijke piek optreedt direct na toediening. Aan het eind van de waarnemingsperiode (96 uur) wordt in het algemeen nagenoeg geen vervluchtiging meer gemeten. Bij alle drie in het onderzoek betrokken technieken (bovengrondse breedwerpige toediening, toediening in smalle stroken op de grond met een sleepvoetenmachine en toediening in smalle, ondiepe geultjes in de grond met een zodenbemester) is de vervluchtiging in de eerste uren na toediening het grootst. Verder is vastgesteld dat bij alle technieken de vervluchtiging toeneemt bij sterk drogende weersomstandigheden, zoals een hogere windsnelheid, luchttemperatuur en straling of een lagere relatieve luchtvochtigheid.

Huijsmans et al. (2001) geven een schatting van de relatieve effecten van invloedsfactoren op de emissiesnelheden gedurende de periode waarin de emissie plaatsvindt. Deze relatieve effecten op de emissiesnelheid zijn ook een indicatie van de relatieve effecten op de totale absolute ammoniakemissie. Voor de bepaling van de absolute kwantitatieve effecten is echter een integratie van de emissiesnelheden over de tijdsperiode van de ammoniakemissie noodzakelijk. Op dit moment is onderzoek gaande om het effect van de invloedsfactoren, afhankelijk van de fase van emissieproces te kwantificeren om zo een meer nauwkeurige kwantitatieve schatting van de effecten op de totale emissie te krijgen.

In dit rapport is de aandacht vooral gericht op de mogelijkheden om de emissiesnelheden te beperken (en daarmee de totale emissie) door bij de toediening zo veel mogelijk gebruik te maken van emissiereducerende weersomstandigheden. Deze analyse is uitgevoerd voor de op dit moment beschikbare (toegelaten) toedieningstechnologieën.

3.1.1 Effect toedieningstechnologie

In de Nederlandse regelgeving is opgenomen dat voor het emissiearm toedienen op grasland dierlijke drijfmest direct in strookjes op of in de grond moet worden gebracht.

Op de grond betekent dat de mest in strookjes tussen het gras wordt gelegd, waarbij het gras van tevoren wordt gelicht of zijdelings wordt weggedrukt. De strookjes zijn maximaal 5 cm breed en liggen minimaal 15 centimeter uit elkaar. Het hiervoor gebruikte werktuig wordt een *sleepvoeten-machine* genoemd. Deze techniek is alleen toegestaan op veen- en kleigronden.

In de grond betekent dat de mest in sleufjes met een maximale breedte van 5 cm wordt gebracht. De sleufjes liggen minimaal 15 cm uit elkaar. Het werktuig hiervoor heet een *zodenbemester*. Deze techniek is toegestaan op alle grondsoorten.

Een tussenvorm van de sleepvoetenmachine en de zodenbemester is de sleufkoutermachine, waarmee alleen onder omstandigheden met zachte grond de mest in sleufjes in de grond gebracht kan worden.

Huijsmans et al. hebben in 2001 bij breedwerpig toedienen gemiddelde cumulatieve emissies vastgesteld van 77% van de totaal aanwezige ammoniakale stikstof (TAN= total ammoniacal nitrogen), terwijl deze waarden bij toedienen met sleepvoeten en zodenbemester respectievelijk 20 en 6% waren. In een latere studie (Huijsmans en Schils, 2009) heeft een actualisatie van de emissiefactoren plaatsgevonden gebaseerd op meer beschikbare meetgegevens. Deze nieuwe factoren zijn vermeld in tabel 1.

Tabel 1
Ammoniakvervluchtiging bij mesttoedieningstechnieken voor dunne mest op grasland (naar Huijsmans en Schils, 2009).

Toedieningstechniek	Emissiefactor (% van TAN in mest)
Zodenbemester	19
Sleufkouter¹	22,5
Sleepvoeten	26
Bovengronds breedwerpig	74

¹ Voor de sleufkouter wordt een werking verondersteld die het midden houdt van de zodenbemester en de sleepvoeten; als emissiefactor is daarom het gemiddelde van de zodenbemester en de sleepvoeten aangehouden.

In vergelijking met bovengronds breedwerpig toedienen is de emissie bij de overige technieken duidelijk lager; de zodenbemester geeft de laagste emissie. Toedienen met sleepvoeten en zodenbemester geven een reductie van de ammoniakverliezen van respectievelijk 65% en 74%.

3.1.2 Effecten van invloedsfactoren op de emissie per toedientechniek

In een analyse van Huijsmans en Schils (2009) is nagegaan welke externe factoren van invloed zijn op de ammoniakvervluchtiging bij verschillende toedieningstechnieken. De resultaten hiervan zijn voor sleepvoetenmachines en zodenbemesters weergegeven in tabel 2.

Tabel 2
Resultaten van de analyse van factoren die invloed hebben op de vervluchtigingssnelheid per toedieningstechniek (naar Huijsmans en Schils, 2009).

Variabele	Sleepvoeten	Zodenbemester
Tijd na toediening	-	-
TAN-gehalte	+	ns
Toegediende hoeveelheid	+	+
Windsnelheid	+	+
Straling	Ns	ns
Luchttemperatuur	+	+
Relatieve luchtvochtigheid	-	-
Grashoogte	-	ns
Droge stofgehalte toegediende mest	Ns	ns

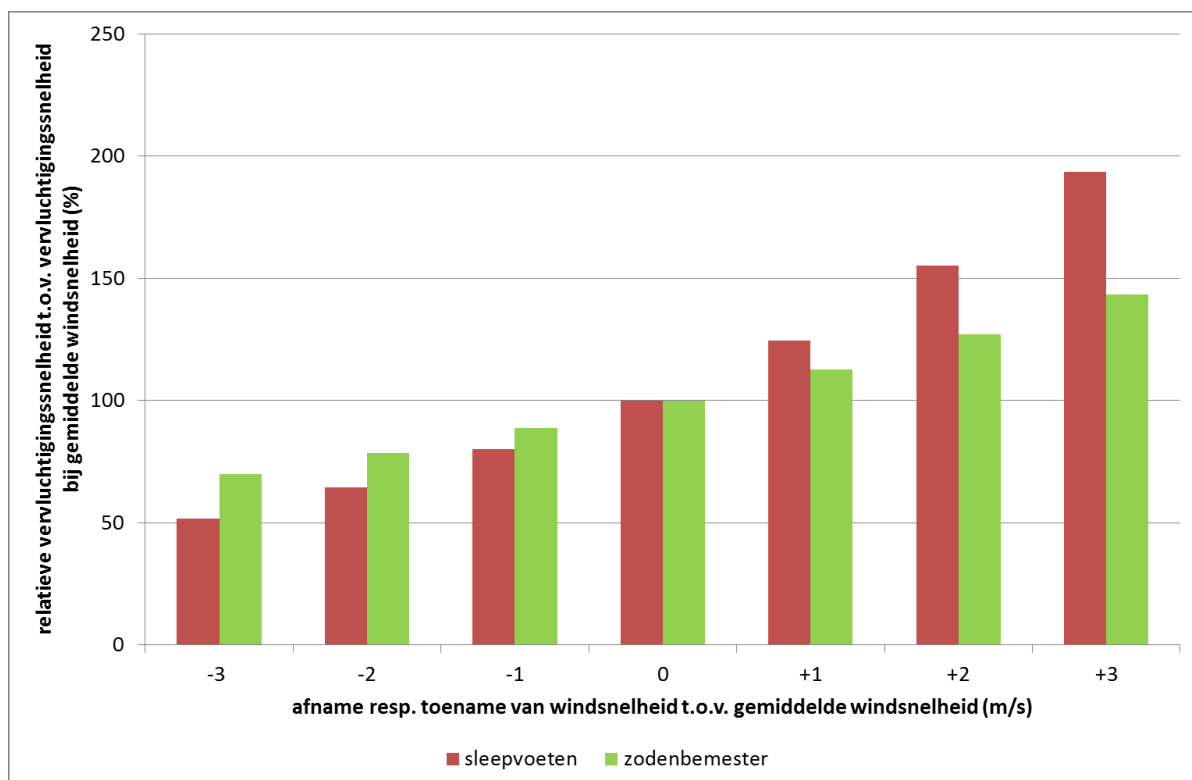
ns = niet significant ($p < 0.05$) - geen significante correlatie met vervluchtigingssnelheid;
 - = negatieve correlatie met vervluchtigingssnelheid;
 + = positieve correlatie met vervluchtigingssnelheid.

De vervluchtigingssnelheid neemt af met het verstrijken van de tijd na toediening. Zowel bij de sleepvoeten als de zodenbemester werd een significant hogere vervluchtigingssnelheid vastgesteld als de toegediende hoeveelheid mest toenam. Bij sleepvoeten was de vervluchtigingssnelheid significant hoger als het TAN-gehalte van de toegediende mest hoger was.

Voor wat betreft de weersfactoren wordt bij beide technieken de vervluchtigingssnelheid groter als de windsnelheid of temperatuur toeneemt. Een hogere luchtvochtigheid leidt bij beide systemen daarentegen tot een lagere vervluchtigingssnelheid.

