



Beperking van lachgasemissie uit beweid grasland

Een systeemanalyse

G.L. Velthof, M.H. de Haan, G. Holshof,
A. van den Pol-van Dasselaar & P.J. Kuikman



Alterra-rapport 114.1, ROB-beweiding

Beperking van lachgasemissie uit beweide grasland

In de serie 'Reductie Lachgasemissie door ontwikkeling van Best Management Practices' zijn tevens verschenen:

- 114.2 Beperking van lachgasemissie uit bemeste landbouwgronden: een systeemanalyse
- 114.3 Beperking van lachgasemissie uit gewasresten: een systeemanalyse
- 114.4 Beperking van lachgasemissie door gebruik van klaver in grasland: een systeemanalyse
- 114.5 Beperking van lachgasemissie bij het scheuren van grasland: een systeemanalyse
- 114.6 Beperking van lachgasemissie door waterbeheer; een systeemanalyse

Beperking van lachgasemissie uit beweide grasland

Een systeemanalyse

G.L. Velthof¹

M.H. de Haan²

G. Holshof²

A. van den Pol-van Dasselaar²

P.J. Kuikman¹

¹ Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen

² Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad

Alterra-rapport 114-1

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2000

REFERAAT

Velthof, G.L., M.H. de Haan, G. Holshof, A. van den Pol-van Dasselaar en P.J. Kuikman, 2000. *Beperking van lachgasemissie uit beweide grasland; een systeemanalyse*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 114-1. 52 blz. 5 fig.; 10 tab.; 40 ref.

In het kader van het Reductie Plan Overige Broeikasgassen project 1.1, getiteld 'Vermindering van de lachgasemissie door optimalisering van bijvoeding en beweiding van rundvee', worden de mogelijkheden bestudeerd voor het verminderen van de lachgasemissie uit beweide grasland. In een deskstudie zijn de beweidingssystemen en stikstofstromen in melkveehouderijen beschreven, de lachgasemissie uit beweide grasland en melkveehouderijen gekwantificeerd en de meest perspectiefvolle maatregelen om de lachgasemissie uit beweide grasland te verminderen aangegeven. De stikstofaanvoer via urine en weidemest en bodemcompactie door betreding leiden tot een relatief hoge lachgasemissie uit beweide grasland. De perspectieven voor het verminderen van de lachgasemissie uit melkveehouderijen door middel van aanpassingen in de duur en intensiteit van beweiding zijn groot. Een reductie van 0,05 tot 1,14 Mton CO₂-equivalenten in Nederland ten opzichte van de verwachte autonome ontwikkeling lijkt mogelijk door aanpassingen in beweiding. De totale reductie in lachgasemissie uit melkveehouderijen in Nederland (autonome ontwikkeling + beweidingsmaatregelen) zou dan 3 tot 4 Mton CO₂-equivalenten ten opzichte van 1990 kunnen bedragen.

Trefwoorden: beweiding, broeikasgas, grasland, lachgas, stikstof

Opdrachtnummer NOVEM: 374299/0010

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 40,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 114-1. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2000 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Samenvatting en conclusies	7
1 Inleiding	11
2 Beschrijving van het systeem	13
2.1 Kengetallen van melkveehouderij	13
2.2 Beweidingsystemen	14
2.2.1 Onbeperkt weiden	14
2.2.2 Beperkt weiden	15
2.2.3 Zomerstalvoeren en summerfeeding	15
2.3 Vertrapping	15
2.4 Rantsoenen en stikstofuitscheiding	16
2.5 Stikstofstromen en –voorraden	17
3 Kwantificering van lachgasemissie uit beweid grasland	19
3.1 Literatuurstudie naar N ₂ O-emissie uit beweid grasland	19
3.2 Emissiefactoren: IPCC-methode, methode van Nederland en aangepaste methode	19
3.3 Schatting van N ₂ O-emissie uit beweid grasland in Nederland	20
4 Sturende factoren	23
4.1 Chemische, fysische en biologische factoren	23
4.2 Sociaal –economische factoren	23
5 Mogelijke maatregelen om emissie te beperken	27
5.1 Effect van maatregelen op de totale lachgasemissie uit drie voorbeeldmelkveehouderijen	27
5.1.1 Autonome ontwikkeling	27
5.1.2 Beweidingsmaatregelen	28
5.2 Effecten beweidingsmaatregelen op lachgasemissie	31
6 Kennishiaten en vervolgonderzoek	37
Literatuur	39
Aanhangsels	
1 Literatuurstudie	43
2 Lachgasemissie uit drie typen melkveehouderijen	47

Samenvatting en conclusies

In het kader van Cluster 1 (Best Management Practices) van het Reductie Plan Overige Broeikasgassen (ROB Landbouw) wordt beoogd een reductie van de lachgas(N_2O)-emissie uit verschillende bronnen te realiseren door middel van het ontwikkelen en toetsen van maatregelen. In het kader van het ROB-project 1.1 (Vermindering van de lachgasemissie door optimalisering van bijvoeding en beweiding van rundvee) worden de mogelijkheden bestudeerd voor het verminderen van de lachgasemissie uit beweid grasland. De aandacht gaat hierbij volledig naar rundvee (en met name melkkoeien), omdat dit de belangrijkste diercategorie is die in Nederland voor beweiding wordt toegepast, zowel uit oogpunt van het aantal dieren als uit oogpunt van de hoeveelheid stikstof die tijdens beweiding wordt uitgescheiden en in de bodem terechtkomt.

In dit rapport worden de resultaten van de eerste fase van het project weergegeven: de systeemanalyse. De systeemanalyse heeft de volgende doelstellingen:

- het beschrijven van de beweidingssystemen en stikstofstromen in melkveehouderijen;
- het kwantificeren van de lachgasemissie uit beweid grasland en melkveehouderijen op basis van literatuurgegevens;
- het beschrijven van de sturende factoren van lachgasemissie uit beweid grasland;
- het identificeren van de meest perspectievolle maatregelen.

De belangrijkste resultaten uit de systeemanalyse zijn:

- de geschatte totale lachgasemissie uit de melkveehouderij in 1990 was ongeveer 7,2 Mton CO_2 -equivalenten; ongeveer 2,2 Mton CO_2 -equivalenten (30%) van deze emissie was afkomstig uit beweid grasland als *directe* N_2O -emissie.
- in Nederland worden drie beweidingssystemen onderscheiden: onbeperkt weiden (bij 48 procent van melkgevend koeien), beperkt weiden (bij 45 procent) en Zero grazing (zomerstalvoeding en summerfeeding; bij 8 procent).
- in het algemeen leidt een hoog eiwitaanbod tot een hogere stikstofuitscheiding via mest en urine.
- in urineplekken komen hoge stikstofconcentraties (500 tot 2000 kg N per ha) voor, deze stikstof wordt in beperkte mate door het gras benut en gaat grotendeels verloren via denitrificatie, lachgasemissie en nitraatuitspoeling.
- de N_2O -emissie uit urineplekken varieert van 0,4 tot 5,0 procent van de urinestikstof.
- de N_2O -emissie uit weidemest varieert van 0,1 tot 0,7 procent van de fecesstikstof.
- betreding en vertrapping leidt tot compactie en verslechtering van de stikstofopname van het gras en geeft daardoor een hoger risico op emissie van N_2O .
- de hoeveelheid stikstof die tijdens beweiding als urine wordt uitgescheiden is een belangrijke sturende factor voor N_2O -emissie uit grasland; er zijn nog geen

kwantitatieve relaties tussen stikstofuitscheiding via urine of mest in het veld en N₂O-emissie vastgesteld.

- de stikstofstromen in melkveehouderijen zijn sterk aan elkaar gekoppeld. Maatregelen ten aanzien van beweiding hebben een grote invloed op het gebruik van drijfmest en kunstmest (en de hieraan gerelateerde lachgasemissie). Een analyse op bedrijfsniveau is noodzakelijk om de effecten beweidingsmaatregelen te kunnen kwantificeren.
- het beperken van beweiding leidt tot een hogere stikstofbenutting op bedrijfsniveau, omdat de stikstof die anders in urineplekken verloren zou gaan nu als drijfmest in de stal wordt verzameld en wordt toegediend als meststof. De toename in hoeveelheid drijfmest leidt tot een lagere behoefte aan kunstmest.
- beperkt beweiden leidt tot een lagere lachgasemissie, omdat enerzijds de stikstof op het bedrijf beter wordt benut (minder kunstmest nodig) en anderzijds de lachgasemissie uit beweide grasland per eenheid stikstof (emissiefactor) hoger is dan die uit grasland bemest met dierlijke mest.
- beperkt beweiden kan worden gerealiseerd door een beperkte weidegang van de dieren ('s-nachts opstallen, siëstabeweiding, na 1 september niet meer beweiden) of door een beperking van het aantal dieren (verhoging van de productie per dier en vermindering van het aantal jongvee).
- er is een duidelijk risico op afwenteling (TEWI-benadering) bij beperkte beweiding. Beperkt beweiden leidt enerzijds tot een lagere lachgasemissie en nitraatuitspoeling uit grasland, maar anderzijds tot een hogere ammoniak- en methaanemissie uit de stal en mestopslag, omdat er meer mest gedurende een langere periode wordt opgeslagen.
- welzijnsaspecten bij de dieren vragen aandacht indien wordt overgegaan naar systemen waarbij koeien het gehele jaar op stal worden gehouden.
- beperkt beweiden kan tot een lager stikstofoverschot in kader van MINAS leiden. Hierdoor zal het draagvlak voor beperkte beweidingssystemen bij boeren toenemen.
- in het kader van ROB is het van belang dat er binnen MINAS die maatregelen worden genomen welke niet alleen een gunstig effect hebben op het stikstofoverschot maar ook leiden tot een vermindering van de lachgasemissie.

In de onderstaande tabel wordt een globale schatting gegeven van de potentiële vermindering van de lachgasemissie uit melkveehouderijen. Duidelijk blijkt dat de lachgasemissie afneemt naarmate er minder wordt beweide.

Maatregelen om de N₂O-emissie veroorzaakt door beweiding te beperken.

Maatregel	Schatting van de effectiviteit t.o.v. autonome ontwikkeling, Mton CO ₂ -equivalenten ¹	Kosten-efficiëntie ²	Controleerbaarheid	Handhaafbaarheid	Risico op afwenteling	Draagvlak bij boeren	Kennis-hiaten
Siësta + beperkt beweiden	0,19	klein-gemiddeld	slecht-redelijk	moeilijk-redelijk	aanwezig	redelijk	groot
Dag en nacht op stal	1,14	klein	goed	goed	aanwezig	slecht	groot
Per 1 september opstallen	0,41	klein	goed	goed	aanwezig	redelijk	groot
Minder jongvee	0,09	zeer groot	goed	redelijk	gering	goed	beperkt
Hogere melkproductie	0,05	zeer groot	goed	redelijk	gering	goed	groot

¹ naar verwachting leidt de autonome ontwikkeling (met name MINAS) tot een vermindering van lachgasemissie ten opzichte van 1990 met ongeveer 3 Mton CO₂ equivalenten. De hier gegeven effectiviteit is ten opzichte van de autonome ontwikkeling.

² indicatie voor kosten voor vermindering van N₂O-emissie in guldens per ton CO₂-equivalenten per jaar.: klein > fl. 100; gemiddeld fl. 50-100; groot fl. 0-50; zeer groot < fl. 0.

De belangrijkste kennis-hiaten en aandachtspunten voor vervolgonderzoek zijn:

- relatie tussen samenstelling van urine en weidemest en de lachgasemissie;
- effecten van betreding en vertrapping op lachgasemissie;
- integrale benadering (incl. TEWI): lachgas-, ammoniak- en methaanemissie nitraatuitspoeling uit beweide grasland, stal en mestopslag.

De perspectieven voor het verminderen van de lachgasemissie uit melkveehouderijen is groot: een reductie van 0,05 tot 1,14 Mton CO₂-equivalenten ten opzichte van de verwachte autonome ontwikkeling lijkt mogelijk met een pakket van maatregelen. De totale reductie in lachgasemissie uit melkveehouderijen (autonome ontwikkeling + beweidingsmaatregelen) zou dan 3 tot 4 Mton CO₂-equivalenten ten opzichte van 1990 kunnen bedragen.

1 Inleiding

In het kader van Cluster 1 (Best Management Practices) van het Reductie Plan Overige Broeikasgassen (ROB Landbouw) wordt beoogd een reductie van de lachgasemissie uit verschillende bronnen te realiseren door middel van het ontwikkelen en toetsen van maatregelen. In het kader van het ROB-project 1.1 (Vermindering van de lachgasemissie door optimalisering van bijvoeding en beweiding van rundvee) worden de mogelijkheden voor het verminderen van de lachgasemissie die door beweiding ontstaat, bestudeerd.

In dit rapport wordt de eerste fase van het project weergegeven: de systeemanalyse. De systeemanalyse heeft de volgende doelstellingen:

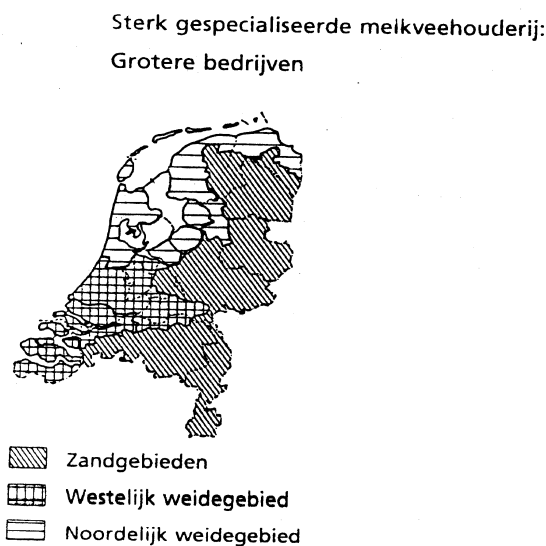
- het beschrijven van het systeem. Welke beweidingssystemen zijn er, wat is het effect van rantsoen op de stikstofuitscheiding en welke stikstofstromen in het systeem zijn belangrijk voor de lachgasemissie.
- het kwantificeren van de lachgasemissie. De lachgasemissie uit bemeste landbouwgronden wordt gekwantificeerd voor 1990 (referentiejaar in kader klimaatverdrag) en 1998/99 aan de hand van de literatuur, de IPCC-methode en de door Nederland gebruikte methode.
- het beschrijven van de sturende factoren van lachgasemissie uit beweide grasland, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen chemische, fysische en biologische factoren en sociaal-economische factoren.
- het aangeven van mogelijke maatregelen, waarbij elke maatregel op de volgende aspecten wordt geëvalueerd: i) effectiviteit (potentiële reductie van N₂O-emissie), ii) kostenefficiëntie, iii) controleerbaarheid, iv) handhaafbaarheid van de maatregel, v) afwentelingsmechanismen via andere verliezen (nitraat en ammoniak) en via andere broeikasgasemissies (TEWI-benadering), vi) draagvlak bij boeren en vii) kennishiaten. De meest perspectievolle maatregelen worden geselecteerd.
- het aangeven van kennishiaten. Welke kennis en vervolgonderzoek is nodig om maatregelen op efficiënte wijze in de praktijk te kunnen implementeren.

