

In de melkveehouderij, akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt

# Maatregelen ter beperking van energieverbruik en broeikasgasemissies



bioKennis



WAGENINGENUR

*For quality of life*



# Maatregelen ter beperking van energieverbruik en broeikasgasemissies

In de melkveehouderij, akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt

Janjo de Haan (PPO), Herman van Schooten (ASG), Jules Bos (PRI),  
Cees van der Wel (PPO) & Marcel van der Voort (PPO)

© 2007 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

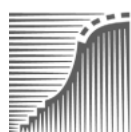
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 372

In Nederland vindt het meeste onderzoek voor biologische landbouw en voeding plaats in de, voornamelijk door het ministerie van LNV gefinancierde, cluster Biologische Landbouw. Aansturing hiervan gebeurt door Bioconnect, het kennisnetwerk voor de Biologische Landbouw en Voeding in Nederland ([www.bioconnect.nl](http://www.bioconnect.nl)). Hoofduitvoerders van het onderzoek zijn de instituten van Wageningen UR en het Louis Bolk Instituut. Dit rapport is binnen deze context tot stand gekomen. De resultaten van de verschillende kennisprojecten vindt u op de website [www.biokennis.nl](http://www.biokennis.nl). Voor vragen en/of opmerkingen over dit onderzoek aan biologische landbouw en voeding kunt u mailen naar: [info@biokennis.nl](mailto:info@biokennis.nl). Heeft u suggesties voor onderzoek dan kunt u ook terecht bij de loketten van Bioconnect op [www.bioconnect.nl](http://www.bioconnect.nl) of een mail naar [info@bioconnect.nl](mailto:info@bioconnect.nl).

Het onderzoek in dit verslag is gefinancierd door het Ministerie van LNV in het kader van het beleidsondersteunend onderzoek binnen het cluster Biologische Landbouw



**landbouw, natuur en  
voedselkwaliteit**

Projectnummer: 3250076700

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.**  
Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten  
Adres : Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad  
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
Tel. : 0320 - 29 11 11  
Fax : 0320 - 23 04 79  
E-mail : [info.ppoagv@wur.nl](mailto:info.ppoagv@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1	INTRODUCTIE..... 7
1.1	Aanleiding en doel..... 7
1.2	Werkwijze..... 7
2	MAATREGELN MELKVEEHOUDERIJ..... 11
2.1	Good practices..... 13
2.2	Best practices..... 16
2.3	Maatregelen in onderzoek..... 21
2.4	Beperkt haalbare maatregelen..... 23
2.5	Overige maatregelen..... 25
3	MAATREGELN AKKERBOUW EN VOLLEGRONDSGROENTETEELT..... 27
3.1	Good practices..... 29
3.2	Best practices..... 33
3.3	Maatregelen in onderzoek..... 35
3.4	Beperkt haalbare maatregelen..... 36
3.5	Overige maatregelen..... 37
4	DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN..... 39
4.1	Bespreking van maatregelen in klankbordgroepen..... 39
4.2	Discussie en conclusies..... 40
4.3	Aanbevelingen in verder communicatie..... 40
LITERATUUR.....	41
BIJLAGE 1	INPASBAARHEID MAATREGELN IN DE BIOLOGISCHE MELKVEEHOUDERIJ..... 43
BIJLAGE 2	INVLOED OPTIMAAL GEBRUIK VAN GROENBEMESTERS EN VLINDERBLOEMIGE GEWASSEN..... 45



# Samenvatting

Het is van belang dat de biologische landbouw ook aandacht besteed aan reductie van energieverbruik en broeikasgasemissies om invulling te geven aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid. In de in 2006 uitgevoerde studie "Energieverbruik, broeikasgasemissies en CO<sub>2</sub>-opslag, de biologische en gangbare landbouw vergeleken" (Bos et al., 2007) is voor melkveehouderij, open teelten en glastuinbouw hiervan een schatting gemaakt. Tevens werd een lijst met algemene maatregelen samengesteld die kunnen bijdragen aan vermindering van fossiel energieverbruik en broeikasgasemissies en verhoging van de koolstofopslag. Deze maatregelen zijn beschreven op hoofdlijnen. Er was behoefte aan betere beschrijving en beoordeling van deze maatregelen zodat duidelijk is hoe prestaties op het gebied van energieverbruik en broeikasgasemissies verbeterd kunnen worden. Hierbij gaat het zowel om zicht te krijgen op welke maatregelen verder ontwikkeld kunnen worden en over welke maatregelen kennis en ervaringen verspreid kunnen worden.

Het in dit rapport beschreven project wil de beschikbare kennis over maatregelen in de biologische melkveehouderij, akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt op een rij zetten. Hierbij is dezelfde systeembegrenzing aangehouden als in Bos et al. (2007). Aspecten uit de keten zijn hier buiten beschouwing gelaten. We hebben er voor gekozen om de (ongeveer 20) meest effectieve maatregelen te beschrijven die bijdragen aan besparing van fossiel energieverbruik, broeikasgasemissies of verhogen van de koolstofopslag. We zijn hierbij uitgegaan van de gemiddelde huidige situatie op de bedrijven en niet van goede landbouwpraktijk of een al geoptimaliseerde situatie. Dat betekent dat er maatregelen opgenomen kunnen zijn die voor een aantal ondernemers als zeer vanzelfsprekend gelden, maar door andere ondernemers nog niet of onvoldoende worden uitgevoerd.

Elke maatregel is gekarakteriseerd aan de hand van de indeling die is ontwikkeld voor gewasbeschermingsmaatregelen in het kader van het convenant Gewasbescherming (de Haan et al., 2007 en figuur 1). De maatregelen worden hierbij ingedeeld in good practices, best practices, maatregelen in onderzoek en beperkt haalbare maatregelen. De maatregelen zijn vervolgens op de volgende punten gekarakteriseerd:

- Wat het effect is op fossiel energieverbruik, broeikasgasemissies en koolstofopslag.
- Wat de kosten en baten van de maatregel zijn:
- Wat de overige belemmeringen zijn voor brede toepassing (opbrengstderving, arbeid en inpassing in bedrijfsvoering, risico voor opbrengstderving of kostenverhoging, kennis en risicobeleving, wetgeving).
- Wat de huidige implementatiegraad is van de maatregel
- Of de maatregel aansluit bij de intenties van de biologische landbouw

Tevens is een korte beschrijving in de overzichten opgenomen en een uitgebreidere beschrijving na de overzichten.

De overzichten met maatregelen zijn besproken in 2 themagroepen in de melkveehouderij en twee innovatiegroepen en twee bedrijfsnetwerken in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Ook zijn de overzichten aan onderzoekers en voorlichters voorgelegd. In de besprekingen in de groepen en bedrijfsnetwerken zijn ook de resultaten van de studie van Bos et al. (2007) gepresenteerd. Op basis van het commentaar uit de besprekingen zijn de beoordelingen en beschrijvingen aangepast en enkele maatregelen toegevoegd.

Met de gehanteerde methodiek hebben we goed inzicht weten te krijgen in de beschikbare maatregelen waarmee fossiel energieverbruik en broeikasgasemissies verminderd kunnen worden en koolstofopslag vergroot kan worden. We moeten echter constateren dat veel maatregelen maar een gering effect hebben ten opzichte van het totale energieverbruik of broeikasgasemissie op bedrijfsniveau. Dat komt voornamelijk omdat maatregelen slechts ingrijpen op een klein gedeelte van het bedrijfssysteem terwijl energieverbruik en broeikasgasemissies in het gehele bedrijfssysteem optreden. Daarnaast kost het telen van een gewas nu eenmaal diesel, 'boert' een koe nu eenmaal methaan en treedt bij bemesting lachgasemissie op. Betekenisvolle reducties lijken slechts beperkt mogelijk.

Het is lastig om aan te geven wat bij een 'optimale' mix van afzonderlijke maatregelen de maximaal haalbare reductie van energieverbruik en broeikasgasemissies is. Dit komt omdat bij stapeling van maatregelen diverse interacties op gaan treden die effecten verzwakken of versterken. Maatregelen die goed voor koolstofopslag zijn kunnen negatief zijn voor energieverbruik. Ook kunnen maatregelen de emissie van het ene broeikasgas terugdringen terwijl ze de emissie van het andere stimuleren. Tevens is het afhankelijk van



de uitgangssituatie op individuele bedrijven. Ondernemers die al goed letten op brandstofverbruik en efficiënt bemesten zullen minder winst kunnen behalen dan ondernemers die hier minder aandacht aan hebben gegeven. Daarnaast bepaalt de bedrijfssituatie voor een groot deel het totale energieverbruik en de broeikasgasemissies. Die bedrijfssituatie bepaalt ook in hoeverre maatregelen haalbaar zijn op de bedrijven. Hierbij gaat het om onder andere bouwplan, bemestingsstrategie, grondsoort en grondwaterstand. Een aantal maatregelen draagt bij aan de versterking van de intenties van de biologische landbouw. Er zijn echter ook maatregelen die daar niet aan bijdragen. Maatregelen die kunnen conflicteren met de intenties van de biologische landbouw zijn: het vergroten van het maïsareaal, verlaging van de beweidingsduur, vervanging van vaste mest door drijfmest en verlaging van de grondwaterstand. De maatregelen zijn toch opgenomen omdat ze technisch goed uitvoerbaar zijn en effectief zijn voor dit doel. Tevens sluit de regelgeving deze maatregelen niet uit. In specifieke bedrijfssystemen kunnen deze maatregelen mogelijk toch goed passen, zonder dat de intenties van de biologische landbouw geweld aan gedaan worden. Elke categorie maatregelen heeft zijn eigen wijze hoe verder ontwikkeling en/of kennisverspreiding vorm zou moeten krijgen.

- Good practices kunnen gebruikt worden in de kennisverspreiding in de bedrijfsnetwerken. Hierbij gaat het vooral om de maatregelen die nog door een beperkt deel van de ondernemers uitgevoerd worden. Echter ook de algemeen uitgevoerde maatregelen moeten niet vergeten worden.
- Best practices worden deels al opgepakt in de innovatiegroepen en eventueel ook in aanvullend onderzoek. Waar dit niet gebeurt, zal bekeken moeten worden of dit mogelijk is.
- Maatregelen in onderzoek worden deels al onderzocht, maar bekeken zal moeten worden op welke wijze de andere maatregelen opgepakt kunnen worden.
- De beperkt haalbare maatregelen moeten niet vergeten worden. Voor specifieke regio's en bedrijven zijn deze maatregelen mogelijk wel haalbaar. Echter de focus zou op de andere maatregelen moeten liggen.



# 1 Introductie

## 1.1 Aanleiding en doel

Het is van belang dat de biologische landbouw ook aandacht besteed aan reductie van energieverbruik en broeikasgasemissies om invulling te geven aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid. Zuinig omspringen met grondstoffen als (fossiele) energie en het sluiten van kringlopen waarbij emissies geminimaliseerd worden zijn belangrijke waarden van de biologische landbouw. De vraag is echter hoe de biologische landbouw hierin presteert. Dit is beschreven in de in 2006 uitgevoerde studie “Energieverbruik, broeikasgasemissies en CO<sub>2</sub>-opslag, de biologische en gangbare landbouw vergeleken” (Bos et al., 2007). Aan de hand van modelberekeningen is voor melkveehouderij, open teelten en glastuinbouw een schatting gemaakt van huidig energieverbruik en broeikasgasemissies in gangbare en biologische landbouw. Daarnaast werd in die studie aandacht besteed aan de bijdrage die de biologische landbouw zou kunnen leveren aan de opslag van koolstof in de bodem.

Wanneer inzichtelijk is hoe de prestaties is, is belangrijk na te gaan of deze verbeterd kan worden. In de studie van Bos et al. (2007) is een lijst samengesteld met algemene maatregelen die kunnen bijdragen aan vermindering van fossiel energieverbruik en broeikasgasemissies en verhoging van de koolstofopslag. Deze maatregelen werden beschreven op hoofdlijnen. De maatregelen waren nog onvoldoende concreet om te kunnen beoordelen of en hoe ze in de praktijk toegepast zouden kunnen worden. Er was dus behoefte aan een vertaalslag van de lijst naar een beschrijving van maatregelen die in de praktijk effectief en haalbaar zijn. Kennis en ervaringen over deze maatregelen kunnen vervolgens verder verspreid worden. Daarnaast kan met deze lijst een agenda worden opgesteld voor verdere ontwikkeling van effectieve maatregelen die nu nog niet praktijkrijp zijn.

Het in dit rapport beschreven project wil de beschikbare kennis over maatregelen in de biologische melkveehouderij, akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt op een rij zetten. Hierbij is dezelfde systeembegrenzing aangehouden als in Bos et al. (2007). Aspecten uit de keten zijn hier buiten beschouwing gelaten. We hebben er voor gekozen om alleen de (ongeveer 20) meest effectieve maatregelen te beschrijven die bijdragen aan besparing van fossiel energieverbruik, broeikasgasemissies of verhogen van de koolstofopslag. We zijn hierbij uitgegaan van de gemiddelde huidige situatie op de bedrijven en niet van goede landbouwpraktijk of een al geoptimaliseerde situatie. Dat betekent dat er maatregelen opgenomen kunnen zijn die voor een aantal ondernemers als zeer vanzelfsprekend gelden, maar door andere ondernemers nog niet of onvoldoende worden uitgevoerd. Tevens kunnen maatregelen opgenomen zijn die bijdragen aan het verlagen van energieverbruik en broeikasgasemissies maar die op andere thema's slecht scoren en/of tegenstrijdig zijn aan de intenties van de biologische landbouw.

De maatregelen zijn getoetst bij melkveehouders, akkerbouwers, groentetelers en voorlichters in de biologische landbouw. Dit rapport met maatregelen kan als basis dienen voor kennisverspreiding en onderzoek naar het verlagen van energieverbruik en broeikasgasemissies en het verhogen van de koolstofopslag in de komende jaren.

## 1.2 Werkwijze

De lijst met maatregelen uit de studie van Bos et al. (2007) is als vertrekpunt genomen. Elke maatregel is gekarakteriseerd aan de hand van de indeling die is ontwikkeld voor gewasbeschermingsmaatregelen in het kader van het convenant Gewasbescherming (de Haan et al., 2007 en figuur 1). De maatregelen worden hierbij ingedeeld in 4 categorieën:

1. Good practices: effectieve en haalbare maatregelen die het merendeel van de bedrijven kan uitvoeren

2. Best practices: effectieve maatregelen die door praktijk en onderzoek nog worden getoetst op haalbaarheid
3. Maatregelen in onderzoek: maatregelen waarvan de effectiviteit en haalbaarheid nog in onderzoek zijn
4. Beperkt haalbare maatregelen: maatregelen die effectief zijn maar op dit moment voor de meeste ondernemers niet haalbaar

Daarnaast is gekeken of er nog maatregelen ontbreken en of opgenomen maatregelen voldoende effectief zijn.

De maatregelen worden op een aantal punten gekarakteriseerd. Van elk van de maatregelen wordt aangegeven:

- Wat het effect is op
  - o fossiel energieverbruik,
  - o broeikasgasemissies,
  - o koolstofopslag.

Het effect wordt zoveel mogelijk kwantitatief aangegeven waarbij we ons baseren op de studie van Bos et al. (2007) en/of andere literatuur. Deels zijn het eigen inschattingen. De kwaliteit van de inschatting is afhankelijk van de beschikbaarheid van een goede onderbouwing. De effecten worden onderverdeeld in 5 klassen:

  1. groot effect = > 15% minder fossiel energieverbruik of broeikasgasemissies of meer koolstofopslag op bedrijfsniveau,
  2. matig effect = 7 – 15% minder fossiel energieverbruik of broeikasgasemissies of meer koolstofopslag op bedrijfsniveau,
  3. klein effect = 2 – 7% minder fossiel energieverbruik of broeikasgasemissies of meer koolstofopslag op bedrijfsniveau,
  4. geen effect = -2 – 2% minder fossiel energieverbruik of broeikasgasemissies of meer koolstofopslag op bedrijfsniveau,
  5. negatief effect = >2% meer fossiel energieverbruik of broeikasgasemissies of minder koolstofopslag op bedrijfsniveau.
- Wat de kosten van de maatregel zijn:
  - o Levert de maatregel geld op (positief),
  - o Is de maatregel kosten neutraal,
  - o Kost de maatregel geld (negatief).
- Wat de overige belemmeringen zijn voor brede toepassing
  1. opbrengstderving,
  2. arbeid en inpassing in bedrijfsvoering,
  3. risico voor opbrengstderving of kostenverhoging,
  4. kennis en risicobeleving,
  5. wetgeving.
- Wat de huidige implementatiegraad is van de maatregel
  1. toegepast door >30% van de ondernemers,
  2. toegepast door <30% van de ondernemers,
  3. niet toegepast in praktijk, nog in onderzoek.
- Of de maatregel aansluit bij de intenties van de biologische landbouw
  - o Versterkt de intenties: positief,
  - o Versterkt noch verzwakt de intenties: neutraal,
  - o Verzwakt de intenties: negatief.