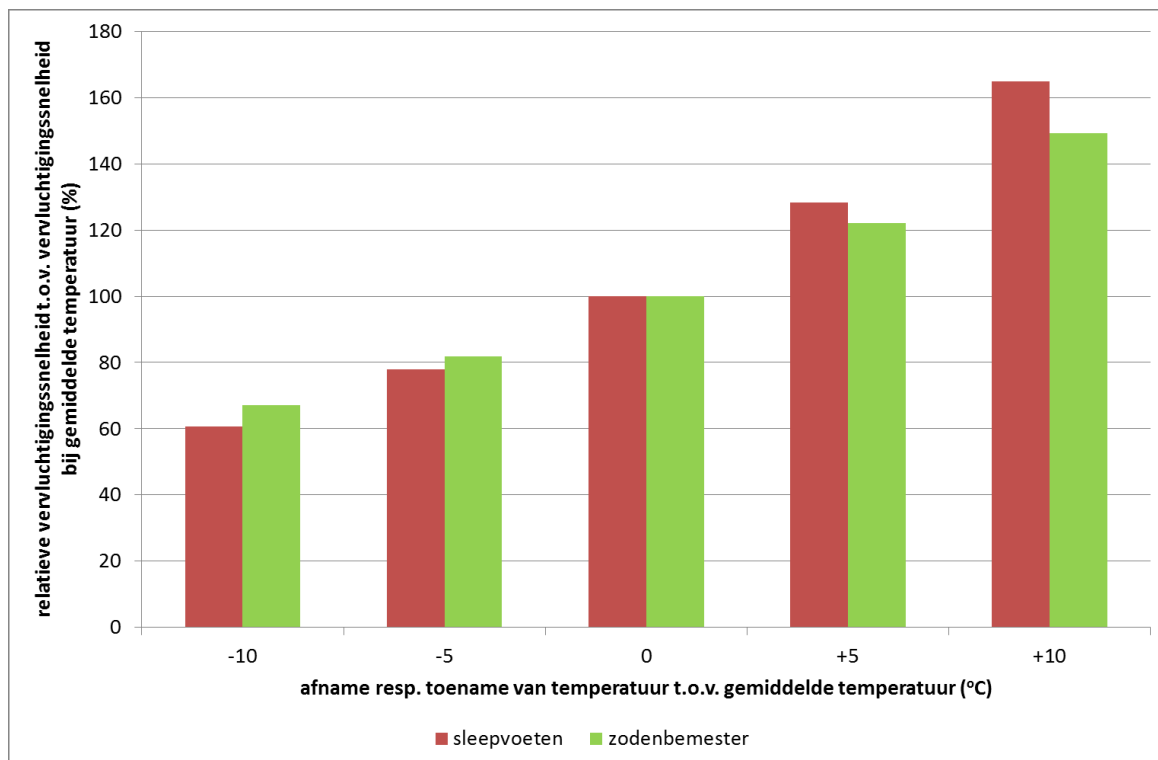
Bij de sleepvoeten heeft ook de grashoogte nog een significante invloed; bij hoger gras is de vervluchtigingssnelheid lager.

Ter illustratie zijn enkele voorbeelden van de potentiële effecten van windsnelheid en luchttemperatuur op de vervluchtigingssnelheid berekend (Figuren 1 en 2). Daarbij is gebruik gemaakt van de modellen met regressie coëfficiënten zoals vermeld in de eerdere studie van Huijsmans et al. (2001).



Figuur 1 Verandering van de vervluchtigingssnelheid van ammoniak bij de mesttoediening als gevolg van afname resp. toename van de gemiddelde windsnelheid (3.4 m/s) in de periode na toediening.

Figuur 1 laat zien dat de vervluchtigingssnelheid bij een afname van de gemiddelde windsnelheid met 2 m/s bij de sleepvoeten met meer dan 35% afneemt en bij de zodenbemester met iets meer dan 20%. Een toename van de gemiddelde windsnelheid met 2 m/s geeft bij sleepvoeten een toename van de vervluchtigingssnelheid met ruim 50%; bij de zodenbemester is de toename in dat geval ca. 25%.



Figuur 2 Verandering van de vervluchtigingssnelheid van ammoniak bij de mesttoediening als gevolg van afname resp. toename van de gemiddelde luchttemperatuur (ca. 15 °C) in de periode na toediening.

Uit Figuur 2 kan worden afgeleid dat de vervluchtigingssnelheid bij een afname van de gemiddelde temperatuur met 10 °C bij de sleepvoeten met iets minder dan 40% afneemt; bij de zodenbemester is de afname dan ongeveer 35%. Een verhoging van de gemiddelde temperatuur met 10 °C geeft daarentegen bij de sleepvoeten een toename van de vervluchtigingssnelheid met 65% en bij de zodenbemester met ongeveer 50%.

3.2 Mogelijkheden om emissies te beperken

3.2.1 Keuze van de technologie

Uit tabel 1 blijkt dat de zodenbemester de laagste emissie geeft, gevolgd door sleufkouter en sleepvoeten.

In de landbouwtelling 2010 is gevraagd naar de wijze waarop de mesttoediening in 2009 heeft plaatsgevonden. Uit de resultaten zijn de aandelen mest die met de verschillende technieken op grasland worden toegediend afgeleid (naar Van Bruggen et al., 2011). Uit Tabel 2 blijkt dat meer dan de helft (60%) van de mest op grasland met de zodenbemester wordt toegediend.

Tabel 3

Aandeel van de dunne mest die in 2009 op grasland werd toegediend per toedieningstechniek (naar Van Bruggen et al., 2011)

Toedieningstechniek	Aandeel dunne mest totaal)	(% van
Zodenbemester	60	
Sleufkouter	13	
Sleepvoeten	25	
Bovengronds breedwerpig	3	

Voor boeren die nog bovengronds breedwerpig, of met sleepvoeten of sleufkouters mest toedienen is er echter een aanzienlijke potentie om de emissie verder terug te dringen door de zodenbemester toe te gaan passen. Door Huijsmans en Schils (2009) werd geconstateerd dat de emissie bij gebruik van de zodenbemester in de loop der jaren toegenomen is tot 19% van de toegediende TAN. Een mogelijke oorzaak hiervan is het veranderd ontwerp en gebruik van de zodenbemester waardoor de mest minder netjes in geulen komt te liggen dan voorheen. Door toe te zien op een nette uitvoering van de zodenbemesting is daarom waarschijnlijk ook een belangrijke vermindering van de ammoniakemissie mogelijk.

Omdat het er in deze studie om gaat om de emissies zo laag mogelijk te houden gaan we er in het vervolg van deze studie vanuit dat in alle gevallen van de zodenbemester gebruik gemaakt gaat worden en dat de mest netjes wordt toegediend.

3.2.2 Optredende variatie in gemiddelde weersomstandigheden en relatieve effecten op de emissiesnelheid

Uit het onderzoek naar factoren die van invloed zijn op de emissiesnelheid na toediening met de zodenbemester blijkt dat de weersomstandigheden een belangrijke rol spelen. Welke variatie in weersomstandigheden er in de praktijk optreedt gedurende de periode dat mest op grasland mag worden uitgereden (1 maart tot en met 31 augustus) is geanalyseerd met behulp van weersgegevens van het weerstation Heino uit de KNMI database (<http://www.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens/#no>). Gebruikt zijn uurgegevens voor windsnelheid, temperatuur (op 1,5 m hoogte), globale straling en relatieve vochtigheid (op 1,5 m hoogte) over een periode van 10 jaar (2001-2010).

Uit deze gegevens zijn gemiddelde waarden per dag voor de maanden februari tot met augustus bepaald (Tabel 4). Voor het verloop van de weersgegevens over de dag in de verschillende maanden wordt verwezen naar bijlage 1.

Tabel 4

De gemiddelde windsnelheid, temperatuur, globale straling en relatieve vochtigheid in de maanden maart tot en met augustus, locatie Heino(2001-2010: bron KNMI).

Maand	Windsnelheid (m/s)	Temperatuur (°C)	Straling (J/cm ² /uur)	Relatieve vochtigheid (%)
Maart	3.6	5.6	36	82
April	3.1	9.5	61	75
Mei	3.0	13.0	73	75
Juni	2.7	16.1	81	76
Juli	2.7	18.1	76	79
Augustus	2.5	17.4	61	82
Gemiddeld	2.9	13.3	64	78

De windsnelheid is in maart duidelijk hoger dan in de andere maanden; in augustus is de windsnelheid het laagst. De temperatuur en de straling zijn daarentegen in de maand maart het laagst; de temperatuur bereikt de hoogste waarden in juli en augustus en de straling in juni en juli. De relatieve vochtigheid laat geen grote verschillen zien tussen de geanalyseerde maanden.

