



PraktijkRapport Rundvee 90

# Broeikasgasmodule BBPR



Januari 2006

Alterra rapport 1268

RIVM rapport 680.125.006

## Rundvee





## Colofon

### Uitgever

Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 – 23 82 38  
Fax 0320 – 23 73 20  
E-mail [info.po.asg@wur.nl](mailto:info.po.asg@wur.nl)  
Internet <http://www.asg.wur.nl/po>

### Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek

### © Animal Sciences Group

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

### Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

### Bestellen

ISSN 1570-8616  
Eerste druk 2006/oplage 50  
Prijs € 17,50

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per E-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.

## Referaat

ISSN 1570-8616

R.L.M. Schils, D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek, J.A. de Boer, A.G. Evers, M.H. de Haan, ASG divisie Praktijkonderzoek.  
Broeikasgasmodule BBPR. 51 pagina's, 31 tabellen, 2 figuren.

De Nederlandse melkveehouderij draagt via de emissies van lachgas en methaan bij aan de emissies van broeikasgassen. De uitbreiding van het BedrijfsBegrotingsProgramma Rundvee (BBPR) met een broeikasgasmodule maakt het mogelijk om de kosteneffectiviteit van emissiereducerende maatregelen in één rekengang te berekenen. De kosteneffectiviteit is het verschil in financieel saldo gedeeld door het verschil in emissie.

De emissie van het gemiddelde melkveebedrijf in Nederland bedraagt volgens de berekening met de broeikasgasmodule van BBPR 0.8 kg CO<sub>2</sub>-equivalenten per kg melk voor bedrijven op minerale grondsoorten en 1.3 kg CO<sub>2</sub>-equivalenten per kg melk voor bedrijven op veengrond. Het verhogen van het aandeel maïs in het rantsoen verlaagt de emissie slechts vrij gering, maar levert financieel voordeel op. Minder weidegang resulteert in een aanzienlijke emissiereductie, maar is een dure maatregel. Het gebruik van nitraatloze voorjaarsmeststoffen levert slechts een geringe bijdrage aan de emissiereductie. Mestvergisting, volgens het principe van co-vergisting van aangevoerde snijmaïskuil, kan de emissie tot 24% reduceren, maar is voor een gemiddeld bedrijf te duur.

**Trefwoorden:** broeikasgassen, methaan, lachgas, bedrijfsmodel, stikstof, kosteneffectiviteit, mitigatie, ROB, mestvergisting, emissiefactor



PraktijkRapport Rundvee 90

# Broeikasgasmodule BBPR

R.L.M. Schils  
D.A. Oudendag (Alterra)  
K.W. van der Hoek (RIVM)  
J.A. de Boer  
A.G. Evers  
M.H. de Haan

Alterra rapport 1268

RIVM rapport 680.125.006

Januari 2006

## Samenvatting

De Nederlandse melkveehouderij draagt via de emissies van lachgas en methaan bij aan de emissies van broeikasgassen in Nederland. In de komende jaren zullen melkveehouders gestimuleerd worden om maatregelen op het bedrijf te implementeren. Belangrijke voorwaarden voor de implementatie van maatregelen zijn de inpasbaarheid in de bedrijfsvoering en de kosteneffectiviteit van de maatregelen. Het BedrijfsBegrotingsProgramma Rundvee (BBPR) is ontwikkeld voor de technisch-economische simulatie van een melkveebedrijf. De uitbreiding van BBPR met een broeikasgasmodule maakt het mogelijk om de van emissies lachgas en methaan, maar ook de kosteneffectiviteit van emissiereducerende maatregelen in één rekengang te berekenen.

Het hoofddoel van dit rapport is de verantwoording van de rekenregels waarmee de emissies van lachgas en methaan in BBPR worden berekend. Daarnaast is voor een gemiddeld melkveebedrijf op zand, klei en veen de kosteneffectiviteit van een aantal emissiereducerende maatregelen berekend.

De emissiefactoren in BBPR zijn in beginsel gebaseerd op de uitgangspunten in de protocollen die als grondslag dienen voor de nationale inventarisatie voor de broeikasgasemissies. Indien het detailniveau van de protocollen onvoldoende is voor een juiste berekening van emissies op bedrijfsniveau, is gebruik gemaakt van de emissiefactoren uit Miterra. De broeikasgasmodule kent een samenvattende en een gedetailleerde uitvoer. De samenvattende uitvoer bevat een overzicht van de lachgas- en methaanemissies per afzonderlijke bron. De totale emissie wordt weergegeven in CO<sub>2</sub>-equivalenten per bedrijf, per ha, per koe of per kg melk. De uitvoer geeft eveneens de afzonderlijke emissies weer van lachgas en methaan, zodat eventuele afwentelingen duidelijk zichtbaar zijn. In de samenvattende uitvoer kunnen vier bedrijfsplannen worden vergeleken. De gedetailleerde uitvoer geeft per emissiebron een overzicht van de grootte van de bronactiviteit, de emissiefactor en de emissie. De berekening van de kosteneffectiviteit vindt plaats door vergelijking van twee bedrijfsplannen, een uitgangssituatie en een alternatieve situatie met één of meer ROB-maatregelen. De kosteneffectiviteit is het verschil in financieel saldo gedeeld door het verschil in emissie.

De emissie van het gemiddelde melkveebedrijf in Nederland bedraagt volgens de berekening met de broeikasgasmodule van BBPR 0.8 kg CO<sub>2</sub>-equivalenten per kg melk voor bedrijven op minerale grondsoorten en 1.3 kg CO<sub>2</sub>-equivalenten per kg melk voor bedrijven op veengrond. De hoge emissie op veengrond is een gevolg van de lachgasemissie door het landbouwkundig gebruik van veengrond, en de hogere emissiefactoren voor kunstmest en dierlijke mest. Gemiddeld is de bijdrage van de lachgasemissie aan de totale emissie 35% op minerale grondsoorten en 60% op veengronden. Van de methaanemissie is bijna 80% afkomstig uit de pensfermentatie en de resterende 20% uit de opgeslagen mest.

Voor de bovenstaande referentiebedrijven op zand, klei en veen zijn de emissiereductie en de kosteneffectiviteit van een aantal ROB-maatregelen berekend.

- Het verhogen van het aandeel maïs in het rantsoen verlaagt de emissie slechts vrij gering (1 tot 3%), maar levert financieel voordeel op (9 tot 110 € per ton CO<sub>2</sub>-equivalenten).
- Minder weidegang resulteert in een aanzienlijke emissiereductie (3 tot 12%), vooral op klei en veengronden, maar is een dure maatregel. De kosteneffectiviteit loopt uiteen van 15 tot 1454 € per ton CO<sub>2</sub>-equivalenten. De combinatie van beide maatregelen pakt beter uit, zowel gezien vanuit de emissiereductie als vanuit de kosteneffectiviteit.
- Het gebruik van nitraatloze voorjaarsmeststoffen levert slechts een geringe bijdrage aan de emissiereductie (1%) tegen kosten van 107 € per ton CO<sub>2</sub>-equivalenten.
- Mestvergisting, volgens het principe van co-vergisting van aangevoerde snijmaïskuil, kan de emissie tot 24% reduceren, maar is voor een 'gemiddeld' bedrijf te duur. De kosteneffectiviteit is gunstiger als de koeien het hele jaar op stal staan en bij een grotere bedrijfsomvang.

# Inhoudsopgave

## Samenvatting

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>BedrijfsBegrotingsProgramma Rundvee (BBPR)</b> .....	<b>2</b>
2.1	Plaats van het bedrijfsmodel .....	2
2.2	Het bedrijfsmodel BBPR.....	3
<b>3</b>	<b>Nationale Emissiefactoren</b> .....	<b>6</b>
3.1	Emissiefactoren in de Nederlandse protocollen.....	6
3.1.1	Directe lachgasemissie uit landbouwbodems .....	6
3.1.2	Indirecte lachgasemissie uit de landbouw .....	7
3.1.3	Methaanemissie uit pensfermentatie door rundvee .....	8
3.1.4	Methaanemissie uit mest van rundvee .....	10
3.2	Emissiefactoren in Miterra .....	11
3.2.1	Lachgas.....	12
3.2.2	Methaan.....	14
<b>4</b>	<b>Emissiefactoren in BBPR</b> .....	<b>15</b>
4.1	Directe lachgasemissie uit de landbouw .....	15
4.1.1	Stal en opslag .....	15
4.1.2	Externe mestopslag .....	15
4.1.3	Beweiding .....	16
4.1.4	Dierlijke mest .....	16
4.1.5	Kunstmest.....	17
4.1.6	Gewasresten .....	18
4.1.7	Landbouwkundig gebruik histosolen.....	19
4.1.8	Scheuren van grasland .....	19
4.1.9	Biologische stikstofbinding .....	20
4.2	Indirecte lachgasemissie uit de landbouw .....	20
4.3	Methaanemissie uit pensfermentatie door rundvee .....	20
4.3.1	Methode 1 Voedermiddelen .....	21
4.3.2	Methode 2 Bruto energie .....	21
4.4	Methaanemissie uit mest van rundvee .....	22
4.5	Broeikasgasmodule.....	23
4.5.1	Invoer .....	23
4.5.2	Uitvoer .....	23
<b>5</b>	<b>Bedrijfsplannen</b> .....	<b>24</b>
5.1	Definitie referentiebedrijven.....	24
5.2	Definitie maatregelen.....	25
5.3	Resultaten en discussie .....	27
5.3.1	Referentiebedrijven .....	27
5.3.2	Meer maïs in rantsoen.....	28
5.3.3	Minder weidegang.....	29
5.3.4	Voorjaarsmeststoffen .....	30
5.3.5	Minder weiden en meer maïs .....	30
5.3.6	Vergisting.....	31

5.4 Conclusies .....	33
<b>6 Aanbevelingen.....</b>	<b>34</b>
6.1 Een brede verkenning van de kosteneffectiviteit van ROB-maatregelen in de melkveehouderij.....	34
6.2 Broeikasgaswijzer .....	35
<b>Literatuur.....</b>	<b>36</b>
<b>Bijlagen .....</b>	<b>38</b>
Bijlage 1 Vergelijking van gemiddeld gewogen emissiefactoren in Miterra en de emissiefactoren in de nationale protocollen.....	38
Bijlage 2 Voorbeeld samenvattende uitvoer .....	39
Bijlage 3 Voorbeeld gedetailleerde uitvoer.....	40
Bijlage 4 Uitgangspunten en tarieven bij bedrijfsplannen .....	44
Bijlage 5 Samenvatting van de resultaten op zandgrond .....	48
Bijlage 6 Samenvatting van de resultaten op kleigrond .....	49
Bijlage 7 Samenvatting van de resultaten op veengrond .....	50

## 1 Inleiding

De Nederlandse melkveehouderij draagt via de emissies van lachgas en methaan bij aan de broeikasgasproblematiek. In het kader van het ROB-agro onderzoek ([www.robklimaat.nl](http://www.robklimaat.nl)) zijn diverse emissiereducerende maatregelen gedefinieerd. In de komende jaren zullen melkveehouders gestimuleerd worden om deze maatregelen op het bedrijf te implementeren. Belangrijke voorwaarden voor de implementatie van maatregelen zijn de inpasbaarheid in de bedrijfsvoering en de kosteneffectiviteit van de maatregelen. Met behulp van het BedrijfsBegrotingsProgramma Rundvee (BBPR) is het mogelijk om melkveebedrijven technisch en economisch te simuleren. Door de huidige versie van BBPR uit te breiden met een broeikasgasmodule wordt het mogelijk om de emissies van lachgas en methaan te berekenen. Daarmee wordt het ook mogelijk om de inpasbaarheid en de kosteneffectiviteit van emissiereducerende maatregelen in één rekengang te berekenen. Vervolgens kunnen de resultaten van dergelijke berekeningen ingezet worden in de communicatie met veehouders.

Het eerste doel van dit rapport is de verantwoording van de rekenregels waarmee de emissies van methaan en lachgas in BBPR worden berekend. Het tweede doel is om voor een gemiddeld melkveebedrijf op zand, klei en veen de kosteneffectiviteit van een aantal emissiereducerende maatregelen te berekenen.

Dit rapport begint met een algemene beschrijving van BBPR (hoofdstuk 2) en de emissiefactoren die in Nederland worden toegepast (hoofdstuk 3). Hoofdstuk 4 beschrijft de rekenregels in de broeikasgasmodule van BBPR. Vervolgens worden in hoofdstuk 5 de resultaten weergegeven van berekeningen met de broeikasgasmodule. Tot slot volgt in hoofdstuk 6 een beschrijving van de mogelijke toepassingen van de broeikasgasmodule.

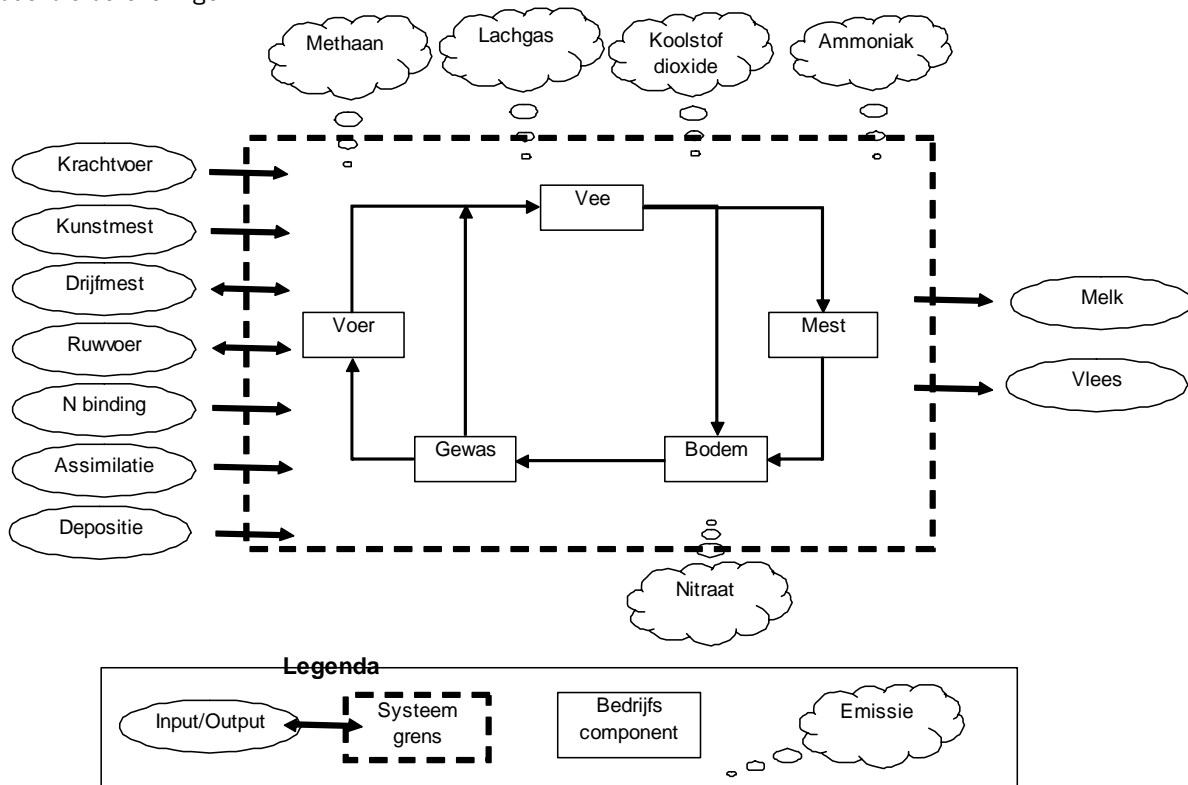
## 2 BedrijfsBegrotingsProgramma Rundvee (BBPR)

### 2.1 Plaats van het bedrijfsmodel

Voor de nationale inventarisatie van broeikasgasemissies gebruikt Nederland een methode conform de IPCC-methodiek (Spakman *et al.*, 2003, Klein Goldewijk *et al.*, 2005), waarin landbouw één van de zes sectoren is. Binnen de sector landbouw wordt onderscheid gemaakt in emissies uit pensfermentatie, mestmanagement en landbouwkundig gebruik van bodems. De emissies worden berekend door vermenigvuldiging van een activiteit met een emissiefactor, waarbij de activiteiten op nationale schaal zijn geaggregeerd. De belangrijkste activiteiten zijn het aantal dieren en de hoeveelheid mest. Effecten van maatregelen zijn doorgaans alleen zichtbaar als de maatregel een effect heeft op het aantal dieren of de hoeveelheid mest.

Een benadering met bedrijfsmodellen houdt meer in dan slechts een verandering van schaalgrootte van nationaal niveau naar bedrijfsniveau. Een bedrijfsmodel geeft specifiek inzicht in de onderlinge interacties op bedrijfsniveau (zie figuur 1) zodat de gevolgen van veranderingen voor alle componenten van het bedrijfssysteem zichtbaar worden. Bijvoorbeeld het verkorten van de beweidingduur leidt tot een lagere mestuitscheiding in de weide en een hogere mestproductie op stal. De hogere mestproductie op stal leidt tot meer mestaanwending en dus een besparing op het gebruik van kunstmest. Deze effecten worden impliciet ook meegenomen in de NIR en Miterra. Het voordeel van een bedrijfsmodel benadering is dat nu ook de invloed van een dergelijke maatregel zichtbaar is op bijvoorbeeld de voerkwaliteit en andere factoren. Zo wordt bij deze maatregel nu meer gras gewonnen via voederwinning in plaats van via beweiding, wat tot een hogere kunstmestbehoefte leidt. De kwaliteit van het gewonnen kuilvoer is lager dan de kwaliteit van vers weidegras, waardoor meer krachtvoer wordt gevoerd. Een bedrijfsmodel is goed herkenbaar voor veehouders waardoor eventueel te nemen maatregelen en hun effecten beter vertaalbaar zijn naar het eigen bedrijfssysteem.

Het systeem wordt begrensd door de "poort" van het bedrijf. Dat houdt in dat eventuele effecten vooraf of achteraf in de productie keten buiten het bedrijf, doorgaans niet worden meegenomen. Bijvoorbeeld het gebruik van aangekocht voer leidt op bedrijfsniveau tot een hogere benutting van grondstoffen omdat de verliezen bij de voerproductie buiten het bedrijf plaatsvinden. Datzelfde geldt voor de afvoer van dierlijke mest; de verliezen bij het gebruik van de afgevoerde mest vinden buiten het bedrijf plaats. Dergelijke afwentelingen zijn wel zichtbaar in nationale berekeningen.

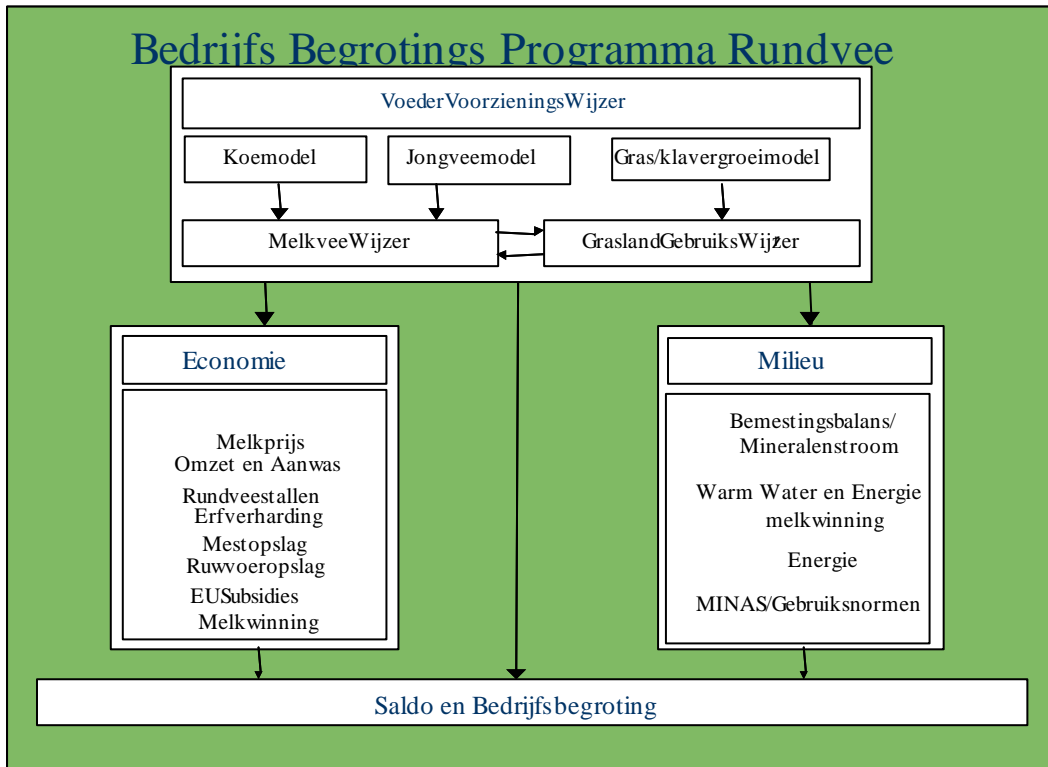


**Figuur 1** Schematische weergave van een bedrijfssysteem in de melkveehouderij.



## 2.2 Het bedrijfsmodel BBPR

Het BedrijfsBegrotingsProgramma Rundvee (BBPR) is ontwikkeld voor de technisch-economische simulatie van een melkveebedrijf (Mandersloot *et al.*, 1991). Momenteel wordt BBPR gebruikt door accountantsbureaus, onderwijs- en onderzoekinstellingen, voorlichting, bedrijfsleven en individuele veehouders. Rekening houdend met de specifieke bedrijfsomstandigheden berekent BBPR technische, milieutechnische en bedrijfseconomische kengetallen. BBPR is opgebouwd uit verschillende onderdelen. De huidige opzet van BBPR is in figuur 2 weergegeven (De Haan *et al.*, 2003). De voedervoorzieningswijzer (VWV) vormt de kern van BBPR. In VWV wordt het ruwvoeraanbod van het eigen bedrijf, berekend via het grasgroeimodel, gekoppeld aan de vraag, berekend via het koemodel en het jongveemodel.