Bij elke maatregel is een korte toelichting opgenomen in de tabel en een langere toelichting na de tabel.

De lijsten met maatregelen zijn besproken in een aantal groepen uit de bedrijfsnetwerken en innovatienetwerken van zowel melkveehouderij als van de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt:

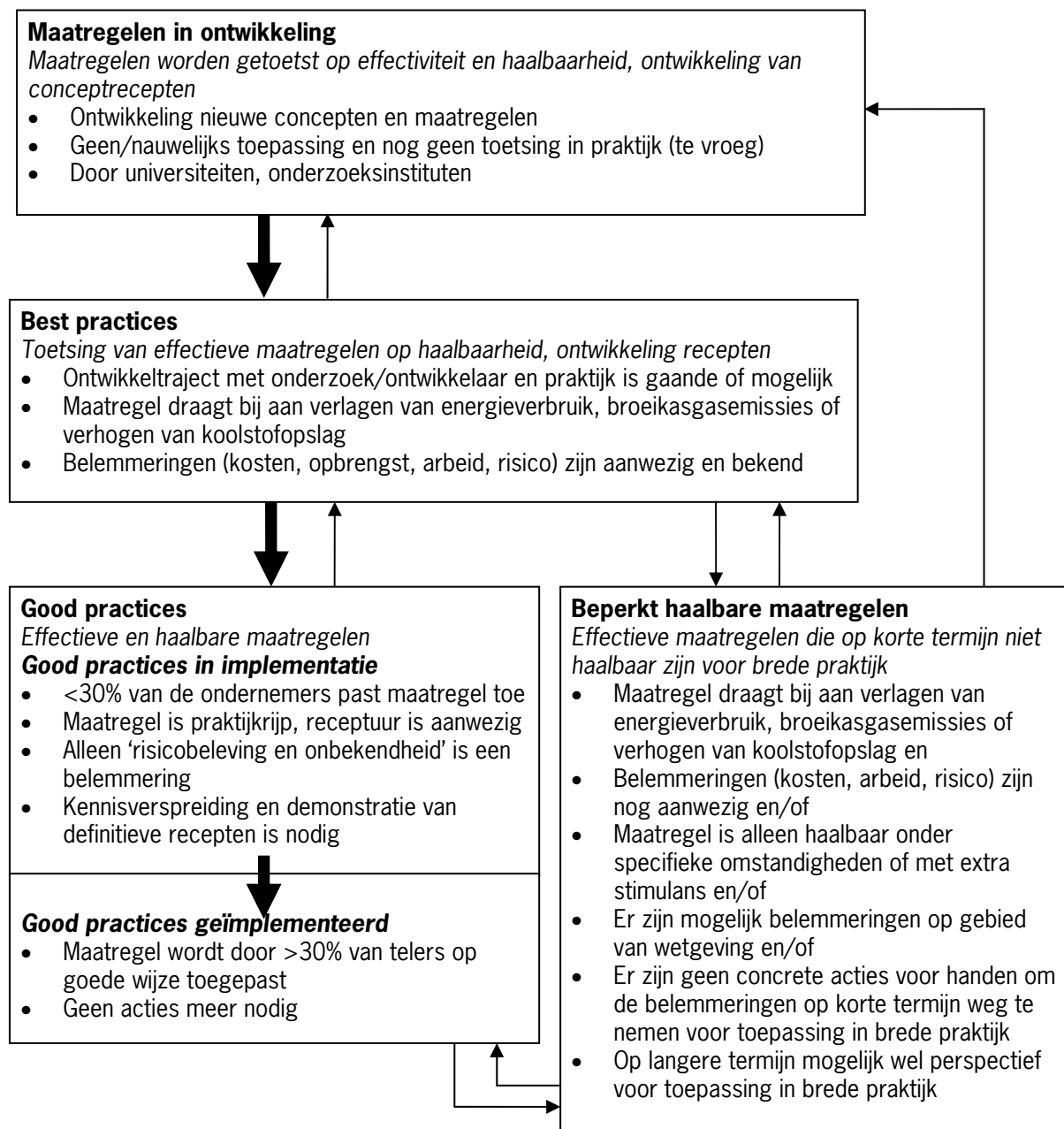
- Melkveehouderij
  - o Themagroep energie
  - o Themagroep strategie
- Akkerbouw/vollegrondsgroenten
  - o Innovatiegroep bodem en mechanisatie
  - o Bedrijfsnetwerk Zuidoost Nederland

- Bedrijfsnetwerk Zuidwest Nederland
- Innovatiegroep bodem en bemesting (schriftelijk)
- Begeleiders van innovatiegroepen en bedrijfsnetwerken (schriftelijk)

In de besprekingen in de bedrijfsnetwerken zijn ook de resultaten van de studie van Bos et al. (2007) gepresenteerd.

De genoemde maatregelen zijn beschreven en beoordeeld bij de huidige stand van inzichten. Hierdoor kan voor een aantal maatregelen slechts een zeer ruwe inschatting gegeven worden. Voortschrijdende inzichten in de komende jaren kunnen leiden tot andere beoordelingen van de effecten van maatregelen.

Figuur 1. Maatregelen energieverbruik en broeikasgasemissies





## 2 Maatregelen Melkveehouderij

Maatregelen	Bijdrage aan het verlagen van het fossiel energieverbruik	Bijdrage aan het verlagen van de broeikasgasemissies	Bijdrage aan het verhogen van de koolstofopslag	Kosten	Belemmeringen	Implementatiegraad	Bijdrage aan intenties biologische landbouw	Korte toelichting
<b>Good Practices</b>								
1. Verlaag de krachtvoergift	3	3	4	0	4	1-2	+	Verlaging van de krachtvoergift vermindert de CO <sub>2</sub> -emissie door lager energieverbruik en vermindert de lachgasemissie, maar verhoogt de methaanemissie uit de pens.
2. Verhoog kwaliteit (VEM) ruwvoer	5	3	4	0	1	2	0	Een verbetering van de fermenteerbaarheid van het voer vermindert de methaanemissie uit de pens.
3. Verhoog zetmeelgehalte in rantsoen	4	3-4	4	0	4	2	0	Verhoging van het zetmeelgehalte in het rantsoen kan de methaanemissie uit pensfermentatie verminderen met 2-8%
4. Probeer de melkproductie te verhogen	3	3	4	+	4	1-2	0	Koeien met een hogere melkproductie produceren per kg melk minder methaan uit pensfermentatie. Daarnaast is er een kleinere veestapel nodig om eenzelfde quotum vol te melken.
5. Verminder elektriciteitsverbruik	3	3	4	0	4	2?	+	Veel mogelijkheden. Elektriciteitsverbruik maakt maar gering deel uit van het totale energieverbruik van melkveehouderijbedrijven; daarom beperkt effect.
6. Stap over naar groene energie	2	3	4	0/-	?	?	+	Vervanging van elektriciteitsopwekking met eindige fossiele brandstoffen door stromingsbronnen (wind- en zonne-energie, waterkracht).
<b>Best Practices</b>								
7. Pas co-vergisting van mest toe	2	3?	4	+	3	2-3	+	Vergisting van mest vermindert de methaanemissie uit mestopslag en de opgewekte energie zorgt voor minder CO <sub>2</sub> -emissie. Het vergt een forse investering.

<b>Bijdrage aan het verlagen van het energiegebruik</b> 1.groot = > 15% 2.matig = 7 – 15% 3.klein = 2 – 7% 4.geen = -2 – 2% 5.negatief = < -2%	<b>Bijdrage aan het verlagen van de broeikasgas-emissies</b> 1.groot = > 15% 2.matig = 7 – 15% 3.klein = 2 – 7% 4.geen = -2 – 2% 5.negatief = < -2%	<b>Bijdrage aan het verhogen van de koolstofopslag</b> 1.groot = > 15% 2.matig = 7 – 15% 3.klein = 2 – 7% 4.geen = -2 – 2% 5.negatief = < -2%	<b>Kosten</b> + verlaging kosten o neutraal – verhoging kosten	<b>Belemmeringen</b> 1.opbrengst 2.arbeid 3.risico 4.risicobeleving en onbekendheid	<b>Implementatiegraad</b> 1.toegepast door >30% v.d. ondernemers 2.toegepast door <30% v.d. ondernemers 3.in onderzoek 4.niet toegepast	<b>Bijdrage aan intenties biologische landbouw</b> + positief o neutraal – negatief
---	--	--	---	---	---	--

## 2.1 Good practices

### 1. Verlaag de krachtvoergift

Verlaging van de krachtvoergift geeft een lager indirect energieverbruik en daarmee een lagere CO<sub>2</sub> emissie. Daarnaast wordt de lachgasemissie verminderd als gevolg van minder stikstofaanvoer. Daar staat een verhoging van de methaanemissie uit de pens van het vee tegenover. Volgens Bos et al. (2007) resulteert aankoop van krachtvoer op biologische bedrijven, afhankelijk van de bedrijfssituatie, in emissies van CO<sub>2</sub> en lachgas van resp. 120-215 kg CO<sub>2</sub> en 155-250 kg CO<sub>2</sub>-eq. per ton melk. Bannink (2007) geeft aan dat wanneer het aandeel krachtvoer in het rantsoen op drogestof basis verhoogd wordt van 45 naar 60%, de methaanproductie daalt met 5% per kg melk. Omgekeerd betekent dit dus dat een verlaging van de krachtvoergift zorgt voor een hogere methaanproductie. Bannink (pers. med.) verwacht dat ook in lagere krachtvoertrajecten de effecten in dezelfde orde grootte liggen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het effect afhankelijk is van het product waarmee een lagere krachtvoergift wordt gecompenseerd voor een gelijkblijvende productie. Wanneer een lagere krachtvoergift wordt vervangen door gras is het netto effect kleiner dan wanneer het wordt vervangen door energierijke producten zoals maïs of granen. Uit de resultaten van de berekeningen in Bos et al. (2007) kan worden afgeleid dat voor biologische bedrijven een 15% verlaging van de krachtvoergift leidt tot een verhoging van de methaanemissie uit de pens met 20-22 kg CO<sub>2</sub>-eq. per ton melk. Daar staat een verlaging van de CO<sub>2</sub>-emissie van 18-32 kg per ton melk als gevolg van een verlaagd energieverbruik tegenover. Daarnaast wordt ook de lachgasemissie verlaagd met 23-37 kg CO<sub>2</sub>-eq. Uit het voorgaande kan worden afgeleid dat verlaging van de krachtvoergift met 15% een netto reductie aan broeikasgasemissie geeft van 21-47 kg CO<sub>2</sub>-eq. per ton melk. Op een totaalemisssie van ca. 1400 kg CO<sub>2</sub>-eq. per ton melk is dit 1-3.5%.

### 2. Verhoog kwaliteit (VEM) ruwvoer

Een verbetering van de fermenteerbaarheid van het rantsoen geeft in de pens van de koe een verschuiving van de azijnzuur- en boterzuurproductie naar de productie van propionzuur. Dit vermindert de waterstofproductie en daarmee de methaanemissie bij de pensfermentatie. Het verhogen van de ruwvoerkwaliteit kan worden gerealiseerd via bijvoorbeeld verbeteren van het grassenbestand, maaien in een jonger stadium, verbeteren van het inkuilmanagement (korte veldperiode, goed droge stofgehalte, toevoegmiddelen gebruiken, enz.). Van Laar en van Straalen (2004) verwachten dat via deze weg de methaanemissie uit de pens bij een gemiddeld Nederlands rantsoen met ca. 5% kan worden gereduceerd. Wanneer een verhoging van de kwaliteit wordt gerealiseerd door jonger te maaien zal er vaker gemaaid moeten worden, wat tot gevolg heeft dat de CO<sub>2</sub>-emissie wat zal stijgen.

### 3. Verhoog zetmeelgehalte in rantsoen

Verhogen van zowel het percentage onbestendig als het percentage bestendig zetmeel in het rantsoen geeft een reductie van de methaanemissie uit de pens. Wanneer onbestendig zetmeel wordt toegevoegd, dan geeft dit een verhoging van de propionzuurproductie in de pens. Dit leidt tot een verhoging van het waterstofgebruik en daarmee een reductie van de methaanemissie. Wanneer bestendig zetmeel wordt toegevoegd, vermindert het aanbod fermenteerbare koolhydraten in de pens. Dit geeft een vermindering van de waterstofproductie en daarmee een extra reductie van de methaanemissie ten opzichte van het voeren van onbestendig zetmeel.

Van Laar en van Straalen (2004) geven op basis van modelberekeningen aan dat via het verhogen van het zetmeelgehalte in het krachtvoer van zetmeelarm (5-10% zetmeel) tot zetmeelrijk (30-35% zetmeel) de methaanemissie uit de pens per kg melk met 2-8% kan worden gereduceerd.

Standaard biologisch krachtvoer bevat niet per definitie veel zetmeel omdat op VEM en DVE wordt geoptimaliseerd. Dit betekent dat er vaak veel gras en luzerne in zit. Bij veel biologische rantsoenen met relatief veel graskuil past geen extra zetmeel omdat het OEB niveau dan te laag wordt. De mogelijkheden om het zetmeelgehalte van het rantsoen te verhogen zijn dus afhankelijk van het rantsoen. Afhankelijk van het bedrijf kan de methaanemissie uit de pens dus gereduceerd worden met 0 tot 8%. Wanneer er vanuit wordt gegaan dat op bedrijfsniveau 80% van de methaanemissie uit pensfermentatie komt en dat methaanemissie verantwoordelijk is voor ongeveer een derde van de totale broeikasgasemissie, dan kan hiermee de broeikasgasemissie op bedrijfsniveau verminderd worden met 0-2%.



#### **4. Probeer de melkproductie te verhogen**

Wanneer een koe 1000 kg melk per jaar meer produceert, heeft dit een 7% lagere methaanproductie tot gevolg (Bannink, 2007). Een hogere melkproductie per koe betekent bij een gelijkblijvend melkquotum een kleinere veestapel. Behalve dat er minder koeien nodig zijn, is er ook minder jongvee nodig voor vervanging. Gevolg is een lagere mestproductie bij gelijkblijvende melkproductie, hetgeen resulteert in lagere emissies van methaan en lachgas per ton melk. Ook de totale methaanemissie uit de pens is lager. De afname van de emissies zal wat minder zijn dan de afname van het aantal koeien, omdat een hogere melkproductie per koe gepaard gaat met een hogere voeropname en mestproductie per koe. Hees et al. (2007) berekenden voor een gebied dat bij een toename van de melkproductie met 10% bij gelijkblijvend quotum de totale emissie aan broeikasgassen daalde met 2%. De methaanemissie daalde met 5% en de lachgasemissie met 3-4%. Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissie veranderden niet.

#### **5. Verminder elektriciteitsverbruik**

Het verbruik van elektriciteit op melkveehouderijbedrijven maakt maar een gering deel uit van het totale (indirecte en directe) energieverbruik op melkveehouderijbedrijven (ordegrootte 10%). Het gebruik van elektriciteit komt vooral voor rekening van melkwinningsapparatuur, melkkoelinstallaties en warmwater boilers. Er zijn vele mogelijkheden om het verbruik van elektriciteit terug te dringen. Voor de hand liggende maatregelen zijn maatregelen als investeren in tijd klokken, spaarlampen en/of aanwezigheidsdetectie en het vermijden van verspilling van verwarmd reinigingswater. Wat verdergaande maatregelen vergen grotere investeringen, bijvoorbeeld in voorcoolers, warmteterugwinningsinstallaties en zonneboilers. Een overzicht van maatregelen die in en rondom (reiniging van) melkstallen te treffen valt wordt gegeven in InfoMil (2004), meestal vergezeld van een kostenindicatie en terugverdientijd van de investering. Dit is in samengevatte vorm weergegeven in Tabel 1.