Bij de zodenbemester is volgens het model van Huijsmans et al. (2001) de emissie per tijdseenheid afhankelijk van de tijdsduur sinds de toediening, het TAN gehalte van de mest, de hoeveelheid toegediende mest per ha en de weersfactoren windsnelheid, temperatuur en straling. Op basis van de gegevens uit Tabel 4 is de relatieve emissiesnelheid in de maanden maart, april, mei, juni, juli en augustus berekend met het model van Huijsmans et al. (2001) voor de maandgemiddeld weersomstandigheden in de jaren 2001-2010 en voor de maandgemiddelde weersomstandigheden in de jaren 2004, 2007 en 2010 afzonderlijk. In tabel 5 is de emissie snelheid volgens de gemiddelde weersomstandigheden in mei over de jaren 2001-2010 gesteld op 100. Alle andere emissiesnelheden zijn in tabel 5 weergegeven in verhouding tot deze waarde.

Tabel 5

Effecten van weersomstandigheden in verschillende toedieningsjaren en maanden op de relatieve emissiesnelheden. De relatieve emissies zijn uitgedrukt als verhoudingsgetal t.o.v. de overall gemiddelde emissie voor de maand mei (=100).

Jaar	Relatieve emissie ¹					
	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus
2001-2010	69	84	100	113	120	107
2004	69	84	91	111	108	116
2007	77	94	101	113	117	105
2010	68	82	83	111	126	102

¹ alle emissies zijn gerelateerd aan de gemiddelde emissie berekend op basis van de gemiddelde weersgegevens uur in de maand mei in de jaren 2001-2010. Deze gemiddelde emissie is gesteld op 100.

Op basis van de modelberekeningen blijkt dat de gemiddelde emissie in de maand maart ongeveer 31% lager is dan gemiddelde emissie in de maand mei. In juni is het niveau ongeveer 10% hoger dan in mei (Tabel 5). In juli zijn de grootste emissies te verwachten. De effecten kunnen echter per jaar in de verschillende maanden anders zijn afhankelijk van de weersomstandigheden. Zo zijn met name in mei 2010 de omstandigheden gunstig geweest voor lage emissies, terwijl in juli van dat zelfde jaar de weersomstandigheden zouden hebben geleid tot relatief hoge emissies.

3.2.3 Effecten op bedrijfsniveau

Voor de berekening van de effecten van verschuivingen in de hoeveelheid mest die per periode in het jaar wordt toegediend zijn een aantal vaste bedrijfsgegevens aangenomen. Uitgegaan is van een bedrijf met 80 melkkoeien, 28 stuks pinken (1-2 jaar) en 28 stuks kalveren (<1 jaar op 40 ha grasland). Dit bedrijf heeft 250 kg N/ha plaatsingsruimte voor dierlijke mest (derogatie), in totaal 10.000 kg N. Dit komt bij 4,4 kg N/m³ overeen met 2273 m³ dierlijke mest (drijfmest). Een deel van deze ruimte wordt opgevuld door beweiding. De melkkoeien worden gedurende 180 dagen gemiddeld 8 uur per dag geweid, de pinken gedurende 6 maanden 24 uur en de kalveren gedurende 4 maanden 24 uur. Volgens de excretie forfaits komt dit in totaal overeen met 643 m³ mest. Voor mesttoediening op het grasland blijft dan nog 1630 m³ mest over.

De in de winterperiode opgebouwde voorraad mest wordt meestal niet in zijn geheel bij de eerste bemesting toegediend. Aangenomen wordt dat in de perioden maart, mei en juni een deel van de mest wordt toegediend met in maart meestal het grootste deel. Om het effect van verschuiving van de hoeveelheden mest per periode op jaarbasis te kunnen vaststellen is uitgegaan van drie verschillende scenario's (A, B en C). Scenario A komt overeen met wat in de praktijk momenteel het meest gebruikelijk is. In scenario's B en C wordt het uitrijden van de mest respectievelijk vervroegd en sterk vervroegd (Tabel 6). Van scenario A naar C neemt het aandeel mest dat wordt uitgereden in maart toe van 50 naar 80% (Tabel 6); in mei en juni neemt daarmee het aandeel uitgereden mest af van scenario A naar C. Het aantal hectares dat per periode wordt bemest, wordt berekend door het aantal m³ mest voor die periode te delen door de maximale gift van 25 m³/ha per keer toedienen.

Tabel 6

Verdeling van de mest (1630 m³) over de uitrijperiodes bij 3 verschillende scenario's.

Maand	Scenario A			Scenario B			Scenario C		
	% van mest	m ³ mest	Ha bemest	% van mest	m ³ mest	Ha bemest	% van mest	m ³ mest	Ha bemest
Maart	50	815	32.6	65	1059.5	42.4	80	1304.0	52.2
Mei	35	571	22.8	25	407.5	16.3	15	244.5	9.8
Juni	15	245	9.8	10	163.0	6.5	5	81.5	3.3
Totaal	100	1630	65.2	100	1630	65.2	100	1630	65.2

Voor de schatting van de effecten van vervroeging van de mesttoediening op de totale emissie zijn berekeningen uitgevoerd met gemiddelde weersomstandigheden per maand, gemiddeld over de periode 2001 tot 2010 en gemiddeld voor de afzonderlijke jaren 2004, 2007 en 2010. Toepassing van de berekende relatieve emissies in de maanden maart, mei en juni (Tabel 5) op de hoeveelheden mest die in elke periode worden toegediend leidt tot jaarlijkse relatieve emissies op het bedrijf zoals weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7

De effecten van de toedieningsscenario's op de relatieve emissie op bedrijfsniveau.

Jaar	Relatieve emissie ¹		
	A	B	C
2001-2010	100	94	88
2004	96	91	86
2007	105	101	96
2010	92	88	84

¹ alle emissies zijn gerelateerd aan de gemiddelde emissie bij scenario A berekend op basis van de gemiddelde weersgegevens in de maand mei van de jaren 2001-2010. Deze gemiddelde emissie is gesteld op 100.

Deze scenario's laten zien dat meer toediening van de mest in het voorjaar leidt tot een overall relatief lagere emissie (snelheid). De effecten laten echter onder invloed van de verschillende weersomstandigheden nog aanzienlijk verschillen tussen de verschillende jaren zien.

3.3 Juridisch sluitend registreren en rapporteren

3.3.1 Gebruikte toedieningstechnologie

✓ Vastleggen van het gebruikte werktuig

Elk landbouwwerktuig heeft een identificatie van de fabrikant, meestal een modelaanduiding en een door de fabrikant toegekend serienummer. Deze gegevens kunnen eventueel gekoppeld worden aan een door Dienst Regelingen uitgegeven nummer voor identificatie van uitbrengenheden. De machine identificatie en/of het Dienst regelingen nummer wordt bij de installatie vastgelegd in de elektronische registratie apparatuur, de Electronic Control Unit (ECU). Bij inspectie kan worden gecontroleerd of de machine identificatie die permanent aan het werktuig is vastgemaakt, overeenkomt met de identificatie in de ECU.

Om zorg te dragen dat de elektronische registratie apparatuur, de ECU, één op één gekoppeld blijft aan het werktuig is het aan te bevelen om de bevestiging zodanig aan te laten brengen of de bevestiging te verzegelen, dat eventuele verwisseling bij inspectie meteen zichtbaar is. Daarnaast kan door de centrale server softwarematig aan een aantal van de gemeten grootheden worden vastgesteld of de elektronische registratie apparatuur nog wel aan eenzelfde type werktuig is gekoppeld.

✓ Vastleggen van de gebruikte verdeelapparatuur

Een mest-tank, de kern van het werktuig, kan met verschillende verdeelsystemen worden uitgerust. Om vast te stellen of de aangemelde verdeeleenheid nog steeds in combinatie met het aangemelde werktuig en de daarbij behorende elektronische registratie apparatuur functioneert, wordt op de verdeelapparatuur zelf een eenvoudige elektronische identificatie eenheid aangebracht die van een unieke identificatie code is voorzien en in staat is deze code aan de elektronische registratie eenheid door te geven.

De bevestiging van de elektronische identificatie eenheid is zodanig (verzegelen) dat bij inspectie zichtbaar is of er sprake is geweest van ontkoppeling.

Doorgeven van de identificatie code aan de elektronische registratie eenheid kan als volgt:

- Aansluiting op een eventuele ISOBus
- Aansluiting met een draadverbinding
- Draadloze communicatie.

De elektronische identificatie eenheid plaats in regelmatige intervallen, bijvoorbeeld elke minuut, zijn id code door via het gebruikte communicatie medium.

3.3.2 Vastleggen van tijdstip en locatie van uitrijden

De anno 2011 voor de hand liggende methodiek om het tijdstip en de locatie van het uitrijden te bepalen is door middel van een GPS ontvanger. Boeren en/of loonwerkers die recht geleiding toepassen beschikken over zeer nauwkeurige GPS ontvangers en het licht voor de hand die informatie te gebruiken. De posities van de GPS ontvangers op de trekker-werktuig combinatie kan via ISOBus of een specifieke draadverbinding (USB) aan de elektronische registratie eenheid worden doorgegeven. Dit biedt echter ook de theoretische mogelijkheid om die posities en

tijdstippen te manipuleren. Daarom wordt elke registratie eenheid standaard uitgerust met een eenvoudige Waas/Egnos gecorrigeerde GPS ontvanger. De integratie van de GPS ontvanger met de elektronische registratie eenheid vindt op een dergelijke manier plaats dat de GPS ontvanger alleen destructief verwijderd kan worden. Dat kan bijvoorbeeld door het geheel in hars in te gieten.