2 Beschrijving van het systeem

2.1 Kengetallen van melkveehouderij

De Nederlandse melkveehouderij maakt voor een belangrijk deel gebruik van grasland voor beweiding en voederwinning tijdens het groeiseizoen. Daarnaast is een deel van de grond bestemd voor de teelt van voedergewassen, waarvan mais het belangrijkste gewas is.

In tabel 1 worden de belangrijkste kengetallen van de melkveehouderij in Nederland weergegeven voor 1990 en 1998. In tabel 2 wordt een ontwikkeling weergegeven van de Nederlandse veehouderij. Het gaat hierbij om de sterk gespecialiseerde melkveebedrijven (ruim 80% van alle melkvee). Op de minder gespecialiseerde bedrijven zijn nog 300.000 melkkoeien aanwezig. Deze bedrijven hebben vaak een tweede tak in de vorm van intensieve veehouderij. Er is een indeling gemaakt naar 3 gebieden, Westelijk weidegebied, zandgebieden en Noordelijk klei- en veenweidegebied (figuur 1).



Figuur 1 Indeling LEI gebieden.

Tabel 1. Gegevens over totale melkveehouderij in Nederland (Bron: CBS 1990 en 1998).

	1990	1998
Aantal melkveebedrijven	47000	33000
Areaal grasland (ha)	1096496	1031771
Aantal melkkoeien	1877684	1610630
Areaal snijmais (ha)	201811	219940
Areaal overige voedergewassen	5960	6257

Tabel 2. Basisgegevens van sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Westelijk weidegebied, zandgebieden, Noordelijk klei- en veenweidegebied en geheel Nederland (Bronnen: LEI 1990/91, 1997/98; beweidingssystemen, LTO 1999).

	Westelijk weidegebied		Zandgebieden		Noordelijk weidegebied		Nederland totaal	
	90/91	97/98	90/91	97/98	90/91	97/98	90/91	97/98
aantal bedrijven	3657	5329	10088	11718	3797	5242	25070	24754
oppervlak, ha	32,82	35,34	31,75	33,22	42,19	42,42	29,09	33,64
waarvan gras, ha	31,02	31,24	25,19	24,97	39,97	38,92	25,48	27,99
kunstweide/voedergew.	1,66	3,65	5,88	7,54	1,08	2,24	3,08	4,93
Melkkoeien (mk)	58,1	55,2	60,7	55	70,5	65,1	51,4	53,6
quotum	391880	397941	392382	417147	482048	484316	334666	397183
q/ha	11940	11260	12358	12557	11426	11417	11505	11807
melk per koe	6745	7209	6464	7584	6838	7440	6511	7410
mk/ha totaal	1,8	1,6	1,9	1,7	1,7	1,5	1,8	1,6
mk/ha grasland	1,9	1,8	2,4	2,2	1,8	1,7	2,0	1,9
kg kunstmest-N/ha	272	230	263	239	326	295	270	252
kg P ₂ O ₅ /ha	24	26	32	29	43	41	31	31
totaal koeien	212472	294161	612342	644490	267689	341254	1288598	1326814
% koeien O-systeem ¹	62,8	75	42,1	36	50	51	46,8	48
% koeien B-systeem ¹	35	23	51,7	55	44,3	42	47,4	45
% koeien Z-systeem ¹	2,2	2	6,2	9	5,7	7	5,8	8
aantal koeien O-sys.	133432	220621	257796	232016	133844	174040	603064	636871
aantal koeien B-sys.	74365	67657	316581	354470	118586	143327	610795	597066
aantal koeien Z-sys.	4674	5883	37965	58004	15258	23888	74739	106145
totaal grond	120023	188327	320294	389272	160195	222366	729286	832725
totaal blijvend gras	113440	166478	254117	292598	151766	204019	638784	692864

¹Beweidingssysteem: O: onbeperkt beweiden, B: beperkt beweiden en Z: zomerstalvoeding

2.2 Beweidingsystemen

In Nederland kunnen drie beweidingssystemen worden onderscheiden: onbeperkt weiden, beperkt weiden en zero grazing (zomerstalvoeding en Summerfeeding; geconserveerd voer opstal).

2.2.1 Onbeperkt weiden

Ongeveer 48 procent van alle melkgevende koeien wordt gedurende de weideperiode onbeperkt geweid (tabel 2). Bij onbeperkt weiden, weiden de koeien dag en nacht en komen alleen tijdens het melken op stal. Op dat moment zou ook bijgevoerd kunnen worden. De hoeveelheid zal echter beperkt zijn, omdat de tijd voor opname beperkt is. Onbeperkt weiden komt vooral voor bij de extensivere bedrijven en/of bedrijven met een wat lagere productie. Meestal zijn dit ook grasbedrijven (veenweidegebied (75 procent) en Noord Nederland (51 procent)). Bijvoer wordt in dit geval vaak in de

vorm van voordroogkuil verstrekt. Onbeperkt weiden vindt niet het gehele seizoen plaats. Aan het einde van het seizoen wordt vaak overgegaan op een meer beperkte vorm van beweiden, waarbij de hoeveelheid bijvoer wordt verhoogd, omdat de graskwaliteit in het najaar afneemt.

2.2.2 Beperkt weiden

Beperkt weiden vindt in een groot deel van Nederland plaats, maar vooral op zandbedrijven met een hogere veebezetting en/of op bedrijven met een slechte verkaveling, totaal in Nederland 45 procent van de melkgevende dieren (Oost Nederland 57 procent en Zuid Nederland 53 procent:). Een hoge bijvoedingsniveau zal leiden tot minder uitstoot van nitraat in de weide (minder urineplekken) door de kortere verblijfsduur van de koeien in de weide en een lagere N-concentratie, door een relatief eiwitarmer rantsoen. Dit laatste geldt alleen maar wanneer gras wordt vervangen door een eiwitarmer product (bijv. snijmais).

2.2.3 Zomerstalvoeren en summerfeeding

Zomerstalvoeren (Z-systeem) en Summerfeeding vindt bij ongeveer 8 procent van de melkgevende koeien plaats, vooral op erg intensieve en slecht verkavelde bedrijven. Bij zomerstalvoeren zijn de voerverliezen iets hoger dan bij Summerfeeding. Er kan met verschillende bijvoerniveau's worden gewerkt. Bij Summerfeeding wordt gedurende het gehele jaar geconserveerd voer verstrekt. De koeien komen niet in de weide. Voordeel hiervan is een heel gelijkmatig rantsoen, dat met minder verliezen gewonnen en verstrekt kan worden. Nadelig zijn de hogere kosten voor voederwinning en mesttoediening. Er is ook meer mestopslag nodig. Bij zomerstalvoeren en Summerfeeding treden lagere (of geen) beweidingsverliezen op, maar de verliezen uit de stal, mestopslag en de aan de bodem toegediende mest zullen in het algemeen groter zijn dan bij beweiding. Bedrijven met intensievere systemen en meer bijvoeding hebben in het algemeen ook een hogere productie per koe en/of per hectare.

Het gedurende het gehele jaar op stal houden van koeien kan leiden tot problemen met de welzijn van de dieren, met name met de klauwen en benen. Door aanpassingen aan de stalsystemen kunnen (een deel van) deze problemen worden opgelost. Voor beperkte beweidingssystemen gelden deze welzijnproblemen niet of in veel mindere mate.

2.3 Vertrapping

Vertrapping vindt vooral plaats bij minder draagkracht van de bodem. Veen en klei zijn gevoelig voor vertrapping. Vertrapping heeft meer verliezen tot gevolg (beweidingsverliezen) en een verdichtend effect. Dit laatste leidt tot meer anaërobe processen (zoals denitrificatie), waardoor ook de lachgasemissie kan worden

verhoogd. De draagkracht wordt vooral beïnvloed door de neerslag. Omdat slechtere weersomstandigheden met name in het najaar optreden en de herstelperiode ook korter is, zijn de verliezen in dit deel van het jaar het grootst. Een sterke vertrapping van de bodem kan ook tot groeiremming en een verminderde stikstofopname door het gewas leiden. Hierdoor kan de lachgasemissie worden verhoogd.

De effecten van het gebruikte beweidingssysteem hangen ook samen met de manier waarop de gebruiker met het systeem omgaat. Bij een goed gebruik, moet het oppervlakte van de percelen goed aangepast zijn bij de behoefte. Vooral bij de hogere voedingsniveau's, lijkt beweiding eerder op uitloop. Hier vinden dan ook grote puntbelastingen plaats.

2.4 Rantsoenen en stikstofuitscheiding

Er is een samenhang tussen rantsoensamenstelling, melkproductie en stikstofuitscheiding. In het algemeen leidt een (te) hoog eiwitaanbod, of een niet in goede verhouding aanbieden van bestendig en onbestendig eiwit (OEB) in combinatie met energie, tot hogere ureumgehalten in zowel de melk als het bloed. Er wordt dus ook meer stikstof uitgescheiden via mest en urine bij een hoog eiwitaanbod. Eitwitrijke rantsoenen (weidegras en vers gemaaid gras) leiden tot een hoge stikstofuitscheiding (meer dan 70 procent van de totale stikstofuitscheiding) met urine (Valk et al., 1990; Kappers & Valk, 1996). Bij meer maïs in het rantsoen (minder eitwit) wordt ongeveer 50-60% van de stikstof uitgescheiden als urine. In de praktijk wordt een eitwit (re)-gehalte van het rantsoen van 180 gram re per kg drogestof vaak geadviseerd. Er zijn echter aanwijzingen dat een gehalte van 160 gram re per kg drogestof in het totale rantsoen ook voedingstechnisch goed mogelijk is. Relaties met verliezen kunnen het beste gelegd worden via de stikstof balans :

Stikstof in (ruwvoer + krachtvoer) = Stikstof uit (mest + vlees + melk + vervluchtigingsverliezen).

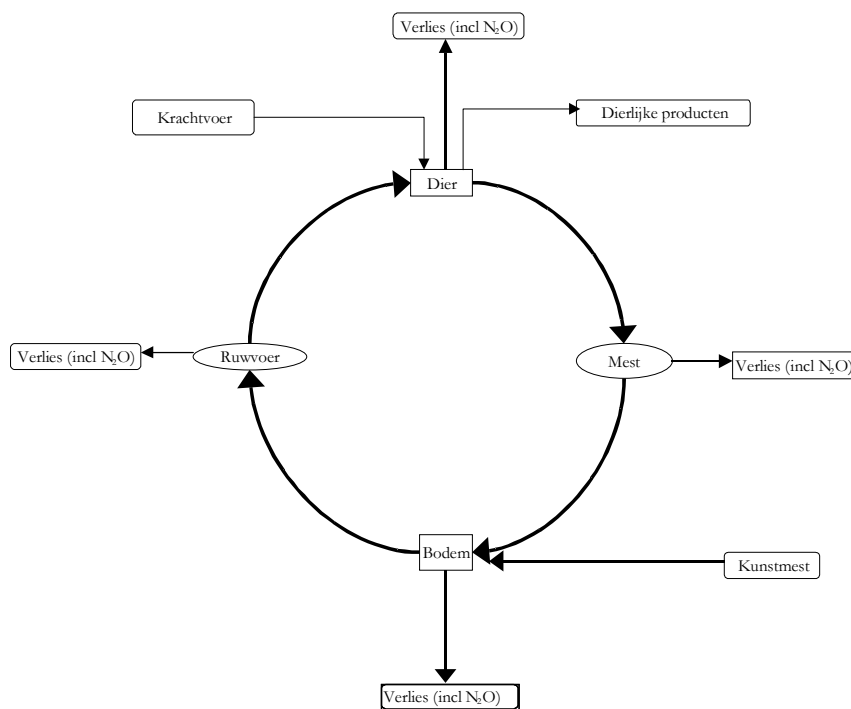
Het ureumgehalte in de melk geeft een indicatie over de voersamenstelling (de verhouding van de afbreekbare hoeveelheid ruw eiwit en koolhydraten in de pens). Er bestaat een sterk verband tussen het ureumgehalte in de melk en het ureumgehalte in het bloed. Het ureumgehalte in melk kan als indicator voor de stikstofbenutting door melkvee worden gebruikt (Van Dongen & Van Dijk, 1999).

De stikstof in de urine bestaat voornamelijk uit ureum (50 tot 90 procent van de totale stikstof) en daarnaast uit gemakkelijk afbreekbare stikstofverbindingen zoals hippuurzuur, creatine, allantoin en aminozuren (Bussink & Oenema, 1998). De stikstofverbindingen uit urine worden in de mestopslag en in bodem snel omgezet tot ammonium; deze omzetting gaat gepaard met een sterke pH-verhoging en vorming van ammoniak in de mest of ammoniak. De stikstof in feces is afkomstig van voer en microbiële eiwitten. De hoeveelheid stikstof in feces is gemiddeld 75 g N per kg feces (Tamminga, 1992).

2.5 Stikstofstromen en -voorraden

Figuur 2 geeft een beeld van de N-stromen op een melkveehouderijbedrijf. De stikstofaanvoer vindt vooral plaats met aangekocht krachtvoer en kunstmest. Minder grote aanvoerposten zijn strooisel, bijprodukten en aangekocht ruwvoer, alhoewel de laatste post op sommige intensieve bedrijven een grote aanvoerpost is. Afvoer vindt plaats door verkoop van vlees en melk, door uitspoelingsverliezen en door vervluchtiging (ammoniak, denitrificatie, N_2O).