*Meer informatie:* <http://infomil.nl/contents/pages/23497/e11herzieneversie2004.pdf>

#### **6. Stap over naar groene energie**

Voordeel van het betrekken van zgn. groene energie van de energieleverancier is dat de verbruikte elektriciteit wordt opgewekt uit (onuitputtelijke) stromingsbronnen zoals wind- en zonne-energie en waterkracht. Hierdoor wordt het gebruik van fossiele brandstoffen voor elektriciteitsopwekking beperkt, evenals de CO<sub>2</sub>-emissie die daarmee gepaard gaat. Het energieverbruik zelf verandert niet. Het verbruik van elektriciteit maakt ongeveer 10% uit van het totale energieverbruik op melkveebedrijven en 2.5% van de totale emissie van broeikasgassen (Bos et al., 2007). Bij overstappen op groene energie wordt dus bij benadering eveneens 10% minder fossiele energie verbruikt en neemt de emissie van broeikasgassen met 2.5% af.

*Tabel 1. Samenvattend overzicht van enkele maatregelen ter besparing van het verbruik van elektriciteit op melkveehouderijbedrijven, incl. toepassingscriterium en indicaties van kosten, baten en terugverdientijd (bron: Infomil, 2004).*

<b>Omschrijving maatregel</b>	<b>Toepassingscriterium</b>	<b>Kosten, baten, terugverdientijd</b>
<i>Besparing elektriciteitsverbruik verlichting</i>		
Gebruikmaken van natuurlijke daglichtintrede	Overwogen bij nieuwbouw/renovatie	Onbekend (sterk afhankelijk van specificaties)
Aanwezigheidsdetectie	In ruimtes die niet continu bemand zijn	Ca. €30 à €100. Besparing afhankelijk van gebruikspatroom. Terugverdientijd < 5 jaar
Centrale lichtschaakelaar	Verlichting dient apart van andere elektriciteitsvragers geschakeld te zijn	Kosten per schakelaar gering (<€50). Besparing afhankelijk van gebruikspatroom. Terugverdientijd < 5 jaar
Besparen buiten- en terreinverlichting m.b.v. schakelklok of bewegings- of lichtsensor	In alle omstandigheden toepasbaar	Ca. €40 à €150. Besparing afhankelijk van gebruikspatroom. Terugverdientijd meestal < 5 jaar
Vervanging gloeilampen door spaarlampen	In alle omstandigheden toepasbaar	Ca. €4 à €15 per lamp. Terugverdientijd < 5 jaar
<i>Energiezuinige bereiding van warm tapwater</i>		
HR doorstroomapparaat i.p.v. boiler	Overwogen bij vervanging/nieuwbouw. Alleen mogelijk met gasaansluiting. Nadeel: kan minder warm water per minuut leveren dan voorraadtoestel (boiler)	Energiebesparing afhankelijk van waterverbruik. Terugverdientijd < 5 jaar
Minimaliseer afstand tussen warmteapparaat en aftappunt	Overwogen bij nieuwbouw/renovatie. Vooral bij vaak tappen van kleine hoeveelheden warm water	Energiebesparing afhankelijk van waterverbruik. Terugverdientijd < 5 jaar
Voorkoeler	Opgewarmd water uit de voorcoeler (van melk) moet nuttig gebruikt kunnen worden	Ca. €2000 à €3000. Terugverdientijd < 5 jaar bij een melkproductie vanaf 800 ton per jaar
Zonneboiler	Toepassingsmogelijkheden afhankelijk van hellingshoek en oriëntatie van het dak van de stal. Vooral interessant bij gebruik van grote hoeveelheden tapwater	Benodigde investering afhankelijk van bedrijfsomvang. Terugverdientijd meestal >10 jaar
<i>Overige maatregelen</i>		
Verbeteren energie efficiency melkkoeltank door optimale afstemming tussen grootte van de tank en melkproductie en inbouw energiezuinige koelcompressor	Overwogen bij vervanging van melkkoeltank of koelcompressor	Terugverdientijd ca. 3 jaar bij een melkproductie vanaf 300 ton per jaar
Verbeteren energie efficiency vacuümpomp door optimale afstemming tussen capaciteit en behoefte	Bij vervanging of renovatie	Onbekend (sterk afhankelijk van specificaties)

## 2.2 Best practices

### 7. Pas co-vergisting van mest toe

Bij mestvergisting komt methaan uit de mest vrij die vervolgens wordt opgevangen en omgezet in energie. Dit levert winst op wat betreft methaanemissie en energiegebruik uit fossiele brandstof en daarmee CO<sub>2</sub>-emissie. Voor het opwekken van duurzame energie is vergisting van mest met een substantieel aandeel co-substraat nodig (Zwart et al., 2006). Door Schils et al. (2006) zijn berekeningen uitgevoerd met BBPR voor een gangbaar bedrijf op zandgrond. Zij komen met co-vergisting (50% mest en 50% maïs) tot een totale emissiereductie van methaan en lachgas van 14%. Dit komt vooral door de tot nul gereduceerde methaanemissie uit mestopslag. Daarnaast is de lachgasemissie uit kunstmest lager omdat er minder kunstmest nodig is als gevolg van een verhoogde benutting van N in het vergiste eindproduct. Bij biologische bedrijven zorgt een verhoogde stikstofbenutting van het vergiste eindproduct mogelijk voor een lagere stikstofbinding door vlinderbloemigen. In de door Schils et al. (2006) uitgevoerde berekeningen is aangenomen dat bij co-vergisting de benodigde maïs wordt aangevoerd. Dit heeft een vergroting van de hoeveelheid mest op bedrijfsniveau tot gevolg. Voor biologische bedrijven die tegen de gebruiksnorm van 170 kg N per ha uit dierlijke mest aan zitten zal eenzelfde hoeveelheid N via de mest moeten worden afgevoerd. Wanneer met mestvergisting in de eigen benodigde elektriciteit wordt voorzien dan kan circa 10% op CO<sub>2</sub>-emissie worden bespaard. De totale reductie aan broeikasgassen (incl. CO<sub>2</sub>) op bedrijfsniveau komt dan uit op ongeveer 10-15%. Daarnaast is de besparing op CO<sub>2</sub>-emissie groter dan de CO<sub>2</sub>-emissie die toe te schrijven is aan het directe en indirecte energiegebruik van de bedrijven zelf. Wanneer ook de vrijgekomen warmte kan worden benut, kan de CO<sub>2</sub>-emissie extra worden teruggedrongen. Over de CO<sub>2</sub> reductie door toevoeging van co-producten ontbreken goed onderbouwde gegevens.

Op bedrijfsniveau heeft mestvergisting met co-vergistingmaterialen een vergroting van het mestvolume tot gevolg. Het vergiste eindproduct van de co-vergisting van mest met producten die vermeld staan op de positieve lijst in een verhouding van 1:1, heeft namelijk de status dierlijke mest. In de regelgeving staan geen eisen of voorwaarden vermeld voor het vergisten van biologische mest met co-producten.

Na (co)vergisting van mest blijft er een meststof (digestaat) over met andere eigenschappen dan gewone drijfmest. Zo is het organische stofgehalte lager, het totale stikstofgehalte ongeveer gelijk en het stikstofgehalte in ammoniumvorm hoger. Vergiste mest levert relatief meer direct opneembare stikstof dan onvergiste mest. Dit heeft op korte termijn een positief effect op de gewasopbrengst. De omzetting van organische stof in methaan en CO<sub>2</sub> wordt als nadelig ervaren voor de bodemkwaliteit op termijn. Dit zou echter ondervangen kunnen worden door de toevoeging van co-vergistingproducten. De effecten van vergiste mest op broeikasgasemissies na aanwending zijn niet consistent in de literatuur (Mosquera en Hol, 2007).

Het bouwen van een mestvergister vergt een forse investering.



Maatregelen	Bijdrage aan het verlagen van het fossiel energieverbruik	Bijdrage aan het verlagen van de broeikasgasemissies	Bijdrage aan het verhogen van de koolstofopslag	Kosten	Belemmeringen	Implementatiegraad	Bijdrage aan intenties biologische landbouw	Korte toelichting
8. Vergroot het maisareaal	4	3	5	0	2-3	2	-	Meer mais telen en voeren heeft een positief effect op de lachgas- en methaanemissie maar een negatief effect op de koolstofopslag. Het energie verbruik zal per saldo neutraal zijn
9. Verlaag het vervangingspercentage	3	3	4	+	3	?	0	Minder jongvee per koe vergt minder 'investeringen' in niet-productieve deel van de levenscyclus van een koe.
10. Minimaliseer scheuren van grasland	4	4	3	+	1-3	?	+	Het zo lang mogelijk uitstellen van scheuren van grasland of het achterwege laten daarvan draagt bij aan lagere lachgasemissie. Scheuren in voorjaar is beter dan scheuren in nazomer.
11. Verlaag transportafstanden veevoer	3	3	4	-	3	2?	+	Verlagen van transportafstanden verlaagt energieverbruik en broeikasgasemissies die gepaard gaan met krachtvoerproductie. Besparing van energieverbruik van krachtvoerproductie bedraagt maximaal ca. 15%. Dit stemt overeen met een besparing van 5% op bedrijfsniveau.
12. Verhoog waterpeil of pas onderwaterdrainage toe	4	3	2?	-	4	3	0	Deze maatregel is alleen van toepassing voor veenweidebedrijven. Het vermindert de CO <sub>2</sub> en lachgasemissies uit oxidatie van de bodem.
<b>Maatregelen in onderzoek</b>								
13. Verlaag de beweidingduur	5	2-3	4	-	4	3	-	Minder weiden geeft per saldo een lagere lachgasemissie door een betere mestbenutting, een hogere methaanemissie uit mestopslag en een hoger energieverbruik t.g.v. meer krachtvoeraankoop en meer loonwerk. Het uiteindelijke effect op broeikasgasemissie is neutraal tot iets minder op minerale gronden en minder op veengronden. Het kost in de meeste situaties geld.
<b>Bijdrage aan het verlagen van het energiegebruik</b> 1.groot = > 15% 2.matig = 7 – 15% 3.klein = 2 – 7% 4.geen = -2 – 2% 5.negatief = < -2%	<b>Bijdrage aan het verlagen van de broeikasgas-emissies</b> 1.groot = > 15% 2.matig = 7 – 15% 3.klein = 2 – 7% 4.geen = -2 – 2% 5.negatief = < -2%	<b>Bijdrage aan het verhogen van de koolstofopslag</b> 1.groot = > 15% 2.matig = 7 – 15% 3.klein = 2 – 7% 4.geen = -2 – 2% 5.negatief = < -2%	<b>Kosten</b> + verlaging kosten o neutraal - verhoging kosten	<b>Belemmeringen</b> 1.opbrengst 2.arbeid 3.risico 4.risicobeleving en onbekendheid	<b>Implementatie- graad</b> 1.toegepast door >30% v.d. ondernemers 2.toegepast door <30% v.d. ondernemers 3.in onderzoek 4.niet toegepast	<b>Bijdrage aan intenties biologische landbouw</b> + positief o neutraal - negatief		

## 8. Vergroot het maïsareaal

Een toename van het maïsandeel leidt over het algemeen tot de volgende veranderingen (Schils et al., 2006):

- Lager opname uit graskuil
- Verlaging van de krachtvoerbehoefte door een hogere energie-inhoud van maïs
- Verschuiving naar eiwitrijker krachtvoer door lager eiwitgehalte van maïs
- Lager maaipercentage
- Lagere mestproductie door lager zoutgehalte in rantsoen

Van Laar en van Straalen (2004) geven aan dat wanneer 50% van de drogestof in rantsoenen met gras-silage (890 VEM) vervangen wordt door snijmaïssilage (950 VEM) de methaanemissie met ongeveer 5% kan worden verlaagd.

Uit berekeningen met BBPR (Schils et al., 2006) blijkt dat een toename van het maïsareaal met 10-20% tot maximaal 30% van het totale areaal gepaard gaat met een 2-3% lagere methaan en een 5-7% lagere lachgasemissie. Deze toename van het maïsareaal moet waarschijnlijk ook voor biologische bedrijven als maximaal worden gezien, in verband met de behoefte aan grasklaver voor stikstofbinding en de beperkte inzetbaarheid van maïs in het rantsoen door het lage eiwitgehalte. De berekeningen van Schils et al. (2006) betroffen gangbare bedrijven. De reductie aan lachgasemissie komt o.a. tot stand door een afname van de emissie uit kunstmest en dierlijke mest. In de biologische veehouderij wordt geen kunstmest-N gebruikt, waardoor deze winstpost dus vervalt. Daar staat tegenover dat de stikstofbinding door vlinderbloemigen kleiner zal zijn, vanwege een kleiner areaal grasklaver. Dit vermindert eveneens de emissie aan lachgas. De daling van de methaanemissie komt tot stand door een lagere emissie uit de pens en een lagere emissie uit stal en opslag als gevolg van een daling van de mestproductie.

Uit berekeningen van Schils et al. (2006) kan worden afgeleid dat door uitbreiding van het maïsareaal met 10-20% er ca. 15% op krachtvoer kan worden bespaard. Op bedrijfsniveau wordt daarmee de CO<sub>2</sub>-emissie door een lager energieverbruik verminderd met 6-7%. Meer maïs vraagt meer loonwerk (zaaien en oogsten), maar minder bewerkingen met eigen mechanisatie (gras maaien en schudden). Per saldo zal dit nauwelijks extra effect op de CO<sub>2</sub>-emissie hebben.

Een groter maïsareaal heeft een negatief effect op de koolstofopslag. Freibauer et al. (2004) geven aan dat omzetten van bouwland in permanent begroeid land een potentiële koolstofopslag van 0.5 – 1.9 ton per ha levert. Omgekeerd betekent dit dus een afname van de koolstofopslag als gevolg van de afbraak van organische stof.

## 9. Verlaag het vervangingspercentage

Verlaging van het vervangingspercentage (minder jongvee per koe) draagt bij aan verlaging van energieverbruik en broeikasgasemissies doordat minder 'geïnvesteed' hoeft te worden in het niet-productieve deel van de levenscyclus van een koe. Of er ruimte is voor verlaging van het vervangingspercentage is afhankelijk van de specifieke bedrijfssituatie. Bij bijvoorbeeld 9 stuks jongvee per 10 koeien kan een verlaging tot 7 aantrekkelijk zijn, maar een verdere beperking kan, zeker bij een hoge melkproductie per koe, leiden tot een te forse beperking van de mogelijkheden om koeien te vervangen, en daarmee zelfs contraproductief zijn (Sebek & Schils, 2006). Door hun geringere voerbehoefte en lagere mestproductie, zal het jongvee maar voor een beperkt deel verantwoordelijk zijn voor de totale emissie aan broeikasgassen op een melkveebedrijf. Gegeven de grenzen die er zijn aan de mogelijkheden om het vervangingspercentage ver(der) te verlagen, is de inschatting dat de bijdrage van deze maatregel aan de reductie van energieverbruik en broeikasgasemissies dan ook gering is.

## 10. Minimaliseer scheuren van grasland

De lachgasemissie als gevolg van het scheuren van grasland wordt vooral bepaald door het tijdstip van scheuren in het jaar, het management van de boer en het type bedrijf. Perspectievolle maatregelen om deze emissie tegen te gaan zijn (Kasper et al., 2002): (1) het zo lang mogelijk uitstellen van het scheuren van grasland, (2) het afzien van scheuren van grasland in de nazomer en herfst (is voor zand en löss-gronden al geregeld in de nieuwe mestwet) en (3) het scheuren van grasland geheel achterwege laten, gecombineerd met een (al dan niet pleksgewijs) goede zaaibedbereiding en doorzaaien. Het uitstellen van het scheuren van grasland is een optie zolang zich geen calamiteiten voordoen en het gewenste productie-niveau kan worden gehandhaafd. Dit stelt hoge eisen aan de veehouder als graslandbeheerder. Wanneer de

klaverbezetting is teruggelopen zijn er verschillende methoden beschikbaar om het door te zaaien (wiedeg, Vredo doorzaaimachine, Hunter strookjesfrees). Graslandvernieuwing zonder scheuren wordt nu al toegepast op gronden die moeilijk bewerkbaar zijn zoals zware klei- en veengronden, maar lijkt ook toepasbaar op zandgronden. Genoemde maatregelen leiden niet tot hogere kosten. Ook zijn afwentelingseffecten nauwelijks aan de orde.