De loonwerker of boer mag een eigen nauwkeurigere GPS positie vastleggen, maar de elektronische registratie apparatuur legt altijd de eigen GPS positie vast.

3.3.3 Meten van uitgebrachte hoeveelheden

Voor het meten van de uitgebrachte hoeveelheden organische mest in samenhang met het tijdstip en de plaats van uitbrengen zijn er een viertal mogelijkheden. Deze zijn:

✓ **Afleiden van de druk.**

Mest tanks kunnen met diverse soorten pompen worden uitgerust. Eén van de gebruikte technieken is de vacuüm pomp, die vacuüm zuigt om de tank te vullen, maar bij het leegrijden een overdruk in de tank aanbrengt. Het debiet van de mest is afhankelijk van de druk en de stand van een doseerklep in de leiding. Door zowel de stand van de klep als de druk in de tank te meten kan, op basis van een kalibratie tabel, het debiet worden ingeschat. De relatie tussen klepstand en druk met het debiet hangt af van de viscositeit van de vloeibare mest. Die zal met name door het droge stofgehalte worden bepaald. Omdat het droge stofgehalte nogal kan wisselen, ook tijdens het legen van een tanklading, mag getwijfeld worden aan de nauwkeurigheid van deze benadering.

✓ **Toerental van de pomp**

Als de mest-tank is uitgerust met een verdringerpomp, dan wordt er een nagenoeg vast volume per pompomwenteling verpompt. Bij dit type pomp is er goed een relatie te leggen tussen het toerental en de uitgebrachte hoeveelheid.

✓ **Niveau meting.**

Er is een relatie tussen het vulniveau van de mest tank en het aanwezige volume. Deze relatie is weliswaar niet proportioneel omdat we meestal met een liggende cilindervormige tank te maken hebben die meestal ook nog hellend is opgesteld, maar die relatie is te bepalen en vast te leggen.

Er is een veelheid van technieken om het niveau in een tank te meten waaronder kracht opnemer met een drijvend lichaam, druk sensor op de bodem van de tank, capacatieve niveau meter, magnetostrictive level transmitter, ultrasoon, laser of guided wave radar.

Bij het opstellen van dit rapport is niet nagegaan welke van deze meetprincipes in aanmerking komt voor gebruik in/op mesttanks. Met het oog op gevoeligheid voor vervuiling lijkt de capacatieve niveaumeting het meest in aanmerking te komen. De kosten van een dergelijke sensor variëren rond de \$800,-. Voor een gemonteerde en aangesloten sensor wordt uitgegaan van € 2500,-.

✓ **Wegen.**

Het is goed mogelijk de massa van een mest tank te wegen door het monteren van weegcellen tussen de tank en de assen en eventueel de trekhaak. Dergelijke opstellingen worden vaak gebruikt voor stationaire metingen. Een nauwkeurigheid van 99,5% of beter is te realiseren. Het is ook mogelijk om tijdens het rijden te wegen, maar dan loopt de nauwkeurigheid door schokken veroorzaakt door oneffenheden en het klotsen van de vloeistof in de tank terug tot ca. 92% (Ess et al., 2001). Het schokken is goed te compenseren door een referentiesensor, zoals ook bij kunstmeststrooiers wordt toegepast (van Bergeijk et al., 2001). Het is echter zeer de vraag of dit het klotseffect kan compenseren.

De kosten van een weegsysteem hangen sterk af van de constructie van de tank en kunnen variëren van € 1000,- – 10.000,-.

Opmerking: Het is de vraag of een weegsysteem toepasbaar is bij verdeelsystemen op basis van schijfkouters. Deze worden hydraulisch onder druk gezet om een bepaalde werkdiepte te bereiken. In dat geval wordt het wegen beïnvloed. Nagegaan moet worden of weegcellen tussen tank en chassis niet beïnvloed worden door reactiekrachten van het verdeelsysteem. (Stijfheid van de leidingen tussen tank en verdeelsysteem)

✓ **Flowmeter.**

Er zijn een groot aantal principes om de stroom van een vloeistof te meten, maar voor vloeibare mest is het principe van een magnetische doorstroommeter het meest geschikt. Deze meters hebben geen bewegende onderdelen en zijn daardoor aan weinig slijtage en onderhoud onderhevig. De nauwkeurigheid is in de orde van grote van 99.5%. (Ess et al., 2001).

Een inventarisatie op de Agritechnica leerde dat alle mesttanks die daar voorzien waren van een flowmeter er een van het merk Krohne hadden.



Figuur 5 Een magnetische doorstroommeter gemonteerd in een leiding.

Een verdere inventarisatie op internet leert dat er ook flowmeters zijn van Danfoss, Endress-Hauser, Icenta, Omega die o.a. gebruikt wordt door SlurryCat, en Siemens. Omega flow meters kosten ongeveer \$ 4000,-.

In China zijn flow meters te koop rond \$ 200,-, maar dan gaat het om orders van 10.000 stuks. We moeten er van uitgaan dat een opgebouwde flowmeter ca. € 8000,- zal gaan kosten.

Volgens mededeling van Veenhuis kost het uitrusten van een mest tank met een flowmeter en alle daar bij horende elektronica ongeveer € 10.000,-.

3.3.4 De kwaliteit van de toedieningstechniek

✓ De kwaliteit van de verdeling

De gelijkheid van de verdeling van de mest over de individuele slangen of injecteurs is een punt van zorg. Het verschil in lengte van de slangen levert verschil in tegendruk en is daarmee oorzaak van verschil in de verdeling. De samenstelling van de mest heeft ook invloed op de mate van gelijkheid.

Er is een Europese testprocedure om de verdeling van mest vast te stellen. Er wordt voorgesteld dat verdelers die voor een emissiearm toedieningssysteem worden ingezet minimaal één keer per jaar volgens deze procedure worden gekeurd. Dit kan naar analogie van de keuring van landbouwspruiten worden gerealiseerd.

We moeten er van uitgaan dat het aantal keuring stations binnen Nederland beperkt zal zijn en dat er voor de loonwerker één werkdag nodig is om de keuring uit te laten voeren. Daarnaast zullen er keuringskosten in rekening worden gebracht die voorlopig op €200,- wordt ingeschat.

Het is aan te bevelen om de jaarlijkse inspectie met deze keuring te combineren en deze ook door de keurmeesters te laten uitvoeren

✓ De kwaliteit van de injectie

Het systeem met de laagste emissie maakt gebruik van schijfkouters om de mest te injecteren. Het is de bedoeling dat de mest in 5 cm brede geultjes wordt geplaatst. De diepte van de geultjes dient daarbij zodanig te zijn dat er geen mest over de randen van de geultjes heen loopt. Het is aantrekkelijk om ondiep te werken omdat de trekkracht en daarmee het brandstofverbruik minder wordt. Als er te ondiep wordt gewerkt loopt er mest over de randen van de geultjes gaat dit systeem zich gedragen als een sleepvoet bemester. De boetes in geval van "overlopen" van de geultjes zijn aanzienlijk. Het risico hierop is zodanig dat boeren in overleg met de loonwerker over het algemeen hun best zullen doen om correct toe te dienen. Wisselende bodemomstandigheden zorgen er voor dat dit ook bij de beste bedoelingen best lastig kan zijn.

De schijven worden op zweefstand gezet waarbij op basis van gewicht de gewenste diepte voor een 5 cm brede dient te worden bereikt. Ook kunnen de schijven hydraulisch onder druk worden gezet om de gewenste diepte te bereiken. Daarbij is het technisch mogelijk de druk op het hydraulisch systeem te meten en dat vast te leggen, maar een relatie tussen druk en werkdiepte zal van de individuele machine en de bodemomstandigheden afhangen en lijkt geen betrouwbare oplossing om de kwaliteit van de injectie te meten.

Een technisch mogelijke oplossing is het toepassen van beeldverwerking. Met camera's kan continue een opname van de grond achter de injector worden gemaakt en met beeldverwerkende technieken is het in theorie mogelijk de uitvloeibreedte van de mest per injector

vast te stellen. Het resultaat van dergelijke opnamen zou ook real time samen met de andere informatie kunnen worden doorgegeven aan de centrale server. Dergelijke meetsystemen zijn echter nog niet ontwikkeld, laat staan op de markt. Verplicht stellen voor gebruik bij registratie in Natura2000 gebieden is daarom niet haalbaar. De normale inspectie zal hier het controle mechanisme moeten zijn. De boetes, voor alle gebieden in Nederland, kunnen zo hoog oplopen dat een meetsysteem voor de kwaliteit van injectie al snel een financieel haalbare vorm van "verzekering" biedt.

