

Duurzaamheidprestaties op het gebied van Klimaat

Deelstudie van duurzaamheidprestaties van de
Nederlandse biologische landbouw

bioKennis

voor biologische agroketens

Wijnand Sukkel



WAGENINGEN UR
For quality of life

Duurzaamheidprestaties op het gebied van klimaat

Deelstudie van duurzaamheidprestaties van de Nederlandse biologische
landbouw

Wijnand Sukkel

© 2010 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Akkerbouw Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I).



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Projectnummer: 3250161910

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

Sector Akkerbouw Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 291111
Fax : 0320 – 230479
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoud

	pagina
PAGINA.....	3
1 SAMENVATTING BELANGRIJKSTE MILIEUCLAIMS EN ONTWIKKELINGEN	5
1.1 Klimaatprestaties in perspectief	5
1.2 Milieuclaims klimaat	6
1.3 Ontwikkelingen in klimaatprestaties	8
2 INLEIDING	11
2.1 Aanleiding en doel.....	11
2.2 Methode en Activiteiten	12
2.3 Afbakening	12
2.4 Leeswijzer.....	13
3 BIOLOGISCHE LANDBOUW EN KLIMAATVERANDERING ALGEMEEN.....	15
3.1 Klimaatimpact (biologische) landbouw	15
3.2 Samenhang duurzaamheidsaspecten	16
3.3 Vergelijking van biologische landbouw met gangbare landbouw	16
3.4 Emissie en verbruik per oppervlakte of per productgewicht?	17
4 FOSSIEL ENERGIEVERBRUIK.....	19
4.1 Conclusies fossiel energieverbruik	19
4.2 Energieverbruik algemeen	21
4.3 Energieverbruik akkerbouw en vollegrondsgroenten	21
4.4 Energieverbruik glastuinbouw	23
4.5 Energieverbruik appelteelt	25
4.6 Energieverbruik melkveehouderij.....	26
4.7 Energieverbruik varkenshouderij.....	29
4.8 Energieverbruik legpluimveehouderij.....	31
5 EMISSIE VAN BROEIKASGASSEN.....	33
5.1 Conclusies broeikasgasemissie	33
5.2 Broeikasgasemissie algemeen.....	34
5.3 Broeikasgasemissie akkerbouw, vollegrondsgroenten en glastuinbouw	36
5.4 Broeikasgasemissie appelteelt.....	38
5.5 Broeikasgasemissie melkveehouderij	39
5.6 Broeikasgasemissie varkenshouderij	42
5.7 Broeikasgasemissie legpluimveehouderij	43
6 KOOLSTOF OPSLAG.....	45
6.1 Conclusies koolstof opslag	45
6.2 Koolstofopslag algemeen	45
6.3 Koolstofopslag akkerbouw en vollegrondsgroenten	46
6.4 Koolstof opslag graasdierhouderij.....	49
7 ADAPTATIEVERMOGEN AAN VERANDERENDE KLIMAATOMSTANDIGHEDEN	51
7.1 Conclusies adaptatie	51
7.2 Adaptatie algemeen	51
7.3 Weerbaarheid tegen veranderende weersomstandigheden	52
7.4 Weerbaarheid tegen ziekten en plagen	53

8	ONTWIKKELINGEN IN KLIMAATEFFECTEN VAN LANDBOUW.....	55
---	---	----

1 Samenvatting belangrijkste milieucclaims en ontwikkelingen

1.1 Klimaatprestaties in perspectief

Dit rapport gaat over biologische landbouw en haar prestaties en potentie in relatie tot klimaatverandering. De invloed van landbouw op klimaat en vice versa is groot en een belangrijk aspect van de duurzaamheid van landbouw. Klimaatverandering is echter slechts één van de vele duurzaamheidsaspecten van landbouw. Ook aspecten als schoon milieu, lange termijn voedselzekerheid, dierenwelzijn en gezondheid en biodiversiteit behoren tot de diensten die landbouw de samenleving biedt. Het gaat hierbij niet alleen om een topprestatie op het gebied van klimaat maar om een gebalanceerde mix van diensten. Hierbij moeten soms concessies gedaan worden aan de prestaties op het ene duurzaamheidsaspect om voldoende te kunnen presteren op het andere. Voorbeelden zijn dierenwelzijn en een schoon milieu m.b.t. pesticiden. Biologische landbouw levert goede prestaties op deze terreinen en levert daarvoor momenteel wat in op enkele klimaatprestaties. Het is belangrijk om dit bij het lezen van dit rapport over de klimaatprestaties van biologische landbouw in ogenschouw te nemen.

Het Zwitserse onderzoeksinstituut voor de biologische landbouw FIBL is samen met onder andere FAO actief om biologische landbouw te promoten als wijze van landbouw die een grote potentie om negatieve klimaatimpact van de huidige landbouw te verminderen. Potentie is echter niet hetzelfde als actuele prestatie. Dit rapport probeert een beeld te schetsen van de huidige actuele prestatie van de Nederlandse landbouw. Hierbij moge het duidelijk zijn dat de volledige potentie van biologische landbouw niet altijd ten volle wordt gerealiseerd. Voor de biologische landbouw ligt een uitdaging om deze potentie volledig uit te nutten.

Klimaatprestaties en hierbij vooral het fossiel energieverbruik en de broeikasgasemissie worden vaak op verschillende manieren weergegeven. De emissie en het verbruik kunnen per oppervlakte-eenheid en per gewichtseenheid geproduceerd product worden weergegeven. De laatste wijze van weergeven pakt voor de biologische landbouw in Nederland relatief ongunstig uit. In Nederland is het verschil in opbrengst tussen biologisch en gangbaar groter dan in de meeste andere landen. Gemiddeld is de opbrengst in de biologische landbouw in Nederland 30 a 35 % lager dan in de gangbare landbouw. Dit rapport maakt geen keuze in de wijze van weergave. Beide manieren worden naast elkaar gebruikt.

De klimaatprestaties van biologische landbouw worden in de uitspraken in dit rapport relatief ten opzichte van de gangbare landbouw weergegeven. Dit heeft zijn beperkingen, de spreiding in prestaties tussen biologische bedrijven onderling en tussen gangbare bedrijven onderling is groot. Daarnaast bestaat er geen standaard of gemiddelde biologische bedrijf. Dit geldt nog minder voor het gangbare bedrijf. Voor communicatieve doeleinden mogen de uitspraken over de relatieve prestatie ten opzichte van gangbare landbouw zeer bruikbaar zijn, voor de biologische landbouw zelf is het zaak om ook de absolute prestaties in ogenschouw te nemen. Deze kunnen worden vergeleken met de eigen ambities en potenties. Hierbij zal duidelijk worden welke weg er nog te gaan is voor het verder invullen van de eigen ambities.

1.2 Milieuclaims klimaat

Toelichting weergave milieuprestaties

De milieuprestaties van biologische landbouw die uit deze studie naar voren komen, worden per thema in een samenvattende uitspraak weergegeven. Hierbij wordt een beoordeling van de 'robuustheid' van de uitspraak weergegeven in de vorm van 1 tot 5 sterren of een 0. De beoordeling van de robuustheid van de uitspraak is gebaseerd op de omvang en kwaliteit van de bewijslast.

- +++++ Uitspraak zeer robuust: bronnen representatief voor Nederlandse situatie, grote bewijslast, direct bewijs, grote eenduidigheid in bronnen, etc.
- + Uitspraak weinig robuust: bronnen weinig representatief, anekdotisch, indirect bewijs, bronnen in tegenspraak, weinig betrouwbare verschillen, etc.
- 0 Er is geen of niet aantoonbaar verschil of er is door te weinig informatie geen uitspraak te doen

Gebruik fossiele brandstoffen (direct + indirect)

Het totaal fossiel energieverbruik (direct + indirect) per hectare is bij biologische bedrijven lager dan bij gangbare bedrijven.

***** *Onderbouwd in een betrouwbare studie voor de Nederlandse situatie voor akkerbouw, vollegrondsgroententeelt en voor melkveehouderij. Bevestigd door internationale bronnen*

Het totaal fossiel energieverbruik (direct + indirect) per ton product is in de biologische melkveehouderij, legpluimveehouderij, fruitteelt, akkerbouw en vollegrondsgroententeelt lager dan bij de gangbare productiewijze.

***** *Voor melkveehouderij onderbouwd in meerdere betrouwbare studies voor de Nederlandse situatie. Bevestigd door internationale bronnen.*

*** *Voor biologische legpluimveehouderij in vergelijking met scharrel en Freiland systemen onderbouwd in een betrouwbare studie voor de Nederlandse situatie.*

0 *Voor de open teelten akkerbouw en groenten en bij de teelt van schurftresistente appelrassen geen verschillen tussen biologisch en gangbaar of biologische landbouw heeft een licht hoger verbruik dan gangbare landbouw. De verschillen zijn erg gewasafhankelijk.*

Het totaal fossiel energieverbruik (direct + indirect) per ton product is in de biologische varkenshouderij, glastuinbouw en fruitteelt hoger dan bij gangbare productiewijze.

***** *Bij de teelt onder glas is het energieverbruik in de biologische teelt hoger dan in de gangbare teelt.*

** *Voor de biologische varkenshouderij geven de meeste bronnen aan dat voor de productie van biologisch varkensvlees meer energie nodig is dan voor de productie van gangbaar varkensvlees*

* *Voor de appelteelt bij de teelt van schurffgevoelige rassen heeft de biologische productie een hoger verbruik.*

Broeikasgasemissies^a

De emissie van broeikasgassen per hectare is bij biologische bedrijven lager dan bij gangbare bedrijven.