In de door Bos et al. (2007) uitgevoerde modelberekeningen voor modelbedrijven was het scheuren van grasland verantwoordelijk voor ca. 4.5% van de totale lachgasemissie en 1.5% van de totale CO<sub>2</sub>-equivalenten emissie. Op grond daarvan wordt de bijdrage van de maatregel aan verlaging van broeikasgasemissies hier als gering beoordeeld.

### **11. Verlaag transportafstanden veevoer**

Het zo klein mogelijk houden van transportafstanden draagt bij aan een verlaging van het energieverbruik. De meeste winst valt te behalen bij transporten van bulkgoederen als mest, voer en landbouwproducten. Vooral de productie van veevoer gaat momenteel nog gepaard met transporten over grotere afstanden. Prins (2005) schat in dat niet meer dan 30% van de door de Nederlandse biologische veestapel geconsumeerde voerbestanddelen een binnenlandse oorsprong hebben (cijfers 2003). De overige 70% wordt geïmporteerd, vooral vanuit Zuid- en Oost Europa, maar ook uit Noord- en Zuid-Amerika. Het aandeel binnenlandse voerbestanddelen verschilt overigens sterk per sector. Voor varkens en pluimvee bedraagt dit om en nabij de 15% en voor melkvee maximaal 40%. Voor de biologische varkenshouderij becijferde Bos (2006) dat het energieverbruik van mengvoerproductie op basis van een momenteel gangbare samenstelling ca. 2275 MJ per vleesvarkensplaats bedraagt. Daarbij werden 85% van de benodigde mengvoeringrediënten uit het buitenland geïmporteerd (meest Europa). Het aandeel transportenergie bedroeg daardoor ca. 40%. Door het aandeel ingrediënten met een binnenlandse oorsprong tot 50% te verhogen, nam het energieverbruik met 15% af en daalde het aandeel transportenergie tot 30%. Als alle ingrediënten een binnenlandse oorsprong hadden, nam het energieverbruik af met 25% en bleef het aandeel transportenergie beperkt tot 20%. De winst die door verlagen van transportafstanden van voeringrediënten bij krachtvoerproductie (voor melkveehouderij) behaald kan worden zal lager zijn dan voor de varkenshouderij, omdat een groter aandeel van deze ingrediënten nu al een binnenlandse oorsprong heeft. Stel dat het energieverbruik van krachtvoerproductie met 15% verlaagd zou kunnen worden door het vermijden van transporten over grote afstanden, dan bedraagt – op basis van cijfers in Bos et al. (2007) – de reductie van het energieverbruik op bedrijfsniveau ca. 5%.

Transportafstanden en daarmee het aandeel transportenergie in het energieverbruik van krachtvoerproductie kunnen goeddeels tot nul worden gereduceerd als dit krachtvoer op het eigen bedrijf wordt geteeld. Eigen krachtvoerteelt (bijvoorbeeld een graangewas) ter vervanging van aangekocht krachtvoer komt feitelijk neer op een extensivering van de bedrijfsvoering. Uit het oogpunt van reductie van energieverbruik en broeikasgasemissies is dit gunstig, omdat transporten maximaal vermeden worden. Mogelijkheden voor extensivering van de bedrijfsvoering door krachtvoerteelt op het eigen bedrijf worden in de praktijk belemmerd door bedrijfseconomische overwegingen.

Er bestaan nog maar weinig merken en/of keurmerken waarbij verlaging van transportafstanden een rol speelt. Het bekendste voorbeeld is wellicht de biologisch-dynamische landbouw, die relatief strenge eisen stelt aan de mate van grondgebondenheid - en daarmee regionaliteit - van landbouwproductie. Maar ook zuivelgigant Campina maakte recentelijk bekend dat haar Landliebe zuivelproducten in Duitsland in de toekomst geproduceerd moeten gaan worden op basis van "inheemse" voeders. In de praktijk betekent dit overigens niet meer dan dat veevoergrondstoffen in Europa geteeld moeten zijn.

### **12. Verhoog waterpeil of pas onderwaterdrainage toe**

Deze maatregel is alleen van toepassing voor veenweidebedrijven. Het waterpeil heeft in deze gebieden een sterke invloed op de oxidatie van het veen en daarmee een sterk effect op de emissies van CO<sub>2</sub> en lachgas. Door het opzetten van het peil dalen de emissies van CO<sub>2</sub> en lachgas. Franken en van den Born (2006) berekenden dat door toepassing van onderwaterdrains de emissie aan CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O met 10% verlaagd wordt. Wanneer tegelijkertijd ook het zomerpeil wordt verhoogd met 10 cm (van -60 tot -50) dan is de verlaging 20%. Het verhogen van het waterpeil kan als consequentie hebben dat het grasland slechter benut kan worden als gevolg van verminderde draagkracht. Het aanleggen van onderwaterdrains vergt een forse investering van € 1500-2000 per ha.



## 2.3 Maatregelen in onderzoek

### 13. Verlaag de beweidingsduur

Verlaging van de beweidingsduur leidt over het algemeen tot de volgende veranderingen (Schils et al., 2006):

- Verschuiving van de mestproductie van weide naar stal
- Verhoging van de toegediende stalmest (dit leidt bij gangbaar tot een verlaging van de kunstmestgift)
- Hoger maaipercentage
- Rantsoen met meer krachtvoer door minder weidegras (hogere voederwaarde) en meer graskuil (lagere voederwaarde)

Het directe effect van minder beweiden is dat de emissie van lachgas uit weidemest afneemt (Sebek en Schils, 2006). Daar staat tegenover een hogere emissie uit toegediende mest. Bij gangbare bedrijven leidt een betere werking van de mest tot een lagere kunstmestgift. Dit veroorzaakt per saldo een flinke reductie van de lachgasemissie. Dit effect zal op biologische bedrijven echter minder zijn. De betere werking van dierlijke mest leidt hier tot een lagere stikstofbinding door vlinderbloemigen en daarmee tot een lagere lachgasemissie. De emissiefactor van lachgasemissie bij stikstofbinding is echter de helft van de emissiefactor van lachgas bij de toediening van KAS.

Verlaging van de beweidingsduur van gemiddelde gangbare bedrijven op kleigrond van 8 naar 5 uur per en op veengrond van 18 naar 7 uur per dag leidde tot een verlaging van de lachgasemissie van 35 resp. 17%, voornamelijk door een verminderd verbruik van kunstmest als gevolg van een betere stikstofbenutting uit eigen mest. Absoluut gezien is de reductie van lachgasemissie daarmee op het bedrijf op veengrond groter dan op het bedrijf op kleigrond omdat de lachgasemissie per ha op veengrond een factor 2-3 hoger is. Voor biologisch bedrijven kan de reductie aan lachgasemissie op basis van het voorgaande geschat worden op 6 tot 15%.

Door minder beweiden wordt er meer mest in de stal geproduceerd, wat leidt tot een hogere methaanemissie uit mestopslag. De methaanemissie nam op de beide genoemde gangbare voorbeeldbedrijven toe met resp. 8 en 3%, vooral door toename van de emissie uit de mestopslag.

Verlaging van de beweidingsduur zal gepaard gaan met een toename van het energieverbruik en daarmee een toename van de CO<sub>2</sub>-emissie door een toename van de kosten voor loonwerk en aankoop van krachtvoer. De kosten voor loonwerk namen op de voorbeeldbedrijven toe met resp. 7 en 28% en de krachtvoerkosten met 39 en 2%. Daarnaast namen de kosten voor brandstoffen en smeermiddelen toe met resp. 10 en 20%. Op dit moment zijn de effecten van meer of minder beweiden nog niet volledig uitgekristalliseerd, maar een voorzichtige conclusie is dat het effect van minder beweiden op minerale gronden per saldo varieert van geen effect tot iets minder emissie van broeikasgassen en op veengronden tot minder emissie. Minder weidegang kost in de meeste situaties geld.

Sinds kort passen een aantal biologische melkveebedrijven het zogenaamde "pure graze" systeem op hun bedrijf toe. Binnen dit systeem wordt beoogd om de koeien maximaal te laten grazen en de groeipotentie van het gras maximaal te benutten. Op deze manier wordt getracht het krachtvoer- en energieverbruik door mechanisatie sterk terug te dringen. Er is op dit moment nog te weinig informatie beschikbaar over de verschillende aspecten van het systeem om het uiteindelijke effect op de emissie van broeikasgassen te kunnen schatten.

Maatregelen	Bijdrage aan het verlagen van het fossiel energieverbruik	Bijdrage aan het verlagen van de broeikasgasemissies	Bijdrage aan het verhogen van de koolstofopslag	Kosten	Belemmeringen	Implementatiegraad	Bijdrage aan intenties biologische landbouw	Korte toelichting
<b>Beperkt haalbare maatregelen</b>								
14. Verhoog vetgehalte in het rantsoen	4	3-4	4	-	3-4	2	0	Toevoegen van vet aan het rantsoen vermindert de methaanemissie uit pensfermentatie. De mogelijkheden zijn echter beperkt en het is vrij duur.
15. Pas huisvesting en mestopslag aan	4	3-4	4	-	?	2	+	Door aanpassingen van de mestopslag kan de methaanemissie worden beperkt. Gezien het uiteindelijke effect op de reductie van broeikasgasemissie zijn de investeringen relatief groot.
16. Optimaliseer de verkaveling	2	3	4	+	?	2	+	Minder grond op afstand geeft minder transportbewegingen van goederen van en naar het land. Dit vermindert de CO <sub>2</sub> -emissie t.g.v. minder energieverbruik.
17. Plaats (een) grote windturbine(s)	2	3	4	+	3,4	2	0	Vervanging van elektriciteitsopwekking m.b.v. eindige fossiele brandstoffen door opwekking met windenergie. Met een grote windturbine kan veel meer elektriciteit worden opgewekt dan op een melkveebedrijf nodig is.
18. Plaats een kleine windturbine	3	4	4	-	4	2	+	Vervanging van elektriciteitsopwekking m.b.v. eindige fossiele brandstoffen door opwekking met windenergie. Met een kleine windturbine kan een gedeelte van de op een melkveebedrijf benodigde elektriciteit worden opgewekt.
19. Installeer zonnepanelen	2	3	4	-	4	2	+	Vervanging van elektriciteitsopwekking m.b.v. eindige fossiele brandstoffen door opwekking met zonnepanelen. Met voldoende zonnepanelen kan volledig worden voorzien in de behoefte aan elektriciteit op een melkveebedrijf.

**Bijdrage aan het verlagen van het energiegebruik**

- 1.groot = > 15%
- 2.matig = 7 – 15%
- 3.klein = 2 – 7%
- 4.geen = -2 – 2%
- 5.negatief = < -2%

**Bijdrage aan het verlagen van de broeikasgas-emissies**

- 1.groot = > 15%
- 2.matig = 7 – 15%
- 3.klein = 2 – 7%
- 4.geen = -2 – 2%
- 5.negatief = < -2%

**Bijdrage aan het verhogen van de koolstofopslag**

- 1.groot = > 15%
- 2.matig = 7 – 15%
- 3.klein = 2 – 7%
- 4.geen = -2 – 2%
- 5.negatief = < -2%

**Kosten**

- + verlaging kosten
- o neutraal
- verhoging kosten

**Belemmeringen**

- 1.opbrengst
- 2.arbeid
- 3.risico
- 4.risicobeleving en onbekendheid

**Implementatiegraad**

- 1.toegepast door >30% v.d. ondernemers
- 2.toegepast door <30% v.d. ondernemers
- 3.in onderzoek
- 4.niet toegepast

**Bijdrage aan intenties biologische landbouw**

- + positief
- o neutraal
- negatief

## 2.4 Beperkt haalbare maatregelen

### 14. Verhoog vetgehalte in het rantsoen

Door zowel verzadigd als onverzadigd vet toe te voegen aan het rantsoen wordt de methaanemissie uit de pens gereduceerd. Toevoegen van vet geeft een remming van de celwandafbraak en daarmee een remming van de azijnzuurproductie en waterstofproductie. Dit leidt tot minder methaanvorming. Het toevoegen van onverzadigd vet leidt tot directe opname van waterstof.

In biologische rantsoenen kan het percentage vet via het krachtvoer worden verhoogd door toevoeging van plantaardige oliën, zoals zonnebloemolie, lijnzaadolie en sojaolie. Er hangt wel een prijskaartje aan het op deze manier verhogen van het vetgehalte. In rantsoenen waar omwille van het eiwitgehalte al schilfers aan het krachtvoer zijn toegevoegd, moet men oppassen dat extra vet niet een verlaging van het vetgehalte van de melk veroorzaakt omdat de schilfers (vergeleken met schroten in gangbaar krachtvoer) een vrij hoog vetgehalte hebben. Bannink (2007) geeft aan dat een 2% toename van het vetgehalte in het rantsoen een 4% lagere methaanproductie tot gevolg heeft. Ook van Laar en van Straalen (2004) verwachten dat via deze weg de methaanemissie uit de pens bij een gemiddeld Nederlands rantsoen met ca. 4% kan worden gereduceerd.

### 15. Pas huisvesting en mestopslag aan

Op bedrijfsniveau wordt de methaanemissie voor ca. 20% veroorzaakt door emissie uit mest. Binnen dit aandeel vindt het overgrote deel plaats uit de opslag. Maatregelen gericht op de opslag lijken dus zinvol. Vanuit oogpunt van methaanemissies dient de opslagduur zo kort mogelijk te zijn. Daarnaast dient de temperatuur tijdens de opslag laag te zijn, liefst beneden de 10°C. Maatregelen om de emissie te beperken zijn zo snel mogelijk overpompen naar een buitenopslag waar een lagere temperatuur heerst en niet mixen van de mest. Reducties in methaanemissies uit mest zijn verder alleen mogelijk tegen grote investeringen en spelen daarmee in de praktijk alleen een rol bij nieuwbouw.

Een potstalsysteem geeft ten opzichte van een ligboxenstal een duidelijk verlaging van de methaanemissie. Uit BBPR berekeningen blijkt dat de methaanemissie op een bedrijf met een potstal gemiddeld 15% lager is dan op een bedrijf met een ligboxenstal. Dit levert een besparing aan emissie van broeikasgassen op bedrijfsniveau op van ca. 6%. De verliezen aan lachgas op een bedrijf met een potstal zijn echter hoger (vaste mest). Op bedrijfsniveau vallen deze beide effecten tegen elkaar weg.

Aanpassingen huisvesting en opslag zijn praktisch alleen realiseerbaar bij nieuwbouw of een ingrijpende renovatie.

### 16. Optimaliseer de verkaveling

Transport van en naar land op afstand levert extra verkeersbewegingen en kost daarmee extra energie. Hees et al. (2007) hanteren op basis van Kool et al. (2006) een norm van 1.8 MJ per ton per km (0.13 kg CO<sub>2</sub> per ton per km) voor transport van goederen met een trekker. De belangrijkste transporten van en naar het land voor een biologisch bedrijf zijn: aanvoer van mest (ca. 35 ton) en afvoer van gewas (ca. 35 ton). Voor een hectare op een afstand van 5 km geeft dit totaal 700 ton km, wat overeenkomt met 91 kg CO<sub>2</sub> emissie. Wanneer een bedrijf van 45 ha het aandeel land op afstand kan terugbrengen van 30 naar 20% dan wordt de CO<sub>2</sub> emissie verminderd met  $4.5 * 91 = 410$  kg. De gemiddelde CO<sub>2</sub>-emissie van de biologische modelbedrijven uit Bos et al. (2007) was ca. 165 ton. Het terugbrengen van het aandeel land op afstand zou de CO<sub>2</sub>-emissie op bedrijfsniveau hiermee verminderen met 0.2-0.3%. Naast dit beperkte effect is het voor de individuele boer meestal lastig om de verkaveling van een gebied te beïnvloeden.