3.3.5 De herkomst van de mest

Doordat het registratiesysteem ook vast te laten leggen of de tank gevuld wordt, kan in combinatie met de positie tijdens het vullen worden vastgelegd uit welke mestopslag er is gevuld. De consequentie is dat deelnemende boeren de locaties van hun mestopslag, met posities waar gevuld kan worden, moeten doorgeven aan de centrale server voor registratie. Als er mest van buiten wordt aangevoerd is het complexer, maar op basis van de transport bon die de vervoerder elektronisch aan Dienst regelingen moet doorgeven, is in principe de herkomst te achterhalen.

3.3.6 Samenstelling van de mest

Technisch is het mogelijk om de samenstelling van de mest tijdens het uitrijden te meten. Hiervoor kan een op Multi spectrale absorptie gebaseerd systeem worden gebruikt. Na uitgebreide kalibratie is met dergelijke systemen zowel de mestsoort als de mest samenstelling met een redelijke nauwkeurigheid te schatten (daarbij moeten we ons realiseren dat de nauwkeurigheid van monsters en laboratorium analyse ook niet meer dan redelijk mag worden genoemd). Het grote bezwaar van dit meetsysteem is de kosten, die in de orde van grote van € 30.000 komen te liggen. Het licht voor de hand om uit te gaan van de samenstelling die wordt gehanteerd voor de partij mest in de opslag. Dat kan op basis van bemonstering. Dan moet de boer zijn opslag laten bemonsteren, of hij mag de forfaitaire norm hanteren. Bij aanvoer is de samenstelling van de mest per transport bekend.

3.3.7 Fraude gevoeligheid

Hier worden een aantal voor de hand liggende mogelijkheden genoemd om te doen voorkomen dat mest emissiearm is uitgereden terwijl dat in werkelijkheid niet het geval is.

- ✓ Een buurman of loonwerker mest laten uitrijden met apparatuur die niet registreert.
Controle of alle mest die een boerderij in een Natura2000 gebied produceert ook geregistreerd wordt uitgereden kan alleen door de voorraad mest op de boerderij te monitoren. De consequentie is dat elke mest opslagplaats van een niveau sensor moet worden voorzien, die het hele jaar rond de niveaus van de opslagplaats doorgeeft. Veranderingen in die niveaus moeten aan een verwachte toename voldoen op basis van het aantal dieren en het beweidingssysteem. Afname correspondeert met het overpompen naar een andere opslag of het uitrijden, of afvoer van mest.
- ✓ De registratie eenheid niet van stroom voorzien zodat die niets meer registreert.
In de praktijk is het niet haalbaar om te eisen dat de GPS ontvanger altijd aanstaat. Het stroomverbruik van een GPS ontvanger is zodanig dat op een gegeven moment de accu of batterij leeg is. Het systeem moet dus uitgeschakeld kunnen worden. Dit heeft als consequentie dat men al of niet opzettelijk kan vergeten het systeem aan te zetten. De eis aan de elektronische registratie eenheid moet worden gesteld is dat hij, zodra er sprake is van een activiteit begint met het doorgeven van informatie aan de centrale server. Dit betekent dat de elektronische control unit altijd van stroom moet zijn voorzien. Dit betekent dat stroomverbruik gemanaged moet worden.

Stroomverbruik managen zou op de volgende manieren kunnen:

- Een minimale capaciteit van de accu/batterij vereisen.
- Systeem in een slaapmodus zetten die door een aantal events getriggerd kan worden. Een aantal mogelijke events zijn:
 - Ingebouwde versnellingsopnemer die bewegingen detecteert en de elektronische registratie eenheid opstart; dit kost iets aan stroom. Een schatting van AnalogDevices met een stroom besparende schakeling is 1 mA.
 - Zo nu en dan opstarten en kijken of de GPS positie is veranderd. Dit werkt echter niet als de apparatuur onder een afdak staat dat geen GPS signalen door laat. Bovendien kost een GPS ontvanger relatief veel stroom (500 micro Ampère voor een "hot start" 4 mA gedurende activiteit voor low power uitvoeringen.)
 - Magnetisch contactschakelaar bij één van de wielen, zodat rijden meteen wordt gedetecteerd. Dit raakt echter vrij gemakkelijk beschadigd.

Het lijkt de beste oplossing een versnellingsopnemer als standaard component van de elektronische registratie eenheid op te nemen.

Omdat bij normaal gebruik het stroomverbruik behoorlijk oploopt, moet de software voorzien in een waarschuwing wanneer gedurende normaal gebruik de elektronische registratie eenheid niet van stroom van buitenaf (12 V van de trekker) wordt voorzien.

3.3.8 Inspectie

Naast een jaarlijkse keuring van de mesttank en het verdeelsysteem door SKL keuring stations, kunnen deze stations gevraagd worden een aanvullende inspectie uit te voeren, waarbij wordt gecontroleerd of de registratie apparatuur nog aan de voorschriften voldoet. Dit betekent o.a. controle of de verzegelde bevestiging nog in tact is en controle of de kalibratie van de voor registratie vereiste sensoren nog voldoet.

3.3.9 Implementatie van een registratie en rapportage systeem

✓ **Functionele eisen aan het registratie systeem**

Aan het centrale registratie systeem worden de volgende eisen gesteld.

- moeten hun bedrijf en een toediening systeem kunnen aanmelden.
- Het systeem moet aangeven of een geregistreerd toediening systeem gekeurd is en waarschuwen als een periodieke keuring aan de orde is.
- De ligging van de percelen van de deelnemende boeren moet bekend zijn
- De locaties van de mestopslag van de deelnemende boeren moet bekend zijn, Loonwerkers met de daarbij behorende locaties waar gevuld kan worden.
- Van de boeren moet bekend zijn welke vee samenstelling ze hebben, zodat de mestsoort kan worden vastgelegd.
- Als boeren hun opslag laten bemonsteren moet de samenstelling door het centrale registratie systeem worden vastgesteld.
- De centrale registratie eenheid moet continue het niveau van de mestopslag van de boeren vastleggen.
- De centrale registratie eenheid moet continue in staat zijn via GSM verzonden data van elektronische registratie eenheden te ontvangen en vast te leggen.
- De centrale registratie eenheid moet voor de tijdstippen dat mest is uitgereden de actuele weersituatie van de betreffende locatie vast leggen. (Dit kan door het weer voor de betreffende coördinaten op te vragen bij buienradar)
- De centrale registratie eenheid berekent de emissie gedurende het uitrijden
- De centrale registratie eenheid voorziet er in dat de boerderij op elk moment de vastgestelde mestvoorraad, de uitrijd momenten, locaties en hoeveelheden kan opvragen met de daarbij behorende vastgestelde emissies.

✓ **Functionele eisen aan het elektronisch registratie systeem op de mesttoedieningseenheid.**

Het data logging systeem bestaat uit:

- Een GPS ontvanger die Egnos/Waas referentie signalen kan ontvangen en verwerken
- Een gsm (of vervangende technologie) telefoon
- Een versnellingsopnemer
- Een microcontroller om sensor signalen binnen te halen, berichten samen te stellen en deze op te sturen

-
- o Een accu met een capaciteit van 40 Ahr. 3 mA stand-by stroomverbruik over 1 jaar = 365 * 24 * 3 mA = 26 Ahr.

- o Een stekker voor de ISOBUS of een stekker voor analoge aansluitingen (zie hierna)

Er kunnen zich voor het binnenhalen van sensor signalen twee situaties voordoen:

- o Trekker en mest tank zijn voorzien van ISOBUS

De apparatuur voor het uitrijden van mest, bestaande uit een zelfrijdende unit of uit een combinatie van trekker en mest tank, is voorzien van elektronica voor precisielandbouw. Dit betekent dat de trekker zal zijn voorzien van een virtual terminal en een trekker ECU. De mesttank en het verdeelsysteem zijn ook voorzien van elektronica die via een ISOBUS connectie met de trekker is verbonden. De registratie apparatuur moet in dit geval voorzien zijn van een ISOBUS connectie om een aantal van de signalen van de ISOBUS uit te kunnen lezen.