**Figuur 2** Overzicht opbouw BBPR en onderlinge samenhang tussen de onderdelen.

### *Koemodel en jongveemodel*

Het koemodel (Zom *et al.*, 2002) en jongveemodel berekenen de dagelijkse voeropname en melkproductie van melkvee en jongvee als functie van de dierfactoren leeftijd, lactatiestadium en dracht en de voerfactoren chemische samenstelling en verteerbaarheid. De netto energie (VEM) wordt verdeeld over de hoofdcomponenten a) onderhoud, groei en dracht, b) melkproductie en c) mobilisatie en aanzet.

### *Grasgroeimodel*

Het grasgroeimodel berekent de dagelijkse grasproductie (opbrengst, stikstofgehalte en voederwaarde) als functie van grondsoort, grondwatertrap, stikstofbemesting en stikstofleverend vermogen (NLV). De grasproductie wordt daarnaast gecorrigeerd voor de effecten van hergroeivertraging na een zware snede, stikstofnawerking, droogte en regio (voorjaarstemperatuur).

### *Melkveewijzer en Graslandsgebruikswijzer*

De output van het koemodel, jongveemodel en grasgroeimodel wordt in de melkveewijzer en graslandgebruikswijzer op elkaar afgestemd.

De melkveewijzer berekent de voeropname en melkproductie van de hele melkveestapel van een bedrijf. De melkproductie per koe kan zowel opgegeven worden als berekend worden. De volgende gegevens dienen als

invoer: aantal koeien, vervangingspercentage, afkalfpatroon, uitstoot van dieren, krachtvoer, bijproducten, beweiding, ruwvoerbijvoeding en winterruwvoer.

De graslandgebruikswijzer berekent de graslandopbrengsten bij beweiding en ruwvoerwinning (Van Der Kamp *et al.*, 2003). De benodigde invoergegevens zijn de oppervlakte grasland, grondsoort, grondwatertrap, NLV, stikstofjaargift, graslandgebruikssysteem, herinzaaipercentage en de bijvoeding in de zomer. De graslandgebruikswijzer berekent vervolgens de beweiding door, waarbij de hoeveelheid gras die overblijft wordt gemaaid en ingekuild voor wintervoeding.

De feitelijke integratie van melkveewijzer en graslandgebruikswijzer vindt plaats in VVW. Aanvullend is hiervoor invoer nodig over de oppervlakte snijmais en overige voedergewassen. De hoeveelheid gewonnen ruwvoer wordt toebedeeld aan het vee. Eventuele ruwvoertekorten of-overschotten worden gekocht dan wel verkocht.

#### *Milieumodulen*

- De bemestingsbalans verdeelt de drijfmest over de verschillende gewassen en vult, bij een eventueel tekort aan stikstof, fosfor en kali, de drijfmest aan met kunstmeststoffen tot de behoefte.
- Het deelprogramma mineralenstroom beschrijft de stikstof-, fosfaat- en kalikingloop binnen het bedrijf (Schreuder *et al.*, 1995). De mestproductie en -samenstelling worden met behulp van de voeropname van de veestapel en de verteringscoëfficiënten van de betreffende voedermiddelen berekend. De mest wordt verdeeld aan de hand van de bemestingsstrategie en de bemestingsbehoefte van de gewassen. Mineralenstroom berekent de ammoniakemissie vanuit de huisvesting en mestopslag, na mesttoediening en tijdens de beweiding.
- Het deelprogramma externe mineralenbalans geeft de aan- en afvoer van de mineralen N, P en K, en berekent de overschotten van die mineralen.
- Het deelprogramma Minas zet de aan- en afvoer van mineralen op een rijtje en berekent Minasoverschotten en eventuele te betalen overschotheffingen volgens de mestwetgeving tot 1 januari 2006.
- Het deelprogramma Gebruiksnormen berekent aan de hand van de bedrijfsopzet de toegestane kunstmestaanvoer en de eventueel benodigde mestafvoer volgens de mestwetgeving vanaf 1 januari 2006.
- Het deelprogramma nitraatuitspoeling (NURP) berekent met behulp van gegevens over grondgebruik, bemesting, voeding en veestapel de te verwachten hoeveelheid nitraat die na het groeiseizoen uit kan spoelen op zand of löss.
- Het deelprogramma "warm water en energie melkwinning" berekent het verbruik en de kosten van water, energie en reinigingsmiddelen voor de melkwinning op het melkveebedrijf. Daarnaast worden de kosten van investeringen in duurzame productiemiddelen als boiler, voorcoeler of IBA (individuele behandeling afvalwater) bepaald.
- Het deelprogramma Energie berekent het energieverbruik op melkveebedrijven.

#### *Economische modulen*

- Het deelprogramma omzet en aanwas berekent voor de melkkoeien, pinken en kalveren de aankopen en verkopen, en daarmee de omzet van de veestapel.
- Het deelprogramma melkprijs berekent de totale hoeveelheid melkgeld en de melkprijs per kg melk, rekening houdend met alle relevante heffingen.
- Het deelprogramma Rundveestallen berekent de vervangingswaarde van de rundveehouderijgebouwen en de daaraan gekoppelde jaarkosten.
- Het deelprogramma externe mestopslag rekt uit hoeveel mestopslag nodig is naast de mestopslag onder de stal en hoe hoog de kosten hiervoor zijn.
- Het deelprogramma ruwvoeropslag berekent aan de hand van de geproduceerde en aangekochte hoeveelheden ruwvoer en krachtvoervangers (bijproducten) de afmetingen en kosten van de ruwvoeropslag. De kosten voor afdekking van de ruwvoeropslagen en de vervangingswaarde en de jaarlijkse kosten van de eventuele perssapput worden ook berekend.
- Het deelprogramma erfverharding berekent de oppervlakte en de kosten van het verharde gedeelte van het erf.
- Het deelprogramma melkwinningskosten berekent de jaarkosten van de melkwinningsapparatuur.
- Het deelprogramma gemeenschappelijk landbouwbeleid berekent de maximaal verkrijgbare subsidie op basis van het huidige EU-landbouwbeleid. Het gaat hierbij om de ontkoppelde premie, onder andere op basis van de voormalige maispremie, de slachtpremie en de melkpremie.

*Saldo en bedrijfsbegroting*

Tot slot berekent het deelprogramma economie alle kosten en opbrengsten voor het gehele bedrijf, gebaseerd op de bovenstaande deelprogramma's, aangevuld met overige kosten. BBPR maakt gebruik van de afspraken en definities zoals die zijn overeengekomen door het LEI en een aantal grote accountantsbureau's binnen de agrarische sector in het kader van het Geüniformeerd Rekenschema voor de Agrarische Sector (VAB, 1997). Ieder jaar wordt BBPR geactualiseerd met de meest recente prijzen uit KWIN-V.

### 3 Nationale Emissiefactoren

In dit hoofdstuk worden de berekeningen van de emissie van lachgas en methaan op nationaal niveau beschreven. Eerst wordt aandacht besteed aan de emissieberekeningen volgens de formele protocollen. Daarna wordt ingegaan hoe in het model Miterra de emissies worden berekend.

#### 3.1 Emissiefactoren in de Nederlandse protocollen

De nationale emissie van broeikasgassen wordt berekend met behulp van formele protocollen, waarin de methodiek voor de zogenaamde "key sources" is beschreven. De protocollen zijn herzien in 2004 en beschikbaar op de website [www.broeikasgassen.nl](http://www.broeikasgassen.nl). Een gedetailleerde toelichting is te vinden in de bijbehorende achtergronddocumenten (Smink *et al.*, 2004, Van Der Hoek and Van Schijndel, 2005, Van Der Hoek *et al.*, 2005). Voor de melkveehouderij onderscheiden we vier hoofdcategorieën, namelijk directe lachgasemissie uit landbouwbodems (3.1.1), indirecte lachgasemissie uit de landbouw (3.1.2), methaanemissie uit pensfermentatie door rundvee (3.1.3) en methaanemissie uit mest van rundvee (3.1.4). Emissies worden altijd berekend door vermenigvuldiging van een activiteit (toevoerbron) en een emissiefactor. De protocollen verantwoorden zowel de herkomst van de activiteiten data als de emissiefactoren. In de onderstaande paragrafen worden de voor dit rapport essentiële onderdelen uit de protocollen kort beschreven.

##### 3.1.1 Directe lachgasemissie uit landbouwbodems

De directe emissie uit landbouwbodems omvat de emissie als gevolg van de aanwending van kunstmest en dierlijke mest, beweiding door landbouwhuisdieren, het telen van vlinderbloemigen, achterblijvende gewasresten en het landbouwkundig gebruik van histosolen (veengronden). De emissie wordt berekend met behulp van de volgende formule.

$$\text{Lachgasemissie}_{ij} = \text{omrekeningsfactor} * EF_{ij} * (\text{N-aanvoer})_{ij}$$

Lachgasemissie <sub>ij</sub>	lachgasemissie uit toevoerbron i en bodemtype j in kg N <sub>2</sub> O
Omrekeningsfactor	omrekenfactor van N <sub>2</sub> O - N naar N <sub>2</sub> O (44/28)
EF <sub>ij</sub>	emissiefactor voor de toevoerbron i en bodemtype j in kg N <sub>2</sub> O - N/kg N in toevoerbron
N-aanvoer <sub>ij</sub>	stikstofaanvoer per toevoerbron i en bodemtype j in kg N

Voor iedere relevante combinatie van toevoerbron en bodemtype is een emissiefactor opgesteld (Tabel 1).

##### *Kunstmest en dierlijke mest*

Het gaat hier om de netto aangewende hoeveelheid mest op de bodem, dus na aftrek van de ammoniakvervluchtiging bij aanwending. De emissiefactoren voor ammoniak zijn afkomstig uit Van Der Hoek (2002). De ammoniakemissie van kunstmest is vastgesteld op 2.6% van de toegediende stikstof. De ammoniakemissie van bovengronds toegediende mest is vastgesteld op 68% van de minerale stikstof. Bij toediening op grasland is de ammoniakemissie bij zodebemesting 11.5% en bij injectie 1,15%. Bij toediening op bouwland is de emissie bij injectie 10.35%. Bij direct onderwerken varieert de emissie van 23% tot 61%, afhankelijk van de tijdsduur tussen toediening en onderwerken. Onder ammoniumhoudende meststoffen worden meststoffen verstaan zonder nitraatstikstof. De categorie overige meststoffen zijn die meststoffen waarin nitraatstikstof aanwezig is.

##### *Beweiding*

Het betreft de netto gedeponeerde hoeveelheid mest gedurende de weideperiode op de bodem, dus na aftrek van de ammoniakvervluchtiging. Bij de verdeling van urine en faeces wordt vanaf 2000 uitgegaan van een verhouding van 65 : 35. De ammoniakemissie bij beweiding bedraagt 8% van de uitgescheiden stikstof (Van Der Hoek, 2002).

##### *Vlinderbloemigen*

Het betreft de stikstofbinding van akker- en tuinbouwgewassen.

##### *Gewasresten*

Het betreft de bovengrondse oogstresten van akker- en tuinbouwgewassen.

*Histosolen*

Het betreft de stikstofleverantie van histosolen.

**Tabel 1** Emissiefactoren (kg N<sub>2</sub>O-N per kg N) voor directe lachgasemissie uit landbouwbodems

Toevoerbron	Minerale bodems	Organische bodems
Kunstmest		
- ammoniumhoudend	0.005	0.01
- overige kunstmestsoorten	0.01	0.02
Dierlijke mest		
- bovengrondse aanwending	0.01	0.02
- emissie arme aanwending	0.02	0.02
Beweiding		
- faeces	0.01	0.01
- urine	0.02	0.02
Stikstofbinding	0.01	-
Gewasresten	0.01	-
Histosolen (kg N <sub>2</sub> O-N per ha)	-	4.7

Bron: (Van Der Hoek *et al.*, 2005)

### 3.1.2 Indirecte lachgasemissie uit de landbouw

De indirecte lachgasemissie wordt berekend met de onderstaande formule.

$$\text{Lachgasemissie}_{ij} = \text{omrekeningsfactor} * EF_i * (\text{N-aanvoer})_i$$

Lachgasemissie <sub>ij</sub>	indirecte lachgasemissie uit toevoerbron i in kg N <sub>2</sub> O
Omrekeningsfactor	omrekenfactor van N <sub>2</sub> O - N naar N <sub>2</sub> O (44/28)
EF <sub>i</sub>	emissiefactor voor de toevoerbron i in kg N <sub>2</sub> O - N/kg N in toevoerbron
N-aanvoer <sub>i</sub>	stikstofaanvoer per toevoerbron i in kg N

Het protocol onderscheidt de bronnen nitraatuitspoeling, emissie van ammoniak en stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>). De uitspoeling wordt berekend als 30% van de totale stikstofaanvoer naar de bodem. De ammoniakemissie wordt berekend met de emissiefactoren uit (Van Der Hoek, 2002) en (Hoogeveen *et al.*, 2003). De emissie van stikstofoxiden is vastgesteld op 15% van de ammoniakemissie.

**Tabel 2** Emissiefactoren (kg N<sub>2</sub>O-N per kg N) voor indirecte lachgasemissie

Bron	Emissiefactor
Nitraatuitspoeling	0.025
Ammoniakvervluchtiging	0.010
Emissie stikstofoxiden	0.010

Bron: (Van Der Hoek *et al.*, 2005)

### 3.1.3 Methaanemissie uit pensfermentatie door rundvee

De formule voor het berekenen van de emissiefactor is als volgt<sup>1</sup>.

$$EF = (GE * Ym * D) / I$$

EF	emissiefactor in kg CH <sub>4</sub> /dier/jaar
GE	bruto energie opname in MJ/dier/dag
Ym	methaanconversiefactor, fractie van GE in het rantsoen welke wordt omgezet in methaan (0.06)
D	Aantal dagen per jaar (365)
I	Energieinhoud methaan (55.65 MJ/kg CH <sub>4</sub> )

De bruto energie opname (GE) wordt berekend met de onderstaande formule.

$$GE = \{[(NEm + NEmob + NEa + NEI + NEp)/(NEm/DE)] + [NEg/(NEg/DE)]\} / (DE/100)$$

GE	bruto energie in MJ/dag
NEm	netto energie voor onderhoud in MJ/dag
NEmob	netto energie mobilisatie uit gewichtsverlies in MJ/dag
NEa	netto energie voor activiteit in MJ/dag
NEI	netto energie voor lactatie in MJ/dag
NEp	netto energie voor dracht in MJ/dag
DE	fractie verteerbare energie van bruto energie in %
NEg	netto energie voor groei in MJ/dag

De netto energie voor onderhoud wordt als volgt berekend

$$NEm = Cfi * (\text{diergewicht})^{0.75}$$

NEm	netto energie voor onderhoud in MJ/dag
Cfi	Coëfficiënt voor het berekenen van de netto energie voor onderhoud in MJ/kg/dag
	niet lacterend rundvee: 0.322
	lacterend rundvee: 0.335
	Gewicht levend diergewicht in kg

De uit gewichtsverlies gemobiliseerde netto energie (NEmob) wordt voor de Nederlandse situatie niet meegenomen.

De netto energie voor activiteit wordt berekend met de volgende formule.

$$NEa = C_a * NEm$$

NEa	netto energie voor activiteit in MJ/dag
C <sub>a</sub>	coëfficiënt voor de benodigde mate van activiteit van het dier teneinde voedsel op te kunnen nemen.
NEm	netto energie voor onderhoud in MJ/dag

<sup>1</sup> Najaar 2005 is besloten de Nederlandse berekeningen van de methaanemissie als gevolg van pensfermentatie te baseren op de VEM opname. De benodigde voeropname data worden ontleend aan de Werkgroep Uniformering Mestcijfers. De omrekening van VEM opname naar methaanemissie gebeurt met een zogenaamde MCF (methaanconversiefactor). Voor Nederland wordt jaarlijks een MCF berekend met behulp van een dynamisch simulatiemodel van de pensfermentatie waarbij rekening gehouden wordt met de eigenschappen van de verschillende componenten in het rantsoen (Smink et al., 2005). De Nederlandse methaanemissies als gevolg van pensfermentatie zijn vergelijkbaar met waarden die in Duits onderzoek zijn bepaald (Flachowsky en Lebzien, 2005).

De coëfficiënt  $C_a$  bedraagt 0 voor de stalsituatie, 0,17 voor de weidesituatie en 0,36 voor de situatie van begrazing in grote gebieden. Voor de Nederlandse situatie zijn schattingen gemaakt die uiteenlopen van 0 voor permanent opgesteld vee tot 0.088 voor zoogkoeien (Tabel 3). In 2002 bedroeg de coëfficiënt voor melkvee 0.029, gebaseerd op 17% weidegras-opname op jaarbasis.