***** *Onderbouwd in betrouwbare studies voor de Nederlandse situatie voor akkerbouw, vollegrondsgroententeelt en voor melkveehouderij. Bevestigd door internationale bronnen.*

De emissie van broeikasgassen per ton product is in de biologische melkveehouderij, legpluimveehouderij, fruitteelt, akkerbouw en vollegrondsgroententeelt lager dan bij gangbare productiewijze.

- * *Voor melkveehouderij zijn de verschillen afhankelijk van de bedrijfsintensiteit (veebezetting). Biologische bedrijven hebben meestal een licht lagere emissie dan intensieve gangbare bedrijven. Bij een vergelijking met minder intensieve gangbare bedrijven is de emissie tussen gangbaar en biologisch vergelijkbaar.*
- * *In de legpluimveehouderij heeft biologisch een licht lagere emissie in vergelijking met Scharreelsystemen en Freiland systemen. Het batterijsysteem heeft een licht lagere emissie dan het biologische systeem.*
- 0 *Voor de open teelten akkerbouw en groenten en bij de teelt van schurftresistente apperassen geen verschillen tussen biologisch en gangbaar of biologische landbouw heeft een licht hogere emissie dan gangbare landbouw. De verschillen zijn erg gewasafhankelijk.*

De emissie van broeikasgassen per ton product is in de biologische varkenshouderij, glastuinbouw en fruitteelt hoger dan bij gangbare productiewijze.

- **** *Bij de teelt onder glas is de broeikasgasemissie bij de biologische teelt hoger dan bij de gangbare teelt.*
- ** *Bij de productie van varkensvlees heeft de biologische varkenshouderij een hogere broeikasgasemissie per gewichtseenheid vlees dan de gangbare varkenshouderij.*
- ** *Voor de appelteelt bij de teelt van schurftgevoelige rassen heeft de biologische productie een licht hogere emissie.*

a. Alle weergegeven resultaten zijn exclusief eventuele koolstofopslag in de bodem.

Koolstofopslag

De gemiddelde aanvoer naar de bodem van effectieve organische stof (en hiermee koolstof) is op biologische bedrijven hoger dan op gangbare bedrijven.

***** *Aangetoond voor de Nederlandse akkerbouw en vollegrondsgroententeelt. Gebaseerd op een vrij groot aantal Nederlandse praktijkpercelen, bevestigd in experimentele bedrijfssystemen.*

In de biologische landbouw is de hoeveelheid opgeslagen koolstof in de bodem hoger dan in de gangbare landbouw.

- **** *Aangetoond voor de Nederlandse akkerbouw en open groenteteelt in Nederlandse systeemexperimenten en modelstudies. Bevestigd door de meeste internationale literatuur.*
- * *Voor de graasdierhouderij is er beperkt informatie beschikbaar en zijn de resultaten uit de literatuur wisselend.*

Adaptatie (aanpassing) aan klimaatverandering

Het vermogen van aanpassing aan de fysische gevolgen van veranderende Nederlandse klimaatomstandigheden is in de biologische landbouw groter dan in de gangbare landbouw.

*** *Aannemelijk vanuit vooral een aantoonbaar duurzamer bodembeheer in de biologische landbouw. De beperkt beschikbare wetenschappelijke onderbouwing geeft meest indirect bewijs.*

Het vermogen van aanpassing aan de biologische gevolgen van veranderende Nederlandse klimaatomstandigheden is in de biologische landbouw groter dan in de gangbare landbouw.

** *Aannemelijk vanuit o.a. een aantoonbaar hogere biodiversiteit in de biologische landbouw. De beperkt beschikbare wetenschappelijke onderbouwing geeft indirect bewijs.*

1.3 Ontwikkelingen in klimaatprestaties

Zowel de biologische als de gangbare landbouw staan in hun ontwikkeling van duurzaamheid niet stil. Dit wordt deels beïnvloed door wetgeving maar ook deels door de eigen ambities en innovatiekracht van de biologische landbouw. Een aantal van deze ontwikkelingen kunnen in de nabije toekomst de klimaatprestaties van (biologische) landbouw sterk beïnvloeden. In dit opzicht belangrijke ontwikkelingen zijn:

Verbeteringen in teeltechniek algemeen

Biologische landbouw staat in veel opzichten qua teeltechniek in de kinderschoenen. Verwacht wordt dat door de innovatiekracht van de sector en de investering in onderzoek, de opbrengsten de komende tientallen jaren nog sterk zullen verbeteren. Hiermee zal ook de klimaatprestatie per gewichtseenheid product sterk verbeteren.

Verbeterde beheersing van ziekten en plagen

De huidige opbrengstreductie in de biologische landbouw wordt vooral veroorzaakt door ziekten en plagen. De ontwikkelingen in niet-chemische beheersing van ziekten en plagen zoals fysische beheersing en resistente rassen zullen de opbrengstreductie door ziekten en plagen sterk kunnen verminderen.

Naar 100% biologische mest

Een ambitie van biologische landbouw die momenteel stapsgewijze wordt ingevuld. Hiermee ontleent de biologische landbouw een belangrijk deel van haar organische-stof-aanvoer niet meer aan de gangbare veehouderij.

Aanwendingsnormen mest

Door de wettelijke beperkingen in de mest(fosfaat)aanvoer kan er in de landbouw minder organische mest worden aangevoerd. Dit zal consequenties hebben voor mogelijkheden voor opslag van koolstof in de bodem.

Percentage natuur op het bedrijf

De verwachte toenemende hoeveelheid natuur op het biologische bedrijf kan positieve effecten hebben op de weerbaarheid en de koolstofopslag van biologische bedrijven.

Rijpadensystemen

Deze techniek wordt vooral op biologische bedrijven toegepast. Aangetoond is dat de toepassing van deze techniek een verlaging van de lachgasemissie uit de bodem en een verhoging van de stikstofefficiëntie kan geven.

Minder intensieve grondbewerking

Wordt vooral door biologische boeren toegepast cq beproeft. Dit heeft potentie voor een hogere koolstofopslag, een hoger biodiversiteit en een verbeterd adaptatievermogen.

Klimaatneutrale kassen

Een ontwikkeling in de kasteelt in het algemeen. Hiermee zal het verschil tussen gangbaar en biologisch in broeikasgasemissie per kg kasproduct, verkleind worden.

Controle emissies in de stal en mestopslag

Biedt meer kansen voor de gangbare houderij voor controleren van broeikasgasemissie. Door de buitenuitloop in de biologische houderij zij de emissie lastiger te beheersen.

Mestvergisting

Kan de methaanemissie uit mest sterk verminderen. Daarnaast wordt er hernieuwbare energie geproduceerd dat fossiel energieverbruik kan vervangen. Voor zowel gangbare als biologische bedrijven toe te passen.

2 Inleiding

2.1 Aanleiding en doel

Naar aanleiding van het EKO-congres in 2005 is door de Task Force Markontwikkeling Biologische Landbouw het initiatief genomen de bestaande kennis over voeding en gezondheid van bioproducten te integreren. In een project over communiceerbare gezondheidsargumenten bij biologische producten werden op basis van onderbouwende literatuur door het Louis Bolk Instituut communiceerbare voedingsclaims geformuleerd; deze zijn in een publieksversie samengevat in een folder die op het Eko congres van 2006 beschikbaar kwam.

Deze aanpak heeft goed gewerkt en wordt daarom vervolgd op andere terreinen, zowel structureel (vanaf 2007) als incidenteel in 2006. Dit project 'Duurzaamheidsprestaties Biologische Landbouw' bestaat uit vijf deelprojecten/aandachtsgebieden:

- voedselkwaliteit, veiligheid en gezondheid van biologische producten
- dierenwelzijn
- energie, broeikasgassen en klimaat
- milieu
- natuur en landschap
- verbindingen
- profit (in 2011)

In 2006 werd de kennis op het gebied van milieueffecten en dierenwelzijn geactualiseerd als aanvulling op de studie uit 2003/2004 (Spruijt - Verkerke et al, 2004). In 2009/2010 worden de gegevens opnieuw geactualiseerd. Het onderdeel klimaat, broeikasgassen en energieverbruik is als aparte studie opgenomen vanwege de actualiteit van het onderwerp en vanwege de snelle ontwikkelingen in de kennis op dit terrein. Op basis van deze actualisatie kan het bedrijfsleven mogelijk beter onderbouwde argumenten voor de promotie van biologische producten en biologische landbouw opstellen. Daarnaast geeft de inventarisatie een verbeterd inzicht in de prestaties van de biologische landbouw op de genoemde duurzaamheidsthema's. Vanuit dit verbeterde inzicht kunnen stappen worden genomen om die punten te verbeteren waar biologische landbouw nog onvoldoende presteert.

Deze actualisatie moet leiden tot een toegankelijk rapport met milieuprestaties van de biologische landbouw in vergelijking met die van de gangbare landbouw, met de betreffende achtergrondgegevens, eventueel te gebruiken voor de vermarkting van biologische producten.

In dit rapport worden de onderdelen fossiel energieverbruik, emissie van broeikasgassen, koolstofopslag en adaptatie aan klimaatverandering behandeld.

2.2 Methode en Activiteiten

Voor de analyse van de prestaties van de biologische landbouw is alleen gebruik gemaakt van bestaande bronnen en data. Er is dus geen nieuw onderzoek uitgevoerd. De opzet van het gebruikte onderzoek diende vaak een ander doel dan het vergelijken van milieuprestaties tussen biologische en gangbare landbouw. Eventuele consequenties hiervan zijn in de rapportage aangegeven.