De stikstofaanvoer naar de bodem vindt plaats via kunstmest, dunne mest en weidend vee. De belangrijkste verliesposten in een melkveehouderij zijn: ammoniakvervluchtiging (stal, mestopslag, grasland en maïsland), denitrificatie (grasland en maïsland) en nitraatuitspoeling (grasland en maïsland). Bij kunstmest kunnen verliezen optreden in de vorm van denitrificatie en uitspoeling, maar in het groeiseizoen is dit aandeel meestal klein. Bij de aanwending van drijfmest kan stikstof verloren gaan via NH_3 -vervluchtiging. Onder natte omstandigheden treden verliezen via nitraatuitspoeling en denitrificatie op. In urineplekken vinden grote verliezen plaats via ammoniakvervluchtiging, nitraatuitspoeling en denitrificatie. In urineplekken komen stikstofconcentraties voor van 500 tot 2000 kg N ha⁻¹, die grotendeels niet worden benut door het gras en verloren gaan.



Figuur 2. N-stromen op een melkveehouderijbedrijf.

3 Kwantificering van lachgasemissie uit beweide grasland

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de literatuur naar de lachgasemissie uit beweide grasland en drie methodieken voor schatting van de lachgasemissie uit beweide grasland. De totale lachgasemissie in Nederland uit beweide grasland in 1990 (referentiejaar in kader Klimaatverdrag) en 1998 wordt gekwantificeerd met behulp van de drie methodieken.

3.1 Literatuurstudie naar N₂O-emissie uit beweide grasland

In aanhangsel 1 worden de resultaten van de literatuurstudie gegeven. De belangrijkste conclusies zijn:

- urineplekken zijn belangrijke bronnen van N₂O; de N₂O-emissie uit urineplekken varieert van 0,4 tot 5,0 procent van de uitgescheiden urinstikstof.
- de N₂O-emissie uit weidemest is lager dan die uit urineplekken en bedraagt gemiddeld 0,1 tot 0,7 procent van de uitgescheiden feces-stikstof.
- betreding en vertrapping leidt tot compactie en een slechte stikstofopname van het gras en daardoor tot een hoger risico op N₂O-emissie.
- de hoeveelheid stikstof die tijdens beweiding als urine wordt uitgescheiden is waarschijnlijk de belangrijkste sturende factor voor N₂O-emissie uit grasland; er zijn echter nog geen kwantitatieve relaties tussen stikstofuitscheiding en N₂O-emissie vastgesteld.
- in een studie in Nederland is de N₂O-emissie uit beweide grasland bepaald (Velthof & Oenema, 1997): 10 kg N₂O-N per ha per jaar voor zandgrond (1,5 % van de tijdens beweiding uitgescheiden N), 13 kg N₂O-N per ha per jaar voor kleigrond (3,3% van de uitgescheiden N) en 15-39 kg N₂O-N per ha per jaar voor veengrond (2,3-9,8% van de uitgescheiden N).

3.2 Emissiefactoren: IPCC-methode, methode van Nederland en aangepaste methode

In tabel 3 staan de emissiefactoren van de belangrijkste N₂O-bronnen op melkveehouderijen volgens de IPCC-methode (Mosier et al., 1998) de methode die door Nederland (Kroeze, 1994) wordt gebruikt en een aangepaste methode, gebaseerd op een studie van Velthof & Oenema (1997). Aangezien maatregelen ten aanzien van beweiding een groot effect hebben op de stikstofstromen op het bedrijf (bijvoorbeeld de hoeveelheid opgeslagen mest, de benodigde kunstmest, ammoniakemissie en nitraatuitspoeling) is voor het opstellen van beweidingsmaatregelen een schatting van de N₂O-emissie op bedrijfsniveau noodzakelijk. Bij alle drie methoden wordt aangegeven dat er een grote spreiding (soms meer dan 100 procent) rond de emissiefactor ligt; in tabel 3 wordt alleen het gemiddelde gegeven. De belangrijkste verschillen zijn:

- de IPCC-methode geeft voor veengronden een achtergrondemissie, maar geeft geen aparte emissiefactoren voor de overige N₂O-bronnen.
- de methode van Velthof & Oenema (1997) geeft een lagere N₂O-emissie uit dierlijke mest dan die van IPCC en de Nederlandse methode.
- de methode van Velthof & Oenema (1997) geeft een hogere N₂O-emissie door beweiding dan de van IPCC en de Nederlandse methode; deze hogere emissie is gebaseerd op onderzoek in Nederland.
- de methode die door Nederland wordt gebruikt geeft een hogere emissiefactor voor geïnjecteerde dierlijke mest dan voor kunstmest.

Tabel 3. Emissiefactoren voor lachgasemissie uit grasland en melkveehouderij volgens IPCC (Mosier et al., 1998), volgens de Nederlands methode (Kroeze, 1994) en volgens de aangepaste methode van Velthof & Oenema (1997).

N ₂ O-Bron	Bodem	N ₂ O-emissie	IPCC	Nederland	Aangepast
Bodem-achtergrond	mineraal	g N ha ⁻¹ jr ⁻¹	-	1000	900
	veen	g N ha ⁻¹ jr ⁻¹	5000	10000	5300
Kunstmest	mineraal	g N kg ⁻¹ kunstmest-N	12,5	10	10
	veen	g N kg ⁻¹ kunstmest-N	12,5	20	30
Dierlijke mest; oppervlakkig	mineraal	g N kg ⁻¹ mest-N	12,5	10	3
	veen	g N kg ⁻¹ mest-N	12,5	20	6
Dierlijke mest: injectie	mineraal	g N kg ⁻¹ mest-N	12,5	20	5
	veen	g N kg ⁻¹ mest-N	12,5	20	10
Beweiding	mineraal	g N kg ⁻¹ urine/mest-N	20	-	25
	veen	g N kg ⁻¹ urine/mest-N	20	-	60
		g N kg ⁻¹ urine-N		20	
		g N kg ⁻¹ mest-N		10	
Biologische N-fixatie		g N kg ⁻¹ N	12,5	10	5
Nitraatuitspoeling		g N kg ⁻¹ NO ₃ -N	25	10	25
Ammoniak		g N kg ⁻¹ NH ₃ -N	10	10	5
Herkauwers		g N kg ⁻¹ opgenomen N	-	-	0,05
Inkuilen		g N kg ⁻¹ gras-N	-	-	15
Stal/mestopslag: dunne mest		g N kg ⁻¹ mest-N	1	1	0,05
Stal/mestopslag: vaste mest		g N kg ⁻¹ mest-N	20	50	-

3.3 Schatting van N₂O-emissie uit beweide grasland in Nederland

In tabel 4 staan de totale lachgasemissie uit beweide grasland in Nederland weergegeven volgens de drie in de vorige paragraaf beschreven methoden. Er zijn duidelijke verschillen, die worden veroorzaakt door de verschillen in emissiefactoren (tabel 3). Alle methoden laten een daling van de lachgasemissie uit beweide grasland zien in 1998 ten opzichte van 1990 (met 6-7 procent).

Tabel 4. Directe lachgasemissie (in Mton CO₂-equivalenten¹) uit beweide grasland in Nederland in 1990 en 1998 volgens de IPCC-methode, de methode uit Nederland en de aangepaste methode².

	IPCC			Nederland			Aangepaste methode		
	1990	1998	reductie 1998 t.o.v 1990, %	1990	1998	reductie 1998 t.o.v 1990, %	1990	1998	reductie 1998 t.o.v 1990, %
beweide grasland	0,88	0,82	7	1,18	1,10	7	2,15	2,03	6

¹ 1 gram N₂O komt overeen met 310 gram CO₂-equivalent

² de gegevens van de hoeveelheid die tijdens beweiding wordt uitgescheiden zijn afkomstig van RIVM (Van der Hoek, pers. mededeling). Bij de gegevens van 1998 gaat het om voorlopige gegevens

4 Sturende factoren

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste sturende factoren van N₂O-emissie uit beweide grasland, opgesplitst naar chemische, fysische en biologische factoren en sociaal-economische factoren.

4.1 Chemische, fysische en biologische factoren

In tabel 5 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste sturende factoren van N₂O-emissie uit beweide grasland, opgesplitst naar factoren op het gebied van klimaat, bodem, gewassen, grondsoort en bodembeheer. De belangrijkste factoren die de N₂O-emissie uit beweide grasland bepalen, zijn de de stikstofuitscheiding tijdens beweiding (duur van beweiding, intensiteit, samenstelling urine), bemesting en bodem-, klimaat- en gewasfactoren, zoals vochtgehalte, temperatuur, uitspoeling en stikstofopname door het gras).

4.2 Sociaal –economische factoren

In de nabije toekomst worden de volgende (autonome) sociaal-economische ontwikkelingen verwacht (tabel 6):

- invoeren van MINAS en een gebruiksnorm voor dierlijke mest;
- economische ontwikkelingen: Agenda 2000 en WTO, waardoor de landbouwsubsidies en de prijzen van veel producten zullen dalen;
- het toetreden van Oost Europese landen tot de EU, waardoor een grotere concurrentie ontstaat;
- toenemende vraag naar schone productiewijzen (oa, biologische landbouw, perceelsrandenbeheer, slootkantenbeheer, beheersovereenkomsten op grasland); deze ontwikkeling wordt gestimuleerd door de overheid;
- toenemende eisen die worden gesteld aan het landelijk gebied door natuurbeheer, infrastructuur, wonen, recreatie en waterwinning, waardoor de monofunctionele landbouw zal moeten veranderen in een multifunctionele landbouw;
- mogelijk aangescherpt ammoniakbeleid, opgelegd door de EU. Dit kan leiden tot een verdere inkringing van de veestapel.

Tabel 5. Sturende factoren voor de N₂O-emissie uit beweide grasland: klimaat, bodem en bodem- en graslandbeheer. De tabel is gebaseerd op algemene kennis over N₂O-emissie (b.v. Granli & Bockman, 1994) en de literatuurstudie (aanhangsel 2).

Factor		Effect op N ₂ O-emissie ¹
Klimaat	temperatuur	denitrificatie- en nitrificatieactiviteit nemen toe en de N ₂ /N ₂ O-verhouding van denitrificatie neemt af. Meestal neemt de N ₂ O-emissie toe bij toenemende temperatuur.
	neerslag	neemt toe naarmate er meer neerslag valt.
Bodem	vochtgehalte/zuurstofgehalte	neemt toe bij toenemend vochtgehalte en afnemend zuurstofgehalte.
	organische stof	neemt toe naarmate er meer gemakkelijk afbreekbare koolstof aanwezig is. In weidemest en (in mindere mate) urine is gemakkelijk afbreekbare organische stof aanwezig.
	minerale stikstof	beweidings- en bemesting van een bodem met een hoge minerale stikstofgehalte, kan leiden tot een hoge N ₂ O-emissie. In urineplekken en (in mindere mate) mestflaten zijn (zeer) hoge minerale stikstofgehalten aanwezig.
	structuur/compactie	de structuur van de bodem heeft een groot effect op het vochtgehalte en het zuurstofgehalte en daardoor op de microbiële activiteit. Enerzijds leidt een dichte structuur tot een verhoogde denitrificatieactiviteit; anderzijds leidt een dichte structuur tot een lagere N ₂ O/N ₂ -verhouding tijdens denitrificatie. Betreding en vertrapping tijdens beweiding leiden tot compactie en een hogere N ₂ O-emissie.
	grondsoort	de grondsoort heeft een groot effect op de waterhuishouding, zuurstofvoorziening en organische stofgehalte in de bodem. In het algemeen is de volgorde in N ₂ O-emissie: veen > klei > zand, maar soms worden hogere N ₂ O-emissies uit zand- dan uit kleigrond gevonden.
Bodem- en graslandbeheer	waterbeheer	een goede drainage leidt tot minder natte bodems in de herfst en tot minder N ₂ O. Verhoging van het grondwaterpeil en irrigatie leiden tot meer N ₂ O.
	bemesting	bemesting van beweide grasland zal de N ₂ O-emissie doen toenemen, omdat de hoeveelheid minerale N in de bodem toeneemt.
	beweidingsduur- en intensiteit	naarmate er meer wordt beweide, wordt er meer stikstof via urine en mest uitgescheiden op het grasland en treedt er een sterkere compactie en vertrapping van de bodem op; de N ₂ O-emissie neemt toe naarmate er langer en intensiever wordt beweide.
	stikstofconcentratie urine	de N ₂ O-emissie zal in het algemeen toenemen naarmate de stikstofconcentratie in de urine hoger is; de stikstofconcentratie in urine wordt sterk beïnvloed door het rantsoen (hoe eiwitrijker, hoe hoger de stikstofgehalten)
	vertrapping	vertrapping leidt tot compactie, geremde zuurstof diffusie in de bodem en een slechtere stikstofopname door het gras en zal daardoor leiden tot een verhoogde N ₂ O-emissie, met name bij hoge minerale stikstofgehalten in de bodem (bv. urineplekken).

¹ N₂O wordt gevormd tijdens nitrificatie en denitrificatie en er zijn een groot aantal factoren (en interacties) die een rol spelen bij de grootte van de N₂O-emissie. Dit bemoeilijkt het inschatten van de effecten van de afzonderlijke factoren op de N₂O-emissie. De effecten die in de tabel worden beschreven, zijn de effecten die in het algemeen verwacht worden.