**Tabel 3**  $C_a$  coëfficiënten voor de verschillende diercategorieën in de Nederlandse situatie

Diercategorie	$C_a$ coefficient
<i>Rundvee voor de fokkerij</i>	
Vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	0.036
Mannelijk jongvee jonger dan 1 jaar	0.036
Vrouwelijk jongvee, 1 jaar – afkalven	0.070
Mannelijk jongvee, 1-2 jaar	0
Melk- en kalfkoeien	0.029
Stieren voor de fokkerij, 2 jaar en ouder	0
<i>Rundvee voor de mesterij</i>	
Vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	0.036
Mannelijk jongvee (incl. Ossen) < 1 jaar	0
Vrouwelijk jongvee, 1 jaar en ouder	0.070
Mannelijk jongvee (incl. Ossen), > 1 jaar	0
Zoog, mest- en weidekoeien, 2 jaar en ouder	0.088

Bron: (Smink *et al.*, 2004)

De netto energie voor lactatie is afhankelijk van de melkproductie en het vetgehalte.

$$NEI = M * (1.47 + 0.40 * V)$$

NEI	netto energie voor lactatie in MJ/dag
M	gemiddelde melkproductie in kg/dag
V	vetgehalte in de melk in %

De netto energie voor dracht wordt als volgt berekend.

$$NEp = Cdracht * NEm$$

NEp	netto energie voor dracht in MJ/dag
Cdracht	coëfficiënt dracht voor rundvee (0.10)
NEm	netto energie voor onderhoud in MJ/dag

De netto energie voor groei wordt als volgt berekend

$$NEg = 4.18 * \{0.0635 * [0.891 * (BW * 0.96) * (478/(C * MW))]^{0.75} * (WG * 0.92)^{1.097}\}$$

NEg	netto energie voor groei in MJ/dag
BW	levend gewicht van het dier in kg
C	coëfficiënt
	vrouwelijk vee: 0.8
	mannelijk vee: 1.2
MW	volwassen (eind)gewicht van het dier, in kg
WG:	dagelijkse groei in kg/dag

Het aandeel verteerbare energie in de bruto energie (DE) is voor de Nederlandse situatie ingeschat op basis van de verteringscoëfficiënt voor organische stof (VCos). De DE bedraagt voor kunstmelk 90%, voor krachtvoer 80%, voor graskuil en snijmais 72%, en voor weidegras 79%. Vervolgens wordt de verhouding tussen de beschikbare energie en de opgenomen verteerbare energie berekend met de volgende twee formules.

$$\text{NEm/DE} = 1.123 - (4.092 * 10^{-3} * \text{DE}) + [1.126 * 10^{-5} * (\text{DE})^2] - (25.4/\text{DE})$$

$$\text{NEg/DE} = 1.164 - (5.160 * 10^{-3} * \text{DE}) + [1.308 * 10^{-5} * (\text{DE})^2] - (37.4/\text{DE})$$

NEm	netto energie voor onderhoud in MJ/dag
NEg	netto energie voor groei in MJ/dag
DE	fractie verteerbare energie van bruto energie in %

De methaanemissie wordt berekend met de onderstaande formule.

$$\text{Methaanemissie}_i = \text{EF}_i * \text{dieraantal}_i$$

Methaanemissie <sub>i</sub>	methaanemissie voor diercategorie i in kg CH <sub>4</sub>
EF <sub>i</sub>	emissiefactor voor de diercategorie i in kg CH <sub>4</sub> /dier (Tabel 4)
Dieraantal <sub>i</sub>	aantal dieren in diercategorie i

**Tabel 4** Methaanemissiefactoren (kg CH<sub>4</sub> per dier per jaar) voor 2002

CBS-code	Diersoort	
<i>Rundvee voor de fokkerij</i>		
201	Vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	34.75
203	Mannelijk jongvee jonger dan 1 jaar	36.53
205	Vrouwelijk jongvee, 1-2 jaar	52.16
207	Mannelijk jongvee, 1-2 jaar	55.15
209	Vrouwelijk jongvee, 2 jaar en ouder	52.16
211	Melk- en kalfkoeien	113.19
213	Stieren voor de fokkerij, 2 jaar en ouder	62.59
<i>Rundvee voor de mesterij</i>		
216	Vleeskalveren, voor de rosé vleesproductie	37.82
214	Vleeskalveren, voor de witvleesproductie	17.73
217	Vrouwelijk jongvee jonger dan 1 jaar	34.75
219	Mannelijk jongvee (incl. ossen) jonger dan 1 jaar	40.43
221	Vrouwelijk jongvee, 1-2 jaar	49.23
223	Mannelijk jongvee (incl. ossen), 1-2 jaar	60.08
225	Vrouwelijk jongvee, 2 jaar en ouder	49.23
227	Mannelijk jongvee (incl. ossen), 2 jaar en ouder	60.08
229/228	Zoog, mest- en weidekoeien, 2 jaar en ouder	64.61

Bron: (Smink *et al.*, 2004)

### 3.1.4 Methaanemissie uit mest van rundvee

Bij de emissie uit mest wordt een onderscheid gemaakt tussen dunne rundveemest, vaste rundveemest en weidemest. De methaanemissie wordt afgeleid met behulp van de onderstaande formule.

$$\text{EF}_{ij} = \text{VS}_i * \text{Bo}_{ij} * \text{MCF}_j * \rho$$

EF <sub>ij</sub>	emissiefactor voor diertype i en mestmanagementsysteem j in kg CH <sub>4</sub> /kg mest
VS <sub>i</sub>	fractie afbreekbare organische stof in mest uitgescheiden door diertype i, in kg VS/kg mest
Bo <sub>ij</sub>	maximaal methaanproductie potentieel voor de mest van diertype i en mestmanagementsysteem j, in m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg VS
MCF <sub>j</sub>	methaanconversiefactor van mestmanagementsysteem j in % van Bo
ρ	dichtheid van methaan (0.67 kg/m <sup>3</sup> )



De fractie afbreekbare organische stof (VS) in de mest wordt bepaald door het diertype en is afhankelijk van de voersamenstelling. De maximale methaan vorming (Bo) wordt bepaald door de afbreekbaarheid van de organische bestanddelen in de mest. De methaanconversiefactor (MCF) geeft de mate aan waarin de hoeveelheid afbreekbare stof ook daadwerkelijk wordt omgezet in methaan. De emissie wordt vervolgens berekend met de onderstaande formule.

$$\text{Methaanemissie}_{ij} = \text{EF}_{ij} * \text{Mesthoeveelheid}_{ij}$$

Methaan emissie <sub>ij</sub>	methaanemissie voor diersoort i en mestmanagementsysteem j in kg CH <sub>4</sub>
	emissiefactor voor diersoort i en mestmanagementsysteem j in kg CH <sub>4</sub> /kg mest (Tabel 5)
Mesthoeveelheid <sub>ij</sub>	hoeveelheid mest voor diersoort i en mestmanagementsysteem j in kg

**Tabel 5** Emissiefactoren voor methaanemissie uit rundveemest voor het jaar 2002. Tevens zijn de waarden voor de onderliggende formule weergegeven.

Diersoort	Mestmanagement-systeem	VS (fractie)	Bo (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg VS)	MCF (% van Bo)	EF (kg CH <sub>4</sub> /kg mest)
<i>Dunne mest in stal en opslag</i>					
Rundvee (excl. Vleeskalveren)	Opslag <1 maand	0.064	0.25	0.00	0
Rundvee (excl. Vleeskalveren)	Opslag >1 maand	0.064	0.25	0.17	0.001822
<i>Vaste mest in stal en opslag</i>					
Zoog-, weide- en mestkoeien	Opslag <1 maand	0.150	0.25	0.00	0
Zoog-, weide- en mestkoeien	Opslag >1 maand	0.150	0.25	0.015	0.000377
<i>Weidemest</i>					
Alle weidende rundvee		0.064	0.25	0.01	0.000107

Bron: (Van Der Hoek and Van Schijndel, 2005)

Bij mestvergisting van verse mest is de opslagtijd korter dan 1 maand. Hierdoor vindt geen methaanemissie plaats in de mestopslag.

### 3.2 Emissiefactoren in Miterra

Miterra is een rekenmodel op nationaal niveau voor emissies van methaan en lachgas in de landbouw. Met het model kunnen effecten van beleidsmaatregelen op de emissies worden door gerekend (Kuikman *et al.*, in prep, Kuikman *et al.*, 2004a). Het model maakt gebruik van nationale statistieken wat betreft de arealen landbouwgrond en de samenstelling van de veestapel. Miterra wijkt af van de NIR-systematiek wat betreft het gebruik van emissiepercentages. De emissiepercentages die binnen Miterra worden gebruikt zijn gebaseerd op metingen in ROB-projecten. Deze komen soms overeen met wat binnen NIR wordt gebruikt en soms niet. Bovendien wordt binnen Miterra onderscheid gemaakt naar grondwatertrap. De meeste van de binnen Miterra gehanteerde emissiefactoren zijn gerelateerd aan de grondwatertrap. In Miterra worden de emissies, conform de protocollen, eveneens berekend door vermenigvuldiging van een activiteit met een emissiefactor. In dit onderdeel worden de emissiefactoren in Miterra kort besproken. Verdere achtergrondinformatie over het onderzoek dat ten grondslag heeft gelegen is gepubliceerd in een reeks rapporten in het kader van ROB onderzoek (Corre and Kasper, 2002, Corre and Pinxterhuis, 2000, Dolfing *et al.*, 2002, Dolfing *et al.*, 2004a, Dolfing *et al.*, 2004b, Kasper *et al.*, 2002, Kroes *et al.*, 2000, Kuikman *et al.*, 2004b, Van der Bolt *et al.*, 2004, Velthof *et al.*, 2000a, Velthof *et al.*, 2000b, Velthof, 2003, Velthof and Kuikman, 2000).

### 3.2.1 Lachgas

In Miterra worden negen emissiebronnen onderscheiden

#### Stal

De emissiefactor voor systemen met dunne mest bedraagt 0.001 kg N per kg N-excretie. Voor vaste mest is de emissiefactor 0.02 kg N per kg N-excretie.

De ammoniakemissie bedraagt voor melkvee in een ligboxenstal en een potstal 12.9%, en in een emissie-arme stal 6.5% (Groen Label). Voor jongvee zijn de ammoniakemissies respectievelijk 5% (ligbox en potstal) en 2.5% (emissie-arm).

#### Opslag

De emissiefactor voor buiten opgeslagen mest bedraagt 0.001 kg N per kg opgeslagen N.

De ammoniakemissie voor rundveemest is 1% en voor varkensmest 2%.

#### Beweiding

**Tabel 6** Emissiefactoren lachgas bij beweiding (kg N per kg N) in Miterra

Grondsoort	Grondwatertrap	
Zand en Klei	I – V	0.0313
	VI	0.0250
	VII-VII*	0.0188
Veen	I	0.03
	II – III	0.06
	IV – IV*	0.03

De ammoniakemissie bij beweiding bedraagt 8% van de uitgescheiden stikstof.

#### Dierlijke mest

**Tabel 7** Emissiefactoren lachgas uit dierlijke mest (kg N per kg N) in Miterra

Grondsoort	Grondwatertrap	Grasland		Bouwland	
		emissiearm	oppervlakkig	Emissiearm	Oppervlakkig
Zand en Klei	I – V	0.0063	0.0031	0.0125	0.0063
	VI	0.0050	0.0025	0.0100	0.0050
	VII-VII*	0.0038	0.0019	0.0075	0.0038
Veen	I	0.0050	0.0025	0.0100	0.0050
	II – III	0.0100	0.0050	0.0200	0.0100
	IV – IV*	0.0050	0.0025	0.0100	0.0050

De ammoniakemissie varieert van 1% bij injectie tot 68% bij bovengrondse toediening.

#### Kunstmest

De emissie van een "gemiddelde" kunstmest is gebaseerd op 97% nitraat en 3% ammonium. Onder "ammonium" meststoffen worden meststoffen verstaan zonder nitraatstikstof. De categorie "Nitraat" zijn die meststoffen waarin nitraatstikstof aanwezig is. De ammoniakemissie van nitraathoudende kunstmest is 1.5%, van ammoniummeststoffen 10%.

**Tabel 8** Emissiefactoren lachgas uit kunstmest (kg N per kg N) in Miterra

Grondsoort	Grondwatertrap	Gemiddeld	Nitraat	Ammonium
Zand en Klei	I – V	0.0123	0.0125	0.0063
	VI	0.0099	0.0100	0.0050
	VII-VII*	0.0074	0.0075	0.0038
Veen	I	0.0197	0.0200	0.0100
	II – III	0.0394	0.0400	0.0200
	IV – IV*	0.0197	0.0200	0.0100

*Gewasresten*

De hoeveelheid stikstof in de gewasresten bedraagt voor mais 22, granen 25, suikerbieten 174, aardappelen 26 en overige akkerbouwgewassen 40 kg N/ha.

**Tabel 9** Emissiefactoren lachgas uit gewasresten (kg N per kg N) in Miterra

Grondsoort	Grondwatertrap	Grasland	Mais	Granen	Suikerbieten	Overig
Zand en Klei	I – V	0	0.0039	0.0039	0.0195	0.0156
	VI	0	0.0031	0.0031	0.0156	0.0125
	VII-VII*	0	0.0023	0.0023	0.0117	0.0094
Veen	I	0	0.0025	0.0025	0.0125	0.010
	II – III	0	0.0050	0.0050	0.0250	0.020
	IV – IV*	0	0.0025	0.0025	0.0125	0.010

*Achtergrond***Tabel 10** Emissiefactoren lachgas achtergrond (kg N per ha per jaar) in Miterra

Grondsoort	Grondwatertrap	Grasland	Bouwland	Natuur
Zand en Klei	I – V	1.25	0.94	0.70
	VI	1.00	0.75	0.56
	VII-VII*	0.75	0.56	0.42
Veen	I	3.5	3.5	1.0
	II – III	7.0	7.0	20
	IV – IV*	3.5	3.5	1.0

*Scheuren van grasland*

De hoeveelheid extra gemineraliseerde stikstof door het scheuren bedraagt op klei 300, op zand 200 en veen 450 kg N/ha, ongeacht het tijdstip van scheuren.

**Tabel 11** Emissiefactoren lachgas (kg N per kg N) bij het scheuren van grasland in Miterra

Grondsoort	Grondwatertrap	Voorjaar	Najaar
Zand en Klei	I – V	0.0125	0.0250
	VI	0.0100	0.0200
	VII-VII*	0.0075	0.0150
Veen	I	0.0200	0.0400
	II – III	0.0400	0.0800
	IV – IV*	0.0200	0.0400

*Biologische stikstofbinding*

Voor maïs, granen, aardappelen en grasland zonder klaver wordt een stikstofbinding van 2 kg N per ha per jaar verondersteld. Voor grasland met klaver is de stikstofbinding 150 kg N/ha/jaar, en voor overig bouwland 9 kg N/ha/jaar.

**Tabel 12** Emissiefactoren lachgas (kg N per kg N) uit biologisch gebonden stikstof in Miterra

Grondsoort	Grondwatertrap	Voorjaar
Zand en Klei	I – V	0.0063
	VI	0.0050
	VII-VII*	0.0038
Veen	I	0.01
	II – III	0.02
	IV – IV*	0.01

*3.2.2 Methaan*

In Miterra worden dezelfde emissiefactoren gebruikt als in de nationale protocollen. De methaanemissie door pensfermentatie is voor melkvee 113.19 kg/dier/jaar. Voor jongvee wordt een methaanemissie van 42.86 kg/dier/jaar gehanteerd. De methaanemissie uit mest is gebaseerd op de oudere protocollen, namelijk 0.698 kg/m<sup>3</sup>/jaar voor dunne rundermest van melkvee en jongvee. Voor vaste mest wordt aangenomen dat de emissie 60% bedraagt van die van dunne mest.

## 4 Emissiefactoren in BBPR

De emissiefactoren in BBPR zijn in beginsel gebaseerd op de uitgangspunten in de protocollen die als grondslag dienen voor de nationale inventarisatie voor de broeikasgasemissies. Indien het detailniveau van de protocollen onvoldoende is voor een juiste berekening van emissies op bedrijfsniveau, wordt gebruik gemaakt van de emissiefactoren uit Miterra. In dit hoofdstuk wordt eveneens aangegeven op welke wijze de emissiefactoren ingebed worden in BBPR.

### 4.1 Directe lachgasemissie uit de landbouw

De emissiefactoren voor de directe lachgasemissie in BBPR zijn rechtstreeks overgenomen uit Miterra. Het detailniveau van deze emissiefactoren sluit goed aan bij de rekenregels van BBPR. Bij een aantal onderdelen zijn de emissiefactoren in Miterra verfijnd naar grondsoort en grondwatertrap. In Bijlage 1 is voor de verfijnde emissiefactoren uit Miterra de gemiddelde emissiefactor berekend, gewogen naar grondsoort en grondwatertrap. Uit de vergelijking met de emissiefactoren in de nationale protocollen blijkt dat er op onderdelen verschillen ontstaan, maar dat er voor de totale lachgasemissie uit de landbouw geen structurele over- of onderschatting lijkt te zijn.

#### 4.1.1 Stal en opslag

Emissie =  $EF_{\text{stal}} \cdot (\text{stalexcretie} - \text{ammoniakemissie}) \cdot \text{omrekeningsfactor}$

Emissie	kg N <sub>2</sub> O
$EF_{\text{stal}}$	0.001 kg N <sub>2</sub> O-N per kg N, voor systemen met dunne mest 0.020 kg N <sub>2</sub> O-N per kg N, voor systemen met vaste mest
Stalexcretie	kg N
Ammoniakemissie	kg NH <sub>3</sub> -N
Omrekeningsfactor	omrekenfactor van N <sub>2</sub> O - N naar N <sub>2</sub> O (44/28)

De mestproductie wordt berekend op basis van de opname van droge stof en de verteringscoëfficiënten voor de droge stof. De niet verteerde droge stof komt in de faeces terecht. De uitscheiding van droge stof in urine wordt berekend uit de stikstof- en kali-uitscheiding met urine. De samenstelling van de mest wordt berekend uit de voeropname van de verschillende mineralen. De niet verteerde mineralen worden in de faeces uitgescheiden. Het deel van de verteerde mineralen dat niet wordt vastgelegd in melk, vlees of dracht, wordt via de urine uitgescheiden. Alle veranderingen in het management van de voedergewassen, zoals stikstofbemesting of maaitijdstip, komen tot uiting in de mestsamenstelling.

Gedurende de stalperiode komt alle mest in de stal terecht. Gedurende de weideperiode komt een deel in de weide terecht: 90% bij onbeperkt weiden en 50% bij beperkt weiden. Naast mest worden ook de voerresten afgevoerd naar de mestopslag. De stikstof in deze voerresten wordt niet meegenomen in de berekening van de emissie.

De ammoniakemissie in de stal wordt berekend uit een emissie per koe per maand, die weer is onderverdeeld in een kelder- en een vloeremissie. De emissie is een functie van temperatuur, aandeel snijmaïs en  $OEB_{\text{rantsoen}}$  (Van Duinkerken *et al.*, 2003). De stalemissie van pinken en kalveren bedraagt respectievelijk 52 en 27% van die van melkkoeien. De kelderemissie vindt gedurende het hele jaar plaats. De vloeremissie is afhankelijk van de aanwezigheid van dieren in de stal.

BBPR kent niet de mogelijkheid om met vaste-mestsystemen te werken. Berekeningen voor systemen met vaste mest vergen aanvullende berekeningen voor de bepaling van de vaste en variabele kosten. Daarnaast dienen de werkingscoëfficiënten aangepast te worden aan die van vaste mest.

#### 4.1.2 Externe mestopslag

De uitgescheiden mest komt rechtstreeks terecht in de kelderopslag. Indien deze vol is, wordt de mest in een externe mestopslag opgeslagen. De ammoniakemissie uit een open opslag bedraagt in de winter 8.88 g N per m<sup>2</sup> mestoppervlak, en in de zomer 12.84 g N per m<sup>2</sup> mestoppervlak. Bij een overdekte opslag is de emissiereductie 75 tot 84%.

De mestopslag in de kelder is gerelateerd aan de grootte van het bedrijf. De mest die niet in de kelder kan worden opgeslagen wordt in een buitenopslag opgeslagen. In de uitvoer wordt aangegeven hoeveel dagen in de

zomer en in de winter de buitenopslag in gebruik is. De meststikstof in de opslag is de totale hoeveelheid die is overgepompt naar de buitenopslag.

Omdat de mest in de externe opslag per definitie eerst in de stal is uitgescheiden, wordt over de mest in de externe opslag niet nogmaals een lachgasemissie berekend.

#### 4.1.3 Beweiding

$$\text{Emissie} = \text{EF}_{\text{weide}} * (\text{weide-excretie} - \text{ammoniakemissie}) * \text{omrekeningsfactor}$$

Emissie	kg N <sub>2</sub> O
EF <sub>weide</sub>	kg N <sub>2</sub> O-N per kg N (Tabel 13)
Weide-excretie	kg N
Ammoniakemissie	kg NH <sub>3</sub> -N
Omrekeningsfactor	omrekenfactor van N <sub>2</sub> O - N naar N <sub>2</sub> O (44/28)

**Tabel 13** Emissiefactoren lachgas bij beweiding (kg N per kg N) in BBPR

Grondsoort	Grondwatertrap	
Zand en Klei	I – V	0.0313
	VI	0.0250
	VII-VII*	0.0188
Veen	I	0.03
	II – III	0.06
	IV – IV*	0.03

De mest die niet in de stal wordt uitgescheiden wordt in de weide uitgescheiden. De ammoniakemissie van in de weide uitgescheiden mest bedraagt 8%.

#### 4.1.4 Dierlijke mest

$$\text{Emissie} = \text{EF}_{\text{toediening}} * (\text{stikstof in toegediende mest} - \text{ammoniakemissie}) * \text{omrekeningsfactor}$$

Emissie	kg N <sub>2</sub> O
EF <sub>toediening</sub>	kg N <sub>2</sub> O-N per kg N (Tabel 14)
Toegediende mest	kg N
Ammoniakemissie	kg NH <sub>3</sub> -N
Omrekeningsfactor	omrekenfactor van N <sub>2</sub> O - N naar N <sub>2</sub> O (44/28)

**Tabel 14** Emissiefactoren lachgas uit dierlijke mest (kg N per kg N) in BBPR

Grondsoort	Grondwatertrap	Grasland emissiearm	Grasland oppervlakkig	Bouwland emissiearm	Bouwland oppervlakkig
Zand en Klei	I – V	0.0063	0.0031	0.0125	0.0063
	VI	0.0050	0.0025	0.0100	0.0050
	VII-VII*	0.0038	0.0019	0.0075	0.0038
Veen	I	0.0050	0.0025	0.0100	0.0050
	II – III	0.0100	0.0050	0.0200	0.0100
	IV – IV*	0.0050	0.0025	0.0100	0.0050

De toediening van mest wordt over maximaal drie uitrijtijdstoppen verdeeld. De verdelingen over grasland en voedergrassen kan eveneens op drie manieren ingesteld worden: prioriteit bij gras, prioriteit bij voedergrassen of gelijke verdeling. Naast de dunne mest van het eigen bedrijf kunnen drie extra mestsoorten aangevoerd worden. De ammoniakemissie is afhankelijk van de methode van toediening. De ammoniakemissie varieert van 60% bij bovengrondse toediening tot 2.5% bij injectie of direct onderwerken.