### 17. Plaats (een) grote windturbine(s)

Windenergie kan voor agrariërs een interessante extra inkomstenbron zijn, een waardevolle bijdrage leveren aan het behalen van de individuele energienormen en bijdragen aan de energiedoelstellingen voor Nederland. De gezamenlijke provincies hebben als doel gesteld per 31 december 2010 in ieder geval 1.500 MW aan energie via windturbines te produceren. Zij zien mogelijkheden in kleinschalige clusters en grote windparken op vooraf aangewezen locaties. De tijd van de solitaire windturbine lijkt hiermee voorbij. Samenwerkingsverbanden tussen agrariërs – eventueel met derden – in clusterprojecten en windparken bieden perspectief. Het aantal initiatieven voor clustering neemt dan ook toe. Niettemin is het plaatsen van een grote windturbine hier aangemerkt als niet haalbare maatregel. Reden daarvoor is dat ruimtelijke

overwegingen maken dat plaatsing van een windturbine voor maar een beperkt aantal agrariërs daadwerkelijk een optie zal zijn.

Verbetering van technieken maakt grote turbines met meer vermogen en ashoogte goedkoper, waardoor binnen een aantal jaren overal in Nederland een rendabele exploitatie van windturbines mogelijk is. De met een windturbine opgewekte hoeveelheid elektriciteit is veel groter dan het elektriciteitsverbruik op een agrarisch bedrijf. In de meeste situaties zal volledige verkoop van de opgewekte elektriciteit (incl. de bijbehorende groencertificaten) financieel aantrekkelijker zijn dan (gedeeltelijk) eigen gebruik van de elektriciteit. De investeringskosten kunnen in 10 jaar worden terugverdiend. Of plaatsing van een of meer windturbines haalbaar is, is sterk afhankelijk van de locatie.

Indien de met een windturbine opgewekte energie benut wordt op het eigen bedrijf en dit bedrijf daardoor zelfvoorzienend wordt voor elektriciteit, dan zijn de gerealiseerde besparing aan fossiele energiebronnen en vermeden broeikasgasemissies gelijk aan die van maatregel 6 (Stap over naar groene energie).

*Meer informatie:* <http://www.ecofys.nl/nl/publicaties/documents/windenglas.pdf>

### **18. Plaats een kleine windturbine: Urban Turbines<sup>1</sup>**

Voor toepassing in de gebouwde omgeving zijn speciale Urban Turbines in ontwikkeling. Deze kunnen in woonwijken en op kantoren en andere gebouwen geplaatst worden. Deze turbines wekken 2.000 tot 8.000 kWh elektriciteit per jaar op. De Urban Turbines zijn aangepast aan de windeigenschappen en aan geluid- en esthetische eisen van de gebouwde omgeving.

De ontwikkeling van dit type windturbines kent een nog zeer korte historie, waar vooral Nederlandse bedrijven bij betrokken zijn. In 2003 en 2004 zijn van diverse turbines de eerste exemplaren geplaatst. De prestaties en eventuele problemen van deze eerste turbines worden op het ogenblik gemonitord.

Kleine windturbines in de gebouwde omgeving moeten wat betreft hun bijdrage in de energie- c.q. elektriciteitsvoorziening vergeleken worden met zonnepanelen (PV-systemen), en in de nabije toekomst ook met micro-WKK. Voor wat betreft de kostprijs per kWh is de verwachting dat die in de buurt zal liggen van de kostprijs per kWh van zonnepanelen. Naast deze kostprijs moeten ook andere aspecten worden meegenomen zoals levensduur. Deze is op het ogenblik 25 tot 30 jaar voor zonnepanelen en 15 jaar voor kleine windturbines. Ook kosten van onderhoud en verzekering voor zonnepanelen zijn momenteel lager dan voor kleine windturbines.

Dankzij recente technische ontwikkelingen en de daarop gebaseerde opschaling zijn grote windturbines veel rendabeler dan kleine windturbines. Een grote windturbine (bijvoorbeeld 1.5 MW) heeft een vermogen dat ruwweg 1000 keer groter is dan het vermogen van een kleine turbine (bijvoorbeeld 1.5 kW). Vanwege dit grote verschil in vermogen zijn voor het bereiken van de nationale doelstelling voor de opwekking van duurzame energie, grote windturbines dan ook veel belangrijker dan kleine windturbines. Kleine windturbines zijn dan ook zeker geen vervanging van grote windmolens, maar zij vormen een aanvulling op de mogelijkheden om ook in de gebouwde omgeving duurzame energie, in de vorm van elektriciteit uit wind, op te wekken. Gegeven een elektriciteitsverbruik op een gemiddeld melkveebedrijf van enkele 10-duizenden kWh (ca. 10% uitmakend van het totale energieverbruik op een melkveebedrijf), is het met een of meer kleine windturbines in de toekomst wellicht mogelijk een gedeelte van de op een melkveebedrijf benodigde elektriciteit op te wekken. Ingeval kleinschalige windturbines in een kwart van de op een melkveehouderijbedrijf benodigde elektriciteit zouden kunnen voorzien, dan wordt het totale verbruik aan fossiele energiebronnen op bedrijfsniveau met ca. 2.5% teruggedrongen. De bijdrage aan de reductie van broeikasgasemissies is te verwaarlozen.

*Meer informatie:* Op de site van SenterNovem en anderen is veel meer informatie over kleinschalige windenergie te vinden dan hier vermeld:

- [http://www.senternovem.nl/duurzameenergie/DE-technieken/Kleinschalige\\_windenergie/Index.asp](http://www.senternovem.nl/duurzameenergie/DE-technieken/Kleinschalige_windenergie/Index.asp)
- <http://www.sbr.nl/windturbines/>

### **19. Installeer zonnepanelen<sup>2</sup>**

De officiële naam voor een zonnepaneel is fotovoltaïsch of PV-paneel. PV-panelen zetten licht om in elektriciteit. Zonnepanelen bestaan uit meerdere zonnecellen die met elkaar verbonden zijn. Elke zonnecel is

<sup>1</sup> Onderstaande tekst is gebaseerd op de website van SenterNovem ([www.SenterNovem.nl](http://www.SenterNovem.nl)).

<sup>2</sup> Onderstaande tekst is gebaseerd op de website van SenterNovem ([www.SenterNovem.nl](http://www.SenterNovem.nl)).

gemaakt van speciaal materiaal waarin – onder invloed van licht – een spanningsverschil ontstaat. De hoeveelheid stroom die zonnepanelen opwekken, hangt af van de hoeveelheid zonlicht en het nominaal vermogen van de zonnepanelen. Het nominaal vermogen wordt uitgedrukt in Wattpiek (Wp). Het aantal Wattpiek van een zonnepaneel is het vermogen dat een zonnepaneel levert als de zon er vol op schijnt. Als vuistregel geldt dat 1 m<sup>2</sup> aan zonnepanelen (ongeveer 100 Wp) per jaar rond de 75 kWh aan elektriciteit levert (Nederlandse situatie). Zonnepanelen zijn geruisloos, veilig en onderhoudsvrij. Er bestaat een tweetal typen PV-systemen: autonome PV-systemen en netgekoppelde PV-systemen. Autonome PV-systemen zijn systemen los van het elektriciteitsnet waarbij gebruik gemaakt wordt van accu's om de elektriciteit op te slaan. Deze systemen worden gebruikt waar een elektriciteitsnet ontbreekt of aansluiting te duur is. De overdag geproduceerde elektriciteit wordt opgeslagen in accu's, zodat de elektriciteit op ieder moment van de dag gebruikt kan worden. De accu's moeten voldoende capaciteit hebben om een paar donkere dagen te overbruggen, vooral in de wintermaanden. Voorbeelden van toepassingen voor autonome systemen zijn lichtboeien op zee en pompsystemen in de agrarische sector. Netgekoppelde PV-systemen zijn gekoppeld aan het elektriciteitsnet. Het elektriciteitsnet wordt gebruikt als buffer voor de opgewekte elektriciteit: overproductie wordt door het net opgenomen. Wanneer er in een gebouw met zonnepanelen meer elektriciteit verbruikt wordt dan het PV-systeem produceert, dan wordt het tekort aangevuld vanuit het elektriciteitsnet. Veruit de meeste PV-systemen in Nederland zijn netgekoppelde systemen. De prijs van PV-systemen hangt sterk af van de omvang van het systeem: hoe groter het systeem, hoe goedkoper de investering per paneel. Standaard PV-systemen (circa 4 m<sup>2</sup> paneeloppervlak, 400 Wp) kosten in woningnieuwbouwprojecten tussen de € 2.000 en € 2.400 (inclusief installatiekosten, exclusief BTW en voor aftrek van subsidies, prijspeil 2002). Voor onderzoek en innovatieve toepassingen zijn verschillende subsidiemogelijkheden. Een actueel overzicht van subsidieregelingen is te vinden op de website van SenterNovem.

Een zonnepaneel kan ongeveer 80 kWh per m<sup>2</sup> per jaar leveren. Uitgaande van een gemiddeld dakoppervlak van een stal van 2000 m<sup>2</sup>, betekent dit 160.000 kWh per jaar. Dit is wat meer dan de totale elektriciteitsbehoefte van de meeste melkveehouderijbedrijven zal zijn (60.000 à 100.000 kWh). Indien de met zonnepanelen opgewekte energie benut wordt op het eigen bedrijf en dit bedrijf daardoor volledig zelfvoorzienend wordt voor elektriciteit, dan zijn de gerealiseerde besparing aan fossiele energiebronnen en vermeden broeikasgasemissies gelijk aan die van maatregel 6 (Stap over naar groene energie).

*Meer informatie:* Op de site van SenterNovem en anderen is veel meer informatie over zonnepanelen te vinden dan hier vermeld:

- <http://www.senternovem.nl/duurzameenergie/DE-technieken/Zonnestroom/Index.asp>
- <http://horus.buronetwerk.nl/~hollandsolar/zonnestroom>
- <http://www.sbr.nl/pv%2Dpanelen/>

## 2.5 Overige maatregelen

Een aantal maatregelen uit de inventarisatie van de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt is ook toepasbaar in de melkveehouderij. De maatregelen zijn grotendeels niet opgenomen omdat de bijdrage van deze maatregelen te klein is om in deze beperkte lijst op te nemen. Voor de volledigheid vermelden we de maatregelen hier kort omdat, vooral voor de good practices, ze wel meegenomen kunnen worden in het verdere traject van kennisverspreiding. Het gaat om de volgende maatregelen:

### *Good practices*

1. Zorg voor de juiste bandenspanning en een zo groot mogelijke bandenmaat
2. Voer minder grondbewerkingen uit, verminder de diepte en zorg voor een goede afstelling van machines
3. Gebruik een juiste trekker / werktuigcombinatie
4. Koop machines met een grotere capaciteit
5. Doe de trekker uit tijdens pauzes
6. Gebruik stuurautomaten
7. Plaats verbruiksmeters in de trekkers

8. Gebruik groene stroom, groen gas en/of biodiesel
10. Bemest naar behoefte/volgens advies
11. Vervang vaste mest door drijfmest
12. Ga na of productieverhoging mogelijk is

*Beperkt haalbare maatregelen*

21. Verlaag de grondwaterstand

Maatregel 9 uit de lijst maatregelen voor de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt overlapt sterk met maatregel 6 uit de lijst maatregelen voor de melkveehouderij.

We hebben de effectiviteit van de maatregelen voor de melkveehouderij niet geschat, maar deze zal over het algemeen minder zijn dan voor de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt.

### 3 Maatregelen akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt



Maatregelen	Bijdrage aan het verlagen van het fossiel energiegebruik	Bijdrage aan het verlagen van de broeikasgasemissies	Bijdrage aan het verhogen van de koolstofopslag	Kosten/baten	Belemmeringen	Implementatiegraad	Bijdrage aan intenties biologische landbouw	Korte toelichting
<b>Good Practices</b>								
1. Zorg voor de juiste bandenspanning en een zo groot mogelijke bandenmaat	3	3-4	4	+	4	1-2	0	Juiste bandenspanning geeft 20% meer snelheid en 10% brandstofbesparing. Met een grotere bandenmaat is 15 tot 30% brandstofbesparing mogelijk.
2. Voer minder grondbewerkingen uit, verminder de diepte en zorg voor een goede afstelling van machines	3	4	3	+	4	1	0	Tijdens ploegen is een brandstofbesparing van 20% mogelijk.
3. Gebruik een juiste trekker / werktuigcombinatie	3	4	4	+	4	1	0	Een te grote trekker heeft een groter verbruik ook als deze maar voor 75% wordt belast.
4. Koop machines met een grotere capaciteit	3	4	4	0	4	1-2	0	Met een grotere capaciteit kan het aantal werkgangen en kipperbewegingen verminderd worden.
5. Doe de trekker uit tijdens pauzes	3	4	4	+	4	1	0	Trekker staan 25% van de tijd stationair te draaien, het is mogelijk om dit tot 15% te verminderen.
6. Gebruik stuurautomaten	3	4	4	+/-	4	2	0	Stuurautomaten zorgen voor recht rijden en dit voorkomt overlap in bewerkingen.
7. Plaats verbruiksmeters in trekkers	3	4	4	+	4	2	0	Verbruiksmeters geven inzicht in verbruik van trekker bij verschillende bewerkingen.
8. Bespaar energie in de bewaring	3	3-4	4	+	4	2	0	Vooraf bewaring van producten als aardappels, uien en peen vergen veel energie.
9. Bemest naar behoefte/volgens advies	4	2-5	3-5	+/-	4	2	+	Vooraf voorkomt onnodige uitspoeling van mineralen en emissie van lachgas. Wanneer suboptimaal bemest wordt zal emissie stijgen.

**Bijdrage aan het verlagen van het energiegebruik**

1. groot = > 15%
2. matig = 7 - 15%
3. klein = 2 - 7%
4. geen = -2 - 2%
5. negatief = < -2%

**Bijdrage aan het verlagen van de broeikasgasemissies**

1. groot = > 15%
2. matig = 7 - 15%
3. klein = 2 - 7%
4. geen = -2 - 2%
5. negatief = < -2%

**Bijdrage aan het verhogen van de koolstofopslag**

1. groot = > 15%
2. matig = 7 - 15%
3. klein = 2 - 7%
4. geen = -2 - 2%
5. negatief = < -2%

**Kosten**

- + verlaging kosten
- o neutraal
- verhoging kosten

**Belemmeringen**

1. opbrengst
2. arbeid
3. risico
4. risicobeleving en onbekendheid

**Implementatiegraad**

1. toegepast door >30% v.d. ondernemers
2. toegepast door <30% v.d. ondernemers
3. in onderzoek
4. niet toegepast

**Bijdrage aan intenties biologische landbouw**

- + positief
- o neutraal
- negatief

## 3.1 Good practices

Een aantal maatregelen heeft betrekking op het brandstofverbruik. Het brandstofverbruik is afhankelijk van de grootte van de trekker en merk en type. Om toch een indicatie te kunnen geven van de besparingsmogelijkheden is gekozen om een gemiddeld verbruik van 20 liter per uur te hanteren. Dit verbruik staat ongeveer gelijk aan een trekker van 74 kW (101 pk). De emissie aan CO<sub>2</sub> voor diesel is overgenomen uit Bos et al. (2007).

### 1. Zorg voor de juiste bandenspanning en een zo groot mogelijke bandenmaat

Tips op basis van onderzoek door Volk (2005) zijn de volgende.