Tabel 6. Belangrijke sturende factoren van de landbouw in Nederland die een effect kunnen hebben op de N₂O-emissie uit beweide grasland: wettelijke (milieu), -economische, maatschappelijke en technologische factoren

Factor	Omschrijving en effect
Milieuwetgeving	
Nutriënten	in het kader van de EG-nitraatrichtlijn, MINAS, moet de benutting van de stikstof op melkveehouderijen sterk worden verbeterd. Een mogelijke verbetering is minder beweiding, waardoor de mest in de stal kan worden verzameld en als stikstofmest kan worden toegediend.
Economisch	
wereldmarkt/ EG-subsidies	naar verwachting zullen de EG-subsidies op landbouwproducten afnemen (oa. onder invloed van de wereldmarkt) waardoor het inkomen van de boeren ook afneemt. Het toetreden van Oost-Europese landen zal tot een sterkere concurrentie leiden, mogelijk resulterend in verschuivingen in teelten. Het effect op N ₂ O-emissie is niet duidelijk.
kosten	de kosten voor landbouw en het kunnen voldoen aan de gestelde maatschappelijke en wettelijke eisen nemen toe. De prijzen van de producten nemen af. Mogelijk leidt dit tot een lagere bemesting en daardoor een lager N ₂ O-emissie.
Maatschappelijk	
kwaliteit	er worden steeds hogere eisen gesteld aan productiemethoden (zoals bemesting) en producten. Een deel van deze eisen worden ook gesteld in de wettelijke maatregelen. Leidt tot een lagere N ₂ O-emissie.
biologische producten	de vraag naar biologische producten neemt toe en de overheid stimuleert de ontwikkeling van biologische landbouw. Het areaal biologische landbouw zal daarom toenemen in Nederland, maar gezien de hoge prijzen van de producten en de problemen met ziekten, onkruid en bemesting wordt verwacht dat het aandeel biologische landbouw beperkt blijft ten opzichte van de gangbare landbouw. De bemesting en opbrengsten van de biologische landbouw zijn lager dan die van de gangbare landbouw en daardoor ook de N ₂ O-emissie.
multifunctionele landbouw/natuur-beheer	de landbouw zal steeds meer rekening moeten houden met ander gebruik van het landelijk gebied (natuur, recreatie). Een deel van de maatregelen zal worden genomen onder invloed van wettelijke en economische factoren. De N ₂ O-emissie zal hierdoor afnemen.
(Bio)technologisch	
rantsoenen	een toename in de kennis van de effecten van rantsoenen op de productie en stikstofuitscheiding leidt er toe dat de stikstof efficiënter kan worden benut en minder stikstof via urine en feces verloren gaat (oa. via N ₂ O-emissie)
nutriënten-management	het gebruik van de informatietechnologie, geografische informatie systemen en gewas- en bodemmodellen zullen er toe leiden dat de bemestingsadviezen en –strategieën steeds verfijnder worden (precisiebemesting; rekening houden met urineplekken bij bemesting) en er daardoor minder stikstof naar het milieu verloren gaat. Dit zal leiden tot minder N ₂ O-emissie.
genetische manipulatie	door middel van genetische manipulatie en veredeling kunnen bepaalde eigenschappen van planten worden verbeterd, die kunnen leiden tot een verlaging van de N ₂ O-emissie: verhoging van de stikstof- en waterefficiëntie en verbeterde resistentie tegen ziekten. Ook genetische manipulatie van dieren kan leiden tot een hogere stikstofbenutting en minder verliezen. Gezien de huidige publieke en politieke discussies lijkt genetische manipulatie op korte termijn (binnen vijf jaar) nog geen grote rol te gaan spelen, maar naar verwachting zal deze rol op (midden)lange termijn wel toenemen.

5 Mogelijke maatregelen om emissie te beperken

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de maatregelen die kunnen worden genomen om de lachgasemissie uit beweide grasland te verminderen. Aangezien de verschillende stikstofstromen in melkveehouderijen sterk aan elkaar zijn gekoppeld en maatregelen ten aanzien van beweiding een grote invloed hebben op het gebruik van mest en kunstmest (en de hieraan gerelateerde lachgasemissie) wordt in paragraaf 5.1 nader ingegaan op de effecten van maatregelen op de totale lachgasemissie uit drie verschillende voorbeeld melkveehouderijen (aanhangel 2). De totale lachgasemissie van de bedrijven is berekend met het model BBPR van het Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen (PR) en de emissiefactoren van Velthof & Oenema (1997). De resultaten van de berekeningen met BBPR worden in detail beschreven door de Haan et al. (2000).

In paragraaf 5.2 wordt een schatting gemaakt van de effecten van de verschillende maatregelen op de totale lachgasemissie uit melkveehouderijen in Nederland. In deze paragraaf wordt per maatregel en per bedrijf ook een overzicht gegeven van: i) de effectiviteit, ii) de kostenefficiëntie, iii) de controleerbaarheid, iv) de handhaafbaarheid, v) afwentelingsmechanismen, vi) het draagvlak bij boeren en vii) kennishiaten.

5.1 Effect van maatregelen op de totale lachgasemissie uit drie voorbeeldmelkveehouderijen

5.1.1 Autonome ontwikkeling

In aanhangsel 2 staat een beschrijving gegeven van de te verwachten autonome ontwikkeling van drie typen melkveehouderij systemen in Nederland: i) intensieve Flevolandse bedrijven op kleigrond, ii) extensieve westelijke veenweidegebieden en iii) zandbedrijven met gemiddelde intensiteit. In tabel 7 staan maatregelen weergegeven die op drie typen bedrijven kunnen worden genomen om aan de MINAS-normen te voldoen. Bij klei en zand wordt uitgegaan dat een deel van de geproduceerde mest wordt afgevoerd.

Volgens berekeningen met het model BBPR van het PR in Lelystad en de emissiefactoren van Velthof & Oenema (1997) leiden de MINAS-maatregelen uit tabel 7 tot een verlaging van de totale lachgasemissie ten opzichte van 1990 met 30 procent voor de bedrijven op de kleigrond in de Flevopolder, 17 procent voor de extensieve bedrijven op de veengrond en 41 procent voor de gemiddeld intensieve bedrijven op de zandgrond (Figuur 3).

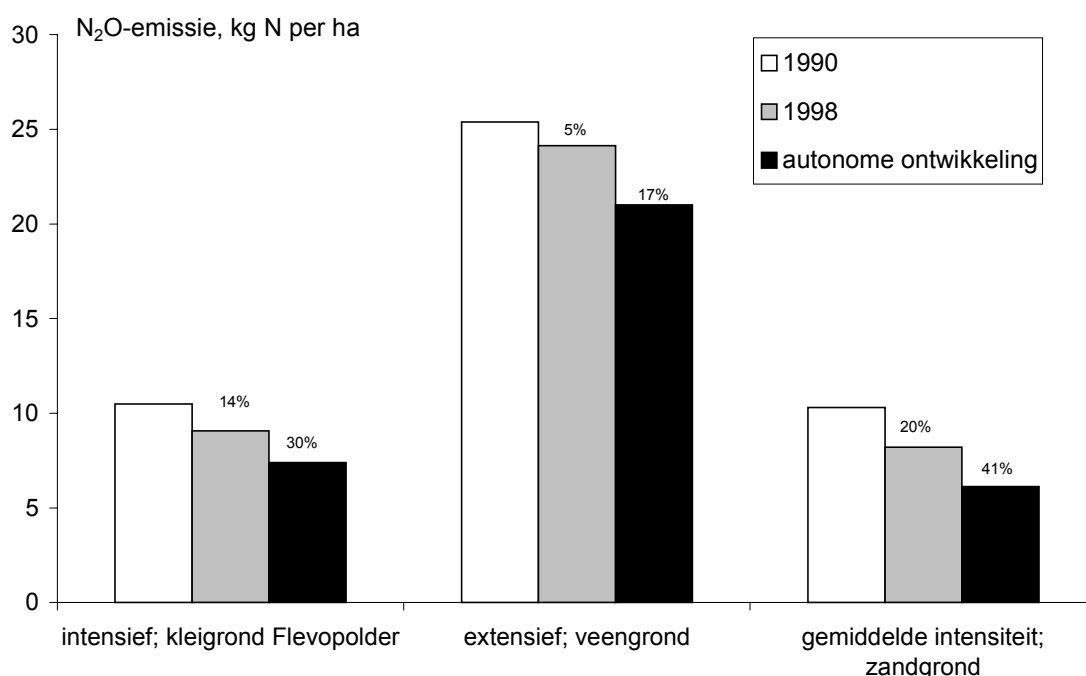
Economische berekeningen met BBPR laten zien dat de financiële opbrengsten in de melkveehouderij in de nabije toekomst sterk (30.000 – 100.000 gulden per bedrijf ten

opzichte van 1998) zullen dalen (aanhangsel 2), waarbij zowel het milieubeleid als de prijseffecten van Agenda 2000 en WTO een rol spelen.

Tabel 7. Maatregelen om aan de Minas-normen te voldoen.

Bedrijfstype	Maatregelen
A: intensief bedrijf op kleigrond	Verhogen melkproductie: + 500 kg melk per koe 5% lager vervangingspercentage totale stikstofjaargift verlagen tot 327 kg N/ha
B: extensief bedrijf op veengrond	5 ha in beheersregime ¹ stikstof bemesten volgens advies
C: bedrijf op zandgrond met gemiddelde intensiteit	Verhogen melkproductie :+ 500 kg /koe 5% lager vervangingspercentage totale stikstofjaargift verlagen tot 250 kg N/ha 100 m ³ mestafvoer

¹ Deze maatregel is niet zozeer van belang om het MINAS-overschot te verlagen, maar geeft wel de autonome ontwikkeling weer



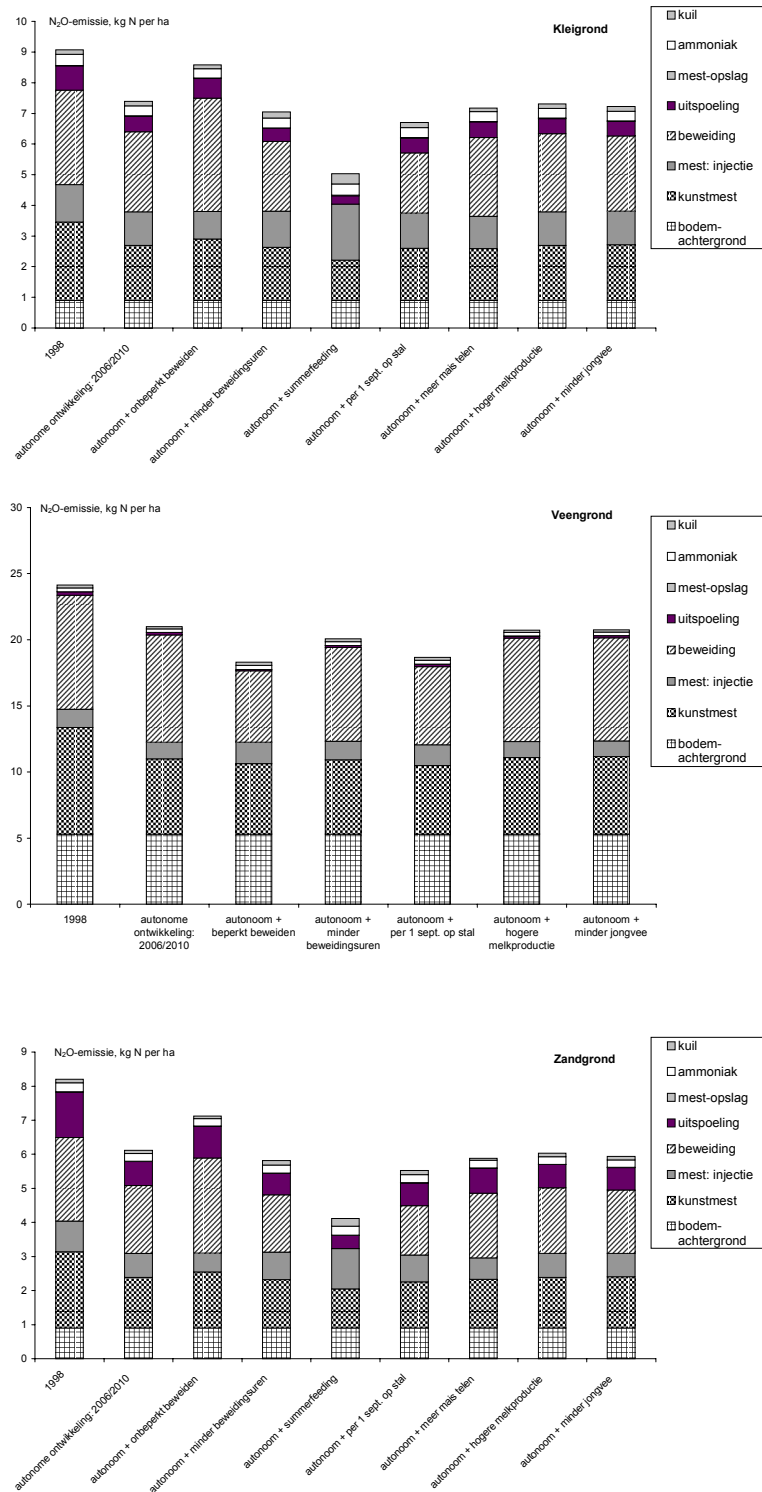
Figuur 3. Berekende gemiddelde lachgasemissie in kg N per ha voor drie typen melkveehouderijen in 1990, in 1998 en volgens de verwachte autonome ontwikkeling in de nabije toekomst (beschreven in tabel 7). De percentages geven de vermindering in lachgas weer ten opzichte van 1990 (zie aanhangsel 2 voor gedetailleerde beschrijving van de uitgangspunten). De lachgasemissie is de totale lachgasemissie, inclusief de achtergrondemissie uit de bodem, kunstmest, dierlijke mest, beweiding, stal- en mestopslag en indirecte emissies via ammoniakemissie en nitraatuitspoeling.

5.1.2 Beweidingsmaatregelen

In aanhangsel 2 wordt een gedetailleerde beschrijving van de berekeningen en resultaten weergegeven. In figuur 4 wordt een overzicht gegeven van de berekende lachgasemissie in 1990, 1998, bij een autonome ontwikkeling (deze staan ook in figuur 3 beschreven) en bij verschillende maatregelen voor de drie bedrijven. Deze

maatregelen worden genomen bij bedrijven die al aan de normen van MINAS voldoen. De belangrijkste conclusies zijn:

- Bij **beperkt beweiding (siëstabeweiding)** daalt het aantal beweidingsuren, er wordt meer gras ingekuild, de loonwerkkosten stijgen, meer mest wordt opgevangen in de mestopslag en er is minder kunstmest nodig. Het MINAS-stikstofoverschot daalt. De lachgasemissie daalt bij alle grondsoorten met 4 tot 5 procent ten opzichte van de verwachte autonome ontwikkeling. De gemiddelde kostenefficiëntie varieert van minder dan fl. 50,- per ton CO₂-equivalenten voor veengrond tot meer dan fl. 100,- per ton CO₂-equivalenten voor zand- en kleigrond.
- Bij **dag en nacht opstallen (summerfeeding)** op zand- en kleigrond daalt de arbeidsopbrengst door hogere kosten voor de voederwinning in loonwerk en meer mestopslagcapaciteit, het MINAS-stikstofoverschot daalt en de lachgasemissie daalt met ongeveer 33 procent op zand- en kleigronden ten opzichte van de verwachte autonome ontwikkeling. De gemiddelde kostenefficiëntie bedraagt meer dan fl. 100,- per ton CO₂-equivalenten voor alle gronden.
- Bij het opstallen van het vee **per 1 september** daalt het MINAS-stikstofoverschot iets, stijgen de kosten door meer ruw- en krachtvoeraankoop en loonwerk en gebouwen. De lachgasemissie daalt met ongeveer 10 procent op alle gronden ten opzichte van de verwachte autonome ontwikkeling. De gemiddelde kostenefficiëntie bedraagt meer dan fl. 100,- per ton CO₂-equivalenten voor alle gronden.
- **Minder jongvee** houden leidt tot lagere toegerekende kosten, een lager MINAS-stikstofoverschot en vermindering van de grondbehoefte om mestafzet te voorkomen. De lachgasemissie daalt met 1-3 procent op alle gronden ten opzichte van de verwachte autonome ontwikkeling. Deze maatregel leidt op alle gronden tot een extra financiële opbrengst, zodat de gemiddelde kostenefficiëntie negatief is (de baten bedragen enkele honderden guldens per ton CO₂-equivalenten).
- Bij een **hogere melkproductie van 500 kg meer produceren** is minder vee nodig, dalen de kosten (met name de voerkosten) en is het effect op het MINAS-stikstofoverschot gering (hoogproductieve dieren hebben meer voer nodig). De lachgasemissie daalt licht met ongeveer 1 procent op alle gronden ten opzichte van de verwachte autonome ontwikkeling. Deze maatregel leidt op alle gronden tot een extra financiële opbrengst, zodat de gemiddelde kostenefficiëntie negatief is (de baten bedragen enkele honderden guldens per ton CO₂-equivalenten).
- Indien op zand- en kleigrond wordt overgegaan naar **onbeperkt beweiden** stijgt de lachgasemissie met ongeveer 16 procent. Dit is geen maatregel in het kader van ROB, maar geeft wel een indicatie van de effecten van beweiding op de lachgasemissie uit melkveehouderijen.