In een aantal gevallen konden de in de literatuur gevonden data rechtstreeks gebruikt worden voor de analyse. Dit was in veel gevallen voor de veehouderij het geval. In een enkel geval moesten data uit de literatuur voor een goede vergelijking bewerkt worden. Verder is er voor de Nederlandse situatie informatie geput uit databases met bedrijfsregistratiegegevens. Voor de plantaardige productie is gebruik gemaakt van de gedetailleerde bedrijfsregistraties uit de projecten BIOM voor de biologische landbouw en Telen met Toekomst voor de gangbare/geïntegreerde landbouw. De data zijn geregistreerd en bewerkt in het bedrijfsregistratieprogramma en database FARM dat door PPO gebruikt wordt.

De volgende activiteiten zijn uitgevoerd om tot het gewenste eindresultaat te komen:

Inventarisatie en analyse:

- een literatuurstudie met een samenvatting van Nederlandse en internationale publicaties
- een selectie op basis van literatuurstudie van de best onderbouwde prestaties gerelateerd aan klimaatverandering.

Product: presentatie van bevindingen voor de Bioconnect Themawerkgroep Energie en Broeikasgassen.

Bespreking door Bioconnect themawerkgroep

De bevindingen werden besproken door de Bioconnect themawerkgroep energie en broeikasgassen. De aanvullingen en opmerkingen werden verwerkt in de concept rapportage. Deze concept rapportage werd voor commentaar naar de leden van de themawerkgroep verstuurd. Na een commentaarronde wordt de definitieve rapportage vastgesteld.

Eindrapportage

Rapport met achtergrondgegevens van de milieuprestaties en selectie van de best onderbouwde prestaties van de biologische landbouw.

2.3 Afbakening

De studie richt zich op de klimaatprestaties van de Nederlandse biologische landbouw. Hiervoor zijn dan ook zoveel mogelijk publicaties en bronnen geselecteerd die een uitspraak doen over de Nederlandse situatie. Als er onvoldoende gegevens over de Nederlandse situatie zijn, worden internationale gegevens gebruikt.

Het onderzoek is uitgevoerd voor de sectoren melkveehouderij, varkenshouderij, (leg)pluimveehouderij, akkerbouw, vollegrondsgroententeelt, fruitteelt en glastuinbouw. De prestaties zijn zoveel mogelijk op bedrijfsniveau of gewasniveau weergegeven. Daar waar beschikbaar en zinvol zijn resultaten niet alleen uitgedrukt in eenheden per oppervlakte (ha) maar ook in eenheden per hoeveelheid product (per ton of per kg). Deze laatste manier van weergeven is vooral gebruikelijk bij energieverbruik en bij de emissie van broeikasgassen.

In de meeste gevallen is alleen de milieubelasting van het primaire productieproces tot aan de bedrijfspoot is in kaart gebracht. De voedselketen vanaf het moment dat het product het primaire productiebedrijf verlaat (logistiek, verwerking, vermarkting etc.) is meestal niet meegenomen (behalve korte of lange

gekoelde productbewaring op het primaire productiebedrijf). Alleen bij de studie over de broeikasgasemissies bij varkensvleesproductie is ook de verwerking van het product meegenomen.

Ook de indirecte effecten (broeikasgasemissie, energieverbruik) zijn zoveel mogelijk meegenomen. Voorbeelden hiervan zijn het indirecte verbruik van fossiele energie door bij de productie van kunstmest (gangbaar) of de indirecte broeikasgasemissie veroorzaakt door de productie van buiten het bedrijf aangevoerd veevoer.

Voor alle milieuaspecten in dit onderzoek worden feitelijke prestaties van de biologische landbouw vergeleken met die van de gangbare landbouw. Hierbij wordt bij voorkeur uitgegaan van gegevens van representatieve groepen Nederlandse praktijkbedrijven. Deze zijn echter beperkt voorhanden. Daarom wordt veel gebruik gemaakt van rapportages van experimentele systemen of van modelberekeningen (vooral Life Cycle Analysis, LCA en modelberekeningen van de organische stof opbouw in de bodem). Nadeel van de gegevens van experimentele systemen is dat dit onderzoek meestal niet is opgezet om de actuele prestatie in de praktijk te meten maar om de potentie van biologische systemen ten opzichte van gangbare systemen vast te stellen. Bij alle gevonden resultaten worden aspecten als betrouwbaarheid, robuustheid en representativiteit (voor de gemiddelde praktijk) van de data weergegeven.

De volgende parameters zijn verzameld:

Gebruik fossiele energie (eindige grondstof)

- Direct, indirect en totaal energieverbruik

Broeikasgasemissies

- CO₂, N₂O en CH₄ emissie weergegeven als totaal CO₂ equivalenten

Koolstofopslag

- Koolstofvoorraad opgeslagen in de bodem organische stof

Adaptatie aan en weerbaarheid tegen klimaatverandering

- Weerbaarheid tegen biotische stressfactoren
- Weerbaarheid tegen fysische stressfactoren

2.4 Leeswijzer

De milieuprestaties van biologische landbouw die uit deze studie naar voren komen, worden per thema in een samenvattende uitspraak weergegeven. Hierbij wordt een beoordeling van de 'robuustheid' van de uitspraak weergegeven in de vorm van 1 tot 5 sterren een 0 of één of twee mintekens. De beoordeling van de robuustheid van de uitspraak is gebaseerd op de omvang en kwaliteit van de bewijslast.

- +++++ Uitspraak zeer robuust: bronnen representatief voor Nederlandse situatie, grote bewijslast, direct bewijs, grote eenduidigheid in bronnen, etc.
- + Uitspraak weinig robuust: bronnen weinig representatief, anekdotisch, indirect bewijs, bronnen in tegenspraak, weinig betrouwbare verschillen, etc.
- 0 Er is geen of niet aantoonbaar verschil of er is door te weinig informatie geen uitspraak te doen

In deze beoordeling worden onder meer meegewogen:

- representativiteit voor de gemiddelde Nederlandse praktijk
- kwaliteit van het onderzoek
- direct of indirect bewijs
- aantal en eenduidigheid van verschillende bronnen,
- grootte van het verschil en variatie binnen en tussen bronnen (betrouwbaarheid verschil).

Representativiteit voor de Nederlandse situatie is zwaar meegewogen. De beoordeling van de robuustheid wordt zoveel mogelijk onderbouwd door de aangegeven literatuur en databronnen maar blijft niettemin een deels subjectieve weging die gebaseerd is op expert interpretatie.

In hoofdstuk 3 wordt een algemene beschouwing gegeven over klimaatprestaties van (biologische) landbouw. In de hoofdstukken 4 t/m 7 worden de onderbouwingen van de milieucclaims beschreven voor de thema fossiel energieverbruik (4), broeikasgasemissies (5), koolstof opslag (6) en adaptatie aan klimaatverandering (7). In hoofdstuk 8 worden een aantal ontwikkelingen geschetst die naar verwachting in de nabije toekomst de klimaatprestaties van landbouw zullen beïnvloeden en hiermee de verschillen tussen biologische en gangbare landbouw.

Elk hoofdstuk begint met een of meerdere uitspraken over prestaties van biologische landbouw. Hierop volgt een meer algemene inleiding over het betreffende thema en eindigt met een opsomming en korte bespreking van de verschillen data en literatuurbronnen per sector.

3 Biologische landbouw en klimaatverandering algemeen

3.1 Klimaatimpact (biologische) landbouw

Er zijn de laatste jaren een aantal artikelen/rapporten verschenen die het totaal van de klimaatprestaties en impact van (biologische) landbouw behandelen. Bellarby et al (2008) geven in een rapport uitgebracht door Greenpeace een overzicht van de impact van landbouw op klimaat. Het rapport is gebaseerd op de wetenschappelijke publicaties en IPCC data en laat zien dat landbouw mondiaal een belangrijke rol speelt in klimaatverandering. Het rapport geeft een inschatting dat landbouw verantwoordelijk is voor tussen de 17 en 32 % van de door de mens veroorzaakte broeikasgasemissies. Belangrijkste bronnen van emissie zijn landgebruik en veranderingen in landgebruik (Land Use and Land Use Changes: LULUC), lachgasemissie uit met stikstof bemeste bodems en methaanemissies van vee. LULUC is verreweg de grootste post maar heeft ook de grootste onzekerheid in de schatting. Als belangrijke mitigatie opties worden aangegeven: duurzaam beheer van akkerbouwland; duurzaam graasbeheer van grasland, verbeterd waterbeheer, efficiëntere stikstofmestproductie en verminderde vleesconsumptie. Voor het verbeterde beheer van akkerbouwgrond wordt o.a. geadviseerd: braakperiodes te vermijden (o.a. door gebruik van groenbemesters), zo efficiënt mogelijk met stikstof te bemesten en grondbewerking te minimaliseren.

Niggli et al (2007, 2009) tonen in een tweetal rapporten de potentie van (biologische) landbouw aan in de vermindering van broeikasgasemissies, de opslag van koolstof (in de bodem organische stof) en de adaptatie aan klimaatverandering. De rapporten schetsen mogelijk een wat (te) positief beeld maar geven wel aan (met wetenschappelijke literatuur onderbouwd) waar de biologische landbouw kansrijk is als het gaat om een meer klimaatvriendelijke landbouw. Niggli et al (2009), is een uitgave van de FAO waarin een aantal management opties worden genoemd die (ook) in biologische landbouw worden toegepast en die van belang zijn voor mitigatie en adaptatie. Uitgangspunt van het rapport zijn de IPCC aanbevelingen voor mitigatie van het klimaateffect. Verschillende van de IPCC aanbevelingen passen goed bij management opties die momenteel veel in biologische landbouw worden toegepast. Duurzaam bodembeheer speelt hierbij een cruciale rol in zowel mitigatie als adaptatie.