Dit zullen zijn:

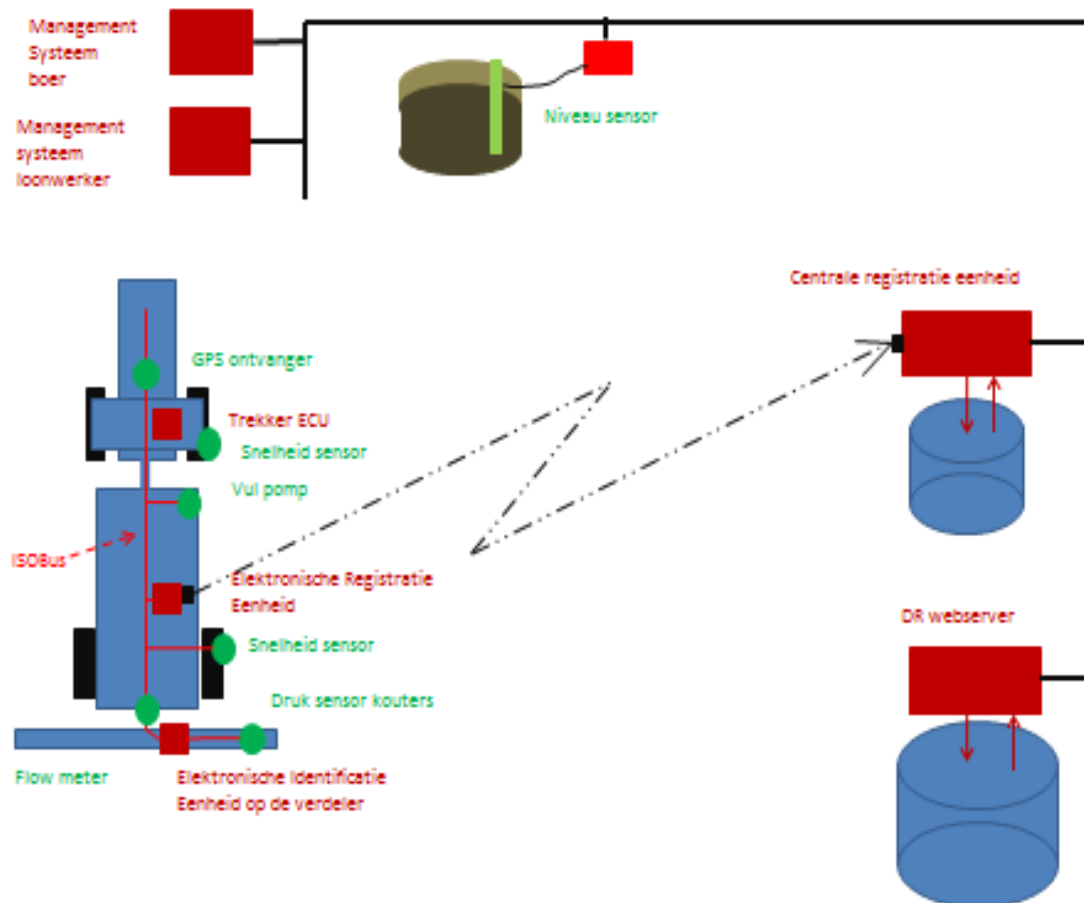
- 1) De actuele flow van de flowmeter en/of
 - 2) Het actuele gewicht van de tank (zie opmerking onder wegen) en/of
 - 3) De hoogte van de tankinhoud gemeten door een capacatieve hoogtemeter
 - 4) De activiteit (of de besturing commando's) van de vulpomp
 - 5) Hydraulische druk op de schijfkouters
 - 6) De rijsnelheid zoals gemeten door de trekker.
 - 7) Het "keep alive" bericht van de identificatie ECU de verdeeleenheid.
 - 8) De positie van de GPS ontvanger die op de trekker is gemonteerd
- o Trekker en of werktuig is niet voorzien van ISOBUS
Als het systeem niet is uitgerust met ISOBUS zullen de hierboven onder 1 t/m 6 genoemde signalen analoog moeten worden binnengehaald. Van 1 t/m 3 minimaal één signaal. Via één lijn moet de identificatie van de ecu op de verdeeleenheid regelmatig gecontroleerd worden. De consequentie is dat de microcontroller – sensor combinaties gekalibreerd moet kunnen worden.

✓ **Architectuur**

Voorgesteld wordt om te anticiperen op de toekomst. Daarbij wordt er van uitgegaan dat "geregistreerd" mest uitrijden alleen door gecertificeerde loonwerkbedrijven zal worden uitgevoerd. Dergelijke bedrijven zullen "Fleet management" gaan toepassen.

Eerder in dit rapport is aangegeven dat een van de voor de hand liggende strategieën zou kunnen zijn om mest gedurende de avond en nachtelijke uren uit te rijden. De consequentie daarvan is dat de loonwerker met RTK GPS besturing zal gaan werken om de werkgangen ook in het donker goed op elkaar te laten aansluiten.

In een dergelijke omgeving past het om als eis te stellen dat de registratie apparatuur in real time de status van het werktuig doorgeeft op de momenten dat hij actief is. Dit betekent ook dat er een ontvangende kant moet zijn die in staat is berichten van meerdere systemen gelijktijdig te ontvangen en op te slaan.



Figuur 6 Schematisch overzicht van de registratie van mestopslag en mest uitrijden.

3.4 Inschatten van besparingsmogelijkheden en kosten

3.4.1 Emissie besparingen

In de analyses is er van uitgegaan dat per ha per keer 25 m³ mest met een TAN gehalte van 2,15 g per kg mest toegediend. Dit komt neer op 53,75 kg TAN/ha. Aangenomen wordt dat in scenario B bij toediening met een zodenbemester de gemiddelde emissie factor van 19% (Huijsmans en Schils, 2009) wordt gerealiseerd. Dit betekent dat de gemiddelde emissie per ha per keer toedienen overeenkomt met 10,2 kg. Wanneer relatief gezien een 10% lagere emissie kan worden bereikt, dan komt dat neer op 1 kg minder emissie per ha per keer toedienen.

3.4.2 Kosten

✓ Kostenschatting RTK GPS rechtrij systeem

De aanschafkosten voor een RTK GPS rechtrij systeem worden geschat op € 22.500,-. Dat is een RTK-GPS ontvanger, computersysteem voor recht rijden, radio voor ontvangst van referentie signaal en de ombouw van de trekker (Stuurventiel, hoekopnemer, bekabeling en bevestigingen)

De jaarlijkse kosten voor een abonnement op een referentie signaal worden geschat op € 500,-.

De geschatte jaarkosten komen uit op € 5562,50 per jaar (zie bijlage 2).

✓ Kostenschatting registratie systeem

De componenten, de geschatte OEM prijs en de geschatte eindgebruiker prijs van de componenten voor een registratie systeem voor het uitrijden van mest, zijn weergegeven in de bijlage 3. Hieruit blijkt dat mest toediening apparatuur voor € 10.750,- met een sluitend

registratie systeem kan worden uitgerust. Bijlage 3 geeft ook aan dat de jaarkosten worden geschat op € 3.718,75.

✓ De omvang van het verbruik

Mede bepalend voor de kosten van een systeem dat geschikt is om aantoonbaar emissiearm mest uit te rijden is de omvang van het gebruik van de mestapparatuur en het aandeel daarvan dat voor emissie arm uitrijden in Natura2000 gebieden wordt gebruikt.

Er mag mest uitgereden worden in de periode van 15 februari t/m 31 augustus, dit is een periode van 29 weken. Een uitgangspunt is dat 50% van deze tijd werkbaar is voor het uitrijden van mest. Normaal gesproken zal er gedurende 6 dagen à 8 uur per dag mest worden uitgereden. Dit betekent dat er, rekening houdende met de werkbaarheid, ongeveer 700 uur per jaar is voor het uitrijden van mest.

Een taaktijd voor het uitrijden van mest met een tank van 18 m³, een werkbreedte van 6 m, een toe te dienen hoeveelheid van 25m³/ha, perceelsafmetingen van 150 x 300 m en een afstand tot de percelen van 750 m bedraagt 0.84 h/ha.

Dit betekent dat er per jaar ongeveer 835 ha per jaar wordt bemest. Bij 25m³/ha en een mest tank van 18 m³ betekent dit 1160 ritten per jaar. Dit komt iets hoger uit dan de 1000 ritten per jaar die door KTBL (2004) wordt gehanteerd. De totale hoeveelheid uitgereden mest is 20.882 m³/jaar.

✓ De meerkosten van registratie per m³ mest

Uitgangspunt is dat de loonwerker een bezetting heeft van 100% van zijn gemiddelde aantal werkbare uren. Bij goed weer is er tijd over, bij slecht weer moet er meer dan 8 uur per dag worden gewerkt.

Een variabele in deze berekening is het aandeel van de boeren dat elektronisch wil registreren en de keuze maken om de meerkosten daarvoor te betalen.

De meerkosten voor de loonwerker zitten hem in 1) het rechtrij systeem en in 2) het registratie systeem.

Voor het rechtrij systeem is een uitgangspunt dat de loonwerker die ook voor andere activiteiten inzet (bv mais hakselen) en dat die slechts voor de helft wordt toegerekend aan de boeren die het uitrijden van mest elektronisch laten registreren.

- Jaarkosten rechtrijden € 2781,25 (voor de helft toegerekend)
- Jaarkosten registratie systeem € 3718,75
- kosten/m³ bij 20% deelname € 1,55
- kosten/m³ bij 40% deelname € 0,78
- kosten/m³ bij 60% deelname € 0,52

Op de boerderij kan er worden uitgegaan van forfaitaire productienormen van mest. De boer zal via de registratie van de loonwerker moeten aantonen dat die forfaitaire hoeveelheid, met een zekere marge en voor zover niet aantoonbaar afgevoerd, op zijn percelen is uitgereden.