Figuur 4. Berekende totale lachgasemissie uit drie standaard bedrijven (intensief bedrijf op klei, extensief op veen en gemiddeld intensief op zand) in 1990, 1998, bij een autonome ontwikkeling (voldoen aan MINAS-normen met maatregelen uit tabel 7) en met extra maatregelen, waarbij ook aan MINAS wordt voldaan.

Bij de berekeningen en figuur 4 moeten drie opmerkingen worden gemaakt:

- De lachgasemissies in figuur 4 zijn de berekende lachgasemissies. In de berekeningen wordt uitgegaan van dezelfde emissiefactoren (Velthof & Oenema, 1997). De effecten die in figuur 3 zichtbaar zijn, zijn de ‘volume-effecten’ (effecten van de hoeveelheid stikstof). Waarschijnlijk hebben de maatregelen ook een effect op de hoeveelheid lachgasemissie per eenheid stikstof (de emissiefactor). Het goed inschatten van de effecten van bepaalde maatregelen vraagt dus om een verfijning van de emissiefactoren of hanteren van andere rekenmethodieken (bijvoorbeeld mechanistische modellen).
- De autonome ontwikkeling (met name MINAS) leidt tot een sterke vermindering van de lachgasemissie. In de berekeningen is uitgegaan van bepaalde maatregelen die in kader van MINAS genomen kunnen worden (tabel 7). Er zouden ook andere maatregelen genomen kunnen worden, die mogelijk een groter effect op de werkelijke lachgasemissie hebben dan de hier beschreven maatregelen. Alle maatregelen uit figuur 4 worden dus genomen bij bedrijven die al aan de MINAS-normen voldoen. De meeste maatregelen kunnen ook worden genomen om aan de MINAS-normen te voldoen. In kader van ROB is het belangrijk om maatregelen te ontwikkelen en te toetsen die zowel leiden tot een sterke vermindering van het stikstofoverschot (in kader MINAS) als tot een sterke vermindering van de lachgasemissie. Het draagvlak bij boeren is ook groter indien de maatregelen gunstig zijn in kader van MINAS.
- De voorbeeldbedrijven in de berekeningen zijn optimale bedrijven die efficiënt zijn zowel uit bedrijfseconomisch oogpunt als uit oogpunt van nutriëntenmanagement. Veel bedrijven in de praktijk zijn minder efficiënt, zodat naar verwachting de effecten van de maatregelen op de lachgasemissie en de kostenefficiëntie in de praktijk groter zijn.

5.2 Effecten beweidingsmaatregelen op lachgasemissie

In deze paragraaf wordt een schatting gemaakt van de effecten van de verschillende maatregelen op de totale lachgasemissie in Nederland. Hiertoe worden de resultaten van de drie bedrijven uit de vorige paragraaf opgeschaald naar heel Nederland, aannemende dat de bedrijven representatief zijn voor de betreffende grondsoort in geheel Nederland. Deze benadering is gekozen omdat de effecten van de beweidingsmaatregelen op de totale lachgasemissie op bedrijfsniveau zijn doorgerekend. De verschillende stikstofstromen in melkveehouderijen zijn sterk aan elkaar gekoppeld en maatregelen ten aanzien van beweiding hebben een grote invloed op het gebruik van mest en kunstmest (en de hieraan gerelateerde lachgasemissie). Deze benadering wijkt af van die in Nederland en andere landen wordt gehanteerd bij rapportages van de nationale lachgasemissies; deze worden gebaseerd op basis van statistieken betreffende totaal gebruik van kunstmest en mest (inclusief weidemest).

Bij de opschaling wordt uitgegaan dat 75% van het maïsareaal bij de melkveehouderij hoort en de rest bij de intensieve veehouderij. De volgende verdeling van het areaal over grondsoorten wordt toegepast (Boers et al., 1997): grasland 45% op klei, 45%

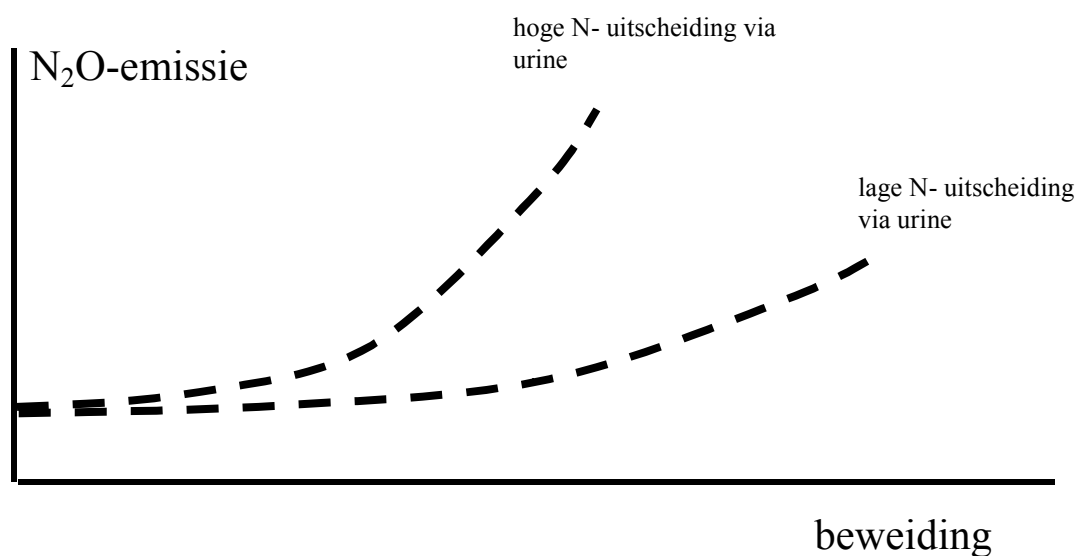
op zand/löss en 10% op veen en maïsland 14% klei, 83% op zand/löss en 3% op veen. Er wordt uitgegaan dat het oppervlak in de nabije toekomst gelijk is aan die van 1998.

In tabel 8 wordt een overzicht gegeven van mogelijke maatregelen die de N₂O-emissie die uit bemeste landbouwgronden kunnen beperken. Voor elke maatregel wordt een overzicht gegeven van:

- globale kwantificering van de effectiviteit (potentiële vermindering van de N₂O-emissie);
- indicatie van kostenefficiëntie;
- controleerbaarheid (zijn er indicatoren waarop een controleur kan letten);
- handhaafbaarheid van de maatregel (zijn er mogelijkheden om overtreders aan te pakken, bv. wetgeving);
- kwalitatieve indicatie van afwentelingsmechanismen (in de tijd, naar andere systemen, via andere verliezen (nitraat en ammoniak) en andere broeikasgas-emissies: TEWI-benadering);
- draagvlak bij boeren;
- kennishiaten.

Het moet hierbij duidelijk worden opgemerkt dat de kwantificering van de effecten van de maatregelen onzeker is, omdat naar de meeste maatregelen geen of slechts beperkt onderzoek is uitgevoerd. In het vervolg van ROB zullen de effecten van deze maatregelen nader onderzocht moeten worden. Indien verschillende maatregelen worden gecombineerd is de totale reductie minder groot is dan de som van reducties van de afzonderlijke maatregelen. Er treden namelijk interacties op.

Maatregelen die leiden tot beperkt beweiden leiden tot een lagere lachgasemissie (Figuur 5), omdat enerzijds de stikstof op het bedrijf beter wordt benut en anderzijds de lachgasemissie per eenheid stikstof uit beweide grasland (veel) hoger is dan die uit grasland bemest met kunstmest en dierlijke mest. Beperkt beweiden kan worden gerealiseerd door een beperkte weidegang van de dieren (bijvoorbeeld 's-nachts opstallen, siëstabeweiding, na 1 september niet meer beweiden) of door een beperking van het aantal dieren (verhoging van de productie per dier en vermindering van het aantal jongvee). Het moet worden opgemerkt dat ongeveer de helft van de melkvee in Nederland onbeperkt wordt beweide (tabel 2); het overige melkvee wordt al beperkt beweide.



Figuur 5. Schematische relatie tussen beweiding (aantal dieren $\times$ beweidingstijd) en N_2O -emissie in afhankelijkheid van de stikstofconcentratie in urine.

Tabel 8. Globale schatting van de totale lachgasemissie uit melkveehouderijen in Nederland in 1990, 1998, in de nabije toekomst (rekening houdend met MINAS) en bij een aantal beweidingsmaatregelen.

Totaal	Emissie in Gg N_2O -N				Emissie in Mton CO_2 -equivalenten			
	klei	veen	zand/ löss	totaal	totaal	reductie t.o.v. 1990	reductie t.o.v. 1998	reductie t.o.v. autonoom
1990	5,40	2,90	6,38	14,68	7,15			
1998 ¹	4,23	2,50	3,92	10,66	5,19	1,96		
Autonoom ²	3,45	2,18	2,93	8,55	4,17	2,99	1,03	
Siësta + beperkt beweiden	3,29	2,08	2,78	8,15	3,97	3,18	1,22	0,19
Dag en nacht op stel	2,35	1,90	1,97	6,21	3,03	4,12	2,17	1,14
Per 1 september opstallen	3,13	1,93	2,64	7,70	3,75	3,40	1,44	0,41
Minder jongvee	3,37	2,15	2,84	8,36	4,07	3,08	1,12	0,09
Hogere melkproductie	3,41	2,15	2,88	8,44	4,11	3,04	1,08	0,05

¹ Bij de autonome ontwikkelingen voldoen alle bedrijven aan de MINAS-normen en worden de maatregelen uit tabel 7 toegepast

² er is bij bemesting uitgegaan van een lagere bemesting in 1998 dan in 1990, zoals weergegeven in tabel 1. Andere statistieken (bijvoorbeeld totale kunstmestverbruik in Nederland volgens CBS, LEI en STONE-instrumentarium) geven andere getallen (soms een toename). Er is niet nader onderzocht waardoor deze verschillen in kunstmestverbruik worden veroorzaakt

De resultaten in tabel 8 geven aan dat er duidelijke perspectieven zijn voor het verminderen van de lachgasemissie uit de melkveehouderij. Het invoeren van MINAS (autonome ontwikkeling) leidt tot een reductie van ongeveer 1 Mton CO_2 -equivalenten ten opzichte van 1998 en bijna 3 Mton CO_2 -equivalenten ten opzichte van 1990). Alle maatregelen die leiden tot een beperking van de beweiding (siëstabeweiding, dag en nacht opstallen en vanaf 1 september opstallen) leiden tot verdere reductie van de lachgasemissie ten opzichte van de autonome ontwikkeling, variërend van 0,05 Mton CO_2 -equivalenten bij een hogere melkproductie tot 1,14 Mton CO_2 -equivalenten bij volledig opstallen. De totale vermindering van de lachgasemissie door de autonome ontwikkeling en aanvullende beweidings-

maatregelen ten opzichte van 1990 varieert van 3,08 (hogere melkproductie) tot 4,12 Mton CO₂-equivalenten bij volledig opstallen.

De **kostenefficiëntie** van de meeste beperkte beweidingssystemen is relatief laag door de grotere behoefte aan loonwerk, meer mestopslagcapaciteit (met name bij opstallen vóór 1 september) en meer aankoop van voer. De kostenefficiëntie van het houden van minder jongvee en het verhogen van de melkproductie is hoog (tabel 9).

De **controleerbaarheid** van beweidingssystemen waarin koeien gedurende een bepaalde periode ('s-nachts of na 1 september) niet mogen weiden is goed. De andere beweidingssystemen zijn moeilijk controleerbaar. Het aantal jongvee-dieren en de melkproductie zijn ook controleerbaar (tabel 9).

Er is op dit moment geen wetgeving waarin beperkte beweiding, een hogere melkproductie of minder jongvee binnen kan vallen. Mogelijk zou dit op den duur binnen MINAS of de Meststoffenwet kunnen. De **handhaafbaarheid** van de meeste beperkte beweidingssystemen lijkt moeilijk, behalve die waarin de koeien gedurende een bepaalde (officieel) vastgesteld periode ('s-nachts of na 1 september) niet mogen weiden. De handhaafbaarheid van minder jongvee en een hogere melkproductie is redelijk, mits er een goede (controleerbare) registratie bestaat van deze gegevens (tabel 9).

Het **risico op afwenteling (TEWI)** is bij de meeste systemen met beperkte beweiding aanwezig, omdat beperkt beweiden leidt tot meer mest in de stal en mestopslag, waardoor de methaan- en ammoniakemissie kunnen toenemen. Anderzijds leidt beperkte beweiden tot minder nitraatuitspoeling en minder gebruik van kunstmest (uitgaande dat de bemesting wordt aangepast aan de grotere hoeveelheid mest die op het bedrijf aanwezig is). De afwentelingsrisico's van minder jongvee en hogere melkproductie van koeien zijn beperkt (tabel 9).