#### 4.1.5 Kunstmest

$$\text{Emissie} = \text{EF}_{\text{kunstmest}} * (\text{kunstmeststikstofgift} - \text{ammoniakemissie}) * \text{omrekeningsfactor}$$

Emissie	kg N <sub>2</sub> O
EF <sub>kunstmest</sub>	kg N <sub>2</sub> O-N per kg N (Tabel 15)
Kunstmest	kg N
Ammoniakemissie	kg NH <sub>3</sub> -N
Omrekeningsfactor	omrekenfactor van N <sub>2</sub> O - N naar N <sub>2</sub> O (44/28)

**Tabel 15** Emissiefactoren lachgas uit kunstmest (kg N per kg N) in BBPR

Grondsoort	Grondwatertrap	KAS	AS
Zand en Klei	I – V	0.0125	0.0063
	VI	0.0100	0.0050
	VII-VII*	0.0075	0.0038
Veen	I	0.0200	0.0100
	II – III	0.0400	0.0200
	IV – IV*	0.0200	0.0100

De totale stikstofgift kan door de gebruiker worden ingesteld of door het programma berekend worden op basis van het landbouwkundige advies. Na aftrek van de werkzame stikstof uit dierlijke mest blijft de aan te kopen hoeveelheid kunstmest over.

#### Aanpassing in BBPR

Momenteel werkt BBPR niet met verschillende kunstmestsoorten. Het programma dient aangepast te worden zodat het mogelijk is om een alternatieve meststof met 100% ammoniumstikstof toe te passen. Een dergelijke voorjaarsmeststof zal alleen voor de bemesting van de eerste snede op grasland worden toegepast, met een maximum van 150 kg meststof per ha, hetgeen gelijk is aan 32 kg N/ha. In veldproeven op zand en löss was de stikstofwerking van ammoniumsulfaat (AS) gelijk aan die van kalkammonsalpeter (KAS). Op kleigrond was de stikstofwerking van AS 39% hoger dan die van KAS (Bussink *et al.*, 2003). In vergelijkend onderzoek op praktijkpercelen (Den Boer and Bakker, 2003) is voor AS eveneens een hogere werking gevonden. In de formele bemestingsadviezen wordt echter geen onderscheid gemaakt tussen KAS en andere meststoffen, dus wordt uitgegaan van een gelijke werking van KAS en AS.

Voor een goede bedrijfseconomische vergelijking is het noodzakelijk dat de lagere aankoop prijs van AS en het extra verzurende effect worden verrekend. Momenteel is de prijs van AS 92% van die van KAS. Het verzurende effect wordt ingerekend door de aankoop en toediening van 60 kg CaO/ha extra. BBPR houdt geen rekening met ammoniakemissie uit kunstmest. Voorgesteld wordt om dit als volgt mee te nemen: 1.5% voor KAS, en 10% voor AS.

## 4.1.6 Gewasresten

Emissie = $EF_{\text{gewasrest}} \cdot (\text{stikstof in gewasrest}) \cdot \text{omrekeningsfactor}$	
Emissie	kg N <sub>2</sub> O
$EF_{\text{gewasrest}}$	kg N <sub>2</sub> O-N per kg N (Tabel 16)
Gewasrest	kg N (Tabel 17)
Omrekeningsfactor	omrekenfactor van N <sub>2</sub> O - N naar N <sub>2</sub> O (44/28)

**Tabel 16** Emissiefactoren lachgas uit gewasresten (kg N per kg N) in BBPR

Grondsoort	Grondwatertrap	Grasland	Mais	Granen	Suikerbieten	Overig
Zand en Klei	I – V	0.0	0.0039	0.0039	0.0195	0.0156
	VI	0.0	0.0031	0.0031	0.0156	0.0125
	VII-VII*	0.0	0.0023	0.0023	0.0117	0.0094
Veen	I	0.0	0.0025	0.0025	0.0125	0.010
	II – III	0.0	0.0050	0.0050	0.0250	0.020
	IV – IV*	0.0	0.0025	0.0025	0.0125	0.010

In BBPR kan naast gras de voedergewassen maïs, Gehele Plant Silage (GPS), voederbieten, Maïskolvensilage (MKS) en Corncobmix (CCM) worden geteeld. Overige akkerbouwgewassen kunnen worden gesimuleerd door de specifieke kengetallen van een dergelijk gewas in te voeren bij de lange invoer voor een voedergewas. Bij de teelt van gras vinden tijdens de voederwinning veldverliezen plaats, ongeveer 6%. In afwachting van eventuele toekomstige aanpassingen wordt hier voorlopig een emissiefactor van 0.0 gebruikt.

De lachgasemissie wordt berekend over de bovengrondse delen (Tabel 17). Bij maïs is de gewasrest afhankelijk van de teelt van een eventueel vanggewas. Zonder vanggewas wordt uitgegaan van een bovengrondse gewasrest van 2 kg N/ha. Met vanggewas kan de gebruiker aangeven of het gewas voor of na 1 april wordt ondergeploegd, of dat het gemaaid wordt voor voederwinning. Het telen van een vanggewas na MKS en CCM is praktisch minder goed uitvoerbaar. Daarom wordt uitgegaan van een minder geslaagd vanggewas.

**Tabel 17** Gewasresten (kg N/ha) in BBPR

Gewas	Standaard	Met vanggewas (ploegen voor 1 april)	Met vanggewas (ploegen na 1 april)	Met vanggewas (maaien en afvoeren)
Grasland	veldverliezen			
Mais	2	40	60	8
Granen	3			
Voederbieten	87			
MKS	50	70	80	8
CCM	50	70	80	8
GPS	3			
Suikerbieten	87			
Aardappelen	34			
Overig	40			



#### 4.1.7 Landbouwkundig gebruik histosolen

$$\text{Emissie} = \text{EF}_{\text{histosol}} * \text{OPP} * \text{Mineralisatie} * \text{omrekeningsfactor}$$

Emissie	kg N <sub>2</sub> O
EF <sub>histosol</sub>	0.02 kg N <sub>2</sub> O-N /kg gemineraliseerde N in histosolen
OPP	oppervlakte histosolen in ha
Mineralisatie	235 kg N/ha/jaar
Omrekeningsfactor	omrekenfactor van N <sub>2</sub> O - N naar N <sub>2</sub> O (44/28)

In deze categorie wordt alleen gerekend met de emissie als gevolg van het landbouwkundig gebruik van histosolen, een vaste waarde van 4.7 kg N/ha/jaar.

In BBPR worden vijf typen veengrond onderscheiden, namelijk veen, veen met dun kleidek (<10 cm), veen met dik kleidek (10-40 cm), veen met dun zanddek (<10 cm) en veen met dik zanddek (10-40 cm). Deze vijf grondsoorten worden tot de histosolen gerekend (Kuikman *et al.*, 2005).

Klei met een veenondergrond wordt gerekend tot de kleigronden.

#### 4.1.8 Scheuren van grasland

$$\text{Emissie} = \text{EF}_{\text{scheuren}} * \text{OPP} * \text{MINextra} * \text{omrekeningsfactor}$$

Emissie	kg N <sub>2</sub> O
EF <sub>scheuren</sub>	kg N <sub>2</sub> O-N per kg N (Tabel 18)
OPP	oppervlakte gescheurd grasland in ha
MINextra	extra gemineraliseerde stikstof in kg N/ha
	Klei: 300 kg N/ha
	Zand: 200 kg N/ha
	Veen: 450 kg N/ha
Omrekeningsfactor	omrekenfactor van N <sub>2</sub> O - N naar N <sub>2</sub> O (44/28)

**Tabel 18** Emissiefactoren lachgas (kg N per kg N) bij het scheuren van grasland in BBPR

Grondsoort	Grondwatertrap	Voorjaar	Najaar
Zand en Klei	I – V	0.0125	0.0250
	VI	0.0100	0.0200
	VII-VII*	0.0075	0.0150
Veen	I	0.0200	0.0400
	II – III	0.0400	0.0800
	IV – IV*	0.0200	0.0400

Momenteel kan in BBPR het percentage herinzaai worden aangegeven. Herinzaai vindt nu nog standaard vanaf 1 september plaats.

#### Aanpassing in BBPR

In BBPR kan de gebruiker kiezen uit drie voorkeursperiodes voor scheuren (voorjaar, na eerste snede, najaar). Bij de keuze "na de eerste snede" kan de gebruiker de scheurdatum aangeven, tussen 1 mei en 15 augustus. Voor voorjaar en "na eerste snede" gelden dezelfde emissiefactoren. Bij scheuren in het najaar kan de gebruiker een datum kiezen tussen 15 augustus en 15 september. De hoeveelheid extra gemineraliseerde stikstof door het scheuren bedraagt op klei 300, op zand 200 en veen 450 kg N/ha, ongeacht het tijdstip van scheuren.

#### 4.1.9 Biologische stikstofbinding

$$\text{Emissie} = \text{EF}_{\text{fixatie}} * \text{Nfixatie} * \text{omrekeningsfactor}$$

Emissie	kg N <sub>2</sub> O
EF <sub>fixatie</sub>	kg N <sub>2</sub> O-N per kg N (Tabel 19)
Nfixatie	stikstofbinding in kg N/ha
Omrekeningsfactor	omrekenfactor van N <sub>2</sub> O - N naar N <sub>2</sub> O (44/28)

**Tabel 19** Emissiefactoren lachgas (kg N per kg N) uit biologisch gebonden stikstof in BBPR

Grondsoort	Grondwatertrap	
Zand en Klei	I – V	0.0063
	VI	0.0050
	VII-VII*	0.0038
Veen	I	0.01
	II – III	0.02
	IV – IV*	0.01

De stikstofbinding uit gras/klaver wordt berekend door de klaveropbrengst (ton droge stof per ha) te vermenigvuldigen met 50 kg N. Voor luzerne wordt een forfaitaire stikstofbinding van 160 kg N ha aangehouden. Er wordt geen rekening gehouden met stikstofbinding door vrij levende bodemorganismen. Dat houdt in dat voor alle overige gewassen geen stikstofbinding wordt berekend.

#### 4.2 Indirecte lachgasemissie uit de landbouw

$$\text{Emissie} = \text{EF}_{\text{indirect}} * \text{N-aanvoer} * \text{omrekeningsfactor}$$

Emissie	kg N <sub>2</sub> O
EF <sub>indirect</sub>	kg N <sub>2</sub> O-N per kg N (Tabel 20)
N-aanvoer	De emissie van nitraat, ammoniak of stikstofoxiden in kg N/ha
Omrekeningsfactor	omrekenfactor van N <sub>2</sub> O - N naar N <sub>2</sub> O (44/28)

**Tabel 20** Emissiefactoren (kg N<sub>2</sub>O-N per kg N) voor indirecte lachgasemissie in BBPR

Bron	Emissiefactor
Nitraatuitspoeling	0.025
Ammoniakvervluchtiging	0.010
Emissie stikstofoxiden	0.010

De ammoniakemissie wordt berekend in de module "mineralenstroom", zoals is beschreven in de voorgaande paragrafen. De uitspoeling wordt berekend in de module "nitraatuitspoeling". De emissiefactor wordt gekoppeld aan de uitspoeling vóór verrekening van de denitrificatie. De emissie van stikstofoxiden wordt vastgesteld op 15% van de ammoniakemissie.

#### 4.3 Methaanemissie uit pensfermentatie door rundvee

De ontwikkelingen bij de berekening van de methaanemissie uit pensfermentatie zijn nog niet volledig afgerond. In de broeikasgasmodule van BBPR worden twee rekenwijzen mogelijk gemaakt zodat het model aansluit bij de definitieve keuze in de nationale protocollen. Standaard wordt in BBPR uitgegaan van een berekening met behulp van emissiefactoren per voedermiddel (methode 1).

#### 4.3.1 Methode 1 Voedermiddelen

De emissiefactoren zijn afkomstig van (Smink *et al.*, 2003).

$$\text{Emissie} = \text{EF}_{\text{voer}} * 1/1000 * \text{Opname}$$

Emissie	kg CH <sub>4</sub>
EF <sub>voer</sub>	g CH <sub>4</sub> / kg ds (Tabel 21)
Opname	voeropname van het voedermiddel in kg ds

**Tabel 21** Emissiefactoren voor methaanemissie uit pensfermentatie in BBPR

Voedermiddel	EF (g CH <sub>4</sub> /kg ds)
Krachtvoer	20.00
Graskuil	19.79
Maïskuil	16.39
GPS kuil	14.28
Weidegras	19.79
MKS	16.39

#### 4.3.2 Methode 2 Bruto energie

De toepassing van het systeem in de nationale protocollen sluit niet goed aan op de variatie die op bedrijfsniveau aanwezig is. Door de rekenregels toe te passen op dierniveau wordt de methaanemissie vooral een functie van melkproductie en deels een functie van rantsoensamenstelling, als gevolg van de variatie in verteerbaarheid (DE) tussen krachtvoer, kuilvoer en weidegras. De variatie in de verteerbaarheid die op bedrijfsniveau voorkomt wordt in het protocol niet meegenomen omdat men daar met nationaal gemiddelde waarden rekent.

Voorgesteld wordt om de Nederlandse voedernormen (CVB) toe te passen bij de berekening van de netto energiebehoefte. Dat houdt in dat per dier de behoefte wordt berekend op basis van diergewicht, gewichtsveranderingen, melkproductie, dracht, leeftijd, lactatiestadium, mobilisatie en activiteit. De behoefte wordt uitgedrukt in eenheden VEM. Eén eenheid VEM komt overeen met 6,9 kJ NE. In het kort wordt de dagelijkse behoefte als volgt berekend:

$$\text{Energiebehoefte} = \text{E}_{\text{melk}} + \text{E}_{\text{jeugd}} + \text{E}_{\text{dracht}} + \text{E}_{\text{weide}} \quad \text{Eenheid} = \text{VEM/dag}$$

E_Melkproductie	$(42.4 * \text{LG}^{0.75} + 442 * \text{FCPM}) * (1 - (\text{FCPM} - 15) * 0.00165)$
E_Jeugd	1 <sup>e</sup> lactatie: 660 2 <sup>e</sup> lactatie: 330
E_Dracht	$17.5 * e^{(0.017 * D)}$ D=aantal dagen drachtig
E_Weide	1065

Uitgangspunten zijn een volwassen gewicht van 650 kg, een gewicht van vaarzen van 550 kg en een gewicht voor 2<sup>e</sup> kalfskoeien van 600 kg.

De opname aan bruto energie wordt voor het gevoerde rantsoen direct berekend uit de CVB-formules. De onderstaande formule geldt voor krachtvoer en alle ruwvoerders, behalve snijmaïs.

$$GE = 24.14 * RE + 36.57 * RVET + 20.92 * RC + 16.99 * OK - 0.63 * SUI$$

GE	bruto energie in kJ/kg
RE	ruw eiwit in g/kg
RVET	ruw vet in g/kg
RC	ruwe celstof in g/kg
OK	oplosbare koolhydraten in g/kg
SUI	suiker in g/kg (correctie geldt alleen bij meer dan 80 g suiker per kg ds)

Voor snijmaïs geldt een afwijkende formule.

$$GE = 19456 - 19.456 * RAS$$

GE	bruto energie in kJ/kg ds
RAS	ruw as in g/kg ds

De methaanemissie is vervolgens te berekenen met de onderstaande formule.

$$EF = (GE * Ym) / I$$

EF	emissiefactor in kg CH <sub>4</sub> /dier/dag
GE	bruto energie opname in MJ/dier/dag
Ym	methaanconversiefactor, fractie van GE in het rantsoen welke wordt omgezet in methaan (0.06)
I	Energieinhoud methaan (55.65 MJ/kg CH <sub>4</sub> )

Alhoewel de berekening van de DE met bovenstaande rekenwijze niet noodzakelijk is, wordt de DE toch berekend om een vergelijking met de standaardwaarden in het protocol mogelijk te maken. De verteerbare energie (DE) wordt berekend uit de verteerbaarheid van de organische stof (VCos) met behulp van de onderstaande relatie (Smink *et al.*, 2004).

$$DE = -4.40 + 1.04 * VCos$$

DE	fractie verteerbare energie van bruto energie in %
VCos	verteerbaarheid van de organische stof in %

#### Aanpassing in BBPR

Voor de berekening van bruto energie (GE) is informatie over de samenstelling van het voer noodzakelijk. De gehalten aan ruw eiwit (RE), ruwe celstof (RC) en ruw as (RAS) zijn bekend. Voor de gehalten aan ruw vet (RVET) worden standaard waarden genomen. Voor grasproducten is het ruwvetgehalte 40 g/kg ds, voor krachtvoerders 33 g/kg ds. Het gehalte aan overige koolhydraten (OK) wordt berekend als restpost van de organische stof. De suikercorrectie wordt niet toegepast.

#### 4.4 Methaanemissie uit mest van rundvee

$$\text{Emissie} = EF_{\text{mest}} * \text{Mesthoeveelheid}$$

Emissie	kg CH <sub>4</sub>
EF <sub>mest</sub>	kg CH <sub>4</sub> / kg mest (Tabel 22)
Mesthoeveelheid	excretie in stal of weide in kg

**Tabel 22** Emissiefactoren voor methaanemissie uit rundveemest in BBPR

Diersoort	VS (fractie)	Bo (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg VS)	MCF (% van Bo)	EF (kg CH <sub>4</sub> /kg mest)
Dunne mest in stal en opslag	0.064	0.25	0.17	0.001822
Weidemest	0.064	0.25	0.01	0.000107

Voor de organische-stofgehalten (VS) en het maximale methaanproductie potentieel (Bo) worden de vaste waarden uit de protocollen overgenomen. Voor de emissie uit de stal en opslag wordt voor alle rundveebedrijven de emissiefactor genomen die behoort bij een opslagduur van meer dan één maand. Op dit moment is er geen aanleiding om een verder verfijnde emissiefactor te gebruiken die afhankelijk is van de opslagduur van de mest. Het is mogelijk dat in de toekomst emissiereducerende maatregelen worden ontworpen die bestaan uit het meer gericht gebruik maken van de buitenopslag (lagere temperatuur). Dit wordt nu nog niet meegenomen in de aanpassing van BBPR, maar hierop vooruitlopend zal wel de gedetailleerde uitvoer een overzicht bevatten van de dagelijkse vulling van de kelderopslag en de externe opslagen.

## 4.5 Broeikasgasmodule

### 4.5.1 Invoer

Specifiek voor de berekening van de emissie van broeikasgassen is de vragenlijst uitgebreid met de onderstaande vragen:

#### **Berekenen broeikasgasemissies ja/nee**

Ja Broeikasgasemissies worden berekend

Nee Broeikasgasemissies worden niet berekend

#### **Berekenen methaanemissie uit pensfermentatie Voedermiddel/Bruto energie**

Voedermiddel Broeikasgasemissies worden berekend met emissiefactor per voedermiddel

Bruto energie Broeikasgasemissies worden berekend uit bruto-energie opname

#### **Gebruik ammoniumsulfaat ja/nee**

Ja voor eerste bemesting op grasland wordt ammoniumsulfaat toegepast

Nee geen wijzigingen

Waarschuwing toevoegen: Let op: maximale gift uit AS is 32 kg N/ha in verband met te hoge zwavelbemesting. De overige stikstof dient als KAS toegediend te worden.

### 4.5.2 Uitvoer

#### Samenvatting

De samenvattende uitvoer (Bijlage 2) geeft de emissie op hoofdlijnen weer. Bij de samenvattende uitvoer kunnen maximaal vier bedrijfsplannen in kolommen naast elkaar weergegeven worden. De methaan- en lachgasemissie wordt omgerekend naar CO<sub>2</sub>-equivalenten door vermenigvuldiging met respectievelijk 21 en 310.