Scialabba, N. and Müller-Lindenlauf, M. (2010), schreven een wetenschappelijk artikel waarin de potentie van biologische landbouw in mitigatie en adaptatie aan klimaatverandering wordt onderbouwd. In de redenering worden er drie lijnen gevolgd: systeemontwerp, gewasmanagement en grasland- en veemanagement. Een belangrijke potentiële bijdrage van biologisch beheerde systemen in mitigatie van klimaatverandering ligt in het zorgvuldige nutriëntenbeheer en als gevolg daarvan de reductie van lachgasemissie uit de bodem. Ook ligt er een groot mitigatie potentieel van biologische landbouw in koolstofopslag in de bodem. Het reductiepotentieel van het nutriëntenmanagement wordt geschat op 20% en het compensatiepotentieel van koolstofopslag wordt geschat op 40 tot 72% van de huidige mondiale broeikasgasemissies. Nader onderzoek is echter nodig om deze getallen beter te onderbouwen. Aan de kant van adaptatie geven Scialabba en Müller-Lindenlauf (2010) aan dat biologische landbouwsystemen een groot potentieel hebben om weerbare voedselsystemen te vormen in relatie tot de onzekerheden die klimaatverandering oplevert. De belangrijkste bouwstenen hiervoor zijn diversiteit binnen bedrijven en het duurzame bodembeheer door opbouw van organische stof. Bovendien biedt biologische landbouw alternatieven voor energie intensieve inputs als kunstmest stikstof waarvan het gebruik door de stijgende energieprijzen naar verwachting verder gelimiteerd zal worden voor arme plattelandsbevolkingen. In ontwikkelingslanden behalen biologische landbouw systemen vergelijkbare of zelfs hogere opbrengsten in vergelijking met de huidige gangbare methoden. Dit maakt het tot een potentieel belangrijke optie voor voedselzekerheid en duurzame levensomstandigheden voor de arme plattelandsbevolking in tijden van klimaatverandering. Gecertificeerde biologische producten zorgen voor opties voor een hoger inkomen voor boeren en kunnen daarom als stimulans dienen voor klimaatvriendelijke productiemethoden wereldwijd.

3.2 Samenhang duurzaamheidsaspecten

Landbouwkundige maatregelen en hun klimaateffecten vertonen een sterke samenhang waarbij het geheel vaak meer is dan de som der delen. Door de opsplitsing van effecten op klimaatverandering in verschillende onderdelen zoals verder in dit rapport behandelt, gaat het beeld op het totale effect en de samenhang tussen deze effecten gemakkelijk verloren. Daarnaast heeft de productiewijze veel meer effecten op duurzaamheidsaspecten dan alleen op klimaat. Soms werken de effecten tegelijkertijd positief op verschillende duurzaamheidsaspecten. Een voorbeeld is de instandhouding of verhoging van het organische stof gehalte in de bodem. Dit werkt positief op koolstofopslag in de bodem (mitigatie van klimaatverandering), op bodemvruchtbaarheid in zijn algemeenheid, als ook op de weerbaarheid tegen extreme fysische omstandigheden als heftige regenval (adaptatie aan klimaatverandering). Een voorbeeld van een negatieve koppeling is de keuze voor een beter dierenwelzijn in de biologische vleesproductie door meer bewegingsvrijheid van de dieren en de hiermee samenhangende hogere voederconversie in vergelijking met gangbare landbouw (zie ook hfst. 4.7.). Door de hogere voederconversie is er meer voer nodig voor een kilogram vlees wat weer als gevolg heeft dat de broeikasgasemissie per kilogram vlees hoger wordt. De hoeveelheid voer is namelijk voor het grootste deel bepalend voor de hoeveelheid broeikasgasemissies bij vleesproductie.

Biologische landbouw geeft in het bovenstaande voorbeeld de prioriteit aan dierenwelzijn (bewegingsruimte en tragere groei) dan aan lage broeikasgasemissies.

Een ander voorbeeld van een negatieve koppeling is het achterwege laten van synthetische pesticiden. De lagere opbrengst ten opzichte van gangbaar in de biologische plantaardige productie wordt voor het belangrijkste gedeelte veroorzaakt door ziekten en plagen die niet beheerst kunnen worden door synthetische pesticiden (bijv. Phytophthora in aardappel, valse meeldauw in ui en schurft in appel). Door de lagere productie valt het energieverbruik en de broeikasgasemissie per kilogram product hoger uit. De keuze voor het achterwege laten van synthetische pesticiden en het vermijden van de daarmee samenhangende milieuproblemen heeft dus als gevolg dat de prestatie op klimaat (uitgedrukt per gewichtseenheid product) negatief wordt beïnvloed.

3.3 Vergelijking van biologische landbouw met gangbare landbouw

Het effect van landbouwkundig management kan zeer sterk afhangen van de omstandigheden waaronder deze landbouw plaatsvindt. Ditzelfde geldt voor de effecten van de combinatie van managementhandelingen in biologische landbouw. Het resultaat van de combinatie van managementhandelingen kunnen voor gebieden met hoog productieve landbouw bijvoorbeeld heel anders uitpakken dan voor gebieden met laagproductieve landbouw.

De verschillen tussen biologische en gangbare landbouw kunnen nog veel sterker variëren. Dit omdat binnen de definitie (regels voor certificering) van biologische landbouw een zeer grote variatie van management opties is, die tot zeer verschillende duurzaamheidsprestaties kunnen leiden. Dit geldt nog sterker voor de gangbare landbouw die eigenlijk nauwelijks een definitie kent, maar meer wordt gekarakteriseerd als de huidige 'mainstream' landbouw. De verschillen in duurzaamheidsprestaties van biologische en gangbare landbouw zullen dus bijna per definitie een zeer grote variatie kennen.

Biologische landbouw wordt in de literatuur op vele manieren met gangbare landbouw vergeleken. Zo zijn er langjarige systeemexperimenten, modelvergelijkingen en vergelijkingen tussen groepen van praktijkbedrijven. In sommige gevallen worden oneigenlijke vergelijkingen gemaakt, bijvoorbeeld de potentie van biologische landbouw met het gemiddelde van de huidige gangbare landbouw. Ook worden vaak

verschillen tussen biologische en gangbare landbouw in de ene regio zonder meer geëxtrapoleerd naar een andere regio. Elke vergelijking heeft echter een min of meer beperkte algemene zeggingskracht.

Dit rapport handelt over de prestatie van de Nederlandse biologische landbouw in vergelijking met de Nederlandse gangbare landbouw. De uitspraken die gedaan worden zijn gericht op het gemiddelde van de Nederlandse biologische landbouw in vergelijking met de gemiddelde Nederlandse gangbare landbouw. Omdat de Nederlandse landbouw erg gespecialiseerd is, worden de uitspraken in de meeste gevallen opgedeeld naar verschillende sectoren. Een andere specifieke karakteristiek voor de Nederlandse landbouw is dat ze relatief zeer hoog productief is. Hierdoor kunnen bij de vergelijking tussen de Nederlandse gangbare en biologische landbouw de resultaten anders uitpakken dan in landen waar de productie op een lager niveau ligt.

Het meest geschikt zou zijn, een vergelijking van representatieve groepen biologische en gangbare bedrijven. Hierover is echter maar zeer beperkt materiaal beschikbaar. Nog beperkter is er gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften. Iets meer materiaal is beschikbaar als het gaat om systeemexperimenten of modelstudies van de Nederlandse en biologische landbouw.

Wanneer geen informatie over de Nederlandse situatie beschikbaar is, dan komen buitenlandse studies in aanmerking, in de eerste plaats uit die landen waarin de landbouw qua structuur en klimatologische omstandigheden vergelijkbaar is met die van Nederland.

3.4 Emissie en verbruik per oppervlakte of per productgewicht?

Een belangrijke keuze voor de weergave van de resultaten is de functionele eenheid. Deze discussie speelt vooral bij duurzaamheidsaspecten die een mondiale dimensie hebben zoals eindige grondstoffen (bijv. fossiele energie) of voor broeikasgasemissies.

Bij grote verschillen in productie bij verschillend management maakt de keuze van de functionele eenheid veel uit in het resultaat. Ook tussen gangbaar en biologische management kunnen grote verschillen in opbrengst voorkomen. Badgley et al. (2007) berekende in een meta-analyse op basis van een literatuurreview, dat in de ontwikkelde landen de biologische plantaardige productie per oppervlakte eenheid gemiddeld 91% van gangbaar bedraagt. Voor ontwikkelingslanden berekende Badgley et al (2007) voor de biologische plantaardige productie een opbrengst van 128% ten opzichte van gangbaar. Mondelaers et al (2007) komen in een meta-analyse voor ontwikkelde landen op waarden tussen de 76 en 89%.

In Nederland zijn de opbrengsten van biologische bedrijven, voortkomend uit registratiegegevens van een groot aantal biologische bedrijven (BIOM database 1998-2004), vergeleken met de officiële KWIN cijfers (o.a. op basis van opbrengststatistieken). Hierbij bedraagt de opbrengst van de biologische productie circa 65 tot 70% van de gangbare productie. Voor een aantal gewassen als appel en aardappel bedraagt het verschil zelfs 50%.