Het **draagvlak bij boeren** zal beperkt zijn, omdat de boeren graag zelf hun bedrijfsvoering inrichten (tabel 9). Voor systemen met siëstabeweiding zal de benodigde arbeid toenemen (koeien moeten vaker worden opgehaald), waardoor het draagvlak voor deze systemen niet groot is. Anderzijds kunnen systemen met beperkt beweiden, leiden tot een duidelijke afname van het stikstofoverschot (in kader MINAS), wat het draagvlak zal vergroten. Het draagvlak bij boeren voor het houden van minder jongvee en een hogere melkproductie is waarschijnlijk groter dan voor beweidingssystemen. Het **draagvlak in de maatschappij** voor het continu opstallen (geen beweiding) van rundvee zal beperkt zijn, omdat mensen graag koeien in de wei zien. Welzijnsaspecten gaan ook een rol spelen bij volledig opstallen van de koeien.

Tabel 9. Maatregelen om de N₂O-emissie veroorzaakt door beweiding te beperken (zie tabel 8 en aanhangsel 2 voor een nadere toelichting).

Maatregel	Schatting van de effectiviteit t.o.v. autonome ontwikkeling, Mton CO ₂ -equivalenten ¹	Kosten-efficiëntie ²	Controleerbaarheid	Handhaafbaarheid	Risico op afwenteling	Draagvlak bij boeren	Kennis-hiaten
Siësta + beperkt beweiden	0,19	klein-gemiddeld	slecht-redelijk	moeilijk-redelijk	aanwezig	redelijk	groot
Dag en nacht op stal	1,14	klein	goed	goed	aanwezig	slecht	groot
Per 1 september opstallen	0,41	klein	goed	goed	aanwezig	redelijk	groot
Minder jongvee	0,09	zeer groot	goed	redelijk	gering	goed	beperkt
Hogere melkproductie	0,05	zeer groot	goed	redelijk	gering	goed	groot

¹ naar verwachting leidt de autonome ontwikkeling (met name MINAS) tot een vermindering van lachgasemissie ten opzichte van 1990 met ongeveer 3 Mton CO₂ equivalenten. De hier gegeven effectiviteit is ten opzichte van de autonome ontwikkeling.

² indicatie voor kosten voor vermindering van N₂O-emissie in guldens per ton CO₂-equivalenten per jaar.: klein > fl. 100; gemiddeld fl. 50-100; groot fl. 0-50; zeer groot < fl. 0.

6 Kennishiaten en vervolgonderzoek

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste kennishiaten en noodzakelijk en gewenst vervolgonderzoek. De aandacht wordt hierbij gericht op maatregelen die naar verwachting het meest perspectiefvol zijn.

De belangrijkste kennishiaten zijn:

- relatie tussen stikstofconcentratie in urine en weidemest en de lachgasemissie;
- effecten van betreding en vertrapping op lachgasemissie;
- interacties tussen beweiding (N-uitscheiding, betreding, vertrapping) – bemesting (toediening van stikstof) – grasland (stikstofopname, vochtgehalte van bodem);
- lachgasemissie uit urineplekken gedurende een jaar (is er verschil in lachgasemissie tussen urineplekken uit voorjaar en najaar);
- effecten van samenstelling en hoeveelheid urine (ureumgehalte, zoutsterkte, etc.) en de lachgasemissie;
- lachgasemissie in de stal;
- lachgasemissie uit de mestopslag;
- lachgasemissie uit rundermest, toegediend aan grasland;
- integrale studies: lachgasemissie, nitraatuitspoeling, ammoniakemissie en methaanemissie uit beweide grasland, stal en mestopslag.

De belangrijkste kennishiaten en aandachtspunten voor het vervolgonderzoek in het kader van ROB zijn:

- relatie tussen de samenstelling van urine en weidemest en de lachgasemissie;
- effecten van betreding en vertrapping op lachgasemissie;
- integrale benadering (incl. TEWI): lachgas-, ammoniak- en methaanemissie nitraatuitspoeling uit beweide grasland, stal en mestopslag.

Literatuur

- Aarts H.F.M, B. Habekotté, H. van Keulen: Nitrogen management in the Marke dairy farming system ; In Nutrient Cycling in Agroecosystems (in press 9/8/1999).
- Alem, van G.A.A en A. T. J. van Scheppingen, Lelystad 1993, The development of a farm budgeting program for dairy farms.
- Boers, P.C.M., H.L. Boogaard, J. Hoogeveen, J.G. Kroes, I.G.A.M. Noij, C.W.J. Roest, E.F.W. Ruijgh & J.A.P.H. Vermulst (1997) Huidige en toekomstige belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat vanuit de landbouw. Watersysteemverkenningen 1996. RIZA-rapport 97.013, SC-DLO rapport 532.
- Bondt N., J van Geffen, G. Kolkman en L. Westerlaken. IKC veehouderij, Ede 1990, KWIN 1990-1991.
- Bussink, D.W. & Oenema, O.(1998) Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: a review. Nutrient Cycling in Agroecosystems 51, 19-33.
- Carran, R.A., Theibald, P.W. & Evans, J.P. (1995). Emission of nitrous oxide from some grazed pasture soils in New Zealand. Australian Journal of Soil Research 33, 341-352.
- Castellanos, J.Z. & Pratt, P.F. (1981) Mineralisation of manure nitrogen – correlation with laboratory indexes. Soil Science Society of America Journal 45: 354-357.
- Chalk,T.J. & C.J. Smith (1983) Chemodenitrification. In: Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems. Developments in plant and soils sciences 9, 65-89.
- Clough T.J., Sherlock, R.R., Cameron, K.C. & Ledgard, S.F. (1996). Fate of urine nitrogen on mineral and peat soils in New Zealand, Fertilizer Research 178, 141-152.
- Dijk, van J.P.M., B.E. Douma en A.L.J. van Vliet, LEI-DLO, Den Haag 1997, Bedrijfsuitkomsten in de landbouw 1992/93 t/m 1995/96.
- Dijk, van J.P.M., B.E. Douma en A.L.J. van Vliet, LEI-DLO, Den Haag 1997, De financiële positie van de landbouw 1995/96 en vergelijkingen met voorgaande jaren.
- Dongen, C.F.J. & T.A. van Dijk (1999) 'Mineralen Op Scherp'; resultaten in de melkveehouderij. Meststoffen 1999, 10-20.
- Douglas, J.T & Crawford, C.E (1993). The response of a ryegrass sward to wheel traffic and applied nitrogen. Grass and Forage Science 48, 91-100.

Eerd, van M.M. (1998) Mestproductie, mineralenuitscheiding en mineralen in mest, 1997; In Maandstatistiek landbouw CBS 98/12.

Firestone, M.K., Firestone, R.B., & Tiedje, J.M. (1980) Nitrous oxide from soil denitrification: factors controlling its biological production. *Science* 208, 749-751.

Flessa, H., Dörsch, P., Beese, F., König, H. & Bouwman, A.F. (1996). Influence of cattle excrements on nitrous oxide and methane fluxes in pasture land. *Journal of Environmental Quality* 25, 1366-1370.

Haan, M.H.A. de, PR Lelystad 1999, 'Tabellenboek DELAR 2000+ boekjaar 1997/98. Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen, Lelystad 1997, Handboek Melkveehouderij.

Haan, M.H.A. de, A. Evers, I. Hoving, A. van den Pol-van Dasselaar (2000) Beperking lachgasemissie uit de melkveehouderij. Een systeemanalyse. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Lelystad, Intern rapport 427, 34 p.

Hansen, S. & Bakken, L.R. (1993). N₂O, CO₂ and O₂ concentrations in soil air influenced by organic and inorganic fertilizers and soil compaction. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 7, 1-10.

IKC, Ede 1993, Handboek voor de rundveehouderij, publicatie nr. 35. Mandersloot, F. PR Lelystad 1992, Bedrijfseconomische gevolgen beperking stikstofverliezen op melkveebedrijven (PR-rapport nr. 138).

Kappers, I.E. & Valk, H. (1996) The effect of N-fertilization on feeding value, feed intake and N-utilization of grass in dairy cows. 2. Results of indoor feeding trials. ID-DLO report 274. Lelystad, The Netherlands.

Lantinga, E.A., Keuning, J.A., Groenwold, J. & Deenen P.J.A.G. (1987) Distribution of excreted nitrogen by grazing cattle and its effects on sward quality, herbage production and utilization. In: *Animal Manures on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer and Waste?* (H.G. van der Meer, R.J. Unwin, T.A. van Dijk, & G.C. Ennik eds.), Martinus Nijhoff, Dordrecht, pp. 103-117.

Mandersloot, F., J.M.A. Nijssen en A.T.J. van Scheppingen, PR Lelystad 1991, Modellen Rundveehouderij: Overzicht en onderlinge samenhang modellen voor simulatie van melkveebedrijven (PR-publicatie nr. 72).

Monaghan, R.M. & Barraclough, B. (1993). Nitrous oxide and dinitrogen emissions from urine-affected soil under controlled conditions. *Plant and Soil* 151, 127-138.

Mosier, A.R. & Parton, W.J. (1985). Denitrification in a shortgrass prairie: A modelling approach. In: *Planetary Ecology* (eds. D.E. Caldwell, J.A. Brierley & C.L. Brierley) Van Nostrand Reinhold Co, New York, pp. 441-452.

- Naeth, M.A., Pluth, D.J., Chanasyk, D.S., Bailey, A.W. & Fedkenheuer, A.W. (1990). Soil compaction impacts of grazing in mixed prairie and fescue grassland ecosystems of Alberta. *Canadian Journal of Soil Science* 70, 157-167.
- Oenema, O., Velthof, G.L., Yamulki, S., & S.C. Jarvis (1997) Nitrous oxide emissions from grazed grassland. *Soil Use and Management* 13, 288-295.
- Poggemann, S., Weisbach, F. & Künzel, U. (1995). N₂O-Freisetzung von Exkrementflecken auf dem Weideland, Abstract VDLUFA, Garmisch-Partenkirchen 1995, pp. 275.
- Schreuder, R., J. Aalenhuis, F. Mandersloot en J. van Middelkoop, PR Lelystad 1995, Mineralenstroom: milieumodule in BBPR (PR-publicatie nr. 99).
- Sherlock, R.R. & Goh, K.M. (1983). Initial emission of nitrous oxide from sheep urine applied to pasture soil. *Soil Biology and Biochemistry* 15, 615-617.
- Steenvoorden, van J.H.A.M, W.J. Bruins, M.M. v. Eerdt, M.W. Hoogeveen, N Hoogervorst, J.F.M Huijsmanns, H. Leneman, H.G. van der Meer, G.J. Monteny en F.J. de Ruiter : Monitoring van nationale ammoniakemissies uit de landbouw (Reeks Milieuplanbureau 6, DLO Wageningen 1999)
- Tamminga, S. (1992) Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *Journal of Dairy Science* 75, 345-357.
- Valk, H., Klein Poelhuis, H.W. & Wentink, H.J. (1990) Effect of fibrous and starchy carbohydrates in concentrates as supplements in a herbage-based diet for high-yielding dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 38: 475-486.
- Velthof, G.L. & Oenema. (1994). Effect of nitrogen fertilizer type and urine on nitrous oxide flux from grassland in early spring. In: *Grassland and Society, Proceedings of the 15th General Meeting of the European Grassland Federation* (eds. L. 't Mannetje & J. Frame), Wageningen Pers, pp. 458-462.
- Velthof, G.L., S.C. Jarvis, A. Stein, A.G. Allen & O. Oenema (1996a) Spatial variability of nitrous oxide fluxes in mown and grazed grasslands on a poorly drained clay soil. *Soil Biology and Biochemistry* 28, 1215-1225.
- Velthof, G.L., Brader, A.B. & Oenema, O. (1996b) Seasonal variations in nitrous oxide losses from managed grassland in The Netherlands. *Plant and Soil* 181, 263-274.
- Vermoesen, A., Van Cleemput, O. & Hofman, G. (1996). Contribution of urine patches to the emission of N₂O. In: *Proceedings International Conference on Nitrogen Emissions from Grassland; Gaseous Transfers and their Interactions* (S.C. Jarvis & B.F. Pain, eds.). IGER, North Wyke, Okehampton, Devon, UK, 20-22th May, 1996, pp. 189-194.

Werkgroep Normen voor de Voedervoorziening, PR Lelystad 1991, Normen voor de Voedervoorziening (PR-publicatie nr. 70).

Yamulki, S., Jarvis, S.C. & Owen, P. (1998). Nitrous oxide emissions from excreta in a simulated grazing pattern. *Soil Biology & Biochemistry* 30, 491-500..

Yamulki, S. & Jarvis, S.C. (1996). Nitrous oxide emissions from excreta from simulated grazing pattern and fertilizer application to grassland. In: *Proceedings International Conference on Nitrogen Emissions from Grassland; Gaseous Transfers and their Interactions* (S.C. Jarvis & B.F. Pain, eds.). IGER, North Wyke, Okehampton, Devon, UK, 20-22th May, 1996, pp. 195-199.

Aanhangsel 1 Literatuurstudie

In tabel A1.1 wordt een samenvatting gegeven van resultaten uit de literatuur naar de N₂O-emissie uit urineplekken, weidemest en beweide grasland. Er zijn grote verschillen tussen de studies. Belangrijke oorzaken hiervoor zijn verschillen in samenstelling van de feces en urine, weersomstandigheden en grondsoort.

De N₂O-emissie uit urineplekken is meestal veel hoger dan die uit weidemest. Er zijn hiervoor verschillende oorzaken:

- de minerale N-concentraties in urineplekken zijn veel hoger dan in weidemest (Lantinga et al., 1987);
- het aandeel N₂O in de totale N-verliezen tijdens denitrificatie neemt toe naarmate de nitaatconcentratie toeneemt (Firestone et al., 1980);
- de stikstof- en zoutconcentraties in urineplekken kunnen leiden tot zoutschade (en afsterving) van het grasland, waardoor de stikstofopname van het gras wordt geremd (Lantinga et al., 1987). Hierdoor blijft gedurende langere tijd (weken tot maanden) een verhoogde N-concentratie in de urineplek aanwezig; dit kan tot een verhoogde N₂O-emissie leiden.
- urine bevat ureum (Bussink & Oenema, 1998). Ureum wordt in de bodem snel omgezet tot ammonium en bicarbonaat. Dit gaat gepaard met een sterke stijging in pH, waardoor ammoniak wordt gevormd. Ammoniak remt Nitrobacter, de bacterie die nitriet omzet in nitraat. In urineplekken treedt daardoor een accumulatie van nitriet op (Oenema et al., 1997). Deze ophoping van nitriet kan leiden tot een verhoogde N₂O-emissie, mogelijk door chemodenitrificatie (Chalk and Smith, 1983).