Als de boer van die forfaitaire normen afwijkt en wil aantonen dat zijn beesten minder mest produceren, zal hij dat met een registratie systeem op zijn mestopslag moeten aantonen. Uit de berekening in Bijlage 4 blijkt dat een naar verhouding dure oplossing te zijn met € 1.32/m³.

✓ Meerkosten voor de server

Door de overheid of het bedrijfsleven zal een server moeten worden opgezet en in bedrijf gehouden die in staat is alle real time gegevens via gsm en internet te verzamelen, vast te leggen en tot kengetallen te verwerken. Het gaat te ver om de kosten hiervan in te schatten. Met name het aantal deelnemende boeren is in dit stadium moeilijk aan te geven. De volgende producten zullen minimaal moeten worden gerealiseerd.

- Interface om gsm berichten te ontvangen
- Interface om berichten over internet te ontvangen
- Opzetten van een database
- Web-service/ applicatie waar loonwerkers zich kunnen melden en machinegegevens verstrekken
- Web-service/ applicatie waar boeren zich kunnen melden en gegevens over hun percelen en mestopslag kunnen doorgeven
- Web cliënt om de gegevens over de ligging van percelen uit de DR database op te vragen
- Web cliënt om gegevens over het weer bij buienradar op te vragen
- Programma om kengetallen te berekenen
- Web- service/applicatie om kengetallen aan de boer te verstrekken.
- Applicatie voor het administreren van keuringen.

✓ Kosten voor registreren van het uitrijden van mest

De totale kosten voor het registreren van de uitgereden hoeveelheid mest zijn:
Extra kosten loonwerk 0,52 – 1,55 €/m³. Dit komt voor het totale bedrijf neer op €847,60 - €2.526,50/jaar.

De kosten voor het monitoren van de mestvoorraad op het bedrijf van 1.32 €/m³ zullen terug verdiend moeten worden door daarmee aan te tonen dat er minder mest wordt geproduceerd.

Eerder is aangegeven dat er afhankelijk van de verdeling over het jaar 10 tot 16 % emissie kan worden beperkt. Er is daar ook aangegeven dat het "gemiddelde" uitgangspunt bij toediening 25 m³ een emissie van 10,2 kg N/ha is. Voor de hele uitgereden hoeveelheid van 1630 m³ is de gemiddelde emissie 665 kg N. Een besparing van 10 tot 16 % levert dus 67 – 106 kg N op over het hele bedrijf.

Afhankelijk van de jaarkosten van de boer komt dit neer op € 8 - € 37 per kg gereduceerde N emissie.

4 Discussie

Ondanks de omvang van de gebruikte data sets moet worden gewezen op de beperkingen bij het gebruik van de huidige toegepaste modellen voor bijvoorbeeld simulaties van de effecten van de weersomstandigheden direct na de toediening op de emissies.

Bij het vaststellen van de emissiemodellen door Huijsmans et al. (2001) is in eerste instantie gebruik gemaakt van datasets van 110 proefvelden uit de periode 1989-1993. In een latere analyse werden ook daarna verzamelde datasets gebruikt (Huisman en Schils, 2009). In de datasets waren gegevens beschikbaar over de toegediende mesthoeveelheden, de droge stof- en TAN-gehalten van de toegediende mest, de grashoogte bij toediening en weersgegevens als windsnelheid, luchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en globale straling. In de modelvorming werd vastgesteld welke van de hiervoor genoemde factoren een significante invloed hadden op de emissie (zie tabel 3). In deze studie is gebruik gemaakt van de modelanalyse uit 2001 (Huijsmans et al., 2001). Huijsmans et al. (2001) geven een schatting van de relatieve effecten van invloedsfactoren op de emissiesnelheden gedurende de periode waarin de emissie plaatsvindt. Deze relatieve effecten op de emissiesnelheid zijn ook een indicatie van de relatieve effecten op de totale absolute ammoniakemissie. Voor de bepaling van de absolute kwantitatieve effecten is echter een integratie van de emissiesnelheden over de tijdsperiode van de ammoniakemissie noodzakelijk. Op dit moment is onderzoek gaande om het effect van de invloedsfactoren, afhankelijk van de fase van emissieproces te kwantificeren om zo een meer nauwkeurige kwantitatieve schatting van de effecten op de totale emissie te krijgen. In 2014 is een studie gestart om de invloed van verschillende factoren, ook factoren die nu niet in modelanalyse zijn opgenomen, op de ammoniakemissie beter in te kunnen schatten. Het effect van de invloedsfactoren wordt hierbij ook onderzocht afhankelijk van de fase van het emissieproces om zo een nauwkeurigere schatting van de effecten op de totale emissie te krijgen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de analyse van alle beschikbare meetdata (ook internationaal) en beredeneerd vanuit de basisprocessen die tot ammoniakvervluchtiging leiden. Deze studie moet leiden tot betere voorspellingen van emissies onder uiteenlopende omstandigheden in verschillende regio's en op verschillende bedrijven. Mogelijk dat dan ook effecten zoals het tijdstip van de toediening gedurende de dag zijn te simuleren.

De berekende effecten van verschuiving van de periode van mesttoediening laten het beeld zien dat verschuiving naar een vroeger tijdstip in het jaar gemiddeld tot een beperking van de ammoniakemissie kan leiden. In de logistiek van de mesttoediening bepalen echter ook de beschikbaarheid van machines en mest, de berijdbaarheid van het land en de groei van het gras in grote mate de periode van toediening. Het zou nader bekeken moeten worden of vervroeging van de mesttoediening binnen deze randvoorwaarden haalbaar en efficiënt is.

5 Conclusies

Op basis van onderzoek dat is gebruikt als uitgangspunt voor deze studie is vastgesteld dat de vervluchtiging toeneemt bij sterk drogende weersomstandigheden, zoals een hogere windsnelheid, luchttemperatuur en straling of een lagere relatieve luchtvochtigheid;

Weersomstandigheden hebben dus grote invloed op de emissie snelheid. Uit een analyse van per uur geregistreerde weersgegevens in de maanden maart tot en mei augustus van de jaren 2001 tot en met 2010 blijkt dat:

- de windsnelheid in de maart duidelijk hoger is dan in de andere maanden; deze in augustus het laagst is;
- de temperatuur in de maand maart het laagst is en de hoogste waarden bereikt in juli en augustus;
- de straling ook in de maand maart het laagst is en de hoogste waarden heeft in juni en juli.
- algemeen kan worden gesteld dat de windsnelheid, de temperatuur en de straling in het voorjaar lagere waarden hebben en op die momenten dus ook een lagere emissie zullen veroorzaken.

Vervolgens zou het interessant zijn om de effecten van de verschillen in het weer (klimaat) te benutten bij het optimaliseren van de toedieningsstrategie. De modellen die hiervoor momenteel beschikbaar zijn, zijn gebaseerd op datasets, die niet toestaan om nauwkeurige voorspellingen te doen voor de effecten op de emissie van bijvoorbeeld diverse combinaties van weersomstandigheden in de periode na toediening. Toevoeging van datasets van experimenten waarbij zowel gevarieerd is in het toedieningsmoment in de tijd en op de dag zou een beter model kunnen opleveren met betere voorspellingsmogelijkheden voor het optimaliseren van de toedieningsstrategie gericht op het verminderen van de emissie.

Om toch enig gevoel te krijgen voor de mogelijke effecten zijn met het emissie model dat momenteel wel beschikbaar is enige simulatieberekeningen uitgevoerd bij de toediening van 25 m³ mest per ha met 2,15 g TAN/kg mest. Daaruit kon worden afgeleid dat bij gemiddelde weersomstandigheden de emissie in maart ongeveer 1/3 lager is dan in mei en in juni ongeveer 10% hoger dan in mei bij toepassing van zodenbemesting op zandgrond. De effecten kunnen echter per jaar in de verschillende maanden anders zijn afhankelijk van de weersomstandigheden.

De emissies van 1630 m³ mest, die verdeeld over drie periodes per jaar met een zodenbemester wordt toegediend op een bedrijf met 40 ha grasland zijn voor een aantal strategieën berekend. Als in maart in plaats van 50% 80% van de in de stalperiode opgebouwde mestvoorraad wordt toegediend dan zal dat leiden tot een overall relatief lagere emissie (snelheid) van ca.12%. De effecten laten echter onder invloed van de verschillende weersomstandigheden nog aanzienlijke verschillen tussen de verschillende jaren zien.

Technisch gezien is het goed mogelijk om vast te leggen met welke apparatuur, wanneer, waar en hoeveel mest is er is uitgereden. De meerkosten voor een loonwerker komen afhankelijk van het aantal registrerende boeren in zijn gebied (20% tot 60%) neer op € 1.55 /m³ - € 0.52/m³. Hierin zijn ook de kosten voor rechtrijden verdisconteerd, waarbij men zich mag afvragen of dat kosten zijn die een loonwerker toch zal maken in de toekomst om kwaliteit werk af te leveren. Omdat het uitrijden van mest gedurende de nachtelijke uren qua emissie aantrekkelijk is, is zo'n rechtrij systeem wel noodzakelijk.