Voor Nederlandse grondgebonden productie maakt het dus een groot verschil of de emissie per hectare of per kilogram product uitgedrukt wordt. Voor de Nederlandse niet grondgebonden veehouderij is het lastig om de emissie per hectare uit te drukken omdat veevoedergrondstoffen van over de gehele wereld komen met vaak een weinig bekende productie per hectare.

De argumenten voor beide benaderingen zijn niet altijd geheel duidelijk maar een aantal regelmatig gebruikte argumenten worden hieronder genoemd.

Voorstanders van het productgewicht als functionele eenheid betogen dat om de wereld te voeden een bepaalde hoeveelheid (gewicht) voedsel nodig is en niet een bepaalde hoeveelheid hectares. De mondiale emissie of het mondiale verbruik is dan ook recht evenredig met de emissie per gewichtseenheid product. Nadeel van deze redenering is dat ze bijna impliciet een evenredige relatie tussen productiehoeveelheid per hectare en emissie of verbruik per hectare vooronderstelt. Dit is echter zeer waarschijnlijk niet het geval. Vanuit de voedselconsumptie geredeneerd, is de gewichtseenheid als functionele eenheid de meest

praktische. De gebruiker van voedsel kan zijn keuze slechts baseren op een hoeveelheid emissie of energieverbruik per hoeveelheid aangekocht product. De consument koopt geen oppervlak maar een hoeveelheid product.

Voorstanders van het oppervlak als functionele eenheid betogen dat het aantal productiehectares per regio of in de wereld een vrijwel vast gegeven is en dat de emissie per oppervlakte het meest bepalend is voor de regionale of mondiale emissie of het verbruik. Daarnaast zijn emissies vaak meer gerelateerd aan het oppervlak en het type management op dat oppervlak dan aan de opbrengst. Het landbouwoppervlak in Nederland bijvoorbeeld is gelimiteerd, wil men de landelijke emissie in de plantaardige productie omlaag brengen dan moet men de emissie per hectare verminderen. Daarnaast zijn andere veel gebruikte duurzaamheidsindicatoren wel zeer sterk aan het specifieke oppervlak gerelateerd. Dit zijn indicatoren die vaak te maken hebben met de maximale draagkracht of capaciteit van de bodem of de door het oppervlak bepaalde ruimte (zoals biodiversiteit of koolstofopslag). Voor de vergelijkbaarheid geeft men daarom soms de voorkeur aan een vergelijkbare functionele eenheid voor verschillende indicatoren voor duurzaamheid.

De keuze van de functionele eenheid blijkt dus erg afhankelijk van het doel waarvoor men de informatie wil gebruiken. In dit rapport is daarom geen keuze gemaakt voor de functionele eenheid waarin de broeikasgasemissie en het energieverbruik wordt weergegeven. Voor zover mogelijk en bekend uit de literatuur zijn beide weergaven gebruikt. Aan de gebruiker van dit rapport de keuze welke weergave het best bij zijn of haar doel past.

4 Fossiel Energieverbruik

4.1 Conclusies fossiel energieverbruik

Het totaal fossiel energieverbruik (direct + indirect) per hectare is bij biologische bedrijven lager dan bij gangbare bedrijven.

****** Onderbouwd in een betrouwbare studie voor de Nederlandse situatie voor akkerbouw, vollegrondsgroententeelt en voor melkveehouderij. Bevestigd door internationale bronnen*

Het totaal fossiel energieverbruik (direct + indirect) per ton product is in de biologische melkveehouderij, legpluimveehouderij, fruitteelt, akkerbouw en vollegrondsgroententeelt lager dan bij de gangbare productiewijze.

****** Voor melkveehouderij onderbouwd in meerdere betrouwbare studies voor de Nederlandse situatie. Bevestigd door internationale bronnen.*

**** Voor biologische legpluimveehouderij in vergelijking met Scharrel en Freiland systemen onderbouwd in een betrouwbare studie voor de Nederlandse situatie.*

0 Voor de open teelten akkerbouw en groenten en bij de teelt van schurftresistente appelrassen geen verschillen tussen biologisch en gangbaar of biologische landbouw heeft een licht hoger verbruik dan gangbare landbouw. De verschillen zijn erg gewasafhankelijk.

Het totaal fossiel energieverbruik (direct + indirect) per ton product is in de biologische varkenshouderij, glastuinbouw en fruitteelt hoger dan bij gangbare productiewijze.

***** Bij de teelt onder glas is het energieverbruik in de biologische teelt hoger dan in de gangbare teelt.*

*** Voor de biologische varkenshouderij geven de meeste bronnen aan dat voor de productie van biologisch varkensvlees meer energie nodig is dan voor de productie van gangbaar varkensvlees*

** Voor de appelteelt bij de teelt van schurftgevoelige rassen heeft de biologische productie een hoger verbruik.*

Akkerbouw en vollegrondsgroenten

Het energieverbruik door biologische akkerbouw- en vollegrondsgroentenbedrijven is per ha lager, maar per ton product gelijkwaardig (akkerbouw) of wisselend cq licht hoger (groenteteelt) dan voor de gangbare productietak. Het hogere energieverbruik per eenheid product wordt vooral veroorzaakt door de sterk lagere opbrengsten die bij de Nederlandse biologische productie in vergelijking met gangbaar behaald worden.

Het resultaat per hectare wordt door vrijwel alle internationale bronnen bevestigd.

Het resultaat per eenheid product verschilt sterk per publicatie, vooral afhankelijk van de hoogte van het verschil in opbrengst tussen biologische en gangbare productie.

Glastuinbouw

In de glastuinbouw is in de verwarmde kasteelt het energieverbruik voor verwarming verreweg dominant in het totale energieverbruik. De andere directe en indirecte energieposten zijn, ten opzichte van het energieverbruik voor verwarming, verwaarloosbaar klein.

Ondanks een sterk verbeterde energie-efficiënte in de laatste 10 jaar ligt het energieverbruik per kg product in de biologische glastuinbouw hoger dan in de gangbare glastuinbouw. Dit wordt veroorzaakt door een lagere opbrengst per oppervlakte-eenheid. Het energieverbruik per eenheid oppervlak ligt bij de gangbare en biologische teelt in dezelfde orde van grootte.

Appelteelt

Door de grote opbrengstverschillen in de biologische en gangbare appelteelt bij de teelt van niet schurftresistente rassen, is het aannemelijk dat het energieverbruik per gewichtseenheid product bij de biologische appelteelt hoger ligt dan bij de gangbare appelteelt. Dit wordt veroorzaakt door de flink lagere opbrengst van de biologische teelt van niet schurftresistente rassen. Dit wordt bevestigd door een modelstudie voor de Nederlandse biologische appelteelt en een verkenning van de internationale literatuur.

Melkveehouderij

Het energieverbruik per ha is in biologische melkveehouderij lager dan in de gangbare melkveehouderij, en wordt vooral veroorzaakt door gemiddeld de lagere intensiteit (veebezetting per hectare) van deze bedrijven.

Ook per eenheid product verbruikt de biologische melkveehouderij minder energie dan zowel de intensieve als de meer extensieve gangbare melkveehouderij. Bij een extensivering van de gangbare veehouderij, wordt het verschil tussen de biologische en gangbare veehouderij kleiner. Biologische bedrijven hebben echter ook een lager energieverbruik dan extensieve gangbare bedrijven. Deze uitspraken zijn gebaseerd op enkele betrouwbare modelstudies voor de Nederlandse situatie. Ook de meeste internationale literatuurbronnen bevestigen deze claim.

Varkenshouderij

Voor de Nederlandse varkenshouderij is het energiegebruik per hectare lastig weer te geven omdat veel van het voer van buiten het bedrijf komt. Deens onderzoek geeft een lager energieverbruik per hectare aan. Per kilogram product is het in de literatuur gevonden energieverbruik tussen biologische en gangbare varkenshouderijen vergelijkbaar of biologisch gebruikt meer energie per kilogram product. Belangrijke oorzaak voor het hogere energieverbruik per kilogram vlees is de voederconversie. Voor een kilogram biologisch vlees is meer voer nodig dan voor een kilogram gangbaar vlees. Voer is een van de grootste energieposten bij de productie van varkensvlees.

Legpluimveehouderij

Voor de Nederlandse situatie heeft de biologische legpluimveehouderij een lager energieverbruik per kilogram eieren dan scharrel- en Freilandsystemen. De verschillen zijn echter niet erg groot. Het batterijsysteem scoort qua energieverbruik per kilogram eieren vergelijkbaar met het biologische productiesysteem. Er is verder weinig internationaal vergelijkingsmateriaal beschikbaar.

4.2 Energieverbruik algemeen

Landbouw maakt gebruik van fossiele energie en draagt hiermee bij aan het verbruik van een eindige bron en aan de emissie van CO₂. Het directe energieverbruik in de primaire landbouwproductie is met 5% (157 PJ; CBS 2002, www.statline.nl) van het totale energieverbruik in Nederland (3141 PJ), relatief klein. De glastuinbouw neemt 76% van het directe energieverbruik in de primaire productie voor haar rekening. Het indirecte energieverbruik, nodig voor de productie van landbouwproductiemiddelen (stikstof, machines, zaden, bestrijdingsmiddelen), de bewerking en verwerking van landbouwproducten en de logistiek van het voedselcomplex, zijn hierin echter niet meegerekend. Het energieverbruik in het totale agro-voedselcomplex wordt niet apart in de statistieken weergegeven maar bedraagt naar schatting meer dan 15% van het totale energieverbruik in Nederland.