De stikstofconcentraties in urineplekken zijn waarschijnlijk de belangrijkste sturende factor voor N₂O-emissie (Oenema et al., 1997): de relatie tussen de stikstofuitscheiding tijdens beweiding en de N₂O-emissie is echter nog niet goed gekwantificeerd.

In urine en feces is naast stikstof ook organische koolstof aanwezig. Deze koolstof kan leiden tot een verhoogde denitrificatie en daardoor tot een verhoogde N₂O-emissie. De koolstof in urine is aanwezig in verbindingen als ureum, creatine, creatinine, aminozuren en hippuurzuur (Bussink & Oenema, 1998). Deze verbindingen worden in de bodem snel (binnen enkele dagen) omgezet in ammonium en bicarbonaat, zodat er maar een beperkt stimulerend effect van de koolstof zal zijn op de denitrificatie. Feces bestaan daarentegen uit stabielere koolstofverbindingen (Castellanos & Pratt, 1981), die gedurende langere tijd kunnen leiden tot een verhoogde denitrificatieactiviteit.

Naast de N- en C-uitscheiding via urine en feces, heeft de betreding en vertrapping van bodem en graszode door de grazende dieren een effect op de N₂O-emissie. Betreding kan leiden tot compactie (tabel 2), waardoor de bulkdichtheid van de

bodem toeneemt (tabel A1.2) en indringing van water in de bodem afneemt. Hierdoor zal de zuurstofvoorziening van de bodem afnemen en het risico op N₂O-emissie toenemen (Douglas & Crawford, 1993; Hansen & Bakken 1993). Vertrapping en versmering van de bodem zal ook leiden tot een slechtere zuurstofdiffusie. Daarnaast zal de graszode hierdoor worden beschadigd, resulterend in een lagere stikstofopname en een hogere N₂O-emissie.

De N₂O-emissie uit beweide vertoont een grote ruimtelijke variabiliteit (Velthof et al., 1996a), hetgeen wordt veroorzaakt door de heterogene verdeling van urineplekken en weidemest en door ruimtelijke variabiliteit door compactie. Naar verwachting zal de hoogste N₂O-emissie uit beweide grasland optreden op plaatsen met een hoge veedichtheid, bijvoorbeeld bij drinkplaatsen, looppaden en bij een hek. Op deze plaatsen vinden een sterke lozing van urine en feces plaats met daarnaast een sterke betreding van de bodem en vertrapping van de zode. Het bemesten van deze delen van een perceel zal leiden tot een verhoogde N₂O-emissie uit de toegediende (kunst)mest.

Een schatting van de N₂O-emissie uit beweide grasland in Nederland wordt gegeven door Velthof et al. (1996b). In deze studie is op basis van wekelijkse metingen van de N₂O-emissie gedurende twee jaar, de N₂O-emissie uit beweide grasland geschat op 10 kg N₂O-N per ha per jaar voor zandgrond (1,5 % van de tijdens beweiding uitgescheiden N), op 13 kg N₂O-N per ha per jaar voor kleigrond (3,3% van uitgescheiden N) en 15-39 kg N₂O-N per ha per jaar voor veengrond (2,3-9,8% van de uitgescheiden N).

Tabel A1.1. Samenvatting van literatuurstudie naar de N₂O-emissie uit mest en urine uitgescheiden tijdens beweiding. De emissie van N₂O-N is uitgedrukt in % van de totale hoeveelheid uitgescheiden N.

Land	grondsoort	object	meetperiode	N ₂ O-emissie dagen	referentie %
Groot-Brittannië	zavel	feces	66-417	0,1-0,7	Yamulki et al. (1997)
Duitsland	löss	feces	77	0,5	Flessa et al. (1996)
Duitsland	zand	feces	365	0,4	Poggemann et al. (1995)
Nederland	zand	feces	184	0,7	Velthof (ongepubliceerd)
VS	zavel	urine	300	0,6	Mosier & Parton (1985)
Groot-Brittannië (1993)	zavel	urine	30	1,0-5,0	Monaghan & Barraclough
Groot-Brittannië	zavel	urine	60-417	0,1-1,4	Yamulki et al. (1996)
België	lemig zand	urine	19-35	0,1-2,4	Vermoesen et al. (1996)
Nieuw Zeeland	veen	urine	100	<1,0	Clough et al., (1996)
Nieuw Zeeland	zavel	urine	100	1,5-3,0	Clough et al., (1996)
Nieuw Zeeland	-	urine	42	< 0,5	Sherlock and Goh (1983)
Duitsland	löss	urine	77	3,8	Flessa et al., (1996)
Nederland	klei	urine	28	0,5	Velthof & Oenema (1994)
Duitsland	zand	urine	365	0,4-1,3	Poggemann et al. (1995)
Groot-Brittannië	zavel	beweiding	7	8,0	Velthof et al. (1996a)
Nederland	zand	beweiding	730	1,5	Velthof et al. (1996b)
Nederland	klei	beweiding	730	3,3	Velthof et al. (1996b)
Nederland	veen	beweiding	730	2,3-9,8	Velthof et al. (1996b)
Nieuw Zeeland	zavel	beweiding	730	0,2-1,0	Carran et al. (1995)

Tabel A1.2. Bulkdichtheid van de bodem in Mg m^{-3} van een zavelgrond in een beweide permant grasland in Alberta in de Verenigde Staten (Naeth et al., 1990). Behandeling die verschillen in letters binnen een kolom zijn statistisch significant verschillend ($P < 0.05$).

Beweidings intensiteit	0-7.5 cm diepte	15 cm diepte
Zeer hoog	0.90a	0.70a
Hoog	0.83b	0.48bc
Gemiddeld	0.80b	0.40c
Laag	0.83b	0.58b
Geen	0.75c	0.51b

Aanhangsel 2 Lachgasemissie uit drie typen melkveehouderijen

Er zijn voor drie voorbeeld bedrijven berekeningen uitgevoerd met BBPR van het Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen in Lelystad. De uitgangspunten zijn gebaseerd op verschillende literatuurbronnen (Bondt et al., 1990; de Haan (1999); PR (1997); Van Dijk et al., 1997a en b; Alem en van Scheppingen, 1993; IKC, 1993; Mandersloot, 1992; Mandersloot et al., 1991; Schreuder et al., 1995). De resultaten van de berekeningen worden in detail beschreven door de Haan et al. (2000).

Situatie 1998

In tabel A2.1 zijn drie bedrijfstypen weergegeven die representatief zijn voor grotere sterk gespecialiseerde melkveebedrijven in Nederland ten tijde van **1998**. Bedrijf **A** is een sterk gespecialiseerd intensief melkveebedrijf op kleigrond, analoog aan de Flevolandse situatie (intensief bedrijf op kleigrond); **B** is een sterk gespecialiseerd melkveebedrijf in het Westelijk veenweidegebied (extensief bedrijf op veengrond) en **C** is het grotere sterk gespecialiseerde melkveebedrijf op zandgrond (bedrijf op zandgrond met gemiddelde intensiteit). De gemiddelde melkprijs ligt bij de bedrijven rond de 78 cent per kg.

Tabel A2.1 Drie representatieve bedrijfstypen in Nederland ten tijde van 1998

	A (intensief bedrijf op kleigrond)	B (extensief bedrijf op veengrond)	C (zandgrond met gemiddelde intensiteit)
Melkquotum (kg)	731000	400000	417450
Quotum per ha (kg)	17000	10000	12650
Bedrijfsoppervlakte (ha)	43	40	33
- waarvan grasland (ha)	37	40	25
- waarvan maïsland (ha)	6	-	8
Aantal melkkoeien	90	55	55
Melkproductie per koe	8122	7273	7590
N-Kunstmestgift / ha grasland (kg N/ha)	300	250	300
Jongvee / 10 melkkoeien	8,5	7,8	9,2
Grondsoort	Kleigrond	Veengrond	Zandgrond
Beweidingssysteem	Overdag weiden	Dag en nacht weiden	Overdag weiden
Bijvoeding in de zomer (kg ds maïs)	4,5	-	4,5
Bemesting maïsland (kg N/ha)	150	-	150
Dierlijke mest op maïsland (m ³ /ha)	50	-	40

In tabel A2.2 zijn de economische situatie en milieukengetallen (inclusief lachgasemissie) te zien van de drie bedrijven, met enkele relevante milieukengetallen. Het beleidsvoorstel is om in 2003 al de strengste verliesnormen laten gelden, evenals een systeem voor plaatsingsruimte van mest. Voor mest die dan niet op het eigen bedrijf te plaatsen is, moet een mestafzetcontract worden gesloten. De ingeschatte omvang hiervan is ook in tabel A2.2 weergegeven. Mestafvoer vindt op deze bedrijven in 1998 overigens nog niet plaats. Verder is ook een inschatting gemaakt

van de MINAS-heffing als de overschotten van stikstof en fosfaat ten tijde van de eindnormen (voorstel: 2003) nog dezelfde hoogte hebben.

Tabel A.2.2 Economische- en milieukengetallen voor drie verschillende bedrijfstypes in 1998

Uitgangssituaties 1998	Intensieve Flevolandse bedrijven op kleigrond		Extensieve westelijke veenweidebedrijven		Zandbedrijven met gemiddelde intensiteit	
	<i>totaal</i>	<i>per kg melk</i>	<i>totaal</i>	<i>per kg melk</i>	<i>totaal</i>	<i>per kg melk</i>
A. OPBRENGSTEN	642570	0.88	367263	0.92	374696	0.90
B. TOEGEREKENDE KOSTEN	154571	0.21	81465	0.20	88902	0.21
- waarvan voerkosten	83466	0.11	35435	0.09	38538	0.09
C. SALDO (A-B)	487999	0.67	285798	0.71	285794	0.68
D. NIET TOEGEREKENDE KOSTEN	449573	0.62	350425	0.88	345939	0.83
Waarvan:						
- loonwerk	59834	0.08	32694	0.08	41014	0.10
- machines, werktuigen, inventaris, etc.	83769	0.11	74608	0.19	72163	0.17
- grond en gebouwen	172176	0.24	128657	0.32	107489	0.26
- Voorspelde Minas-heffing bij eindnormen	15874	0.02	3024	0.01	13776	0.03
ARBEIDSOPBRENGST	125671	0.17	22618	0.06	27100	0.06
voorgestelde Minas-eindnorm (kg N/ha)	169		180		121	
Minas N-overschot (kg N/ha)	241		200		204	
veebezetting (gve/ha)	2.74		1.73		2.16	
omvang mestafzetcontract vanaf 2003 (ton)	963		0		268	
ammoniakemissie (kg NH ₃ /ha)	72.8		57.9		54	
nitraatconcentratie grondwater (mg NO ₃ /l)	22.2		0.9		82.3	
lachgasemissie (kg N/ha)	9.07		24.14		8.21	

Situatie 1990

Het referentiejaar voor lachgasemissie is 1990. Een aantal aspecten van de bedrijfsvoering op het melkveebedrijf is veranderd in de loop van de negentiger jaren. De prijzen voor melk en vlees waren in 1990 hoger dan in 1998. Uitgegaan is van circa f 600,- hogere prijs per koe en f 200,- hogere verkoopprijs per kalf. De melkprijs lag circa 7 cent per kg hoger dan in 1998. De bedrijven kregen in 1990 geen maïspremie. De prijzen van kunstmest en krachtvoer waren in 1990 ongeveer 15 procent hoger. Verder heeft inflatie een rol gespeeld in de loop der jaren, zodat de meeste prijzen en tarieven hoger zijn geworden. De vervangingswaarden van gebouwen, installaties en werktuigen waren daardoor in 1990 een stuk lager. De gemiddelde rente was hoger in 1990 dan in 1998. Er is uitgegaan van een gemiddelde rente in 1998 van 5 procent en in 1990 van 7,5 %.

Op het gebied van bemesting zijn de niveaus van stikstof en fosfaat over het algemeen verlaagd. Ook aanvoer van organische mest naar de melkveebedrijven is in de loop der jaren steeds minder geworden. Verder is na 1990 de uitrijdperiode van organische mest steeds korter geworden en is de benutting van nutriënten verhoogd. De kosten voor mestopslag zijn gestegen. In de loop van de negentiger jaren is de toedieningstechniek van organische mest gewijzigd. In 1990 kon nog bovengronds mest toegediend worden, maar in 1998 is alleen emissiearm toedienen nog toegestaan. De bemesting van organische mest op maïsland is verlaagd in de loop van de negentiger jaren. In het begin van de jaren 90 is nog veel minder bewust

omgegaan met benutting van mineralen bij de voeding dan momenteel het geval is. In de zomer zijn toen meer dieren dag en nacht geweid dan aan momenteel het geval is. Ook bijvoeding van maïs in de zomerperiode was geen algemeen gebruik. Aan het eind van de jaren 90 is het ureumgehalte in de melk als managementstool in gebruik genomen. Hiermee kunnen veehouders gericht sturen naar een optimale stikstofbenutting en eiwitvoorziening van hun veestapel. In tabel A2.3 is aangegeven hoe de drie bedrijven er in 1990 ten opzichte van 1998 uitzagen.