#### Gedetailleerde uitvoer

De gedetailleerde uitvoer (Bijlage 3) bevat per bedrijfsplan een overzicht van de lachgas- en methaanemissie. Ieder overzicht bevat de activiteit waar de emissiefactor aangrijpt, de emissiefactor zelf en de berekende emissie.

## 5 Bedrijfsplannen

### 5.1 Definitie referentiebedrijven

De bedrijfsplannen van de drie referentiebedrijven zijn ontleend aan een studie naar het effect van het nieuwe mestbeleid op beweiding (De Haan *et al.*, 2005). Als referentie zijn de gegevens van de zuivere melkveebedrijven uit de CBS-Landbouwtelling van 2003 gebruikt. Dit betreft bedrijven waarvan meer dan 75% van de productiecapaciteit uit melkkoeien bestaat. De productiecapaciteit is gemeten in Nederlandse grootte-eenheden (nge)<sup>2</sup>.

Verder is gebruik gemaakt van de verdeling van de grondsoorten per gemeente. De meest voorkomende grondsoort in een gemeente is voor alle bedrijven uit die gemeente toegepast. Van de 25.000 bedrijven met melkkoeien uit de Landbouwtelling vallen er 18.310 binnen het referentiekader (73%). Deze bedrijven hebben in totaal 1.2 miljoen melkkoeien (81% van het totaal aantal). De meeste bedrijven (57%) zijn ingedeeld bij zandgrond, de minste (13%) bij veengrond.

Het gemiddelde zuivere melkveebedrijf voor de drie grondsoorten zag er in 2003 uit zoals in Tabel 23 is weergegeven. Hoewel het zuivere melkveebedrijven betreft, is gemiddeld ook een gedeelte akkerland of juist intensieve veehouderij aanwezig. De mestproductie van de intensieve tak is begroot, evenals de mestplaatsing op het gedeelte akkerbouw. Gemiddeld was de plaatsingsruimte op het akkerland ruim voldoende voor de productie van de intensieve tak. Daarom zijn zowel de akkerbouw tak, als het vee van de intensieve tak niet verder meegenomen in de bedrijfstypering.

**Tabel 23** Structuurkengetallen van gemiddelde zuivere melkveebedrijven op de grondsoorten klei, veen en zand.

	Zand	Klei	Veen
Melkkoeien	63.1	71.1	63.7
Jongvee (fokkerij) jonger dan 1 jaar	21.1	23.1	18.9
Jongvee (fokkerij) ouder dan 1 jaar	23.1	25.3	20.9
Totaal opp. Cultuurgrond (ha)	36.2	42.9	39.7
w.v. grasland (ha)	27.1	37.4	37.0
w.v. maïs (ha)	8.0	4.4	2.3
Melkkoeien per ha cultuurgrond	1.74	1.66	1.61
Aandeel grasland in cultuurgrond (%)	74.8	87.0	93.3
Aandeel akkerbouw (%)	3.1	2.7	0.8
Melkproductie per melkkoe (kg)	7620	7750	7440
Melkproductie per ha voedergewas (kg)	13695	13193	12042

Bron: CBS-Landbouwtelling 2003; Bedrijven Informatie Net van het LEI

De bovenstaande structuurkengetallen zijn vertaald naar een drietal referentiebedrijven. Bij de berekeningen wordt uitgegaan van het mestbeleid in 2006, en wordt aangenomen dat de bedrijven derogatie verkrijgen. In Tabel 24 zijn een aantal algemene kengetallen voor de modelbedrijven weergegeven.

De voeding van het vee en de bemesting van de gewassen gebeurt, waar mogelijk, volgens de huidige landbouwkundige adviezen. Bedrijven met een ruwwoertekort kopen maïs aan. De snijmaïsteelt vindt plaats in continueelt. Standaard voert de loonwerker alle werkzaamheden uit voor de oogst en teelt van snijmaïs. Ook graslandvernieuwing gebeurt geheel in loonwerk. Mesttoediening en eventuele mestafzet gebeurt ook in loonwerk. De kosten voor mestafzet bedragen € 8,- per kuub. Daarnaast oogst de loonwerker ook standaard al het gras. Werkzaamheden zoals maaien, schudden en harken voert het bedrijf uit in eigen mechanisatie. Een overzicht van de belangrijkste prijzen en tarieven is in Bijlage 4 weergegeven.

<sup>2</sup> De nge is een indicator die gebruikt wordt om de normatieve economische omvang en de specialisatiegraad van bedrijven te meten. Eén nge staat voor 1.375 euro aan saldo.

**Tabel 24** Kengetallen van de referentiebedrijven voor de grondsoorten klei, veen en zand

	Zand	Klei	Veen
Melkkoeien	63.1	71.1	63.7
Jongveebezetting (stuks/10 mk)	7.0	6.8	6.2
Oppervlakte (ha)	35.1	41.8	39.3
- gras	27.1	37.4	37.0
- maïs	8.0	4.4	2.3
Beweidingsstelsel*	B+8	B+6	O+3
Melkproductie per koe (kg)	7620	7750	7440
Quotum (kg)	480822	551025	473928
Ontwatering (grondwatertrap)	VI	IV	III
Methode mesttoediening grasland	Zodebemester	Zodebemester	sleufkouter
Vervangingspercentage grasland (%)	10	10	10
Aankoop bij ruwvoertekort	Snijmaïs	Snijmaïs	Snijmaïs
Vangewas na snijmaïs	Ja	Nee	Nee
Inkuilen in loonwerk	Ja	Ja	Ja

\* B=Bepakt weiden, O=Onbepakt weiden, getal is bijvoeding in kg ds/koe/dag.

## 5.2 Definitie maatregelen

We onderscheiden vier hoofdmaatregelen:

### A) Verhouding gras en maïs in voeding

Op de bedrijven op minerale grondsoorten wordt de verhouding tussen gras en maïs gevarieerd door de oppervlakte maïs toe te laten nemen tot 30%, het maximum waaronder nog derogatie mogelijk is. Voor de bedrijven op veengrond wordt geen extra maïs geteeld, maar wordt extra maïs aangekocht zodanig dat het niveau in het rantsoen wordt verdubbeld.

### B) Minder beweiding

Bedrijven worden doorgerekend met een verkorte beweidingduur. Op zandgronden wordt het beweidingssysteem veranderd van zeer beperkt weiden (6 uur/dag) naar volledig opstallen, op klei van beperkt (8 uur/dag) naar zeer beperkt weiden (5 uur/dag) en op veen van onbepakt weiden (18 uur/dag) naar beperkt weiden (7 uur/dag).

### C) Voorjaarsmeststof (hoger gehalte aan ammoniumstikstof)

Op kleigrond wordt een bedrijfsplan doorgerekend met gebruik van een voorjaarsmeststof in de eerste snede. Het effect op zandgrond wordt indirect afgeleid van het resultaat op klei. Veengrond wordt niet meegenomen omdat voorjaarsmeststoffen daar niet worden geadviseerd.

### D) Mestvergisting

Voor een bedrijf op zandgrond wordt een situatie met mestvergisting doorgerekend. Het bedrijf voert maïs aan voor co-vergisting in een verhouding van 1 deel maïs op 1 deel mest, het wettelijk maximum. De hoeveelheid stikstof die met het substraat wordt aangevoerd telt mee als mest en zal, indien nodig, weer worden afgevoerd als digestaat.

De effecten van de vier hoofdmaatregelen worden individueel berekend, maar ook in combinatie met elkaar. Bovendien wordt voor vergisting een extra bedrijfsplan doorgerekend met een dubbele bedrijfsgrootte. Zodoende worden totaal 16 bedrijfsplannen berekend (Tabel 25)

**Tabel 25** Overzicht bedrijfsplannen

	Zand	Klei	Veen
Nulsituatie	Referentie	Referentie	Referentie
Meer maïs	Oppervlakte maïs van 23 naar 30%	Oppervlakte maïs van 10 naar 30%	Aankoop maïs zodat in het rantsoen de dubbele hoeveelheid maïs wordt gevoerd
Minder beweiding*	Zeer beperkt (BB) naar opstallen (S)	Beperkt (B) naar zeer beperkt (BB)	Onbeperkt (O) naar beperkt (B)
Voorjaarsmeststoffen		Gebruik in eerste snede	
Vergisting	Covergisting (maïsaanvoer is 100% van mest)		
Combinatiepakketten			
Pakket 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppervlakte maïs van 23 naar 30%</li> <li>- Beweiding van BB naar S</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppervlakte maïs van 10 naar 30%</li> <li>- Beweiding van B naar BB</li> <li>- Voorjaarsmeststof in eerste snede</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maïsaankoop neemt factor 2,5 toe</li> <li>- Beweiding van O naar B</li> </ul>
Pakket 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppervlakte maïs van 23 naar 30%</li> <li>- Beweiding van BB naar S</li> <li>- Covergisting van maïs</li> </ul>		
Pakket 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppervlakte maïs van 23 naar 30%</li> <li>- Beweiding van BB naar S</li> <li>- Covergisting van maïs</li> <li>- Verdubbeling bedrijfsgrootte</li> </ul>		

\* O=Onbeperkt dag en nacht weiden, B=Beperkt weiden gedurende de dag, BB=zeer beperkt weiden gedurende een halve dag, S=Summerfeeding, geen weidegang



### 5.3 Resultaten en discussie

De resultaten beginnen met een beschrijving van de referentiebedrijven op zand, klei en veen (5.3.1). Vervolgens worden de vier hoofdmaatregelen afzonderlijk besproken (5.3.2 t/m 5.3.4), gevolgd door de combinatiepakketten (5.3.5). Het effect van vergisting wordt afzonderlijk besproken, al dan niet in combinatie met andere maatregelen (5.3.6). Tot slot volgen de discussie en de conclusies.

De emissies worden uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-equivalenten. Het financiële resultaat wordt berekend uit de opbrengsten minus de toegerekende kosten, minus kosten voor loonwerk en mestafzet. In het vervolg van de rapportage duiden we het financiële resultaat met de term 'saldo'. Bij bedrijfsplannen met vergisting worden de additionele jaarkosten meegeteld in het saldo.

De volledige resultaten zijn weergegeven in bijlage 5, 6 en 7.

#### 5.3.1 Referentiebedrijven

Het financiële resultaat van de referentiebedrijven varieert van € 0.24 per kg melk op zand tot € 0.25 per kg melk op klei en veen. De bedrijven op zand (72%) en veen (77%) zijn niet zelfvoorzienend voor ruwvoer, terwijl het bedrijf op klei (107%) een ruwvoeroverschot heeft. De bedrijven op zand en klei dienen in het kader van het mestbeleid vanaf 2006 respectievelijk 165 en 46 ton mest af te voeren.

In de uitgangssituatie is de emissie van broeikasgassen per kg melk voor het melkveebedrijf op veen beduidend hoger dan op de minerale grondsoorten (Tabel 26 en Bijlage 2). Dit wordt veroorzaakt door de lachgasemissie vanuit het landbouwkundig gebruik van histosolen, en de hogere lachgas-emissiefactoren voor kunstmest en dierlijke mest op histosolen. Per kg melk is de lachgasemissie op zand, klei en veen respectievelijk 0.25, 0.30 en 0.82 kg CO<sub>2</sub>-eq. De lachgasemissie op klei is hoger dan op zand vanwege de lagere grondwaterstand. Daardoor zijn de emissiefactoren voor kunstmest, dierlijke mest en grasland scheuren hoger op klei dan op zand. Daarentegen is de indirecte lachgasemissie op zand hoger dan op klei vanwege de hogere nitraatuitspoeling op zand.

De methaanemissie per kg melk is nagenoeg gelijk voor de drie bedrijven, namelijk zo'n 0.53 kg CO<sub>2</sub>-eq. De methaanemissie uit rundveemest is wat lager op veen vanwege het systeem van onbeperkt weiden, en dus minder mest in de opslag.

**Tabel 26** Resultaten referentiebedrijven

	zand	klei	Veen
Lachgas (kg N <sub>2</sub> O per ha)			
<b>Totaal</b>	<b>11.0</b>	<b>12.7</b>	<b>31.8</b>
Directe emissie	7.5	10.8	30.2
.- Beweiding	2.4	3.2	10.9
.- Toediening dierlijke mest	1.7	2.4	2.5
.- Toediening kunstmest	2.8	4.3	9.5
.- Histosolen			7.0
.- Scheuren grasland	0.2	0.5	
Indirecte emissie	3.5	2.0	1.6
Methaan (kg CH <sub>4</sub> per ha)			
<b>Totaal</b>	<b>334.2</b>	<b>334.9</b>	<b>303.3</b>
Emissie uit pensfermentatie	260.7	259.4	245.4
Emissie uit rundveemest	73.5	75.5	57.9
Broeikasgassen (kg CO <sub>2</sub> -eq)			
<b>Per kg melk</b>	<b>0.76</b>	<b>0.83</b>	<b>1.34</b>

### 5.3.2 Meer mais in rantsoen

Het verhogen van het maisaandeel in het rantsoen leidt tot een emissiereductie van 1 tot 4% (Tabel 27). De behaalde reductie is groter naarmate de absolute opname van mais toeneemt. Een verlaging van de emissie levert in alle gevallen geld op. Over het algemeen leidt een toename van het aandeel mais tot de volgende veranderingen

- Hogere opname uit maïskuil ten koste van opname uit graskuil
- Hogere energie-inhoud van mais verlaagt de behoefte aan krachtvoer
- Lager eiwitgehalte van mais geeft een verschuiving naar eiwitrijker krachtvoer
- Lager maaipercentage
- Lagere mestproductie door lager zoutgehalte in rantsoen

#### *zand*

Op het zandbedrijf wordt de oppervlakte mais uitgebreid tot 10,5 ha, zodat nog net wordt voldaan aan de voorwaarde voor derogatie. Tevens wordt de aankoop van mais met 12% verhoogd. Door deze maatregelen wordt de maïsoopname verhoogd van 3096 naar 3808 kg/koe/jaar. Het aandeel graskuil daalt, evenals de bijvoeding met krachtvoer.

Het saldo neemt toe met € 1256,- met name door de lagere kosten voor aangekocht krachtvoer en kunstmest. De kostenbesparing op krachtvoer is hoger dan de extra uitgaven voor aankoop ruwvoer, zaaizaad en gewasbeschermingsmiddelen.

De totale bedrijfsemisatie neemt af met 11 t CO<sub>2</sub>-eq., oftewel 3%. De lachgasemissie daalt met 4.5% door een afname van de emissies uit kunstmest, dierlijke mest en indirecte emissies. De verandering in het rantsoen leidt tot een daling van de methaanemissie van 2%. Door de verschuiving van graskuil naar maïskuil daalt de mestproductie, waardoor de emissie uit stal en opslag licht afneemt.

#### *klei*

Op klei wordt de oppervlakte mais uitgebreid van 4.4 naar 12.5 ha. De maïsoopname door melkvee neemt toe van 681 tot 2455 kg ds/koe/jaar, door een verhoging van het aandeel mais zowel in het weideseizoen als het stalseizoen. Evenals op het zandbedrijf leidt dat tot een daling van de opname uit graskuil en een lagere krachtvoergift.

Het bedrijfsresultaat neemt toe met €191, door de lagere kosten voor aangekocht krachtvoer en kunstmest. De totale bedrijfsemisatie neemt af met 20 t CO<sub>2</sub>-eq., oftewel 4%. De lachgasemissie daalt met 7%, terwijl de methaanemissie slechts met 3% daalt. De daling van de lachgasemissie komt vooral tot stand door de lagere emissie uit kunstmest. De daling van de methaanemissie komt vooral tot stand door de lagere emissie uit stal en opslag (5%), en in mindere mate door de lagere emissie door pensfermentatie (2%).

#### *veen*

Op het veenbedrijf wordt de aankoop van mais verhoogd met 38 ton ds, terwijl de verkoop van graskuil daalt met 29 ton ds. Door deze maatregelen wordt de maïsoopname verhoogd van 747 tot 1282 kg ds/koe/jaar. De voeropname uit graskuil daalt, evenals de bijvoeding met krachtvoer.

Het bedrijfsresultaat neemt toe met € 137.

De totale bedrijfsemisatie neemt af met 9 t CO<sub>2</sub>-eq., oftewel 1%. De lachgasemissie daalt met 2% door een afname van de emissies uit dierlijke mest. De verandering in het rantsoen leidt tot een daling van de methaanemissie van 1%.

**Tabel 27** Effect van toename van het maisaandeel

	Zand	Klei	Veen
Verandering totale emissie (t CO <sub>2</sub> -eq.)	-11	-20	-9
Emissie (% tov referentie)	97	96	99
Verandering saldo (€1000,-)	1,3	0,2	0,1
Kosteneffectiviteit (€ / t CO <sub>2</sub> -eq.)	-110	-9	-15

### 5.3.3 Minder weidegang

De verlaging van de beweidingduur leidt op zand, klei en veen tot respectievelijk 2, 12 en 9% emissiereductie. Verlaging van de emissie kost in alle gevallen geld, maar is vooral voor het bedrijf op zandgrond een relatief dure maatregel.

De verlaging van de beweidingduur leidt over het algemeen tot de volgende veranderingen:

- Verschuiving van mestproductie van weide naar stal
- Verhoging van toegediende stalmest en een verlaging van de kunstmestgift
- Hoger maaipcentage
- Hogere stikstofjaargift
- Rantsoen met minder weidegras (hogere voederwaarde) en meer graskuil (lagere voederwaarde), en dus meer krachtvoer.

#### *zand*

Op het melkveebedrijf op zandgrond wordt het vee dag en nacht opgestald. Al het gras wordt gemaaid en ingekuild (summerfeeding). De mestproductie in de stal en de stikstofjaargift op grasland neemt toe, maar vanwege de hogere stikstofgift uit dierlijke mest daalt de kunstmestgift. Vanwege de hogere graslandopbrengsten bij summerfeeding hoeft minder maiskuil aangekocht te worden.

Het saldo daalt met €10708, hetgeen vrijwel volledig voor rekening komt van de toegenomen loonwerkkosten. In vergelijking met klei en veen nemen de loonwerkkosten meer toe omdat bij summerfeeding al het grasland wordt gemaaid. De toename in de kosten voor brandstoffen en overige grond- en hulpstoffen dragen ook bij aan het lagere saldo.

De totale bedrijfsemisatie neemt af met 7 t CO<sub>2</sub>-eq. De lachgasemissie is 25% gedaald, hoofdzakelijk door de tot nul gereduceerde emissie uit weidemest. Verder nemen de emissies uit kunstmest en de indirecte emissies af. De emissie uit dierlijke mest neemt meer toe dan de emissie uit kunstmest afneemt. De methaanemissie neemt toe met 8% door de toename van de emissie uit de mestopslag.

#### *klei*

Op kleigrond wordt de lagere opname van weidegras gecompenseerd door een toename van de bijvoeding met zowel gras- als maiskuil. De opname van krachtvoer neemt toe. Per saldo is minder gras nodig en daarom kan de stikstofjaargift dalen.

Het bedrijfsresultaat daalt met €6842, vooral door de toegenomen kosten voor de aankoop van krachtvoer. Ook nemen de loonwerkkosten toe, maar nemen de kosten voor kunstmest af.

De totale bedrijfsemisatie neemt af met 55 t CO<sub>2</sub>-eq. De lachgasemissie is 35% gedaald, hoofdzakelijk door de fors lagere emissie uit kunstmest. Alhoewel meer ton dierlijke mest wordt toegediend, leiden de lagere gehalten in de mest tot een lagere bemesting uit dierlijke mest, en dus een lagere lachgasemissie uit dierlijke mest. De methaanemissie neemt toe met bijna 1%, door de toename van de emissie uit de mestopslag.

#### *veen*

Op veengrond wordt het melkvee beperkt geweid met bijvoeding van 6 kg ds (50/50 gras en mais). In het rantsoen daalt de opname van weidegras en neemt de opname van kuilgras toe. De hoeveelheid krachtvoer neemt slechts licht toe. De stikstofjaargift neemt licht toe en er wordt meer werkzame stikstof gegeven met dierlijke mest en minder met kunstmest. De hogere grasproductie betekent een verlaging van de aankoop van ruwvoer.