Met registratie systemen bij houden van de mestvoorraad op het bedrijf is met € 1.32 / m³ relatief duur. Een boer moet al erg veel minder mest produceren dan de forfaitaire norm, wil dat aantrekkelijk zijn.

Ook technische mogelijkheden, die in dit rapport niet expliciet aan de orde zijn geweest, kunnen bijdragen aan een verminderde emissie. Zo kan een verlaging van het droge stofgehalte van de mest door het toevoegen van water of het verlagen van de pH van de mest door aanzuren de emissie verlagen.

Algemene conclusies

De emissie op bedrijfsniveau kan worden verlaagd door de verdeling van de toe te dienen mest meer te verschuiven naar het voorjaar; van 50% als uitgangspunt naar 65% of 80%.

Gezien de effecten van de weersomstandigheden zou in potentie de mogelijkheid om bij de toediening hiermee rekening te houden een emissiereductie kunnen worden bereikt.

Een verdere mogelijkheid zou kunnen zijn dat men op gebiedsniveau middels een boekhoudsysteem kan bewijzen dat op de percelen die het meest bijdragen aan de ammoniak depositie op nabijgelegen Natura2000 gebieden, mest is toegediend onder omstandigheden die de emissie zo veel mogelijk verminderen. Om de effecten van de weersomstandigheden met een grotere betrouwbaarheid te kunnen schatten is het noodzakelijk om door onderzoek de ammoniakvervluchtigingsmodellen verder te verbeteren. T.a.v. de depositie dient ook rekening te worden gehouden met het effect van de windrichting.

6 Literatuur

Actieplan Ammoniak Veehouderij op

<http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouwtuinbouw/ammoniak-en/actieplan-ammoniak/>

Bergeijk, J. van., D. Goense, G. van Willigenburg and L. Speelman, 2001. PA—Precision Agriculture: Dynamic Weighing for Accurate Fertilizer Application and Monitoring. *Journal of Agricultural Engineering Research*. Volume 80, Issue 1, September 2001, Pages 25–35.

Bussink, D.W., Huijsmans, J.F.M. and Ketelaars, J.J.M.H. 1994 - Ammonia volatilization from nitric-acid-treated cattle slurry, (surface) applied to grassland. *Netherlands Journal of Agricultural Science (NJAS)* 42-4, 1994, p. 293-309.

Bruggen, C. van, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen, J.F.M. Huijsmans, S.M. van der Sluis en G.L. Velthof, 2011. Ammoniakemissie uit dierlijke mest en kunstmest in 2009. Berekeningen met het Nationaal Emissiemodel voor Ammoniak (NEMA). Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOTwerkdocument 251. 34 blz.

Ess, D. R., S. E. Hawkins, D. K. Morris. 2001. Implementing Site-Specific Management: Liquid Manure Application. Departments of Agricultural and Biological Engineering and Agronomy, Purdue Agricultural Centers. <http://www.ces.purdue.edu/extmedia/ae/ssm-1-w.pdf>

Hoofdlijnennotitie Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) op

<http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2010/02/08/hoofdlijnennotitie-programmatische-aanpak-stikstof-pas.html>

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 (2001): 323-342

Huijsmans, J.F.M. and R.L.M. Schils, 2009. Ammonia and nitrous oxide emissions following field-application of manure: state of the art measurements in The Netherlands. Paper of Proceedings No 655 of the conference of the International Fertiliser Society in Cambridge on 10th December 2009: 36p.

KTBL. 2004. Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/2005. Date für die Betriebsplanung in der landwirtschaft. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL) Darmstadt.

Oltmer, K., E. Hees, C. Rougoor. 2010. Innovatie rond Natura 2000-gebieden. LEI Rapport 2010-056, Juli 2010, LEI Wageningen UR, Den Haag.

7 Bijlagen

Bijlage 1

Verloop over de dag van de windsnelheid, de temperatuur, de globale straling en relatieve luchtvochtigheid in de maanden maart tot en met augustus.

In onderstaande Figuren A en B is het verloop van de gemiddelde windsnelheid en temperatuur over de dag in de maanden februari tot en met augustus weergegeven. De tijd op de x-as is uitgedrukt in de West-Europese Tijd (WET). In Nederland gebruiken we de Midden-Europese Tijd (MET) en in de zomer de Midden-Europese Zomertijd (MEZT). Voor vertaling naar de in Nederland gebruikte tijd moet de tijd zoals weergegeven in onderstaande figuren voor de maand maart met één uur worden verminderd (MET = WET -1) en voor de andere maanden met twee uur (MEZT = WET - 2).

De weersgegevens zijn afkomstig van het weerstation Heino uit de KNMI database (<http://www.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens/#no>). Gebruikt zijn uurgegevens voor windsnelheid, temperatuur (op 1,5 m hoogte), globale straling en relatieve vochtigheid (op 1,5 m hoogte) over een periode van 10 jaar (2001-2010).



Figuur A Verloop over de dag van de windsnelheid en de temperatuur in de maanden maart tot en met augustus

Uit Figuur A kan worden afgeleid dat de windsnelheid overdag duidelijk hoger is dan 's avonds en 's nachts. In de maand maart blijft de windsnelheid echter ook 's avonds en 's nachts duidelijk hoger dan in de andere maanden. In de maanden april tot en met augustus is de windsnelheid het laagst tussen 20 uur en 5 uur (WET). De temperaturen zijn uiteraard 's avonds en 's nachts lager dan overdag. De verschillen over de dag variëren van minder dan 6 °C in maart tot meer dan 8 °C in april, mei en juni. Over het algemeen kan worden gesteld dat de windsnelheid en de temperatuur in de avond en nacht lage waarden hebben en dan dus ook een lagere ammoniak vervluchtigingssnelheid veroorzaken.

In Figuur B zijn het verloop over de dag van de straling en relatieve luchtvochtigheid gegeven.



Figuur B Verloop over de dag van de globale straling en relatieve luchtvochtigheid in maanden maart tot en met augustus.

Bijlage 2 De geschatte jaarkosten van een rechtrij systeem

De aanschafkosten voor het rechtrij systeem zijn geschat op € 22.500,-

De geschatte jaarkosten zijn als volgt berekend:

- Abonnement referentie signaal € 500,-
- Afschrijving (in 10 jr) € 2250,-
- Rente 5% over 11.250,- € 562,50
- Onderhoud/updates 10 % € 2250,-
- **Totaal per jaar € 5562,50**

Bijlage 3 De geschatte aanschafkosten en jaarkosten van het mobiele deel van een registratie systeem voor uitrijden van mest

In onderstaande tabel zijn alle geïnventariseerde componenten opgenomen die kunnen worden gebruikt voor het mobiele deel van een registratie systeem voor het uitrijden van mest. Op basis van op het internet beschikbare prijs informatie is een schatting gemaakt voor de kosten voor de eindgebruiker. Er is een keuze gemaakt uit de beschikbare componenten die een sluitend registratie systeem opleveren. De totale aanschafkosten daarvan komen op € 10.750,-.

Componenten voor het mobiele deel van een registratie systeem voor uitrijden van mest.

Component	OEM prijs	Geschatte eindgebruikerprijs	Optie 1
Flowmeter	€ 3500,-	€ 6000,-	€ 6000,-
Weegeenheid	€ 1000,- - € 4000,-	€ 4000,- €10.000,-	
Capacitive niveau meter	€ 1000,-	€2500,-	
Identificatie ECU verdeleenheid	€ 150	€ 500,-	€ 500,-
Druksensor hydraulisch	€ 500,-	€1500,-	€ 1500,-
Activiteit-sensor vul pomp	€ 100	€ 250,-	€ 250,-
Rijsnelheid sensor	€ 100,-	€ 250,-	€ 250,-
Sensor voor samenstelling mest	€ 20.000	€ 30.000,-	
Elektronische registratie eenheid	€ 1000,-	€ 2000,-	€ 2000,-
Accu van 40 Ah		€250	€ 250
Totaal			€ 10.750,-

Op Basis van de aanschafprijs van € 10.750,- en aannames zoals hieronder gespecificeerd zijn de jaarlijkse kosten van het registratie systeem ingeschat.

De jaarlijkse kosten zijn:

- Telefoon data abonnement € 500,-
- Jaarlijkse inspectie en keuring € 800,-
- Afschrijving (10 jr) € 1075,-
- Rente 5% over 5375,- € 268,75
- Onderhoud 10 % € 1075,-
- **Totaal per jaar € 3718,75**

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
info.livestockresearch@wur.nl
www.wageningenUR.nl/livestockresearch

Livestock Research Rapport 862



Wageningen UR Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



Proeftuin Natura 2000 Overijssel
Postbus 240
8000 AE Zwolle

T 088 888 66 77
F 088 888 66 70
E info@proeftuinnatura2000.nl
W www.proeftuinnatura2000.nl

LinkedIn: [Proeftuin Natura 2000 Overijssel](#)
Twitter: [@ProeftuinN2000](#)

Mede mogelijk
gemaakt door:



Uitgevoerd
door:



projecten 