Wanneer vanuit de consumptie wordt gerekend, dan neemt de consumptie van voedsel ca 30% in van het totale energieverbruik door consumptie (Vringer et al, 1997) hierbij is inbegrepen de voedselimport voor de Nederlandse consumptie, het koken bewaren en transport voor het boodschappen doen.

4.3 Energieverbruik akkerbouw en vollegrondsgroenten

Voor de Nederlandse situatie in het energieverbruik in akkerbouw en vollegrondsgroenten is een uitgebreide modelstudie uitgevoerd (Bos et al., 2007). De resultaten van deze modelstudie werden in 2009 door Bos et. al her berekend op basis van de laatste stand van de kennis. Daarnaast werden de resultaten uit deze modelstudie met diverse internationale literatuurbronnen vergeleken. Er zijn verder in een studie een aantal gangbare en biologische bedrijven doorgerekend met de 'TmT energie en klimaatmeetlat' (Mombarg et al, 2004)

Op basis van de geraadpleegde literatuur luiden de conclusies als volgt:

Het energieverbruik door biologische akkerbouw- en vollegrondsgroentenbedrijven is per hectare lager, maar per ton product gelijkwaardig (akkerbouw) of hoger (groenteteelt). Het hogere energieverbruik per eenheid product wordt vooral veroorzaakt door de sterk lagere opbrengsten die bij de Nederlandse biologische productie in vergelijking met gangbaar behaald worden.

Het resultaat per hectare wordt door vrijwel alle internationale bronnen bevestigd.

Het resultaat per eenheid product verschilt sterk per publicatie, vooral afhankelijk van de hoogte van het verschil in opbrengst tussen biologische en gangbare productie.

Hieronder volgt de beschrijving van de gebruikte literatuurbronnen.

Jules Bos; Janjo de Haan, ir.; Wijnand Sukkel, ir.; Schils Rene, dr. ing. 2010 (In press). Energy use and greenhouse gas emissions in conventional and organic farming systems in the Netherlands. Netherlands Journal of Agricultural Science.

Methode

LCA (carbon Footprint), gebaseerd op inputcijfers vanuit praktijkregistraties.

Resultaat

In deze publicatie worden het energiegebruik en de broeikasgasemissie voor de Nederlandse gangbare en biologische akkerbouw, groenteteelt en melkveehouderij berekend. De berekeningen in deze publicatie zijn een update van de berekeningen in het hieronder vermelde rapport van Bos et al. (2007). De update betreft o.a. door IPCC gewijzigde emissie factoren en opbrengsten. De uitkomsten van de opnieuw uitgevoerde berekeningen komen echter sterk overeen met de uitkomsten in de rapportage van Bos et al. (2007).

Validiteit

Betrouwbare LCA studie. Betreft de Nederlandse situatie, de input en opbrengstcijfers zijn representatief voor de Nederlandse biologische en gangbare landbouw. De modelbedrijven zijn representatief voor de

Nederlandse situatie.

Bos, de Haan en Sukkel 2007. Energieverbruik, broeikasgas emissies en koolstofopslag: de biologische en gangbare landbouw vergeleken.

Methode:

LCA (carbon Footprint), gebaseerd op inputcijfers vanuit praktijkregistraties.

Resultaat

Om nader inzicht te krijgen in het energieverbruik op biologische en gangbare bedrijven per hectare en per ton product werd in 2006 een modelstudie uitgevoerd. Voor de open teelten zijn 4 modelbedrijven gedefinieerd: een biologisch en een gangbaar akkerbouwbedrijf op klei en een biologisch en een gangbaar vollegrondsgroentenbedrijf op zand. Voor de gangbare bedrijven is zowel een situatie met alleen kunstmest als een situatie met ook gebruik van dierlijke mest doorgerekend. Bij de kleibedrijven is ook het energieverbruik in de bewaring meegerekend.

Tabel 4.1.: Berekende totale energieverbruik (direct en indirect) voor biologische en gangbare modelbedrijven in GJ per ha (Bron: Bos et al, 2007).

			Energieverbruik (GJ/ ha)
Klei akkerbouw	gangbaar	kunstmest	43
	gangbaar	dierlijke mest	42
	biologisch		28
Zand groenten	gangbaar	kunstmest	38
	gangbaar	dierlijke mest	36
	biologisch		32

Uit deze resultaten blijkt het energieverbruik per hectare op het biologische akkerbouw- en vollegrondsgroentenbedrijf lager te zijn dan op het gangbare bedrijf. Verdere conclusies uit de modelstudie zijn dat het energieverbruik per ton product op het biologische akkerbouwbedrijf ongeveer gelijk is met de gangbare akkerbouwbedrijven en op het biologische vollegrondsgroentenbedrijf 30-40 % hoger is dan de gangbare varianten. De grote verschillen tussen het verbruik per hectare en het verbruik per ton product worden veroorzaakt door de gemiddeld circa 30 tot 35% lagere opbrengst in de biologische landbouw ten opzichte van de gangbare landbouw. De verschillen tussen gewassen zijn groot. Bij gewassen waar de opbrengstverlaging in biologisch ten opzichte van gangbaar beperkt is, scoren de biologisch geproduceerde gewassen beter dan gangbaar geproduceerde gewassen. De samenstelling van het bouwplan is sterk bepalend voor de resultaten.

In de studie zijn de resultaten met de internationale literatuur vergeleken. De meeste bronnen geven waarden voor akkerbouwgewassen. De conclusies over het energieverbruik per hectare worden bevestigd in de literatuur. Het energieverbruik per kg product verschilt in de internationale literatuurbronnen. Meestal is het energieverbruik per kilogram product voor biologisch geteelde akkerbouwgewassen, lager dan voor gangbaar geteelde gewassen. De verklaring voor de verschillende resultaten vanuit Nederland en andere landen is waarschijnlijk het relatief zeer hoge opbrengstniveau van de gangbare productie in Nederland en het relatief grote verschil in opbrengst tussen gangbare en biologische geteelde gewassen (zie ook par 3.4.).

Validiteit:

Betrouwbare LCA studie. Betreft de Nederlandse situatie, de input en opbrengstcijfers zijn representatief voor de Nederlandse biologische en gangbare landbouw. De modelbedrijven zijn representatief voor de Nederlandse situatie.

Mombarg H.F.M., et al. (2004). De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat, eindrapportage.

Methode.

Modelberekening op basis van bedrijfsregistraties

Resultaat

Het CLM heeft van 3 BIOM bedrijven en 6 Telen met Toekomst bedrijven het directe en indirecte energieverbruik bepaald met behulp van de Telen met Toekomst energie- en klimaatmeetlat (CLM, 2004;

Momberg et al., 2004). De onderzochte BIOM bedrijven telen zowel akkerbouw- als vollegrondsgroentegewassen, de Telen met Toekomst bedrijven bestaan voor de helft uit akkerbouwbedrijven en voor de helft uit vollegrondsgroentebedrijven.

Tabel 4.2.: Direct, indirect en totaal energieverbruik in MJ per ha van akkerbouw en vollegrondsgroentebedrijven volgens de Telen met toekomst energie- en klimaatmeetlat

project	bedrijf	bedrijfstype	Energieverbruik		
			Direct	Indirect	Totaal
BIOM	1	akk+vgg	971	1.320	2.291
	2	akk+vgg	1.622	8.117	9.740
	3	akk+vgg	2.241	1.265	3.507
	gemiddeld		1.611	3.567	5.179
TmT	1	vgg	1.605	8.014	9.620
	2	vgg	828	11.560	12.388
	3	vgg	2.526	12.553	15.079
	4	akk	2.274	6.321	8.595
	5	akk	2.143	8.576	10.719
	6	akk	1.865	9.215	11.080
	gemiddeld		1.874	9.373	11.247

Uit tabel 4.2. blijkt dat de biologische bedrijven met akkerbouw en vollegrondsgroenten gemiddeld minder energie per hectare verbruiken dan hun geïntegreerde collega's. Het directe energieverbruik is iets lager en het indirecte energieverbruik is fors lager.

Validiteit:

Betreft de Nederlandse situatie, inputcijfers gebaseerd op praktijkbedrijven. Is casuïstiek en geen algemeen bewijs. Geen paarsgewijze vergelijking met vergelijkbare bedrijven. Het aantal bedrijven is verder zeer beperkt. Berekeningen per ton product zijn niet uitgevoerd.

4.4 Energieverbruik glastuinbouw

In de glastuinbouw is het energieverbruik voor verwarming in de verwarmde kasteelt verreweg dominant in het totale energieverbruik. De andere energieposten zijn, ten opzichte van het energieverbruik voor verwarming, verwaarloosbaar klein.

Voor de glastuinbouw zijn er een beperkt aantal Nederlandse studies beschikbaar. Op basis van van Woerden (2001) concluderen Bos et al (2007) een veel hoger energieverbruik in de biologische dan in de gangbare glastuinbouw. Dit geldt voor de verwarmde kasteelt. De oorzaak van het verschil is gelegen in het veel lagere opbrengstniveau in de biologische glastuinbouw. In een studie van Raaphorst (2008) blijkt het verschil in opbrengstniveau tussen biologische en gangbare productie in de loop van de jaren flink te zijn afgenomen. Ondanks deze conclusie ligt het opbrengstniveau in de biologische glastuinbouw nog steeds enige tientallen procenten lager dan in de gangbare glastuinbouw. Bij een vergelijkbaar energieverbruik per m² betekent dit een hoger energieverbruik per kilogram product.

Voor een deel van de Nederlandse productie uit de glastuinbouw wordt het energieverbruik gecompenseerd door klimaatprojecten elders (Soil and More).