Het saldo daalt met €863. De loonwerkkosten zijn gestegen terwijl de aankoopkosten voor ruwvoer zijn gedaald. De totale bedrijfsemisatie neemt af met 56 t CO<sub>2</sub>-eq. De lachgasemissie is 17% gedaald, hoofdzakelijk door de gereduceerde emissie uit weidemest en kunstmest. De emissie uit dierlijke mest neemt toe. De methaanemissie neemt toe met 3%, vooral door de toename van de emissie uit de mestopslag.

**Tabel 28** Effect van afname van de beweiding

	Zand	Klei	Veen
Verandering totale emissie (t CO <sub>2</sub> -eq.)	-7	-55	-56
Emissie (% tov referentie)	98	88	91
Verandering saldo (€1000,-)	-11	-7	-1
Kosteneffectiviteit (€ / t CO <sub>2</sub> -eq.)	1454	125	15

### 5.3.4 Voorjaarsmeststoffen

Het gebruik van voorjaarsmeststoffen op klei verlaagt de emissie met 0.7%. Verlaging van 1 t CO<sub>2</sub>-eq kost €107.

In de eerste snede wordt 32 kg N/ha Kalkammonsalpeter (KAS) vervangen door Ammoniumsulfaat (AS), hetgeen 13% is van de jaargift. Het bedrijfsresultaat daalt met € 352 omdat de kosten voor de extra bekalking hoger zijn dan de lagere aankoop prijs. De daling van de emissie komt volledig tot stand door de lagere lachgasemissie bij de toediening van kunstmest.

De emissiereductie bedraagt 6.3 g lachgas-N per kg vervangen kunstmest-N. Indien geen rekening wordt gehouden met de beperking die het bemestingsadvies voor zwavel op het gebruik van AS legt kan de totale emissie verder worden gereduceerd.

Op de nattere gronden bedraagt de emissiereductie 5.0 (GT VI) en 3.8 (GT VII) g lachgas-N per kg vervangen kunstmest-N.

In veldproeven met voorjaarsmeststoffen wordt een wisselende bemestende werking van voorjaarsmeststoffen gemeten. Echter gemiddeld lijkt het dat de werking van AS beter is dan van KAS. Bussink et al. (2003) vond bijvoorbeeld een 38% hogere werking op kleigrond. Indien dit effect zou worden verrekend dan zou 32 kg N uit AS 44 kg N uit KAS kunnen vervangen. De reductie per kg vervangen kunstmest-N zou in dat geval 7.9 g lachgas-N bedragen.

Naast ammoniumsulfaat is het ook mogelijk om ureum te gebruiken. De verzurende werking van ureum is lager dan die van ammoniumsulfaat. Bovendien is het gebruik niet beperkt door een te hoog zwavelgehalte. De prijs van ureum is lager dan die van andere kunstmeststoffen, maar fluctueert doorgaans meer. Ureum. Indien ureum zou worden gebruikt in plaats van ammoniumsulfaat, dan zou verlaging van 1 t CO<sub>2</sub>-eq. ongeveer €70 opleveren.

### 5.3.5 Minder weiden en meer maïs

De maatregelen 'minder weiden' en 'meer maïs' worden in de praktijk zelden als afzonderlijke maatregelen genomen. Doorgaans gaan deze maatregelen hand in hand. De lagere opname van vers gras wordt gecompenseerd met een hogere bijvoeding van maïs op stal.

#### *zand en klei*

Op zand en klei wordt een emissiereductie gerealiseerd die vrijwel vergelijkbaar is met de maatregel 'minder weiden', namelijk 5% op zandgrond en 13% op kleigrond. Met name de reductie van de lachgasemissie volgt hetzelfde patroon als bij 'minder weiden'. Ook de verandering van het saldo is vrijwel gelijk aan de verandering bij 'minder weiden'. De kosteneffectiviteit van €591/t CO<sub>2</sub>-eq op zand en €108/t CO<sub>2</sub>-eq op klei is wat gunstiger dan bij alleen 'minder weiden'.

#### *veen*

Op veengrond leidt de combinatie van minder beweiding en meer maïs tot een emissiereductie van 19%, hetgeen beduidend hoger is dan de reductie van de afzonderlijke maatregelen. De gecombineerde maatregel levert zelfs €8 op per t CO<sub>2</sub>-eq.

De positieve interactie tussen 'meer maïs' en 'minder weiden' wordt met name veroorzaakt door de verschuiving in de opname van relatief slechte graskuil naar goede maïskuil. Enerzijds neemt daardoor de behoefte aan krachtvoer af, en anderzijds hoeft beduidend minder gras op het bedrijf geproduceerd te worden, waardoor de stikstofbemesting fors verlaagd kan worden.

Wat de emissie betreft komt het voordeel door de lagere lachgasemissie uit kunstmest, en wat de kosten betreft ligt het voordeel bij lagere voerkosten en lagere kosten voor kunstmest.

**Tabel 29** Effect van afname van de beweiding en meer maïs

	Zand	Klei*	Veen
Verandering totale emissie (t CO <sub>2</sub> -eq.)	-16	-62	-122
Emissie (% tov referentie)	95	87	81
Verandering saldo (€1000,-)	-10	-7	1
Kosteneffectiviteit (€ / t CO <sub>2</sub> -eq.)	591	108	-8

\*inclusief gebruik voorjaarsmeststoffen

### 5.3.6 Vergisting

#### Gasproductie uit mest en snijmais

In deze studie is uitgegaan van co-vergisting van 50% rundveemest en 50% snijmais bij een temperatuur van 37°C en een verblijftijd van 50 dagen. Bij deze procescondities zijn de volgende gasproducties aangenomen:

- rundveemest 0.18 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> per kg toegevoerde organische stof
- snijmaiskuil 0.40 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> per kg toegevoerde organische stof

#### Gevolgen voor bedrijfsvoering

Het toepassen van co-vergisting brengt extra jaarkosten voor bouwwerken met zich mee ten opzichte van de normale bedrijfsvoering. Behalve investeringen voor het proces zelf zoals de vooropslag, de vergister, de warmtekrachtkoppeling (WKK) en allerlei onderdelen en aanpassingen (zoals aansluiting aan het netwerk om stroom terug te leveren) is ook extra opslagcapaciteit nodig voor maïs en mest. In Tabel 30 zijn de extra investeringen en jaarkosten door co-vergisting voor het bedrijf met 63 koeien op zandgrond met summerfeeding weergegeven.

**Tabel 30** Extra investeringen en jaarkosten bij toepassen van co-vergisting (2117 ton drijfmest) op bedrijf van 63 koeien met summerfeeding op zandgrond.

Extra investering co-vergisting:	Investeringsbedrag (€)	Jaarkosten <sup>1</sup> (€)
Vooropslag	19.400	3.165
Vergister 735 m <sup>3</sup>	144.500	17.309
Warmtekrachtkoppeling 118 kWe	117.700	29.553
Inbrengsysteem voor maïs	40.000	7.300
Installatie onderdelen en aanpassingen	120.000	18.126
Extra voeropslag <sup>2</sup> 1327 m <sup>2</sup>	100.900	8.836
Extra mestopslag <sup>3</sup> 1629 m <sup>3</sup>	88.400	13.923
<b>Totaal</b>	<b>630.900</b>	<b>98.212</b>

<sup>1</sup> Kosten voor rente, onderhoud en afschrijving bij 4.5% rente.

<sup>2</sup> Uitgangspunt is de benodigde hoeveelheid maïs 2 maal per jaar aanvoeren.

<sup>3</sup> Uitgangspunt is de extra mestopslag 2 maal per jaar legen.

Tabel 30 laat zien dat co-vergisting op het voorbeeldbedrijf een extra investering kost van ruim € 630.000. De jaarkosten hierbij zijn ruim € 98.000. De installatie die voor co-vergisting nodig is (vooropslag, vergister, WKK, inbrengsysteem en onderdelen/aanpassingen) kost per jaar bijna € 75.500. Daarnaast is nog een extra opslag van de te vergisten maïs nodig (jaarkosten bijna € 9000) en een extra mestopslag (jaarkosten bijna € 14.000).

Co-vergisting brengt niet alleen extra kosten voor bouwwerken met zich mee. Ook moet een product worden aangekocht dat aan de drijfmest kan worden toegevoegd. In deze studie is gerekend met maïs als co-vergistingsproduct omdat dit product veel energie bevat dat op een gemakkelijke manier kan worden omgezet in methaan. Als mengverhouding bij co-vergisting is gerekend met 1 ton product maïs op 1 ton drijfmest. Dit is de maximale mengverhouding waarbij het eindproduct nog als dierlijke mest wordt beschouwd (bron: Wijziging meststoffenbeschikking 1977). Bij een mestproductie van 2117 ton is bij het voorbeeldbedrijf dus ook 2117 ton maïs nodig. Bij een prijs van maïs van € 35/ton (KWIN 2005-2006) komen de jaarkosten voor de aankoop van te vergisten maïs op ruim € 74.000.

Na co-vergisting van drijfmest met maïs blijft er een meststof (digestaat) over met andere eigenschappen dan gewone drijfmest. Door het omzettingproces tijdens de co-vergisting wordt een deel van de organische stikstof (ongeveer 50%) omgezet in minerale stikstof. Hierdoor neemt de werking van de vergiste mest toe ten opzichte van gewone drijfmest. Als voorbeeld is de werkingscoëfficiënt van stikstof in gewone drijfmest bij zodebemesten op grasland in de eerste snede ongeveer 50%, terwijl deze bij vergiste mest ongeveer 63% is.

Binnen het mestbeleid van 2006 moet overtollige drijfmest (dat wil zeggen niet plaatsbaar op het eigen bedrijf) verplicht worden afgevoerd. Onder normale bedrijfsomstandigheden wordt de productie van mest berekend aan de hand van het aantal dieren en de forfaitaire mestproductie per dier. De oppervlakte en het aandeel grasland bepaalt hoeveel drijfmest op het eigen land mag worden uitgereden. Door toevoegen van maïs aan de mest wordt de stikstof in deze maïs als meststof beschouwd en telt daarom mee bij de mestproductie van het bedrijf. Dit is

een aanname ten nadele van co-vergisting. In de praktijk wordt de extra maïs nu nog niet als meststof beschouwd, maar dit zal naar alle waarschijnlijkheid op termijn wel veranderen.

In een situatie waarbij zonder co-vergisting al mestafvoer nodig is, wordt bij toepassen van co-vergisting met maïs, alle stikstof die met maïs is aangevoerd ook afgevoerd in de vorm van vergiste mest (digestaat). Dit brengt ten opzichte van niet vergisten extra kosten met zich mee. Er moet bij het voorbeeldbedrijf (afhankelijk van het stikstofgehalte in de drijfmest) grofweg 2000 m<sup>3</sup> mest extra worden afgevoerd. Bij € 8/m<sup>3</sup> brengt dit € 16.000 extra kosten met zich mee.

Omdat de vergiste mest een betere bemestende werking heeft dan forfaitair aangenomen in het nieuwe mestbeleid en de aanvoer van kunstmest gelijk blijft, neemt de werkzame hoeveelheid stikstof per hectare bedrijfsoppervlak toe.

Bij co-vergisting komt methaan vrij dat met behulp van een warmtekrachtkoppeling (WKK) kan worden omgezet in energie (stroom). Bij het voorbeeldbedrijf dat 2117 ton mest vergist is dit bijna 580.000 m<sup>3</sup> methaan per jaar. Deze methaan kan omgezet worden in ruim 850.000 kWh. Bij het voorbeeldbedrijf kan ruim 30.000 kWh gebruikt worden voor het bedrijf zelf. In verband met onderhoud en storing moet het bedrijf bij toepassen van co-vergisting nog wel 10% van de elektriciteit, die in de situatie zonder co-vergisting nodig was, extern inkopen. Gebruik van eigen elektriciteit bespaart ruim € 3000 aan elektriciteitskosten.

De opbrengsten voor teruglevering aan de elektriciteitsmaatschappij zijn € 0,13/kWh. Dit tarief is opgebouwd uit € 0,033 directe opbrengsten en € 0,097 MEP-subsidie. In totaal ontvangt het voorbeeldbedrijf bijna € 107.000 voor de teruggeleverde energie. Verder ontvangt het bedrijf ook nog de MEP-subsidie voor de 30.000 kWh eigen gebruik zodat dit ook nog een extra opbrengst oplevert van ongeveer € 3000. De totale besparing van energiekosten + MEP subsidie + opbrengsten teruggeleverde energie komt op bijna € 113.000 bij toepassen van co-vergisting op het voorbeeldbedrijf.

Naast subsidie voor de geproduceerde elektriciteit ontvangt het voorbeeldbedrijf ook een subsidie voor een deel van de investering (EIA). De investering voor de vergister, de WKK, het inbrengsysteem en het grootste deel van het bedrag voor installatie onderdelen en aanpassingen zijn subsidiabel. Bij het voorbeeldbedrijf is ruim € 370.000 van de investeringen voor co-vergisting subsidiabel. Bij 44% subsidie en een inkomstenbelasting van 33,4% blijft een belastingkorting over van ruim € 55.000. Wanneer dit over 10 jaar wordt uitgesmeerd is het belastingvoordeel ongeveer € 5.500 per jaar.

#### *Emissie*

Co-vergisting levert een emissiereductie op van 14% tegen een kosteneffectiviteit van €1114 / t CO<sub>2</sub>-eq. De verlaagde emissie komt vooral door de tot nul gereduceerde methaanemissie uit de mestopslag. Tevens is de lachgasemissie uit kunstmest lager.

Indien het vee volledig wordt opgesteld is meer mest beschikbaar voor co-vergisting waardoor de totale emissiereductie 85 t CO<sub>2</sub>-eq bedraagt, tegen een lagere kosteneffectiviteit.

Bij een dubbele bedrijfsomvang heeft het bedrijf een grootte waarbij vergisting rendabel is. In dit geval verbetert de kosteneffectiviteit verder.

**Tabel 31** Effect van co-vergisting<sup>3</sup>

	Co-vergisting	+ mais +opstallen	Dubbele schaal
Verandering totale emissie (t CO <sub>2</sub> -eq.)	-49	-85	-86
Emissie (% tov referentie)	86	76	76
Verandering saldo (€1000,-)	-55	-80	-54
Kosteneffectiviteit (€ / t CO <sub>2</sub> -eq.)	1114	938	629

<sup>3</sup> Voor Nederland als geheel is de kosteneffectiviteit van co-vergisting gunstiger dan voor de individuele veehouder zoals berekend in dit rapport. Er vindt namelijk een besparing plaats van fossiele energie en de daarbij behorende emissie van koolstofdioxide. Deze vermindering is niet toegerekend aan de veehouder.

## 5.4 Conclusies

- De emissie van het gemiddelde melkveebedrijf in Nederland bedraagt 0.8 kg CO<sub>2</sub>-equivalenten per kg melk voor bedrijven op minerale grondsoorten en 1.3 kg CO<sub>2</sub>-equivalenten per kg melk voor bedrijven op veengrond.
- Het verhogen van het aandeel maïs in het rantsoen verlaagt de emissie slechts in geringe mate, maar levert financieel voordeel op.
- Minder weidegang resulteert in een aanzienlijke emissiereductie, vooral op klei en veengronden, maar is een dure maatregel.
- De combinatie van beide maatregelen (minder weidegang en meer maïs) is beter, zowel gezien vanuit de emissiereductie als vanuit de kosteneffectiviteit.
- Het gebruik van nitraatloze voorjaarsmeststoffen levert slechts een geringe bijdrage aan de emissiereductie tegen hogere kosten.
- Mestvergisting, volgens het principe van co-vergisting van aangevoerde snijmaïskuil, kan de emissie fors reduceren, maar is voor een 'gemiddeld' bedrijf te duur. De kosteneffectiviteit is gunstiger als de koeien het hele jaar op stal staan en bij een grotere bedrijfsomvang.

## 6 Aanbevelingen

De broeikasgasmodule (ROB-BBPR) kan voor verschillende doeleinden, waarbij een integrale analyse van emissiereductie en kosteneffectiviteit op bedrijfsniveau is gewenst, worden ingezet.

In onderzoek kan ROB-BBPR worden ingezet om effecten van emissiereducerende maatregelen door te rekenen, op vergelijkbare wijze als in het voorgaande hoofdstuk is uitgevoerd. Daarbij is het mogelijk om meerdere factoren stapsgewijs te variëren zodat duidelijk kwantitatief inzicht wordt verkregen over de effecten van bedrijfsparameters zoals intensiteit, bouwplan, graslandgebruik en schaalgrootte. Daarnaast kan met ROB-BBPR het effect van andere maatregelen worden doorgerekend. Bijvoorbeeld een verkenning van het mestbeleid tot en met 2009.

Studieclubs, netwerken en individuele veehouders kunnen ROB-BBPR toepassen om specifiek op de eigen situatie toegepaste bedrijfsplannen door te rekenen.

Tot slot is het mogelijk om de broeikasgasmodule in te passen in een webtoepassing. Een dergelijke 'broeikasgaswijzer' maakt het mogelijk om snel het effect van enkele specifieke emissie reducerende maatregelen te berekenen. De invoer bestaat dan uit een beperkt aantal vragen. BBPR draait op de achtergrond mee. De gebruiker krijgt meteen een uitvoer met het effect van de maatregelen op de broeikasgasemissies en andere relevante bedrijfsparameters.

In de volgende paragrafen worden twee mogelijke toepassingen nader uitgewerkt

### 6.1 Een brede verkenning van de kosteneffectiviteit van ROB-maatregelen in de melkveehouderij

In de huidige rapportage zijn enkele ROB-maatregelen, en combinaties daarvan, doorgerekend voor gemiddelde bedrijven op zand, klei en veen. De uitkomsten laten globaal zien welke maatregelen kansrijk zijn uit het oogpunt van broeikasgasreductie en kosteneffectiviteit. In de praktijk vertoont de werkelijke bedrijfsstructuur een enorme variatie waardoor de uitkomsten van het 'gemiddelde' bedrijf niet altijd goed vertaalbaar zijn naar een concreet individueel bedrijf. Met andere woorden hoe gevoelig zijn de gepresenteerde resultaten van de doorgerekende gemiddelde bedrijven voor een andere grondwaterstand, bedrijfsintensiteit enz.. Het doel van een brede verkenning van ROB-maatregelen in de melkveehouderij is om inzicht te krijgen in de gevoeligheid van de emissiereducties en kosteneffectiviteit in relatie tot de bedrijfsstructuur. Door de brede aanpak is het mogelijk om voor iedere melkveehouder een herkenbaar bedrijf te presenteren, waardoor communicatie van ROB-maatregelen wordt gefaciliteerd.

Een eventuele verkenning kan bestaan uit de variatie van onderstaande bedrijfskenmerken. De genoemde bedrijfskenmerken beschrijven als het ware een matrix waarin alle melkveebedrijven in Nederland kunnen worden geplaatst. De studie zal niet alle combinaties van de kenmerken kunnen bevatten, maar een selectie van werkelijk voorkomende bedrijfstypen. Voor de biologische veehouderij kan bijvoorbeeld worden volstaan met een intensiteit van 8.000 en 12.000 kg melk/ha.

Algemene kenmerken						Aantal
Bedrijfstype		Gangbaar	Biologisch			2
Bedrijfs grootte	Kg melk	400.000	800.000	1.200.000		3
Intensiteit	Kg melk/ha	8.000	12.000	16.000	20.000	4
Grondsoort		Zand	Klei	Veen	Löss	4
Grondwatertrap		Normaal	Droog	Nat		3
Melkproductie	Kg/koe	7000	8500	10000		3
Vervangingspercentage	%	25	30	35		3
Beweiding		Geen	Ze er beperkt	beperkt	onbeperkt	4
Bouwplan	Aandeel grasland	100	70	50		3
Jaartal		2006	2009			2
.....						

Door variatie van de bovenstaande algemene kenmerken worden impliciet al een aantal ROB-maatregelen zoals bouwplanverandering, melkproductie per koe, jongvee (vervangingspercentage) meegenomen. Daarnaast kunnen nog aanvullende ROB-maatregelen zoals mestvergiftiging en voorjaarsmeststoffen worden doorgerekend.

De resultaten van de brede verkenning bestaan uit een compleet overzicht van de mogelijke emissiereducties en de bijbehorende kosteneffectiviteit voor Nederlandse melkveebedrijven.



## 6.2 Broeikasgaswijzer

De Broeikasgaswijzer bestaat uit een webformulier waar de volgende vragen ingevuld kunnen worden.