- Moderne banden kunnen met 0,8 bar op het land prima gebruikt worden. Met de 0,8 bar druk op het land stijgt de werkelijke snelheid met 20%. Hierdoor worden de werkzaamheden sneller uitgevoerd en is een brandstofbesparing van 10% haalbaar. De grens van het laten dalen van de bandendruk is bereikt wanneer de band op de velg begint te trekken. Dit geeft een besparing van 2 liter per uur (6,1 kg CO<sub>2</sub> per uur).
- Slip bij trekwerkzaamheden, leidt tot bodemschade en hoger diesilverbruik. Bij aangepaste bandendruk kan de slip worden gehalveerd.
- Insporing door afrollen op een vochtige kavel halveert door een bandendruk van 0,8 bar ten opzichte van een bandendruk van 1,6 bar.
- De veelgebruikte 1,6 bar leidt tot schade aan de kavel en zorgt voor hogere banden slijtage op de weg (specifiek het midden van de band)
- Het controleren en instellen van de bandenspanning, zou onderdeel moeten uitmaken van de dagelijkse werkzaamheden, zoals tanken en oliecontrole.
- Bandenspanningsregeling zou tot de standaarduitrusting moeten behoren. Deze betaalt zich in een periode van twee jaar terug door minder bandenslijtage, minder diesilverbruik, verbeterd comfort en meer snelheid (minder slip) op de kavel.
- Het kiezen van een zo groot en breed mogelijke bandenmaat. De banden zorgen voor overbrenging van de trekkracht op de ondergrond. Gemiddeld wordt 15 tot 30% van de brandstof gebruikt voor de krachtsomzetting naar de bodem. Dit komt neer op 3 tot 6 liter per uur of wel 9,1 of 18,25 kg CO<sub>2</sub> per uur.

Wat verder nog in het artikel wordt benoemd, is dat verzorgingswielen uit bodemkwaliteitsoogpunt sterk valt te ontraden. De insporing van verzorgingswielen met een bandenspanning van 0,8 bar is gelijk aan die van bredere banden met een spanning van 1,6 bar.

### 2. Voer minder grondbewerkingen uit, verminder de diepte en zorg voor een goede afstelling van machines

Brandstof is te besparen door zo min mogelijk grondbewerkingen uit te voeren. Daarnaast kan brandstof bespaard worden door minder diep de grond te bewerken. Bijvoorbeeld ploegen en cultiveren met een werkdiepte van 15 cm in plaats van 25 cm.

Verkeerde aanspanning, vooral van werktuigen die in de bodem werken (ploegen en cultivatoren), veroorzaken een hoog brandstofverbruik. Door het wringen van het werktuig en de trekker gaat veel trekkracht verloren. Vooral de instelling van de topstang en hefarmen zijn van belang. Hiermee wordt het werktuig vlak gesteld, zodat alle elementen even diep werken. Minder intensieve grondbewerkingen zorgen voor een lagere afbraak van organische stof en daarmee een betere koolstofopslag. Grondbewerkingen hebben een klein effect op lachgasemissies.

### 3. Gebruik een juiste trekker / werktuigcombinatie

Te veel vermogen (pk's) meenemen kost altijd brandstof. Probeer dus bij een werktuig een trekker te zoeken die niet meer dan ongeveer 15% meer vermogen heeft dan wat maximaal wordt gevraagd. Dat geeft de beste mogelijkheden om in het optimale toerengebied te werken (Loonbedrijf, 2005). Bijvoorbeeld een kleine 2,5 meter brede cultivator wordt een 66 kW-trekker optimaal belast en verbruikt 2 liter per uur minder dan een 100 kW-trekker die voor 75% wordt belast. 2 liter is 6 kg CO<sub>2</sub> per uur ofwel € 1,44 per uur (Hekkert, 2005).

#### **4. Koop machines met een grotere capaciteit**

Bij aanschaf van nieuwe machines kan worden gekozen voor een grotere capaciteit. Dit spaart brandstof. Voorbeelden zijn:

- grotere kippers besparen het aantal handelingen en kunnen een trekker/kipper combinatie uitsparen (vb. 2 i.p.v. 3 kippers tijdens rooien).
- Een negenrijige zaaimachine in plaats van zes bespaart werkgangen en hiermee brandstof betekent voor hetzelfde werk.

Een grotere capaciteit betekent wel meer brandstofverbruik per uur maar over het algemeen een lager brandstofverbruik per hectare.

De maatregel kan negatief zijn voor verdichting waarbij lachgasemissie kan toenemen. Dit moet voorkomen zien te worden door voldoende verdeling van de druk over (brede) banden. Zware oogstmachines onder slechte omstandigheden moeten ook vermeden worden.

#### **5. Doe de trekker uit tijdens pauzes**

Trekkers blijven vaak staan draaien tijdens het wachten of tijdens pauzes. Er blijkt uit onderzoek dat trekkers gemiddeld 25% van de tijd stationair staan te draaien, terwijl 15% haalbaar is. Bij de aanname dat een trekker per jaar 750 uur maakt kan dit per jaar een besparing opleveren van € 1000 (75 uur / 1500 liter brandstof / 4561 kg CO<sub>2</sub>) (Hekkert, 2005).

#### **6. Gebruik stuurautomaten**

Stuurautomaten zorgen er voor dat trekkers recht rijden, dit voorkomt overlap in bewerkingen en spaart daarmee brandstof uit. Geschat wordt dat een dieselsparing tot 5% mogelijk is (13,5 liter per ha / 41 kg CO<sub>2</sub>).

#### **7. Plaats verbruiksmeters in de trekkers**

Een verbruiksmeter in de trekker geeft de bestuurder informatie over het verbruik tijdens bewerkingen. Inzicht in het verbruik geeft over het algemeen al voldoende prikkels om zuiniger te werken.

#### **8. Bespaar energie in de bewaring**

Op het biologische akkerbouwbedrijf wordt bijna 80% van het energieverbruik bepaald door het directe verbruik van diesel tijdens de teelt (10 GJ per ha) en elektriciteit tijdens de bewaring van aardappelen, peen en uien (12 GJ per ha). Het totale energieverbruik op het biologische akkerbouwbedrijf op klei (50 ha) is 28 GJ per ha (Bos et al., 2007).

Nadruk bij energiebesparing in de koelcel ligt op optimaliseren van de bezetting, bewuster deurgebruik, automatisering van koelinstallaties, overschakeling van elektrisch naar gasgestookt ontdooien en vervanging van installaties. De totale verbetering van de energie-efficiency in de periode van 2001-2004 was 2,2% ([www.senternovem.nl](http://www.senternovem.nl)). Mogelijkheden voor optimalisatie van de bewaring voor aardappels en uien zijn (Knuivers, 2007):

- reiniging van ventilatorbladen
- doormeten van de ventilatiecapaciteit,
- bepalen van de capaciteit van de kachels
- positionering van ventilatie kanalen/kokers
- optimale storthoogte
- kieren afdichten en isolatiepanelen in goede conditie houden
- bewaarcomputer vernieuwen

#### **9. Bemest naar behoefte/volgens advies**

Door gewassen beter op behoefte te bemesten kan de aanvoer van stikstof uit dierlijke mest worden verlaagd met 20 tot 40% waarbij stikstofoverschotten met 15% afnemen (PPO-AGV, 2007). Daar waar deze maatregel resulteert in een toename van de bemesting (omdat eerder te weinig werd bemest), kan de lachgasemissie wat toenemen. Daar waar het gaat om een afname van de hoeveelheid toegediende mest kan een verlaging optreden van de lachgasemissie van 15% ten opzichte van een systeem waarin de hoeveelheid mest geen beperkende factor is. Daar waar bemesting volgens advies leidt tot een afname van de mestaanvoer zal dit ook gepaard gaan met een lagere energiebehoefte voor aanvoer en uitrijden van mest.



Maatregelen	Bijdrage aan het verlagen van het fossiel energieverbruik	Bijdrage aan het verlagen van de broeikasgasemissies	Bijdrage aan het verhogen van de koolstofopslag	Kosten/baten	Belemmeringen	Implementatiegraad	Bijdrage aan intenties biologische landbouw	Korte toelichting
10. Vervang vaste mest door drijfmest	4	2	4-5	+	4	2	-	Drijfmest kan door een hogere werking beter in de stikstofvoorziening van een gewas voorzien, hierdoor is minder mest nodig.
11. Ga na of een hogere productie per hectare mogelijk is	3-4	3-4	4	+	4	2	0	Hogere productie per hectare leidt tot evenredig lager energieverbruik en broeikasgasemissies per ton product.
<b>Best Practices</b>								
12. Gebruik groene stroom en/of biodiesel	1	2	4	0	4	2	+	Gebruik van groene energie (elektriciteit, biodiesel of PPO) verlaagt de broeikasgasemissie.
13. Teel in onbereiden grond met rijpaden	2-3	2-3	3-4	-	-	2	+	Grondbewerkingssystemen waarbij de grond minder wordt verdicht, leiden tot hogere bodemporositeit en daardoor tot lagere lachgasemissies.
14. Pas dierlijke mest in het voorjaar toe i.p.v. in het najaar	4	2	4	+	3	2	+/-	Mest uitrijden in het voorjaar verhoogt de werkingscoëfficiënt van meststoffen en vermindert daardoor broeikasgasemissie en verlies van mineralen.
15. Gebruik (meer) groenbemesters, rustgewassen en/of vlinderbloemigen	4	2-5	2	-	4	1	+	Gebruik van groenbemesters en vlinderbloemigen leidt tot vermindering van de hoeveelheid aan te voeren mest. Echter bij teelt van vlinderbloemigen treed een hoge lachgasemissie op.
16. Pas niet-kerende grondbewerking toe	2-3	3-4	3-4	0,-	4	2	0	Niet-kerende grondbewerking heeft een lager energieverbruik dan kerende grondbewerking.
<b>Maatregelen in onderzoek</b>								
17. Voer gewasresten af van het land	4-5	2-3	4-5	0	2,4	2,3	0	Afvoeren van gewasresten verlaagt uitspoeling van nutriënten in het najaar en vermindert de lachgasemissie uit verderende gewasresten.

**Bijdrage aan het verlagen van het energiegebruik**

- 1.groot = > 15%
- 2.matig = 7 – 15%
- 3.klein = 2 – 7%
- 4.geen = -2 – 2%
- 5.negatief = < -2%

**Bijdrage aan het verlagen van de broeikasgas-emissies**

- 1.groot = > 15%
- 2.matig = 7 – 15%
- 3.klein = 2 – 7%
- 4.geen = -2 – 2%
- 5.negatief = < -2%

**Bijdrage aan het verhogen van de koolstofopslag**

- 1.groot = > 15%
- 2.matig = 7 – 15%
- 3.klein = 2 – 7%
- 4.geen = -2 – 2%
- 5.negatief = < -2%

**Kosten**

- + verlaging kosten
- o neutraal
- verhoging kosten

**Belemmeringen**

- 1.opbrengst
- 2.arbeid
- 3.risico
- 4.risicobeleving en onbekendheid

**Implementatiegraad**

- 1.toegepast door >30% v.d. ondernemers
- 2.toegepast door <30% v.d. ondernemers
- 3.in onderzoek
- 4.niet toegepast

**Bijdrage aan intenties biologische landbouw**

- + positief
- o neutraal
- negatief

## **10. Vervang vaste mest door drijfmest**

De hoeveelheid aan te voeren dierlijke mest sterk worden teruggebracht als vaste mest vervangen wordt door drijfmest. Op kleigrond kan de aanvoer van stikstof dan verlaagd worden met 50% in combinatie met de verschuiving van de toediening van najaar naar voorjaar. Als gevolg hiervan daalt ook het stikstofoverschot met een gelijk percentage. De verlaging van de lachgasemissie is echter beperkt en bedraagt dan maximaal 10% door de hogere lachgasemissie van drijfmest. Op zandgrond wordt minder gebruik gemaakt van vaste mest waardoor de verschuivingen minder rigoureuus zijn; de besparing op stikstof uit dierlijke mest blijft daarbij op ca. 20% steken. Het stikstofoverschot daalt dan met 14% en de lachgasemissie met ruim 10%.

De hoeveelheid uit te rijden mest neemt af door een hogere efficiëntie van de werking van stikstof in mest bij toediening in drijfmest dan vaste mest. Hierdoor wordt ook licht bespaard op energiegebruik voor het aanvoeren en uitrijden. Op de lange termijn zal het effect relatief klein zijn door een toegenomen mineralisatie uit de bodem bij gebruik van vaste mest. Tevens wordt door telers opgemerkt dat drijfmest de structuur van de bodem verslechterd waardoor meer energie nodig is voor bewerkingen en vaste mest het bodemleven stimuleert waardoor minder emissies optreden.

De maatregel past echter niet bij de intenties van de biologische landbouw die uitgaat van voldoende aanvoer van organische stof en de bodem voeden in plaats van de plant.

## **11. Ga na of productieverhoging mogelijk is**

Een hogere productie per ha leidt tot een evenredig lager energieverbruik en lagere broeikasgasemissies per ton product. Per hectare zullen verbruik en emissies licht stijgen door meer benodigde energie voor de oogst. Naast lagere emissies levert een hogere productie ook meer geld op. Negatieve effecten kunnen ontstaan wanneer onevenredig meer energie gestopt moet worden in het verhogen van de productie, bijvoorbeeld als gevolg van hoge aanvoer van mest. Uitgaande van een beperkte mogelijkheid tot productieverhoging op korte termijn van hooguit enkele procenten is de bijdrage aan verlaging van energieverbruik en broeikasgasemissies ook beperkt.

# 3.2 Best practices

## **12. Gebruik groene stroom en/of biodiesel**

Gebruik van groene energie (elektriciteit, gas, diesel of puur plantaardige olie, PPO) verlaagt de broeikasgasemissie ten opzichte van fossiele energie. Groene elektriciteit is bij diverse energiebedrijven te verkrijgen en is te beschouwen als good practice. De productie van biodiesel en PPO is nog beperkt. Ook moeten voor gebruik van PPO voertuigen worden aangepast. Op basis van de eisen van de Commissie Cramer dienen biobrandstoffen te voldoen aan een netto emissiereductie ten opzichte van fossiele referentie, inclusief toepassing, van ten minste 30% (Cramer, 2006). De energie-inhoud van biodiesel (33,3 – 35,7 MJ per liter) en ook PPO is lager dan die van fossiele diesel (36,4 MJ per liter) (Bioenergy conversion factors, [http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/energy\\_conv.html](http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/energy_conv.html)). Het verbruik in de trekker of auto stijgt hiermee met ca. 0 - 5%. Ook groen gas is een mogelijkheid al wordt dat nog nauwelijks geproduceerd en behalve bij branden op biologische akkerbouw en vollegrondsgroentebedrijven ook nauwelijks gebruikt.

## **13. Teel in onbereden grond met rijpaden**

Een sterkere verdichting van (vooral klei-)grond bij de huidige landbouw met steeds grotere machines leidt tot 20 tot 50% meer lachgasemissie en een factor 2 tot 5 keer hogere methaanemissie. Met het rijpadensysteem is de hogere lachgasemissie te voorkomen en kan de methaanemissie met een factor 2 tot 12 afnemen. Tevens leidt het systeem tot een hogere porositeit van de grond welke een betere stikstofbenutting van de mest tot gevolg heeft, wat weer leidt tot lagere lachgasemissies (Mosquera et al., 2007). In een rijpadensysteem zal ploegen vervangen worden door minder diep ploegen of systemen waarbij de grond niet meer kerend wordt bewerkt. Ook is er minder energie nodig voor klaarmaken van de grond.

## **14. Pas dierlijke mest in het voorjaar toe i.p.v. in het najaar**

Op kleigrond kan de hoeveelheid aan te voeren dierlijke mest sterk worden teruggebracht als toediening van

(vaste) mest in het najaar, wordt vervangen door toediening van (drijf)mest in het voorjaar. De aanvoer van stikstof kan door hogere werkingscoëfficiënten dan verlaagd worden met 50%. Als gevolg hiervan daalt ook het stikstofoverschot met een gelijk percentage. De verlaging van de lachgasemissie is echter beperkt en bedraagt dan maximaal 10% door de hogere lachgasemissie van drijfmest. Kuikman et al. (2004) berekenen voor de vervanging van toepassing van drijfmest van najaar naar voorjaar een verlaging van de lachgasemissie van 200 kg CO<sub>2</sub>-eq per ha, ruim 10% van de totale emissie. Op zandgrond wordt geen dierlijke mest in het najaar toegepast. De hoeveelheid uit te rijden mest neemt af door een hogere efficiëntie van de werking van stikstof in mest bij toediening in het voorjaar. Hierdoor wordt ook licht bespaard op energiegebruik voor het aanvoeren en uitrijden.