Hieronder volgt een beschrijving van de belangrijkste geraadpleegde literatuurbronnen.

Raaphorst, M. 2008 Ontwikkeling in de energie-efficiëntie in de biologische glasgroenteteelt 1998-2008

Methode:

Literatuuronderzoek gecombineerd met gesprekken en gegevens van vier biologische glastuinbouwbedrijven.

Resultaat

In deze notie wordt aangegeven dat de energie-efficiëntie in de biologische glasteelt de laatste 10 jaar sterk is verbeterd (n.b. de conclusies van de hieronder te bespreken publicatie van Bos et al en van van Woerden, baseren zich op cijfers van voor 2000). Het rapport trekt de volgende conclusies:

- De biologische teelt heeft in de afgelopen 10 jaar zijn energie-efficiëntie met 68% verbeterd. Dit is gerealiseerd dankzij 14% minder energievraag bij 44% meer productie.
- De lagere energievraag is voornamelijk veroorzaakt door meer schermgebruik. De hogere productie door een betere beheersing van (bovengrondse) ziekten en plagen.
- Het gemiddelde energieverbruik per m² van de biologische teelten ligt vrijwel op hetzelfde niveau als de gangbare teelten. Het productieniveau per m² ligt nog steeds tientallen procenten lager.

De opbrengsten in de biologische kasteelt blijven echter lager dan de in gangbare teelt, Aangezien het energieverbruik van bio productie per oppervlakte eenheid ongeveer gelijk is, blijft het energieverbruik per kilogram product in de biologische kasteelt hoger dan in de gangbare kasteelt, zij het dat de verschillen in energieverbruik per kg product tussen biologische en gangbaar veel kleiner zijn geworden.

Validiteit

Betreft een beperkt aantal telers maar gezien het beperkte aantal Nederlandse biologische glastelers is dit een hoog aandeel van het totaal.

Bos, de Haan en Sukkel, 2007. Energieverbruik, broeikasgas emissies en koolstofopslag: de biologische en gangbare landbouw vergeleken

Van Woerden, S., 2001. Biologische glasgroenteteelt. Rapportage bedrijfseconomische en milieukundige aspecten 1999-2000.

Methode

LCA (alleen voor energieverbruik)

Resultaat

In de glastuinbouw is het energieverbruik voor verwarming veruit de meest dominante energiepost. De mogelijke verschillen tussen gangbaar en biologisch hangen dus sterk samen met de keuze of een kas volledig, een deel van het jaar of vrijwel niet verwarmd wordt. In de praktijk komen alle situaties voor. De overige verschillen in management zoals organische bemesting en het in de grond telen hebben ten opzichte van de stookkosten zeer weinig invloed op het energieverbruik en op de broeikasgasemissies. De opbrengsten tussen gangbaar en biologische kunnen echter wel sterk verschillen. Hierdoor komt het energieverbruik per ton product voor biologisch hoger uit dan voor gangbaar.

Validiteit.

Voor biologische landbouw gebaseerd op een betrekkelijk kleine hoeveelheid gegevens van kasteelt. Verder is de variatie binnen de kasteelt groot. De studie representeert de jaarrond telers. De verschillen in opbrengst tussen gangbaar en biologisch zijn echter zo groot dat het resultaat (bio gebruikt per kg meer energie dan gangbaar) voor dit type bedrijven valide is.

Nature and More/Eosta website. Klimaatneutrale producten

Methode:

Compensatie van emissies door energieverbruik door klimaatprojecten elders.

Resultaat

Het biologisch handelsbedrijf Eosta handelt vooral in biologisch fruit en glasgroenten. Een belangrijk deel van de Nederlandse kasgroenten wordt via Eosta afgezet. Eosta geeft via haar zusterorganisatie Soil and More, de gecertificeerde garantie dat al haar producten per saldo klimaatneutraal zijn vanwege compensatie (CO₂ vastlegging) of vermindering van broeikasgasemissie.

Validiteit:

De claim klimaatneutraal voor de Eosta producten is door een erkende certificering instantie (TÜV) gecertificeerd. De compensatie maakt echter het energieverbruik in de productiefase niet minder.

4.5 Energieverbruik appelteelt

Voor de Nederlandse situatie in de biologische appelteelt is één recente studie uitgevoerd (Bos en Dekker, 2010). Er is in de modelstudie géén vergelijking gemaakt met Nederlandse gangbare bedrijven. Wel worden de resultaten vergeleken met resultaten uit de internationale literatuur. Door de grote opbrengstverschillen in de biologische en gangbare appelteelt bij de teelt van niet schurftresistente rassen, is het aannemelijk dat het energieverbruik per gewichtseenheid product bij de biologische appelteelt hoger ligt dan bij de gangbare appelteelt. Dit wordt bevestigd door de literatuurverkenning in de studie van Bos en Dekker (2010).

De bevindingen van Bos en Dekker (2010) in vergelijking met de internationale literatuur worden hieronder samengevat.

Bos, J en S. Dekker, 2010. Energieverbruik en broeikasgasemissies in fruitteelt en biologische legpluimveehouderij

Method:

LCA-methode voor biologische modelbedrijven; vergelijking met resultaten van gangbare bedrijven uit de literatuur.

Resultaat:

In deze studie werd het energieverbruik en de broeikasgasemissies per ha en per ton product voor de Nederlandse biologische appelteelt berekend en vergeleken met data van de gangbare appelteelt uit de literatuur. Het energieverbruik werd berekend per ton appels voor drie schurftgevoelige appelrassen met opbrengsten van 21, 25 en 26 ton per ha) plus een 'systeemgerichte variant' met een schurft resistent ras (met een opbrengst van 42 ton per ha). Het energieverbruik loopt uiteen van 0.97 GJ per ton (hoge opbrengst, lage spuitfrequentie) tot 1.80 GJ per ton (lage opbrengst, hoge spuitfrequentie).

Milà i Canals et al. (2007) geven schattingen van het energieverbruik van *gangbare* appelteelt in Nieuw-Zeeland (0.4 - 0.7 GJ per ton) en Europa (0.4 – 2.0 GJ per ton). Zij tekenen daarbij aan dat voor specifieke Europese bedrijven ook een energieverbruik van 3.8 GJ per ton is berekend. Stadig (1997) berekent waarden van 0.6, 0.5 en 0.4 GJ per ton voor appelproductie in respectievelijk Frankrijk, Zweden en Nieuw-Zeeland. Deze waarden zijn aanzienlijk lager dan berekend in deze studie voor biologische appelteelt. Hoogstwaarschijnlijk zijn de verschillen voor een belangrijk deel te verklaren vanuit de lagere hectareopbrengsten in de biologische appelteelt. Andere oorzaken van het lager berekende energieverbruik in de aangehaalde studies is dat daarin de eerste groei-jaren van een boomgaard, met lagere opbrengsten, niet zijn meegenomen en dat energieverbruik tijdens bewaring niet is meegenomen. In deze studie zijn beide wel expliciet verdisconteerd.

Milà i Canals et al. (2006) pasten Life Cycle Assessment (LCA) toe om milieueffecten van *gangbare* appelproductie tot aan de *farm gate* in beeld te brengen voor Nieuw Zeeland. Onderdelen van de LCA waren fossiel energieverbruik en broeikasgasemissies per ton appel. Aan de LCA lagen in de praktijk gemeten data ten grondslag die in het groeiseizoen 1999/2000 werden verzameld op drie praktijkbedrijven en twee voorbeeldbedrijven. Distributie en opslag werden buiten beschouwing gelaten. Bij de berekening van het energieverbruik werd rekening gehouden met meststoffengebruik, gebruik en toediening van synthetische herbiciden, fungiciden en insecticiden, irrigatie, nachtvorstbestrijding, snoeien, dunnen en oogst. Het energieverbruik werd berekend per ton 1^e (bestemd voor export) plus 2^e (bestemd voor Nieuw-Zeelandse thuismarkt) sortering. Een 3^e sortering (bestemd voor industrie) werd buiten beschouwing gelaten. Afhankelijk van het bedrijf bedroegen de opbrengsten 1^e plus 2^e sortering 50 à 70 ton per ha. Inclusief de 3^e sortering was dit 70 à 85 ton per ha en op een van de bedrijven zelfs 120 ton per ha. Gangbare appelopbrengsten in Nieuw-Zeeland liggen daarmee op een aanzienlijk hoger niveau dan in Nederland (gangbaar 40-50 ton per ha, biologisch 20-25 ton per ha).

Het energieverbruik op de vijf onderzochte Nieuw-Zeelandse gangbare fruitbedrijven liep uiteen van 0.4 tot 0.7 GJ per ton 1e plus 2e sortering (Milà i Canals et al, 2006). Dit is aanzienlijk lager dan het energieverbruik per ton Nederlandse biologische appels (Figuur 1). In de Nieuw-Zeelandse studie was

dieselverbruik voor teelthandelingen verantwoordelijk voor 65-70% van het totale verbruik van fossiele energie en daarmee de grootste energiepost. In voorliggende studie is het aandeel van diesel wat lager (40-45% van het totale energieverbruik). Eveneens afwijkend van onderhavige studie waren op vier van de vijf Nieuw-Zeelandse bedrijven oogstwerkzaamheden de belangrijkste dieselverbruiker.

Validiteit:

Betrouwbare studie die een redelijk beeld geeft van de huidige Nederlandse situatie. Het is niet duidelijk welke bedrijven nu het meest representatief zijn voor de Nederlandse appelteelt. Voor gangbare bedrijven is geen energieverbruik en broeikasgasemissie uitgerekend. De resultaten van de biologische bedrijven uit de studie worden vergeleken met resultaten van gangbare bedrijven uit de literatuur.