### Kengetallen bedrijf (verplichte invulvelden)

- Grondsoort
- Oppervlakte grasland
- Oppervlakte bouwland
- Aantal koeien
- Aantal jongvee
- Melkproductie per koe per jaar
- Stikstofgift uit kunstmest op grasland
- Stikstofgift uit kunstmest op maisland
- Beweidingsstelsel

### Maatregelen (aan te vinken)

- Lagere bemesting
- Minder beweiding
- Ander aandeel bouwland
- Hogere melkproductie per koe
- Minder jongvee
- Voorjaarsmeststoffen

Na verzending van het invoerformulier worden de gegevens verwerkt en doorgerekend met ROB-BBPR. De rapportage wordt direct verwerkt tot een uitvoerformulier die de gebruiker meteen kan raadplegen en eventueel opslaan. De uitvoer bestaat uit de volgende informatie over de broeikasgasemissies en de kosteneffectiviteit van de maatregelen.

		Uitgangssituatie	Maatregel A	Maatregel B	Maatregel C
Methaan					
Pensfermentatie	kg CH <sub>4</sub>				
Stalmest	kg CH <sub>4</sub>				
Weidemest	kg CH <sub>4</sub>				
Lachgas					
Beweiding	g N				
Drijfmest	g N				
Kunstmest	g N				
Gewasresten	g N				
Veengrond	g N				
BioBinding	g N				
Indirect	g N				
Totale emissie					
Bedrijf	t CO <sub>2</sub> -eq				
Per ha	Kg CO <sub>2</sub> -eq				
Per koe	Kg CO <sub>2</sub> -eq				
Per kg melk	Kg CO <sub>2</sub> -eq				
Kosteneffectiviteit	€/kg CO <sub>2</sub> -eq				

## Literatuur

- Bussink DW, De Boer HC, Boons-Prins ER, Schils RLM (2003) *Toetsing van voorjaarsmeststoffen op grasland*. Rapport 807.01. Nutrienten Management Instituut, Wageningen, 68 pp.
- Corre W, Kasper GJ (2002) *Beperking van lachgasemissie door gebruik van klaver in grasland*. Alterra Rapport 560.4. Alterra, Wageningen, 30 pp.
- Corre W, Pinxterhuis JB (2000) *Beperking van lachgasemissie door gebruik van klaver in grasland*. Alterra Rapport 114.4. Alterra, Wageningen, 55 pp.
- De Haan MH, Evers AG, Hemmer H, De Boer JA, Kanis J (2003) *Overzicht rekengang BBPR*. Intern rapport 499. Animal Sciences Group - Praktijkonderzoek, Lelystad, 32 pp.
- De Haan MH, Evers AG, Van Everdingen WH, Van den Pol-Van Dasselaar A (2005) *Invloed mestbeleid met gebruiksnormen op weidegang*. Praktijkrapport 69. Animal Sciences Group - Praktijkonderzoek, Lelystad, 56 pp.
- Den Boer DJ, Bakker RF (2003) *Meer gras met minder stikstof*. Koeien en Kansen rapport nr. 15. NMI, Lelystad, 26 pp.
- Dolfing J, Buchkina N, Kuikman PJ (2004a) *Mogelijkheden tot vermindering van emissie van lachgas uit landbouwgronden bij toepassing van verschillende mestsoorten en nitrificatieremmers; Laboratoriumproeven en aanbevelingen voor veldexperimenten*. Alterra Rapport 890. Alterra, Wageningen.
- Dolfing J, De Groot WJM, Hoving IE, Kuikman PJ (2004b) *Resultaten van een eenjarige meetcampagne*. Alterra Rapport 896. Alterra, Wageningen.
- Dolfing J, Velthof GL, Kuikman PJ (2002) *Beperking van lachgasemissie als gevolg van toepassing van gewasresten*. Alterra Rapport 560.3. Alterra, Wageningen.
- Flachowsky G, Lebzien P (2005) *Weniger Spurengase durch gezielte Ernährung der Nutztiere. Potenziale und Einflussmöglichkeiten bei Wiederkäuern und Nichtwiederkäuern*. ForschungsReport 1/2005, pag 7-9. FAL, Braunschweig.
- Hoogeveen MW, Luesink HH, Cotteleer G, Van Der Hoek KW (2003) *Ammoniakemissie 2010; Referentiescenario en effecten van bestaand beleid en mogelijke aanscherpingen*. RIVM rapport 680.000.001. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Den Haag, 93 pp.
- Kasper GJ, Van den Pol-Van Dasselaar A, Dolfing J, Kuikman PJ (2002) *Beperking van lachgasemissie bij het scheuren en herinzaaien van grasland; voorlopige resultaten van veldmetingen-rapportage 2e opdracht*. Alterra, Wageningen.
- Klein Goldewijk K, Olivier JGJ, Peters JAHW, Coenen PWHG, Vreuls HHJ (2005) *Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2003. National Inventory Report 2005*. 773201009. Rijksinstituut Voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, 246 pp.
- Kroes JG, Van der Bolt FJ, Groenendijk P, Hoving IE, De Haan MH (2000) *Beperking van de lachgasemissie door waterbeheer; een systeemanalyse*. Alterra Rapport 114.6. Alterra, Wageningen.
- Kuikman PJ, Oudendag DA, Oenema O, Velthof GL (in prep) *Eindrapport Miterra DS. I*. Alterra, Wageningen.
- Kuikman PJ, Oudendag DA, Smit A, Van Der Hoek KW (2004a) *ROB maatregelen in de landbouw en vermindering van emissies van broeikasgassen*. Alterra rapport 994. Alterra, Wageningen, 142 pp.
- Kuikman PJ, Van den Akker JJH, De Vries F (2005) *Lachgasemissie uit organische landbouwbodems*. Rapport 1035-II (in druk). Alterra, Wageningen.
- Kuikman PJ, Van Groenigen JW, Velthof GL, Walvoort D, Van der Bolt FJ, Van Beek C, Van den Pol-Van Dasselaar A (2004b) *Beperking van de lachgasemissie uit beweide grasland*. Alterra rapport 560.1. Alterra, Wageningen.
- Mandersloot F, Van Scheppingen ATJ, Nijssen JMA (1991) *Modellen rundveehouderij: overzicht en samenhang modellen voor simulatie van melkveebedrijven*. Publicatie nr. 72. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, Lelystad.
- Schreuder R, Van Middelkoop JC, Aalenhuis J, Mandersloot F (1995) *Mineralenstroom milieumodule in BBPR*. Publikatie nr. 99. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, Lelystad, 33 pp.
- Smink W, Bos KD, Fitié AF, Van der Kolk LJ, Rijm WKJ, Roelofs G, Van den Broek GAM (2003) *Methaanreductie melkvee. Een onderzoeksproject naar inschatting van de methaanproductie vanuit de voeding en naar de reductiemogelijkheden via de voeding van melkkoeien*. Rapport in het kader van ROB-programma NOVEM. FIS, Utrecht.
- Smink W, Pelikaan WF, Van der Kolk LJ, Van Der Hoek KW (2004) *Methaanproductie als gevolg van pensfermentatie bij rundvee berekend middels de IPCC-GPG Tier 2 methode*. FIS rapport FS04 12. FIS.
- Smink, W, Van der Hoek KW, Bannink A, Dijkstra J (2005) *Calculation of methane production from enteric fermentation in dairy cows*. Feed Innovation Services (FIS), Wageningen.
- Spakman J, Van Loon MMJ, Van Der Auweraert RJK, Gielen DJ, Olivier JGJ, Zonneveld EA (2003) *Methode voor de berekening van broeikasgasemissies*. Publicatiereeks Emissieregistratie/Milieu/Monitor, Rapport 37b (elektronische actualisatie van nr. 37, 1997). Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag, 80 pp.
- VAB (1997) *Geunificeerd Rekensysteem van de Agrarische Sector*. Vereniging van Accountants- en Belastingadviesbureaus.

- Van der Bolt FJ, Kroes JG, Kuikman PJ (2004) *Beperking van de lachgasemissie door water- en peilbeheer en bij berekening. Eindrapport Reductieplan Overige Broeikasgassen Landbouw Cluster 1*. Alterra rapport 560.4. Alterra, Wageningen.
- Van Der Hoek KW (2002) *Uitgangspunten voor de mest- en ammoniakberekeningen 1999 tot en met 2001 zoals gebruikt in de Milieubalans 2001 en 2002, inclusief dataset landbouwemissies 1980-2001*. RIVM rapport 773004013/2002. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, 84 pp.
- Van Der Hoek KW, Van Schijndel MW (2005) *Methane and nitrous oxide emissions from animal manure management, including an overview of emissions 1990-2003*. in prep. RIVM Report 680.125.002 Rijksinstituut Voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Van Der Hoek KW, Van Schijndel MW, Kuikman PJ (2005) *Direct and indirect nitrous oxide emissions from agricultural soils, including an overview of emissions 1990-2003*. RIVM Report 680.125.003. Rijksinstituut Voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, in prep pp.
- Van Der Kamp A, De Boer JA, Evers AG, Holshof G, Zom R (2003) *Voedervoorziening in BBPR*. Intern rapport 496. Animal Sciences Group, Lelystad, 35 pp.
- Van Duinkerken G, André G, Smits MCJ, Monteny GJ, Blanken K, Wagemans MJM, Sebek LBJ (2003) *Relatie tussen voeding en ammoniakemissie vanuit de melkveestal*. Praktijkrapport Rundvee 25. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, 66 pp.
- Velthof G, De Haan MH, Holshof G, Van Den Pol-Van Dasselaar A, Kuikman P (2000a) *Beperking van lachgasemissie uit beweide grasland*. 114.1. Alterra, Wageningen, 54 pp.
- Velthof G, De Haan MH, Schils RLM, Monteny GJ, Van Den Pol-Van Dasselaar A, Kuikman P (2000b) *Beperking van lachgasemissie uit bemeste landbouwgronden*. 114.2. Alterra, Wageningen, 69 pp.
- Velthof GL (2003) *Relaties tussen mineralisatie, denitrificatie en indicatoren voor bodemkwaliteit in landbouwgronden*. Alterra rapport 769. Alterra, Wageningen, 38 pp.
- Velthof GL, Kuikman PJ (2000) *Beperking van lachgasemissie uit gewasresten; een systeemanalyse*. Alterra rapport 114.3. Alterra, Wageningen, 82 pp.
- Zom RLG, Van Riel JW, André G, Van Duinkerken G (2002) *Voorspelling voeropname met het koemodel*. Praktijkrapport Rundvee 11. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, 50 pp.

## Bijlagen

### Bijlage 1 Vergelijking van gemiddeld gewogen emissiefactoren in Miterra en de emissiefactoren in de nationale protocollen

Toevoerbron	Minerale bodems		Organische bodems	
	Protocol	Miterra	Protocol	Miterra
Kunstmest				
- ammoniumhoudend	0.005	0.005	0.01	0.01
- overige kunstmestsoorten	0.01	0.01	0.02	0.03
Dierlijke mest				
- bovengrondse aanwending	0.01	0.0035	0.02	0.005
- emissie arme aanwending	0.02	0.0075	0.02	0.01
Beweiding				
- faeces	0.01	*)	0.01	*)
- urine	0.02		0.02	
Stikstofbinding	0.01	0.005	-	0.015
Gewasresten	0.01	0.008	-	0.01
Histosolen (kg N <sub>2</sub> O-N per ha)	-	0.8	4.7	6

\*) In Miterra wordt geen onderscheid gemaakt naar emissie uit faeces en urine. Emissie voor minerale gronden is 0.025 en voor organische gronden 0.052

**Bijlage 2 Voorbeeld samenvattende uitvoer**

		zand	klei	veen
<b>Uitstoot lachgas per hectare</b>				
Emissie lachgas totaal	(kg N2O)	11.0	12.7	31.8
Directe emissie	(kg N2O)	7.5	10.8	30.2
Wv: - Stal en opslag	(kg N2O)	0.3	0.4	0.3
.- Beweiding	(kg N2O)	2.4	3.2	10.9
.- Toediening dierlijke mest	(kg N2O)	1.7	2.4	2.5
.- Toediening kunstmest	(kg N2O)	2.8	4.3	9.5
.- Gewasresten	(kg N2O)			
.- Histosolen	(kg N2O)			7.0
.- Scheuren grasland	(kg N2O)	0.2	0.5	
.- Biologische stikstofbinding	(kg N2O)			
Indirecte emissie	(kg N2O)	3.5	2.0	1.6
Wv: - Nitraatuitspoeling	(kg N2O)	2.8	1.1	0.5
.- Ammoniakvervluchtiging	(kg N2O)	0.6	0.7	0.9
.- Emissie stikstofoxiden	(kg N2O)	0.1	0.1	0.1
<b>Uitstoot methaan per hectare</b>				
Emissie methaan totaal	(kg CH4)	334.2	334.9	303.3
Emissie uit pensfermentatie	(kg CH4)	260.7	259.4	245.4
Weideperiode	(kg CH4)	130.5	129.2	122.1
Wv: - melkgevende koeien	(kg CH4)	97.1	98.0	93.9
.- droge koeien	(kg CH4)	10.8	10.6	10.3
.- pinken	(kg CH4)	16.8	15.3	13.2
.- kalveren	(kg CH4)	5.8	5.3	4.7
Stalperiode	(kg CH4)	130.2	130.2	123.3
Wv: - melkgevende koeien	(kg CH4)	91.5	90.7	86.2
.- droge koeien	(kg CH4)	15.2	14.2	14.0
.- pinken	(kg CH4)	12.1	14.8	13.7
.- kalveren	(kg CH4)	11.4	10.5	9.3
Emissie uit rundveemest	(kg CH4)	73.5	75.5	57.9
Wv: - Dunne mest in stal en opslag	(kg CH4)	72.6	74.5	56.2
.- Weidemest	(kg CH4)	0.9	1.1	1.7
<b>Uitstoot broeikasgassen als lachgas</b>				
Per bedrijf	(kg CO2)	119315	165129	387114
Per hectare	(kg CO2)	3399	3950	9850
Per koe	(kg CO2)	1891	2322	6077
Per kg melk	(kg CO2)	0.25	0.30	0.82
<b>Uitstoot broeikasgassen als methaan</b>				
Per bedrijf	(kg CO2)	246338	294004	250328
Per hectare	(kg CO2)	7018	7034	6370
Per koe	(kg CO2)	3904	4135	3930
Per kg melk	(kg CO2)	0.51	0.53	0.53
<b>Uitstoot broeikasgassen totaal</b>				
Per bedrijf	(kg CO2)	365653	459133	637442
Per hectare	(kg CO2)	10417	10984	16220
Per koe	(kg CO2)	5795	6458	10007
Per kg melk	(kg CO2)	0.76	0.83	1.35

## Bijlage 3 Voorbeeld gedetailleerde uitvoer



## Broeikasgassen

Naam invoerset klei0  
Omschrijving Klei0

## 1.1. Lachgasemissie (detail)

	Hoeveelheid aanvoer (kg N)	Ammoniak emissie (kg NH <sub>3</sub> -N)	Lachgas emissiefactor (kg N <sub>2</sub> O-N/kg N)	Lachgas emissie (kg N <sub>2</sub> O-N)	Lachgas emissie (kg N <sub>2</sub> O)
Stal en opslag	10510	1094.1	0.0010	9.4	14.8
Beweiding					
Grasland koeien	1673	133.9	0.0313	48.2	75.7
Grasland pinken	1038	83.0	0.0313	29.9	47.0
Grasland kalveren	275	22.0	0.0313	7.9	12.4
Grasland beheer					
Toediening dierlijke mest					
Grasland koeien	6556	373.3	0.0063	39.0	61.2
Grasland pinken	1278	72.8	0.0063	7.6	11.9
Grasland kalveren	998	56.8	0.0063	5.9	9.3
Grasland alleen maaien					
Grasland beheer					
Snijmais	794	11.3	0.0125	9.8	15.4
Luzerne					
Triticale					
'					
'					
Toediening kunstmest, AS					
Grasland koeien					
Grasland pinken					
Grasland kalveren					
Grasland alleen maaien					
Toediening kunstmest, KAS					
Grasland koeien	6404	96.1	0.0125	78.8	123.9
Grasland pinken	1787	26.8	0.0125	22.0	34.6
Grasland kalveren	833	12.5	0.0125	10.3	16.1
Grasland alleen maaien					
Snijmais	251	3.8	0.0125	3.1	4.9
Luzerne					
Triticale					
'					
'					
Gewasresten					
Grasland koeien	426				
Grasland pinken	102				
Grasland kalveren	82				
Grasland alleen maaien					
Grasland beheer					
Snijmais	9		0.0039		0.1
Luzerne					
Triticale					
'					
'					

## Broeikasgassen

Naam invoerset klei0  
 Omschrijving Klei0

1.1. Lachgasemissie (detail)				
	Hoeveelheid aanvoer (kg N)	Lachgas emissiefactor (kg N <sub>2</sub> O-N/kg N)	Lachgas emissie (kg N <sub>2</sub> O-N)	Lachgas emissie (kg N <sub>2</sub> O)
<b>Histosolen</b>				
Grasland koeien				
Grasland pinken				
Grasland kalveren				
Grasland alleen maaien				
Grasland beheer				
Snijmais				
Luzerne				
Triticale				
<b>Scheuren grasland</b>				
Grasland koeien	799	0.0125	10.0	15.7
Grasland pinken	201	0.0125	2.5	4.0
Grasland kalveren	122	0.0125	1.5	2.4
Grasland alleen maaien				
Grasland beheer				
<b>Biologische stikstofbinding</b>				
Grasland koeien		0.0063		
Grasland pinken		0.0063		
Grasland kalveren		0.0063		
Grasland alleen maaien				
Grasland beheer				
Luzerne				
<b>Indirecte lachgasemissie</b>				
Nitraatuitspoeling	1205	0.0250	30.1	47.3
Ammoniakvervluchtiging	1986	0.0100	19.9	31.2
Emissie stikstofoxiden	298	0.0100	3.0	4.7

1.2. Overzicht lachgasemissie					
	Per bedrijf (kg N <sub>2</sub> O)	Per ha (kg N <sub>2</sub> O)	Per ha (kg N <sub>2</sub> O-N)	Per ha (kg CO <sub>2</sub> )	Tov totaal (%)
<b>Directe emissie</b>	<b>449</b>	<b>10.7</b>	<b>6.8</b>	<b>3332.0</b>	<b>84.4</b>
Wv: - Stal en opslag	15	0.4	0.2	109.7	2.8
- Beweiding	135	3.2	2.1	1002.0	25.4
- Toediening dierlijke mest	98	2.3	1.5	725.5	18.4
- Toediening kunstmest	179	4.3	2.7	1330.9	33.7
- Gewasresten				0.4	
- Histosolen					
- Scheuren grasland	22	0.5	0.3	163.4	4.1
- Biologische stikstofbinding					
<b>Indirecte emissie</b>	<b>83</b>	<b>2.0</b>	<b>1.3</b>	<b>617.2</b>	<b>15.6</b>
Wv: - Nitraatuitspoeling	47	1.1	0.7	351.0	8.9
- Ammoniakvervluchtiging	31	0.7	0.5	231.5	5.9
- Emissie stikstofoxiden	5	0.1	0.1	34.7	0.9
<b>Emissie lachgas totaal</b>	<b>533</b>	<b>12.7</b>	<b>8.1</b>	<b>3949.2</b>	<b>100.0</b>



## Broeikasgassen

Naam invoerset klei0  
Omschrijving Klei0

### 2.1. Methaanemissie per dier

		Melkkoe	Droge koe	Pink	Kalf
<b>Weideperiode</b>					
Voeropname	(kg ds)	3022	316	1374	446
Opname bruto energie per dier (GE)	(MJ)				
Fractie verteerbare energie (DE)	(%)				
Emissie per dier (EF)	(kg CH4)	57.6	6.2	27.2	8.8
<b>Stalperiode</b>					
Voeropname	(kg ds)	2687	423	1321	892
Opname bruto energie per dier (GE)	(MJ)				
Fractie verteerbare energie (DE)	(%)				
Emissie per dier (EF)	(kg CH4)	53.3	8.4	26.2	17.7

### 2.2. Methaanemissie (detail)

	Hoeveelheid aanvoer	Methaan emissiefactor (kg CH4/eenheid)	Methaan emissie (kg CH4)	Methaan emissie (kg CO2)
<b>Pensfermentatie weideperiode</b>				
Melkkoeien	71.1 dieren	57.590	4095	85988
Droge koeien	71.1 dieren	6.248	444	9328
Pinken	23.6 dieren	27.191	641	13470
Kalveren	24.8 dieren	8.850	220	4616
<b>Pensfermentatie stalperiode</b>				
Melkkoeien	71.1 dieren	53.333	3792	79632
Droge koeien	71.1 dieren	8.363	595	12487
Pinken	23.6 dieren	26.150	617	12955
Kalveren	24.8 dieren	17.677	439	9221
<b>Rundveemest</b>				
Dunne mest in stal en opslag	1708.5 ton	1.822	3113	65371
Weidemest	416.3 ton	0.107	45	935