De maatregel kan echter slecht zijn voor de structuur en daarmee extra lachgasemissie veroorzaken. De mest moet onder goede omstandigheden worden uitgereden wat mogelijk als effect heeft dat later gezaaid en geplant kan worden dan gewenst. Met de nieuwe mestwetgeving is het vanaf 2009 verboden om drijfmest uit te rijden op kleigrond vanaf 1 september tot 1 februari.

### **15. Gebruik (meer) groenbemesters, rustgewassen en/of vlinderbloemigen**

In veel bouwplannen is nog ruimte aanwezig om meer groenbemesters en vlinderbloemigen te telen. Het voordeel van groenbemesters en vlinderbloemigen in het bouwplan is vooral dat koolstof in de bodem wordt opgeslagen. Daarnaast neemt de behoefte aan mest af door de stikstoflevering uit de groenbemesters en vlinderbloemigen. Hierdoor kan ook beter evenwichtsbemesting van fosfaat en kali gerealiseerd worden. Echter de teelt van groenbemesters en vlinderbloemigen kost ook energie: rond de 1000 MJ per ha voor zaaibedbereiding, zaaien en onderwerken. Daardoor is het effect op energieverbruik gering tot mogelijk licht negatief. Daarnaast levert stikstofbinding door vlinderbloemigen een bijdrage aan de lachgasemissie. Op basis van aanpassingen van de bouwplannen als gebruikt in Bos et al. (2007) zijn berekeningen gemaakt die het effect schatten van een grotere opname van vlinderbloemigen en groenbemesters (zie bijlage 2). Bij maximale opname van vlinderbloemigen en groenbemesters in het bouwplan. Op kleigrond loopt de verlaging van de stikstofaanvoer uit dierlijke mest op tot 60% met een verlaging van het stikstofoverschot van 45%. De lachgasemissie blijft in die situatie echter vrijwel gelijk omdat groenbemesters en vooral vlinderbloemigen zelf weer verantwoordelijk zijn voor extra emissie. Op zandgrond is de ruimte om een goede groenbemester te telen vaak beperkter; de stikstofaanvoer kan daar met 40% dalen en het stikstofoverschot met een kleine 20%. Omdat daar minder ruimte is voor vlinderbloemigen kan in die situatie toch verlaging van de lachgasemissie ontstaan van ruim 10%. De kosten van de teelt van een groenbemester of vlinderbloemigen liggen tussen de €50 en €150 per ha.

Ook rustgewassen als tarwe verlagen het energieverbruik en de broeikasgasemissie. Uit de studie van Bos et al. (2007) blijkt dat tarwe tot de gewassen met het laagste energieverbruik en broeikasgasemissie behoort.

### **16. Pas niet-kerende grondbewerking toe en 20. Pas no-tillage toe**

Onder niet-kerende grondbewerking worden twee teeltwijzen gegroepeerd, namelijk directe zaai (geen grondbewerking) en met grondbewerking (maar dan niet-kerend). De voordelen, maar ook de nadelen zijn bij directe zaai groter dan bij niet-kerende grondbewerking. Daarom is no-tillage als een niet haalbare maatregel aangegeven: de nadelen zijn te groot. Niet-kerende grondbewerking is buiten Zuid Limburg iets wat nog maar beperkt wordt toegepast en nog deels in onderzoek is, daarom is dit een best practice. Wanneer grondbewerking wel wordt toegepast kan deze oppervlakkig of diep zijn (Goris, 2005). De voordelen van geen of een minder intensieve grondbewerking zijn energiebesparing en een hogere koolstofopslag tot 400 (Freibauer et al., 2004) of 570 kg per ha (West & Post, 2002):

- Kostenbesparing door minder werkgangen (brandstof en evt. kleiner machinepark)
- Arbeidsbesparing door minder werkgangen (evt. ook door grotere werkbreedte)
- Verbetering bodem door (in het algemeen) hoger organisch stofgehalte, betere waterinfiltratie/waterhuishouding, verbetering bodemleven en –structuur, grotere beschikbaarheid van voedingsstoffen;
- Verminderde erosie
- Betere waterkwaliteit, door verbeterde bodem zal deze meer voedingsstoffen vasthouden en dus minder uitspoelen;



Nadelen zijn:

- Grotere onkruiddruk; door ploegen worden alle zaden naar onder in de ploegvoor getransporteerd en komen ze minder tot ontkieming, wat bij conserverende landbouw niet altijd het geval is;
- Vaak problemen met ongedierte doordat er beschutting is tijdens de winter om dit ongedierte te laten overleven;
- Lagere bodemtemperatuur; een bedekte bodem warmt minder snel op dan een naakte;
- compactatiegevoeligheid; door het niet keren van de bodem, is er een grotere kans dat compactatie optreedt, dit wordt nog versterkt wanneer in natte omstandigheden op het veld gewerkt wordt;
- Aangepaste machines zijn in de meeste gevallen noodzakelijk;
- Moeilijkere techniek bij rooigewassen.

Het effect van deze maatregelen is pas zichtbaar op langere termijn. Dit is een grote psychologische drempel om er mee aan de slag te gaan.

### 3.3 Maatregelen in onderzoek

#### 17. Voer gewasresten af van het land

Gewasresten afvoeren van het land verlaagt de lachgasemissie door vermindering van lachgasemissie uit de gewasresten zelf en een lagere uitspoeling. Kuikman et al. (2004) schatten de verlaging op 100-150 kg CO<sub>2</sub>-eq. per ha, 3-8% van het totaal. Wel zal extra energie nodig zijn om de gewasresten af te voeren en ook voor de verwerking. Daarnaast neemt in eerste instantie de aanvoer van organische stof af. Wanneer de afgevoerde en verwerkte organische stof later weer teruggevoerd wordt is het effect naar verwachting nihil. Verwerkingsmogelijkheden zijn compostering, vergisting of gebruik als veevoer.

Het effect van de maatregel is nog in onderzoek, evenals de noodzakelijke mogelijkheden voor verwerking. De kosten van het afvoeren van gewasresten zijn ten minste 100 euro per ha. Daarnaast komen evt. kosten (en opbrengsten) van verwerking.

In de studie "Covergisting van gewasresten; een verkennende studie naar praktische en economische haalbaarheid" (Van der Voort, 2006) werden de volgende conclusies getrokken.

- De kosten voor het verzamelen van gewasresten worden door de biogasopbrengsten uit de gewasresten terugverdiend;
- De verzamelde gewasresten verminderen de uitspoeling van nutriënten;
- Vergisting levert een bijdrage aan vermindering van onkruid- en ziektedruk;
- Door middel van een extra hygiënestap kunnen nog meer onkruid- en ziekteplagen worden bestreden;
- Met de gewasresten kan duurzame energie worden opgewekt. Hierdoor wordt tevens een bijdrage geleverd aan het terugdringen van de uitstoot aan broeikasgassen;
- Het effect op koolstofopslag is nihil omdat aangenomen mag worden dat de koolstofinhoud in de digestaat ongeveer gelijk is aan de koolstofinhoud van gewasresten die in de grond zouden worden vastgelegd;
- Er is veel interesse voor covergisten van mest, maar in de praktijk zijn er nog weinig installaties opgesteld;
- Covergisting is afhankelijk van (rendabel door) de subsidie op de geproduceerde elektriciteit;
- Het perspectief van covergisting op kleine schaal is nog beperkt.

Maatregelen	Bijdrage aan het verlagen van het fossiel energieverbruik	Bijdrage aan het verlagen van de broeikasgasemissies	Bijdrage aan het verhogen van de koolstofopslag	Kosten/baten	Belemmeringen	Implementatiegraad	Bijdrage aan intenties biologische landbouw	Korte toelichting
<b>Beperkt haalbare maatregelen</b>								
18. Vervang branden in de onkruidbestrijding en loofdoding door andere technieken	2	3	4	0,-	2,3	2	+	Bij branden wordt veel meer energie verbruikt dan bij andere bewerkingen zoals mechanisch.
19. Teel een permanent gewas op braakland	4	4	1	+	4	3	+	Braakland betelen met meerjarige gewassen draagt veel bij aan de koolstofopslag.
20. Pas no-tillage toe	2	3	3-4	-	1	3	+	No-tillage bespaart veel energie en verlaagt broeikasgasemissies, echter het heeft negatief effect op opbrengsten en onkruidontwikkeling.
21. Verlaag de grondwaterstand	4	1	2-3	-	5	3	-	Verlagen van grondwaterstand vermindert afbraak organische stof. Maatregel is echter niet realistisch gezien maatschappelijke wens voor hogere grondwaterstanden.

<b>Bijdrage aan het verlagen van het energiegebruik</b> 1.groot = > 15% 2.matig = 7 – 15% 3.klein = 2 – 7% 4.geen = -2 – 2% 5.negatief = < -2%	<b>Bijdrage aan het verlagen van de broeikasgas-emissies</b> 1.groot = > 15% 2.matig = 7 – 15% 3.klein = 2 – 7% 4.geen = -2 – 2% 5.negatief = < -2%	<b>Bijdrage aan het verhogen van de koolstofopslag</b> 1.groot = > 15% 2.matig = 7 – 15% 3.klein = 2 – 7% 4.geen = -2 – 2% 5.negatief = < -2%	<b>Kosten</b> + verlaging kosten o neutraal - verhoging kosten	<b>Belemmeringen</b> 1.opbrengst 2.arbeid 3.risico 4.risicobeleving en onbekendheid	<b>Implementatiegraad</b> 1.toegepast door >30% v.d. ondernemers 2.toegepast door <30% v.d. ondernemers 3.in onderzoek 4.niet toegepast	<b>Bijdrage aan intenties biologische landbouw</b> + positief o neutraal - negatief
---	--	--	---	---	---	--

### 3.4 Beperkt haalbare maatregelen

#### 18. Vervang branden in de onkruidbestrijding en loofdoding door andere technieken

Het branden van onkruid voor opkomst, en het branden van loof aan het eind van de (aardappel)teelt, kost veel energie. Vervangende mechanische bewerkingen kosten veel minder energie. Een behandeling vóór opkomst in peen, witlof of uien kan vervangen worden door 2 mechanische bewerkingen. Knelpunt is dan dat nog extra handwieden noodzakelijk is (50 u per ha) en dat de onkruiddruk op het perceel mogelijk kan toenemen. In dat geval kan een brandstofbesparing behaald worden van 85%, echter wel tegen hogere kosten vanwege het handwerk.

Loofdoding van consumptie- en pootaardappels door branden kan ook vervangen worden door loofklappen. Loofklappen doodt het loof echter niet volledig waardoor in de hergroei van het gewas alsnog schimmel- en virusaantastingen op kunnen treden. In vergelijking van een eenmalige bewerking loofbranden met eenmalig loofklappen is een besparing van meer dan 95% mogelijk. In de praktijk kan bij een gezond gewas het loofbranden eerder vervangen worden door een keer loofklappen, gevolgd door het branden van de hergroei van het gewas na een aantal dagen. In dat geval is veel minder brandstof nodig voor het branden

(is dan vergelijkbaar met loofbranden vóór opkomst), wat een brandstofbesparing oplevert van 85%. In een aangetast gewas is branden de beste optie.

Naast mechanische technieken zijn mogelijk ook andere technieken mogelijk ter bestrijding van onkruid en om het loof te doden, zoals afdekking met folie en nieuwe technieken op basis van infrarood en UV-licht.

### **19. Teel een permanent gewas op braakland**

Meerjarig zwarte braak komt nauwelijks voor. Zwarte braak levert vaak structuurschade op en de kans op veronkruiding is reëel. Om zwarte braak vrij te houden van onkruid is het gehele groeiseizoen door regelmatig een onkruidbestrijding nodig. Het telen van non food/non feed gewassen (bijvoorbeeld gras) op braakpercelen behoudt de structuur, is relatief goedkoop, is onkruidonderdrukkend en zorgt voor opbouw van organische stof in de bodem. Tegenover 6–10 keer bestrijden van onkruid bij zwarte braak staan de bewerkingen die nodig zijn voor de teelt van het gewas: ploegen, zaaibed klaarmaken, inzaaien, enkele keren gewas klepelen en na 31 augustus maaien en afvoeren van het product. Groene braak levert nauwelijks winst op met betrekking tot energieverbruik en broeikasgasemissie maar wel op het gebied van koolstofopslag.

### **20. Pas no-tillage toe**

Zie maatregel 16

### **21. Verlaag de grondwaterstand**

Verlagen van grondwaterstand vermindert de afbraak van organische stof en vermindert de broeikasgasemissie, naar schatting tot 20% (Bos et al., 2007). De maatregel is echter niet realistisch gezien de maatschappelijke wens voor hogere grondwaterstanden. Daarnaast geven lagere grondwaterstanden een grotere behoefte voor beregening waardoor het effect weer afneemt. De maatregel geldt niet op veengronden, daar is het juist belangrijk de grondwaterstanden te verhogen.

## **3.5 Overige maatregelen**

Een aantal maatregelen uit de inventarisatie van de melkveehouderij is ook toepasbaar in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. De maatregelen zijn deels niet opgenomen omdat de bijdrage van deze maatregelen te klein is om in deze beperkte lijst op te nemen en deels omdat aan energieproductie in de lijst voor akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt geen aandacht is besteed. Voor de volledigheid vermelden we de maatregelen hier kort omdat, vooral voor de good practices, ze wel meegenomen kunnen worden in het verdere traject van kennisverspreiding. Het gaat om de volgende beperkt haalbare maatregelen:

16. Optimaliseer de verkaveling
17. Plaats (een) grote windturbine(s)
18. Plaats een kleine windturbine: Urban Turbines
19. Installeer zonnepanelen

Maatregel 9 uit de lijst maatregelen voor de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt overlapt sterk met maatregel 6 uit de lijst maatregelen voor de melkveehouderij.

We hebben de effectiviteit van bovengenoemde maatregelen voor de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt niet geschat. Voor de maatregelen op gebied van energieproductie zal die niet veel verschillen van de melkveehouderij.



## 4 Discussie, conclusies en aanbevelingen

### 4.1 Bespreking van maatregelen in klankbordgroepen

#### **Melkveehouderij**

De maatregelen in de melkveehouderij zijn besproken in de themagroepen Energie en Strategie van het Bedrijfsnetwerk Biologische Veehouderij. Tijdens deze bijeenkomsten zijn nog een drietal maatregelen ter overweging aangedragen:

- Pure graze systeem,
- Effect veeslag en
- Effect toevoegmiddelen aan mest.

Deze maatregelen zijn niet opgenomen in de lijst omdat er op dit moment te weinig informatie voorhanden is om ze goed te kunnen plaatsen in de lijst. Pure graze systeem wordt nog wel kort genoemd bij "Verlaagde krachtvoergif" omdat het in feite een extreme variant hiervan is.

Op de bijeenkomst van de themagroep Strategie zijn door 10 deelnemers de maatregelen gescoord wat betreft inpasbaarheid in de biologische melkveehouderij en inpasbaarheid op het eigen bedrijf (bijlage 1).

Enkele conclusies uit deze scores zijn:

- Vrij goed inpasbaar, zowel algemeen als op eigen bedrijf: elektriciteitsbesparing, overstappen naar groene energie, zonnepanelen en verlagen transportafstanden veevoer. De laatste is wel opvallend omdat ze daar relatief weinig invloed op kunnen uitoefenen.
- Opvallend is ook dat de maatregel "Verlaag de krachtvoergif" als goed inpasbaar wordt gezien in de biologische veehouderij, maar een stuk minder op hun eigen bedrijf.
- Maatregelen die als slecht inpasbaar worden gezien zijn: Verhoog vetgehalte in rantsoen, verlaag de beweidingduur, vergroot het maisareaal, pas co-vergisting van mest toe en verhoog waterpeil.

#### **Akkerbouw**

De maatregelen zijn mondeling besproken in de innovatiegroep bodem en mechanisatie en de bedrijfsnetwerken Zuidoost Nederland en Zuidwest Nederland. Tevens zijn de maatregelen schriftelijk voorgelegd aan de leden van de innovatiegroep bemesting en organische stof en de begeleiders van de innovatiegroepen en bedrijfsnetwerken.