Tabel A2.3 Ruwe inschatting van situaties in 1990, met de veranderingen in 1998

Uitgangssituaties 1990	Intensieve Flevolandse bedrijven op kleigrond		Extensieve westelijke veenweidebedrijven		Zandbedrijven met gemiddelde intensiteit	
	1990	situatie 1998 - situatie 1990	1990	situatie 1998 - situatie 1990	1990	situatie 1998 - situatie 1990
A. OPBRENGSTEN	577000	+65500	369000	-1500	369000	+6000
B. TOEGEREKENDE KOSTEN	152000	+2000	85000	-3000	85000	+4000
- waarvan voerkosten	86000	+2500	38000	-3000	38000	+500
C. SALDO (A-B)	425000	+63500	284000	+1500	284000	+1500
D. NIET TOEGEREKENDE KOSTEN	373000	+76500	293000	+57500	293000	+53000
Waarvan:						
- loonwerk	40000	+20000	30000	+2500	30000	+11000
- machines, werktuigen, inventaris, etc.	81000	+2500	70000	+4500	70000	+2000
- grond en gebouwen	159000	+13500	105000	+23500	105000	+2500
ARBEIDSOPBRENGST	117000	+25000	1000	+25000	56000	-15000
voorgestelde Minas-eindnorm (kg N/ha)	168	+1	180	+0	122	-1
Minas N-overschot (kg N/ha)	334	-93	281	-81	297	-94
veebezetting (gve/ha)	3.0	-0.4	1.9	-0.2	2.4	-0.2
omvang mestafzetcontract vanaf 2003 (ton)	1100	+100	0	+0	400	-100
ammoniakemissie (kg NH ₃ /ha)	170	-94	100	-41	130	-75
nitraatconcentratie grondwater (mg NO ₃ /l)	22	-1	1	-0	100	-17
luchgasemissie (kg N/ha)	11	-1	25	-1	10	-2

Toekomstige ontwikkeling

Minas en mestbeleid

Het is momenteel niet precies duidelijk hoe MINAS er vanaf 2003 uit zal zien. De normen die oorspronkelijk voor 2008 waren vastgesteld, gelden al vanaf 2003. Dit betekent dat de verliesnorm voor grasland 180 kg N/ha en voor maïsland 100 kg N/ha wordt. Voor uitspoelingsgevoelige gronden (droge zandgronden en wellicht löss) gelden strengere normen van respectievelijk 140 kg N/ha voor grasland en 60 kg N/ha voor maïsland. Hoe het beleid ten aanzien van fosfaat eruit gaat zien is onduidelijk. Wel is helder dat de overschothellingen stijgen naar f 5,- per kg N en maximaal f 20,- per kg fosfaat boven de verliesnorm. De regeringsvoorstellen beogen tevens het aan banden leggen van de aanwending van drijfmest. Dit gebeurt met een stelsel waarbij mestaanwending via een maximaal aantal dieren (mesteenheden) per ha wordt gelimiteerd. In de praktijk zal per bedrijf voor het teveel aan geproduceerde mest een mestafzetcontract moeten worden afgesloten. Als

alternatief voor zo'n contract kan door grondaankoop het aantal dieren en de oppervlakte in, een door de wetgever gewenst, evenwicht worden gebracht.

Prijseffecten

Als gevolg van agenda 2000 en de WTO-onderhandelingen zullen waarschijnlijk de prijzen voor melk en vlees dalen. Hier staan wel enige vormen van compensatie tegenover. Exacte effecten zijn uiteraard nog niet bekend. Uitgaande van ruim 78 cent per kg melk, 15 % daling van de melkprijs en een bepaalde compensatie per kg melk, komt een melkprijs van circa 70 cent per kg in beeld. Lagere vleesprijzen lijken ook reëel, maar koe-compensaties zullen dit waarschijnlijk voor een deel tegemoet komen. Ook een daling van de krachtvoerkosten is voorzien. Verder lijkt de akkerbouwsteun (maïspremie) ruim f 200,- per ha te stijgen, maar het onderscheid tussen zand en kleigronden komt te vervallen. Er is voor de toekomstige situatie gerekend met een melkprijs van f 70,- per 100 kg, een vleesprijs die 5 % lager is dan de huidige, 10 % lagere krachtvoerkosten en maïspremie die f 200,- / ha hoger ligt.

Natuurontwikkeling

In het Nederlandse beeld van veehouderij past in de nabije toekomst ook de nodige aandacht voor natuur- en landschapontwikkeling. Enkele voorbeelden hiervan zijn perceelsrandenbeheer, slootkantenbeheer, slootwaterpeilverhoging en beheersovereenkomsten op grasland. Voor de extensieve situatie op veengrond (situatie B) is in de autonome ontwikkeling gerekend met 5 ha grasland met een beheersovereenkomst, waarbij 15 juni de eerste maaidatum is.

Wijziging bedrijven

In tabel A2.4 zijn de maatregelen voor de drie verschillende bedrijfstypen weergegeven die getroffen zijn om aan de MINAS-normen te voldoen. Uitgangspunt bij de berekeningen was een stap-voor-stap benadering: de eerste maatregel is een melkproductieverhoging van 500 kg per koe, vervolgens minder jongvee aanhouden (5% lager vervangingspercentage), daarna een verlaging van de stikstofjaargift tot minimaal 250 kg N/ha. Pas als met deze maatregelen de MINAS-normen nog niet worden gehaald vindt mestafvoer plaats. Dit tot een hoeveelheid waarbij precies aan de MINAS-normen wordt voldaan. Bij het extensieve bedrijf op veengrond is ook uitgegaan van 5 ha grasland met een beheersovereenkomst, waarbij maaien voor 15 juni niet is toegestaan en de beheersvergoeding f 730,- per hectare bedraagt.

Tabel A2.4. Maatregelen om aan de Minas-normen te voldoen

Bedrijfstype	Maatregelen
A: intensief bedrijf op kleigrond	+ 500 kg melk/koe 5% lager vervangingspercentage stikstofjaargift verlagen tot 327 kg N/ha
B: extensief bedrijf op veengrond	5 ha in beheersregime ¹ stikstof bemesten volgens advies
C: bedrijf op zandgrond met gemiddelde intensiteit	+ 500 kg /koe 5% lager vervangingspercentage stikstofjaargift verlagen tot 250 kg N/ha 100 m ³ mestafvoer

¹Deze maatregel is niet van belang om het MINAS-overschot te verlagen, maar geeft wel de autonome ontwikkeling weer

In tabel A2.5 is de autonome situatie (verwachte toekomstige ontwikkeling) weergegeven die we als basis gebruiken bij het doorrekenen van de verschillende maatregelen voor lachgasreductie.

Tabel A2.5 Toekomstige ontwikkeling verschillende bedrijfstypen na prijseffecten en effecten mestbeleid

Specifieke beweidingsmaatregelen

Ontwikkeling van de bedrijven	Intensieve Flevolandse bedrijven op kleigrond		Extensieve westelijke veenweidebedrijven		Zandbedrijven met gemiddelde intensiteit	
	toekomstige ontwikkeling	verschil met 1998	toekomstige ontwikkeling	verschil met 1998	toekomstige ontwikkeling	verschil met 1998
OPBRENGSTEN	538638	-103932	329398	-37865	330683	-44013
TOEGEREKENDE KOSTEN	132265	-22306	76818	-4647	77633	-11269
SALDO	406373	-81626	252580	-33218	253050	-32744
NIET TOEGEREKENDE KOSTEN	424653	-24920	346124	-4301	329604	-16335
ARBEIDSOPBRENGST	68965	-56706	-6299	-28917	10691	-16409
voorgestelde Minas-eindnorm 2003 (kg N/ha)	169	+0	180	+0	121	+0
Minas N-overshot	168	-73	149	-51	121	-83
veebezetting (gve/ha)	2.48	-0.3	1.73	+0.0	1.95	-0.2
mestafzetcontract 2003 (m³)	620	-343	0	+0	46	-222
ammoniakemissie (kg NH3/ha)	65	-8.2	55	-3.0	47	-7.4
nitraatconcentratie grondwater (mg NO3/l)	17	-5.3	1	-0.3	46	-36.7
lachgasemissie (kg N/ha)	7.39	-1.68	21.00	-3.14	6.12	-2.09

In tabellen A2.6 tot en met A2.13 zijn de gevolgen van maatregelen op lachgasemissie uit de drie bedrijven weergegeven ten opzichte van de ingeschatte toekomstige (autonome) ontwikkeling.

Tabel A2.6. Effecten van beweidingsmaatregelen op extensieve bedrijven in het westelijk veenweidegebied (verschillen zijn weergegeven ten opzichte van de toekomstige ontwikkeling)

Beweidingsmaatregel op extensieve veenweidebedrijven	toekomstige ontwikkeling	's nachts opstallen	paar uur opstallen	per 1 sept. opstallen
toegerekende kosten (f)	76818	+4454	+1839	-2116
saldo (f)	252580	+3954	+2866	-1241
niet toegerekende kosten (f)	346124	+9946	+6464	+16391
- vv: MINAS heffing (f)	0	+0	+0	+0
arbeidsopbrengst (f)	-6299	-5992	-3598	-17632
Minas eindnorm stikstof (kg N/ha)	180	+0	+0	+0
Minas-stikstofovershot (kg N/ha)	149	-41.3	-20.8	-1.3
veebezetting (fosfaat gve / ha)	1.73	+0	+0	+0
inschatting extra ha grasland nodig	0.0	+0	+0	+0
lachgasemissie (kg N/ha)	21	-2.69	-0.92	-2.34

Tabel A2.7. Effecten van beweidingsmaatregelen op zandbedrijven met gemiddelde intensiteit (de verschillen zijn weergegeven ten opzicht van de toekomstige ontwikkeling)

Beweidingsmaatregelen op zandbedrijven met gemiddelde intensiteit	toekomstige ontwikkeling	dag en nacht weiden	siësta-beweidingsmaatregelen	dag en nacht op stal	per 1 sept. opstallen
toegerekende kosten (f)	77633	+5277	+2191	+7198	+2354
saldo (f)	253050	-5277	+1173	+2691	-2354
niet toegerekende kosten (f)	329604	+396	+7292	+25347	+8512
- vv: MINAS heffing (f)	0	+4689	+0	+0	+0
arbeidsopbrengst (f)	10691	-5673	-6119	-22656	-10866
Minas eindnorm stikstof (kg N/ha)	121	+0	+0	+0	+0
Minas-stikstofoverschot (kg N/ha)	121	+27.6	-10.6	-37.8	-4.8
veebezetting (fosfaat gve / ha)	1.95	+0	+0	+0	+0
inschatting extra ha grasland nodig	0.8	+0	+0	+0	+0
lachgasemissie (kg N/ha)	6.12	+1.01	-0.30	-2.00	-0.60

Tabel A2.8. Effecten van verandering van diermanagement op intensieve kleibedrijven in Flevoland (de verschillen zijn weergegeven ten opzicht van de toekomstige ontwikkeling)

Diermanagement op intensieve kleibedrijven in Flevoland	toekomstige ontwikkeling	minder jongvee	melkprod. + 500 kg
toegerekende kosten (f)	132265	-11326	-7487
saldo (f)	406373	+4668	+4500
niet toegerekende kosten (f)	424653	+506	-3904
- vv: MINAS heffing (f)	0	+0	+0
arbeidsopbrengst (f)	68965	+4162	+8404
Minas eindnorm stikstof (kg N/ha)	169	+0	+0
Minas-stikstofoverschot (kg N/ha)	168	-5.3	-0.7
veebezetting (fosfaat gve / ha)	2.48	-0.1	-0.1
inschatting extra ha grasland nodig	11.2	-2.9	-2.9
lachgasemissie (kg N/ha)	7.39	-0.17	-0.08

Tabel A2.9. Effecten van verandering in diermanagement op extensieve veenweidebedrijven (de verschillen zijn weergegeven ten opzicht van de toekomstige ontwikkeling)

Diermanagement op extensieve veenweidebedrijven	toekomstige ontwikkeling	minder jongvee	melkprod. + 500 kg
toegerekende kosten (f)	76818	-2246	-1410
saldo (f)	252580	+982	+2085
niet toegerekende kosten (f)	346124	-2017	-4725
- vv: MINAS heffing (f)	0	+0	+0
arbeidsopbrengst (f)	-6299	+2999	+6810
verliesnorm stikstof (kg / ha)	180	+0	+0
Minas eindnorm stikstof (kg N/ha)	149	-10.0	-9.3
Minas-stikstofoverschot (kg N/ha)	1.73	-0.1	-0.1
inschatting extra ha grasland nodig	0.0	+0	+0
lachgasemissie (kg N/ha)	21	-0.24	-0.27

Tabel A2.10. Effecten van diermanagementmaatregelen op zandbedrijven met gemiddelde intensiteit (de verschillen zijn weergegeven ten opzicht van de toekomstige ontwikkeling)

Diermanagement op zandbedrijven met gemiddelde intensiteit	toekomstige ontwikkeling	minder jongvee	melkprod. + 500 kg
toegerekende kosten (f)	77633	-2668	-2368
saldo (f)	253050	+1448	+2141
niet toegerekende kosten (f)	329604	-568	-2591
- vv: MINAS heffing (f)	0	+0	+0
arbeidsopbrengst (f)	10691	+2016	+4732
Minas eindnorm stikstof (kg N/ha)	121	+0	+0
Minas-stikstofoverschot (kg N/ha)	121	-4.8	-1.0
veebezetting (fosfaat gve / ha)	1.95	-0.1	-0.1
inschatting extra ha grasland nodig	0.8	-0.8	-0.8
lachgasemissie (kg N/ha)	6.12	-0.18	-0.09

Tabel A2.11. Emissie van lachgas en reductie daarvan bij de verschillende maatregelen voor het intensieve bedrijf op kleigrond.

	Emissie	Reductie van lachgas-emissie in kg N per ha tov		
		1990	1998	toekomstige ontwikkeling
1990	10.5			
1998	9.07			
Toekomstige ontwikkeling	7.39			
Maatregel				
dag en nacht weiden	8.59	-1.91	-0.48	+1.20
Siëstabeweidning toepassen	7.05	-3.45	-2.02	-0.34
minder jongvee aanhouden	7.22	-3.28	-1.85	-0.17
Melkproductie/koe +500 kg	7.31	-3.19	-1.76	-0.08
dag en nacht op stal	5.03	-5.47	-4.04	-2.36
per 1 september opstallen	6.71	-3.79	-2.36	-0.68

Tabel A2.12. Emissie van lachgas en reductie daarvan bij de verschillende maatregelen voor het extensieve bedrijf op veengrond.

	Emissie	Reductie van lachgas-emissie in kg N per ha tov		
		1990	1998	toekomstige ontwikkeling
1990	25.39			
1998	24.14			
toekomstige ontwikkeling	21			
Maatregel				
koeien 's nachts opstallen	18.31	-7.08	-5.83	-2.69
koeien paar uur opstallen	20.08	-5.31	-4.06	-0.92
minder jongvee aanhouden	20.76	-4.63	-3.38	-0.24
melkproductie/koe +500 kg	20.73	-4.66	-3.41	-0.27
per 1 september opstallen	18.66	-6.73	-5.48	-2.34

Tabel A2.13. Emissie van lachgas en reductie daarvan bij de verschillende maatregelen voor het bedrijf op zandgrond met gemiddelde intensiteit.

	Emissie	Reductie van lachgas-emissie in kg N per ha tov		
		1990	1998	toekomstige ontwikkeling
1990	10.3			
1998	8.21			
toekomstige ontwikkeling	6.12			
Maatregel				
dag en nacht weiden	7.13	-3.17	-1.08	+1.01
siëstabeweidings toepassen	5.82	-4.48	-2.39	-0.30
minder jongvee aanhouden	5.94	-4.36	-2.27	-0.18
melkproductie/koe +500 kg	6.03	-4.27	-2.18	-0.09
dag en nacht op stal	4.12	-6.18	-4.09	-2.00
per 1 september opstallen	5.52	-4.78	-2.69	-0.60