### 2.3. Overzicht methaanemissie

	Per bedrijf (kg CH4)	Per ha (kg CH4)	Per ha (kg CO2)	Tov totaal (%)
<b>Emissie uit pensfermentatie</b>				
Wv: - Weideperiode	5400	129.2	2713.0	38.6
- Stalperiode	5443	130.2	2734.3	38.9
<b>Emissie uit rundveemest</b>				
Wv: - Dunne mest in stal en opslag	3113	74.5	1563.9	22.2
- Weidemest	45	1.1	22.4	0.3
<b>Emissie methaan totaal</b>	<b>14000</b>	<b>334.9</b>	<b>7033.6</b>	<b>100.0</b>

### 3.1. Overzicht uitstoot broeikasgassen

		Lachgas	Methaan	Totaal
Per bedrijf	(kg CO2)	165076	294004	459079
Per hectare	(kg CO2)	3949	7034	10983
Per koe	(kg CO2)	2322	4135	6457
Per kg melk	(kg CO2)	0.30	0.53	0.83





## Broeikasgassen

Naam invoerset Klei0  
Omschrijving Klei0

4. Overzicht mestopslag in stal en externe opslag			
	Periode (datum)	Mestopslag stal (ton)	Mestopslag extern (ton)
Week 1	01 01 - 07 01		746.9
Week 2	08 01 - 14 01		798.9
Week 3	15 01 - 21 01		850.9
Week 4	22 01 - 28 01		902.9
Week 5	29 01 - 04 02		955.0
Week 6	05 02 - 11 02		1007.0
Week 7	12 02 - 18 02		1059.0
Week 8	19 02 - 25 02		1111.0
Week 9	26 02 - 04 03		1163.1
Week 10	05 03 - 11 03		1215.1
Week 11	12 03 - 18 03		640.6
Week 12	19 03 - 25 03		222.7
Week 13	26 03 - 01 04		274.7
Week 14	02 04 - 08 04		326.7
Week 15	09 04 - 15 04		378.7
Week 16	16 04 - 22 04		430.8
Week 17	23 04 - 29 04		471.8
Week 18	30 04 - 06 05		500.5
Week 19	07 05 - 13 05		528.7
Week 20	14 05 - 20 05		181.2
Week 21	21 05 - 27 05		146.4
Week 22	28 05 - 03 06		171.5
Week 23	04 06 - 10 06		196.1
Week 24	11 06 - 17 06		220.7
Week 25	18 06 - 24 06		245.3
Week 26	25 06 - 01 07		270.0
Week 27	02 07 - 08 07		294.6
Week 28	09 07 - 15 07		319.2
Week 29	16 07 - 22 07		343.8
Week 30	23 07 - 29 07		368.5
Week 31	30 07 - 05 08		393.1
Week 32	06 08 - 12 08		417.7
Week 33	13 08 - 19 08		128.3
Week 34	20 08 - 26 08		24.8
Week 35	27 08 - 02 09		46.4
Week 36	03 09 - 09 09		68.1
Week 37	10 09 - 16 09		90.0
Week 38	17 09 - 23 09		114.6
Week 39	24 09 - 30 09		139.9
Week 40	01 10 - 07 10		165.2
Week 41	08 10 - 14 10		190.5
Week 42	15 10 - 21 10		215.8
Week 43	22 10 - 28 10		241.1
Week 44	29 10 - 04 11		272.6
Week 45	05 11 - 11 11		323.2
Week 46	12 11 - 18 11		375.3
Week 47	19 11 - 25 11		427.3
Week 48	26 11 - 02 12		479.3
Week 49	03 12 - 09 12		531.3
Week 50	10 12 - 16 12		583.4
Week 51	17 12 - 23 12		635.4
Week 52	24 12 - 31 12		691.1

**Bijlage 4 Uitgangspunten en tarieven bij bedrijfsplannen**

Gehanteerde algemene uitgangspunten bij de doorgerekende modelsituaties

## Verdelingen afkalvingen per maand

	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni
Percentage koeien (%)	10	10	15	10	5	5
	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December
Percentage koeien (%)	5	5	5	10	10	10

## Uitgangspunten Bemestingsbalans

Bemestingsbehoefte wordt bepaald door de landbouwkundige norm

<b>Grasland</b>			Methode uitrijden organische mest
- Fosfaattoestand	voldoende		- Zodebemester (klei- en zandgrond)
- Kalitoestand	Voldoende		- Sleepslang (veengrond)
- Maximum organische mest	Behoefte		
<b>Maïsland</b>			Methode uitrijden organische mest
- PW-getal	30		- Onderwerken met ploeg
- K-getal	12		
- N-mineraal (kg)	30		
- stikstoflevering gescheurd grasland (kg)	100		
- Fosfaatbemesting	Drijfmest		
- Maximum organische mest	Geen		
Reinigingswater in de mestput	JA		
Soortelijk gewicht organische mest (kg/l)	1,04		

## Melkprijs

Melkvet (€/ kg)	3,14
Melkeiwit (€/ kg)	5,30
Negatieve grondprijs (€/ 100 kg)	-3,30

## Omzet en Aanwas

<b>Verkoopprijzen (€)</b>			<b>Uitval (%)</b>	
- Nuchtere stierkalveren	135		- van kalf tot pink	5,0
- Nuchtere vaarskalveren	80		- van pink tot koe	2,0
- Pinken (12 maand)	450		- koeien	2,0
- Pinken (2 jaar)	950		Perinatale sterfte	6,8
- Slachtkoeien	650			
<b>Vervangingswaarde (€)</b>			<b>Premie veeverzekering</b>	<b>GEEN</b>
Kalveren	265			
Pinken	700			
Melkkoeien	1050			

---

 Overige opbrengsten
 

---

EEG-premies		Verkoop ruwvoer	
- Slachtpremie melkkoeien (€/ koe)	114,00	- Graskuil (€/ kVEM)	0,06
- Snijmaispremie (€/ ha)	420,00	- Snijmaïs (€/ kVEM)	0,08
- Melkpremie (€/ 100 kg)	3,544		

---



---

 Voerkosten
 

---

Aankoop krachtvoer (€/100 kg)		Aankoop ruwvoer	
- Krachtvoer 1	14,50	- Graskuil (€/ kVEM)	0,06
- Krachtvoer 2	16,00	- Snijmaïs (€/ kVEM)	0,08
- Krachtvoer 3	20,00		
- Kunstmelkpoeder	127,00		
- Diverse voerkosten (€/MK)	5,00		

---



---

 Meststoffen
 

---

Stikstof (€/kg N)	0,66
Fosfaat (€/kg P)	0,54
Kali (€/kg K)	0,33

---



---

 Variabele kosten grasland en voedergewassen
 

---

Gewasbeschermingsmiddelen (€/ ha)		Zaaizaad (€/ ha)	
- Graslandonderhoud	9,00	- Herinzaai grasland	140,00
- Herinzaai grasland	65,00	- Doorzaaien grasland	120,00
- Doorzaaien grasland	65,00	- Maïsland	190,00
- Beheersgrasland	0,00		
- Maïsland	82,30		
Berekende rente maïsland (€/ ha)	12,00		

---

---

 Variabele kosten vee
 

---

Dierenartskosten		Veeverbetering rundvee	
- Melkkoeien (€/ 100 kg melk/koe)	0,82	- Melkcontrole (€/ koe)	27,50
- Pinken (€/ pink)	19,00	- Inseminatie melkkoeien (€/ koe)	34,75
- Kalveren (€/ kalf)	43,00	- Inseminatie pinken (€/ pink)	34,75
- Bedrijfsbegeleiding (€/ koe)	13,50		

Klauwbekappen	
- Melkkoeien (€/ koe)	9,05

Scheren	
- Melkkoeien (€/ koe)	7,25
- Jongvee (€/stuks jongvee)	4,85

Soort strooisel		Hoeveelheid strooisel per dier (kg/jaar)	
- Kalveren	Stro	- Kalveren	140
- Pinken	Zaagsel	- Pinken	65
- Melkkoeien	Zaagsel	- Melkkoeien	115

---



---

 Energietarieven
 

---

Elektriciteit	
- Hoog tarief (€/ kWh)	0,12
- Laag tarief (€/ kWh)	0,06

---



---

 Prijzen overige grond- en hulpstoffen
 

---

Water (€/ m3)	1,16	Zaagsel (€/ ton)	150,00
Gecombineerd reinigingsmiddel (€/ liter)	1,00	Stro (€/ ton)	110,00
Zuur reinigingsmiddel (€/ liter)	2,20		
Kuilplastic (€/ m2)	0,30		
Afrastering (€/ ha grasland)	75,00		

---

Loonwerk tarieven			
Gras maaien in loonwerk	Nee	Ploegen in loonwerk	Ja
Schudden in loonwerk	Nee	Cultivateren in loonwerk	Ja
Harken in loonwerk	Nee	Eggen en schoffelen in loonwerk	Ja
		Onkruidbestrijding Chem/mech.	Combi
		Eggen (€/ ha)	18,00
Inkuilen (€/ ha)*	83,00	Cultivateren (€/ha)	61,00
Aanrijden (€/ ha)*	44,00	Zaaïen (€/ ha)	70,00
Graslandverzorging (€/ha)	11,00	Spuiten (1 keer) (€/ ha)	30,00
Herinzaaien klei (€/ ha)	400,00	Ploegen (€/ha)	132,00
Herinzaaien zand (€/ ha)	352,00	Frezen (€/ha)	90,00
Mest uitrijden		Oogsten maïs + aanrijden (€/ ha)	374,00
- Zodebemesten (€/ m3)	2,94		
- Bovengronds (€/ m3)	2,00	Slootonderhoud (€/ ha)	18,00
- Ploegen (€/ha)	132,00		

\*De loonwerk tarieven voor inkuilen en aanrijden op bedrijven met summerfeeding zijn 30 % lager dan de tarieven in de tabel. Deze uitgangspunten zijn gebaseerd op onderzoek van high-tech en lagekostenbedrijf. Daaruit blijken de volgende schaalvoordelen een rol te spelen: grotere percelen, minder aanrijtijd voor loonwerker, scherpere prijsafspraken.

Algemene kosten en rentepercentage			
Constant deel (€)	10745,00	Rente (%)	4,50
Variabel deel			
- Koeien (€/ koe)	6,84	Kosten afvoer organisch mest	
- Pinken (€/ pink)	6,84	- Ophaalbijdrage (€/ ton)	8,00
- Kalveren (€/ kalf)	1,53		

## Bijlage 5 Samenvatting van de resultaten op zandgrond

	Zand 0	Zand A	Zand B	Zand C	Zand D	Zand E	Zand F
	basis	meer maïs telen en voeren	niet weiden	covergist	combi AB	combi ABC	dubbel ABC
Koeien	63,1	+0	+0	+0	+0	+0	+63
Jongvee/10 mk	7,0	+0	+0	+0	+0	+0	+0
Ha gras	27,1	-2,5	+0,0	+0,0	-2,5	-2,5	+22,1
Ha maïs	8	+2,5	+0,0	+0,0	+2,5	+2,5	+13,0
Beweidingsstelsysteem	B+8.0	B+8.0	S	B+8.0	S	S	S
melk per koe	7620	+0	+0	+0	+0	+0	+0
Quotum	480822	+0	+0	+0	+0	+0	+480822
Intensiteit	13699	+0	+0	+0	+0	+0	+0
Kg ds bijvoeding graskuil zomer	0,0	0,0	nvt	0,0	nvt	nvt	nvt
Kg ds bijvoeding maïskuil zomer	8,0	0,0	nvt	0,0	nvt	nvt	nvt
Kg ds aankoop graskuil	-1	+1	-2	+1	+1	+1	-1
Kg ds aankoop maïskuil	97102	+12286	-30018	-6230	-29183	-26778	+43585
Gemaaide hectares gras (maai% * ha)	46	-12	+60	+4	+50	+50	+146
Wat kost 1000 kg minder CO2-equiv?		-110	1454	1114	591	938	629
<b>Opbrengsten</b>	193178	-10	+80	+90485	+96	+115136	+419207
Melk	152283	-10	+80	-2	+96	+99	+158352
Omzet en aanwas	19098	+0	+0	+0	+0	+0	+19106
Verkoop voer	0	+0	+0	+0	+0	+0	+0
Gem. Landbouwbeleid	21797	+0	+0	+0	+0	+0	+20715
Opbrengst co-vergisting	0	+0	+0	+90487	+0	+115037	+221034
<b>Toegerekende kosten</b>	58418	-1533	+1778	+54571	+407	+70738	+193760
Voerkosten	20366	-1709	+275	-623	-1791	-2076	+16215
w.v. krachtvoer	9059	-2946	+3298	-58	+1148	+557	+10172
w.v. ruwvoer en overig voer	11307	+1237	-3023	-565	-2939	-2633	+6043
Veekosten	16055	+0	+0	+0	+0	+0	+16056
Gewaskosten (o.a. zaad, gewasbesch.)	3156	+773	+82	+0	+791	+791	+4740
Bemestingskosten	6521	-258	-513	+58748	-678	+73790	+149769
w.v. kunstmest	4374	-238	-513	+450	-658	-278	+3676
w.v. maïs voor co-vergisting	0	+0	+0	+58297	+0	+74088	+143985
Overige grond en hulpstoffen	7131	-178	+1117	+5	+894	+891	+8082
Brandstof en smeermiddelen	1573	-161	+817	-305	+1191	+596	+1986
Energie	3616	+0	+0	-3254	+0	-3254	-3088
<b>Niet toegerekende kosten</b>	19204	+267	+9010	+90895	+9405	+124477	+217648
Loonwerkkosten	17866	+114	+9174	+239	+9493	+9419	+36579
Mestafvoer	1338	+153	-164	+13734	-88	+16847	+33450
Extra bouwwerken mestvergisting:				+76922		+98211	+147619
Opslag te vergisten maïs				+4308		+8836	+16432
Extra mestopslag				+10965		+13923	+27054
Kosten vergistingsinstallatie				+61649		+75452	+104133
<b>Financieel Resultaat</b>	115556	+1256	-10708	-54981	-9716	-80079	-53878
Emissie broeikasgassen voor correctie	363158	-11468	-7364	+4908	-16438	-14588	-14926
Correctie emissie mestopslag vergisting				-54251		-70762	-70762
Emissie broeikasgassen	363158	-11468	-7364	-49343	-16438	-85350	-85687

**Bijlage 6 Samenvatting van de resultaten op kleigrond**

	Klei 0	Klei A	Klei B	Klei C	Klei D
	basis	meer maïs telen en voeren	minder weiden	voorjaars meststof	combi ABC
Koeien	71,1	+0	+0	+0	+0
Jongvee/10 mk	6,8	+0	+0	+0	+0
Ha gras	37,4	-8,1	+0,0	+0,0	-8,1
Ha maïs	4,4	+8,1	+0,0	+0,0	+8,1
Beweidingsstelsel	B+6.0	B+6.0	B+10.0	B+6.0	B+10.0
melk per koe	7750	+0	+0	+0	+0
Quotum	551025	+0	+0	+0	+0
Intensiteit	13182	+0	+0	+0	+0
Kg ds bijvoeding graskuil zomer	2,0	-2,0	1,5	0,0	1,5
Kg ds bijvoeding maïskuil zomer	4,0	2,0	2,5	0,0	2,5
Kg ds aankoop graskuil	-12524	+12524	-13860	+0	+12523
Kg ds aankoop maïskuil	-11955	+19427	+29855	+0	-4720
Gemaaide hectares gras (maai% * ha)	107	-47	+15	+0	-24
Wat kost 1000 kg minder CO2-equiv?		-9	125	107	108
<b>Opbrengsten</b>	220820	-1493	-226	+0	-294
Melk	175302	+38	-20	+0	-13
Omzet en aanwas	21070	+0	+0	+0	+0
Verkoop voer	1531	-1531	-206	+0	-281
Gem. Landbouwbeleid	22917	+0	+0	+0	+0
Opbrengst co-vergisting	0	+0	+0	+0	+0
<b>Toegerekende kosten</b>	59088	-1497	+4960	+352	+3668
Voerkosten	16769	-1665	+7742	+0	+4997
w.v. krachtvoer	15089	-2418	+5938	+0	+4997
w.v. ruwvoer en overig voer	1680	+753	+1804	+0	+0
Veekosten	18053	+0	+0	+0	+0
Gewaskosten (o.a. zaad, gewasbesch.)	2405	+1939	-86	+0	+1902
Bemestingskosten	7157	-335	-3343	+352	-2741
w.v. kunstmest	6559	-821	-3343	-60	-3550
w.v. maïs voor co-vergisting	0	+0	+0	+0	+0
Overige grond en hulpstoffen	8481	-797	+397	+0	-195
Brandstof en smeermiddelen	2471	-639	+250	+0	-295
Energie	3752	+0	+0	+0	+0
<b>Niet toegerekende kosten</b>	24428	-187	+1656	+0	+2743
Loonwerkkosten	24061	-226	+1614	+0	+2677
Mestafvoer	367	+39	+42	+0	+66
Extra bouwwerken mestvergisting:					
Opslag te vergisten maïs					
Extra mestopslag					
Kosten vergistingsinstallatie					
<b>Financieel Resultaat</b>	137304	+191	-6842	-352	-6705
Emissie broeikasgassen voor correctie	459134	-20310	-54883	-3303	-61931
Correctie emissie mestopslag vergisting					
Emissie broeikasgassen	459134	-20310	-54883	-3303	-61931

**Bijlage 7 Samenvatting van de resultaten op veengrond**

	Veen 0 basis	Veen A meer maïs voeren	Veen B minder weiden	Veen C beperkt weiden en meer maïs voeren
Koeien	63,7	+0	+0	+0
Jongvee/10 mk	6,2	+0	+0	+0
Ha gras	37	+0,0	+0,0	+0,0
Ha maïs	2,3	+0,0	+0,0	+0,0
Beweidingsstelsysteem	O+3.0	O+3.0	B+6.0	B+6.0
melk per koe	7440	+0	+0	+0
Quotum	473928	+0	+0	+0
Intensiteit	12059	+0	+0	+0
Kg ds bijvoeding graskuil zomer	1,5	-1,5	1,5	-1,5
Kg ds bijvoeding maïskuil zomer	1,5	1,5	1,5	4,5
Kg ds aankoop graskuil	36863	-28961	-27522	-39765
Kg ds aankoop maïskuil	27214	+38221	-17969	+37228
Gemaaide hectares gras (maai% * ha)	69	-1	+29	+13
Wat kost 1000 kg minder CO2-equiv?		-15	15	-8
<b>Opbrengsten</b>	186785	+7	+43	+219
Melk	149943	+7	+43	+77
Omzet en aanwas	17799	+0	+0	+0
Verkoop voer	0	+0	+0	+142
Gem. Landbouwbeleid	19043	+0	+0	+0
Opbrengst co-vergisting	0	+0	+0	+0
<b>Toegerekende kosten</b>	53193	+101	-3645	-2978
Voerkosten	18344	+219	-3892	-1219
w.v. krachtvoer	11201	-1277	+154	-1972
w.v. ruwvoer en overig voer	7143	+1496	-4046	+753
Veekosten	15740	+0	+1	+1
Gewaskosten (o.a. zaad, gewasbesch.)	987	+0	+0	+0
Bemestingskosten	5045	+36	-485	-2156
w.v. kunstmest	4593	+36	-485	-2156
w.v. maïs voor co-vergisting	0	+0	+0	+0
Overige grond en hulpstoffen	7568	-150	+320	+187
Brandstof en smeermiddelen	1900	-4	+411	+209
Energie	3609	+0	+0	+0
<b>Niet toegerekende kosten</b>	15934	-231	+4551	+2198
Loonwerkkosten	15934	-231	+4551	+2198
Mestafvoer	0	+0	+0	+0
Extra bouwwerken mestvergisting:				
Opslag te vergisten maïs				
Extra mestopslag				
Kosten vergistingsinstallatie				
<b>Financieel Resultaat</b>	117658	+137	-863	+999
Emissie broeikasgassen voor correctie	637442	-8966	-55841	-122217
Correctie emissie mestopslag vergisting				
Emissie broeikasgassen	637442	-8966	-55841	-122217