Opvallende punten uit deze commentaren waren:

- De resultaten uit de studie van Bos et al. 2007 moeten niet te stellig gepresenteerd worden. In de berekeningen zijn vele aannames gedaan en er is (voor akkerbouw en groenten) geen vertaling naar de Nederlandse situatie gemaakt.
- Klimaatverandering en de noodzaak voor vermindering van broeikasgasemissies wordt door een aantal telers als grote hype gezien waaraan de biologische landbouw niet teveel moet meedoen om negatieve kritiek bij het overwaaien van de hype te voorkomen. Vanuit de intenties en principes moet de biologische landbouw haar eigen verhaal vertellen. Dan krijgt het thema energieverbruik en broeikasgasemissies zijn juiste plaats.
- Aandacht voor compostering van mest en gewasresten en de emissies die daarbij van CO<sub>2</sub> en lachgas kunnen optreden.
- De waarschuwingen voor negatieve effecten op verdichting en extra lachgasemissie door gebruik van zware (oogst)machines en door het bemesten in het voorjaar
- De afwijzing van de vervanging van vaste mest door drijfmest omdat dit niet strookt met de biologische principes, en vraagtekens bij de effectiviteit van deze maatregel.

Naar aanleiding van de bijeenkomsten zijn twee extra maatregelen opgenomen: precisiebemesting en gebruik van verbruiksmeter.

## 4.2 Discussie en conclusies

Met de gehanteerde methodiek hebben we goed inzicht weten te krijgen in de beschikbare maatregelen waarmee fossiel energieverbruik en broeikasgasemissies verminderd kunnen worden en koolstofopslag vergroot kan worden. We moeten echter constateren dat veel maatregelen maar een gering effect hebben ten opzichte van het totale energieverbruik of broeikasgasemissie op bedrijfsniveau. Dat komt voornamelijk omdat maatregelen slechts ingrijpen op een klein gedeelte van het bedrijfssysteem terwijl energieverbruik en broeikasgasemissies in het gehele bedrijfssysteem optreden. Daarnaast kost het telen van een gewas nu eenmaal diesel, 'boert' een koe nu eenmaal methaan en treedt bij bemesting lachgasemissie op. Betekenisvolle reducties lijken slechts beperkt mogelijk.

Het is lastig om aan te geven wat bij een 'optimale' mix van afzonderlijke maatregelen de maximaal haalbare reductie van energieverbruik en broeikasgasemissies is. Dit komt omdat bij stapeling van maatregelen diverse interacties op gaan treden die effecten verzwakken of versterken. Maatregelen die goed voor koolstofopslag zijn kunnen negatief zijn voor energieverbruik. Ook kunnen maatregelen de emissie van het ene broeikasgas terugdringen terwijl ze de emissie van het andere stimuleren. Tevens is het afhankelijk van de Ausgangssituatie op individuele bedrijven. Ondernemers die al goed letten op brandstofverbruik en efficiënt bemesten zullen minder winst kunnen behalen dan ondernemers die hier minder aandacht aan hebben gegeven. Daarnaast bepaalt de bedrijfssituatie voor een groot deel het totale energieverbruik en de broeikasgasemissies. Die bedrijfssituatie bepaalt ook in hoeverre maatregelen haalbaar zijn op de bedrijven. Hierbij gaat het om onder andere bouwplan, bemestingsstrategie, grondsoort en grondwaterstand. Gegeven de beperkte mogelijkheden voor het drastisch verlagen van energieverbruik en broeikasgasemissies op praktijkbedrijven in de primaire productie, kan ook de rol van de consument niet onvermeld blijven. Deze heeft via de samenstelling van zijn/haar voedselpakket een potentieel grote invloed op energieverbruik en broeikasgasemissie in de landbouw. Wanneer de consument kiest voor producten met een laag energieverbruik en lage broeikasgasemissies is de reductie zeer waarschijnlijk groter dan met de maatregelen die in dit rapport beschreven worden.

Maar enkele maatregelen in de overzichten zijn gelijk voor beide sectoren. Wel is een aantal maatregelen uit de ene sector, bruikbaar in de andere. Deze maatregelen staan genoemd in paragrafen 2.5 en 3.5. Deze maatregelen zijn niet opgenomen in de lijsten voor die andere sector omdat de inschatting is dat de bijdrage in het verlagen van energieverbruik en broeikasgasemissies of het verhogen van de koolstofopslag zo gering is dat ze niet bij de belangrijkste maatregelen horen. Daarnaast zijn in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt geen maatregelen rond energieproductie opgenomen.

Een aantal maatregelen draagt bij aan de versterking van de intenties van de biologische landbouw. Er zijn echter ook maatregelen die daar niet aan bijdragen. Maatregelen die kunnen conflicteren met de intenties van de biologische landbouw zijn: het vergroten van het maïsareaal, verlaging van de beweidingduur, vervanging van vaste mest door drijfmest en verlaging van de grondwaterstand. De maatregelen zijn toch opgenomen omdat ze technisch goed uitvoerbaar zijn en effectief zijn voor dit doel. Tevens sluit de regelgeving deze maatregelen niet uit. In specifieke bedrijfssystemen kunnen deze maatregelen mogelijk toch goed passen, zonder dat de intenties van de biologische landbouw geweld aan gedaan worden.

## 4.3 Aanbevelingen in verder communicatie

Elke categorie maatregelen heeft zijn eigen wijze hoe verder ontwikkeling en/of kennisverspreiding vorm zou moeten krijgen.

- Good practices kunnen gebruikt worden in de kennisverspreiding in de bedrijfsnetwerken. Hierbij gaat het vooral om de maatregelen die nog door een beperkt deel van de ondernemers uitgevoerd worden. Echter ook de algemeen uitgevoerde maatregelen moeten niet vergeten worden.
- Best practices worden deels al opgepakt in de innovatiegroepen en eventueel ook in aanvullend onderzoek. Waar dit niet gebeurt, zal bekeken moeten worden of dit mogelijk is.
- Maatregelen in onderzoek worden deels al onderzocht, maar bekeken zal moeten worden op welke wijze de andere maatregelen opgepakt kunnen worden.
- De beperkt haalbare maatregelen moeten niet vergeten worden. Voor specifieke regio's en bedrijven zijn deze maatregelen mogelijk wel haalbaar. Echter de focus zou op de andere maatregelen moeten liggen.

# Literatuur

- Bannink, A., 2007. Invloed van voeding melkproductie op de methaanproductie door melkvee. Wageningen UR, Wageningen. Informatieblad Mineralen en Milieukwaliteit, BO-05-infoblad-13, 2pp.
- Bos, J.F.F.P., J.J. de Haan en W. Sukkel, 2007. Energieverbruik, broeikasgasemissies en koolstofopslag: de biologische en de gangbare landbouw vergeleken. PRI Wageningen UR, Wageningen. Rapport 140.
- Bos, J.F.F.P., 2006. Intersectorale samenwerking in de biologische landbouw; Mengvoergrondstoffen met binnen- of buitenlandse oorsprong: effect op energieverbruik van mengvoerproductie. Wageningen UR/Louis Bolk Instituut, Wageningen/Driebergen, 26 pp.
- Carlsson-Kanyama, A., 1998, Climate change and dietary choices – how can emissions of greenhouse gases from food consumption be reduced?, Elsevier Food Policy, vol. 23, no. 3/4, p. 277-293
- Cramer, 2006, Criteria voor duurzame biomassa productie, Eindrapport, projectgroep duurzame productie van biomassa, Task Force Energietransitie
- Doorn, H.J.C. van, M.P.J. van der Voort en B.G.H. Timmermans, 2007. Opties voor duurzame energieproductie in de biologische landbouw. Animal Sciences Group Wageningen UR, Lelystad. Rapport 99 in concept.
- Evers, A.G., M.H.A. de Haan, B. Philipsen, H.A. van Schooten en J.A. de Boer, 2003. Snijmaïs op melkveebedrijven: gevolgen voor milieu en economie. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad. PraktijkRapport Rundvee 24, 48pp.
- Franken, R. en G.J. van den Born, 2006. Quick scan 'Beheersopties in het veenweidegebied en emissies van broeikasgassen'. Milieu en Natuurplanbureau.
- Freibauer, A., M.D.A. Rounsevell, P. Smith & J. Verhagen, 2004. Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. Geoderma 112, p.1-23.
- Goris, Wouter, 2005, Niet-kerende grondbewerking; een alternatief voor de ploeg, KHK - Katholieke Hogeschool Kempen
- Haan, J. de, & H. Slabbekoorn (eds). Maatregelen duurzame gewasbescherming. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad.
- Hattum, B. van, 2005. Dure diesel, bespaartips, Boerderij 91-7, p. 24-26
- Hees, E., A. Kool en M. van Zevenbergen, 2007. Melken voor het klimaat; Op zoek naar een klimaatvriendelijke melkveehouderij in de Alblasserwaard. CLM, Culemborg.
- Knuivers, M., 2007, Bewaarseizoen is test schuur, Boerderij 92-16, p. 14-15
- Kool, A. en H. de Rooter, 2004. Broeikasgasreducerende maatregelen in de praktijk. CLM, Culemborg.
- Kool, A., A.H.J. van der putten en F.C. van der Schans, 2006. Mestverwerking in Wintelre. CLM, Culemborg.
- Kuikman, P.J., 2001. Mogelijkheden voor emissiereductie in de landbouw. De klimaatdimensie van voedsel en groen: opties voor vermindering van de emissies van broeikasgassen. Lei, Den Haag. Rapport 3.01.09, p. 81-93.

Kuikman, P.J., Oudendag, D.A., Smit, A. en Van der Hoek, K.W., 2004. ROB maatregelen in de landbouw en vermindering van emissies van broeikasgassen. Alterra rapport 994. Alterra, Wageningen, 142 pp.

Laar, H. van, en W.M. van Straalen, 2004. Ontwikkeling van een rantsoen voor melkvee dat de methaanproductie reduceert. Schothorst Feed Research, proefverslag: BET 2004-24.

Mosquera, J. en J.M.G. Hol, 2007). Gasvormige emissies na toediening van vergiste mest op grasland. Animal Sciences Group Wageningen UR, Lelystad. Rapport 42, 41 pp.

Mosquera, J., J.M.G. Hol, C. Rappoldt, J. Dolfing. 2007. Precise soil management as a tool to reduce CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils. Report 28. Animal Science Group, Wageningen UR. Lelystad.

Schils, R.L.M., D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek, J.A. de Boer, A.G. Evers en M.H. de Haan, 2006. Broeikasgasmodule BBPR. Animal Sciences Group Wageningen UR, Lelystad. PraktijkRapport Rundvee 90, 31pp.

Sebek, L.B.J. en R.L.M. Schils, 2006. Verlaging van methaan- en lachgasemissie uit de Nederlandse melkveehouderij. Animal Sciences Group Wageningen UR, Lelystad. ASG Rapport 02.

Stok, Toon van der, 2005. Personeel trainen; tips om energie te besparen, Loonbedrijf 2, 2005, p. 14-17

Tamminga, S., A. Bannink, J. Dijkstra en R. Zom, 2007. Feeding strategies to reduce methane loss in cattle. Animal Sciences Group Wageningen UR, Lelystad. Report 34, 46pp.

Thomassen, M., I.M. de Boer, M. Smits, G. Iepema, K.-J. van Calker, R. Werkman, J. Jansen en L. 's-Gravendijk, 2007. Krachtvoer heeft grote invloed milieubelasting melkveehouderij. V-focus februari 2007, p. 20-22.

Volk, Prof.Dr. Ludwig, 2005, Diesel sparen durch bessere Reifen, Zuckerrübe, nr. 6, p. 327-329

Voort, M. van der, Klooster, A. van der, Wekken, J. van der, Kemp, H., Dekker, P., 2006. Covergisting van gewasresten, een verkennende studie naar de praktische en economische haalbaarheid. Rapport 530030, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad.

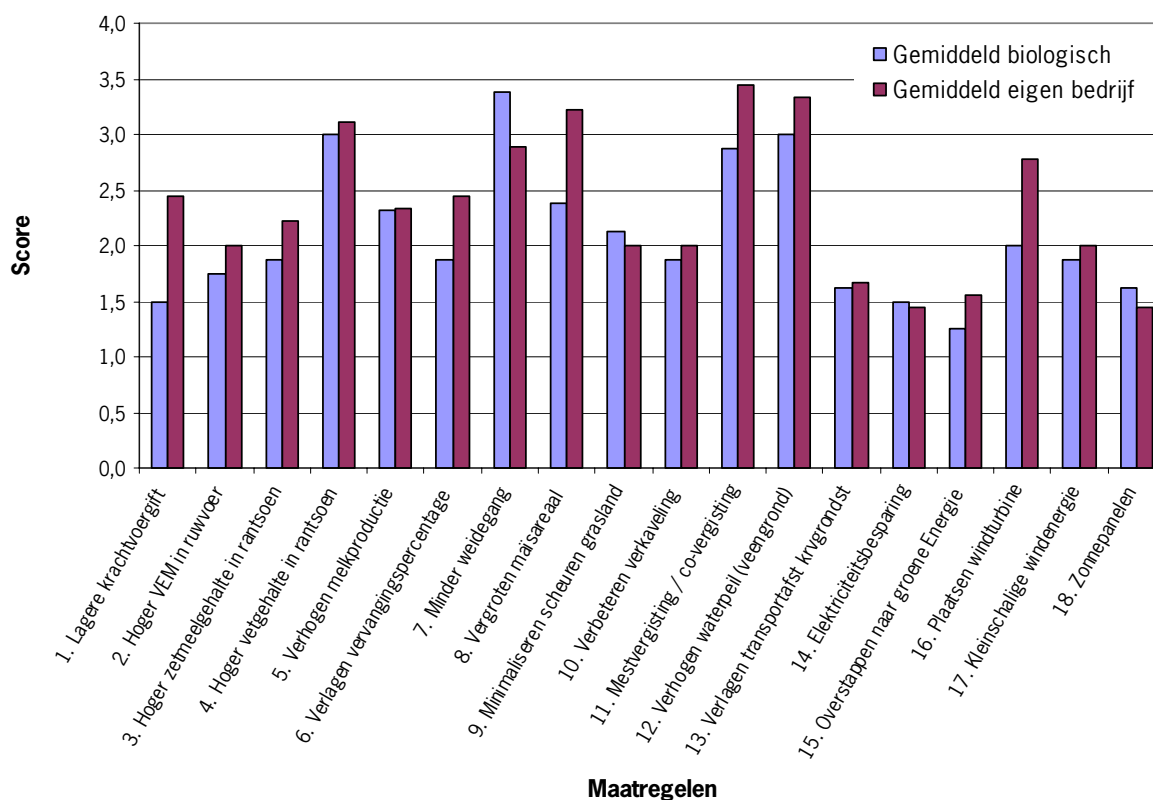
Zwart, Kor, Diti Oudendag, Phillip Ehlert en Peter Kuikman, 2006. Duurzaamheid co-vergisting van dierlijke mest. Alterra Wageningen UR, Wageningen. Alterra-rapport 1437, 70pp.



# Bijlage 1 Inpasbaarheid maatregelen in de biologische melkveehouderij

Gescoord door melkveehouders van de themagroep strategie

Score 1 = goed inpasbaar, 2 = matig inpasbaar, 3 = slecht inpasbaar, 4 = niet inpasbaar





## Bijlage 2 Invloed optimaal gebruik van groenbemesters en vlinderbloemige gewassen

grond- bouwplan soort		Aanvoer uit mest, kg/ha		Stikstoflevering (kg/ha) uit:		Overschotten (kg/ha)			Afname (%)			
		stikstof	fosfaat	stikstof	fosfaat	stikstof	fosfaat	kali	stikstofaamvoer dierlijke mest	lachgas emissie	stikstof- overschot	fosfaat- overschot
klei standaard met maximale inzet groenbemesters en vlinderbloemigen	stikstof	157	81	145	128	42	133					
	fosfaat	85	29	60	69	-10	10	39	0	46	125	92
zand standaard met maximale inzet groenbemesters en vlinderbloemigen	stikstof	265	97	183	248	69	418					
	fosfaat	192	51	110	203	23	283	14	12	18	67	32