4.6 Energieverbruik melkveehouderij

Er zijn vrij veel vergelijkende studies gedaan naar het energieverbruik en de broeikasgasemissies in de biologische en gangbare melkveehouderij. Alle beoordeelde studies wijzen in dezelfde richting. Het directe energieverbruik per hectare is in biologische melkveehouderij lager dan in de gangbare melkveehouderij, en wordt vooral veroorzaakt door gemiddeld de lagere intensiteit van deze bedrijven. Inclusief het indirecte energieverbruik verbruikt de biologische melkveehouderij ook minder energie per eenheid product dan de gangbare melkveehouderij. Deze uitspraak is gebaseerd op enkele betrouwbare modelstudies voor de Nederlandse situatie. Ook de meeste internationale literatuurbronnen bevestigen deze claim.

De belangrijkste literatuur bronnen worden hieronder samengevat.

Jules Bos; Janjo de Haan, ir.; Wijnand Sukkel, ir.; Schils Rene, dr. ing. 2010 (In press). Energy use and greenhouse gas emissions in conventional and organic farming systems in the Netherlands. Netherlands Journal of Agricultural Science

Methode:

LCA-methode, zie ook volgende publicatie

Resultaat:

In deze publicatie worden het energiegebruik en de broeikasgasemissie voor de Nederlandse gangbare en biologische akkerbouw, groenteteelt en melkveehouderij berekend. De berekeningen in deze publicatie zijn een update van de berekeningen in het hieronder vermelde rapport van Bos de Haan en Sukkel (2007). De update betreft o.a. door IPCC gewijzigde emissiefactoren. De uitkomsten van de opnieuw uitgevoerde berekeningen komen echter sterk overeen met de uitkomsten in de rapportage van Bos de Haan en Sukkel 2007.

Validiteit:

Berekeningen zijn resultaat van modelstudie. Gebruikte model en gebruikte uitgangspunten zijn betrouwbaar en representatief. Literatuurreferenties in de studie bevestigen de resultaten.

Thomassen, M.A., K.J. van Calker, M.C.J. Smits, G.L. Iepema, I.J.M. de Boer.

Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands

Methode:

LCA analyse en vergelijking met literatuur

Resultaat:

Thomassen et al, voerden een LCA uit op basis van gegevens van 10 gangbare en 11 biologische bedrijven. De gebruikte cijfers dateren van praktijkbedrijvenprojecten uit 2003. In de LCA werden onder meer energieverbruik en broeikasgasemissies berekend. Het resultaat van de studie staat vermeld in tabel 4.3.

Tabel 4.3. Berekend Energieverbruik en broeikasgasemissies (standaarddeviatie tussen haakjes) van 10 gangbare en 11 biologische bedrijven

bedrijfstype	Energieverbruik per kg melk in MJ per kg melk	Broeikasgasemissie in CO2 eq per kg melk
gangbaar	5,0 (0,6)	1,4 (0,1)
biologisch	3,1 (0,88)	1,5 (0,3)

Het verschil in energieverbruik tussen gangbaar en biologisch is significant. Het verschil in broeikasgasemissie is niet significant.

De studie geeft geen apart resultaat voor het energieverbruik en de broeikasgasemissie per hectare maar gezien de veel lagere productie per hectare van biologisch in vergelijking met gangbaar, is zowel het energieverbruik als de broeikasgasemissie per hectare voor biologisch lager dan voor gangbaar.

De studie vergelijkt de uitkomsten ook met die uit de internationale literatuur. De vergelijking staat vermeld in tabel 4.4.

Tabel 4.4. Vergelijking tussen resultaten energieverbruik en broeikasgasemissies van verschillende LCA studies melkveehouderij

Studie	bedrijfstype	Energieverbruik in GJ per ton melk	Broeikasgas-emissie in CO2 eq per ton melk
Cederberg en Mattson, (2000) Zweden ⁹⁶	gangbaar	3,6	1080
	biologisch	2,5	950
Haas et al (2001), Duitsland ⁹⁸	Gangbaar intensief	2,7	1300
	Gangbaar extensief	1,3	1000
	biologisch	1,2	1300
Cederberg en Flysjo (2004); Zweden ^{01/02}	Gangbaar hoog	2,6	900
	Gangbaar medium	2,7	1040
	biologisch	2,1	940
Thomassen et al (2008); Nederland ⁰³	gangbaar	5,0	1400
	biologisch	3,1	1500

De algemene lijn is dat voor alle studies het energieverbruik per gewichtseenheid melk voor biologisch in alle gevallen lager is dan voor gangbaar. Voor de broeikasgasemissies geldt dat het resultaat sterk afhankelijk is intensiteit van de houderij. Gemiddeld is de broeikasgasemissie tussen biologisch en gangbaar vergelijkbaar.

Validiteit:

Betrouwbare studie op basis van praktijkgegevens. De steekproefomvang is relatief groot maar niet random. De groep gangbare bedrijven lijkt wat meer een voorlopergroep dan het gemiddelde van Nederland. De veedichtheid per ha voor de gangbare groep is wat lager dan gemiddeld in Nederland. De gebruikte gegevens (2003) zijn wat gedateerd.

Bos, de Haan en Sukkel 2007. Energieverbruik, broeikasgas emissies en koolstofopslag: de biologische en gangbare landbouw vergeleken

Methode:

Energieverbruik en broeikasgasemissies in biologische en gangbare landbouw zijn in deze studie vergeleken aan de hand van modelbedrijven. Voor de melkveehouderij zijn 8 biologische modelbedrijven gedefinieerd en 6 gangbare. De structuurkenmerken van de modelbedrijven zijn mede op basis van bestaande scenariostudies vastgesteld. Berekeningen zijn uitgevoerd met het Bedrijfsbegrotingsprogramma Rundveehouderij (BBPR).

Resultaat:

Het totale (directe plus indirecte) energieverbruik per ha op de 8 biologische modelbedrijven loopt uiteen van 37 tot 67 GJ per ha. Voor de 6 gangbare bedrijven varieert dit tussen 58 en 159 GJ per ha. De intensiteit en daarmee het energieverbruik per ha van de gemiddelde en intensieve gangbare

modelbedrijven is (aanzienlijk) hoger dan die van de intensieve biologische bedrijven. Het energieverbruik per ton melk op de 8 biologische modelbedrijven loopt uiteen van 4,4 tot 5,5 GJ per ton melk. Voor de gangbare bedrijven varieert dit tussen de 5,8 en 7,6 GJ per ton melk.

Validiteit:

De berekeningen zijn resultaat van modelstudie. Gebruikte model en gebruikte uitgangspunten zijn betrouwbaar en representatief. Literatuurreferenties in de studie bevestigen de resultaten.

Pimentel, 2006; Impacts of Organic Farming on the Efficiency of Energy Use in Agriculture. Pimentel et al., 2005; Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems.

In: BioScience.

Methode:

Literatuurvermelding en 22 jaar durend onderzoek op biologisch onderzoeksinstituut.

Resultaat:

In Zweden is het fossiele energieverbruik per kg melk op biologische melkveebedrijven 29% lager dan op conventionele melkveebedrijven. In Denemarken is dit 35%. Aangenomen dat in de VS dezelfde reducties gehaald worden, is het energieverbruik voor biologische melk 1.400 kcal per liter tegen 2.000 voor conventionele melk.

Het achterwege laten van gebruik van synthetische herbiciden en pesticiden verbetert de energie efficiency in biologische systemen. Over het algemeen wordt in biologische systemen 1,8 keer zoveel zonne-energie vastgelegd dan in conventionele systemen.

Validiteit:

Niet alles wordt onderbouwd met harde cijfers en het is onderzoek op een proefbedrijf van een onderzoeksinstituut.

Boisdon en Benoit, 2006; Compared energy efficiency of dairy cow and meat sheep farms, in organic and in conventional farming.

Methode:

Vergelijking tussen 7 biologische en 7 conventionele melkveebedrijven in Frankrijk

Resultaat:

De gemiddelde energie-efficiency op melkveebedrijven bedraagt 0,59 en is niet verschillend tussen biologische en conventionele systemen. Dit kan samenhangen met de bergachtige streek, waar beide systemen op gelijke manier functioneren. Inclusief de energieproductie in gewassen, is de energie-efficiëntie wel hoger op biologische bedrijven, n.l. 0,88 versus 0,58 op conventionele bedrijven. De energie-efficiëntie is de verhouding tussen geproduceerde energie-equivalenten en verbruikte energie-equivalenten.

Tabel 4.3. Hoofd onderwerpen en energie balans in brandstof CO2 equivalenten per ha

	Conventioneel	Biologisch
Totaal energieverbruik	702	414
Meststoffen	119	5
Voer	211	48
Energieproductie gewassen	-	1465
Energieproductie dieren	401	242
Energie balans	-301	-104
Totale energie efficiëntie	0,58	0,88
EE dierlijke eenheden	0,58	0,59
EE gewassen	-	5,3

Validiteit: Redelijk aantal bedrijven. Niet erg representatief. Niet duidelijk hoe energieproductie gewassen meegerekend wordt.

Gravendijk, L, 2006; Environmental impact assessment of Dutch commercial organic farms. MSc-thesis.

Methode:

LCA-methode; vergelijking tussen 10 conventionele (CON; uit Ben & Jerry's) en 12 conventioneel milieuvriendelijke (EFC; uit Cows & Opportunities) melkveebedrijven en 11 commerciële biologische bedrijven (ORG; uit BIOVEEM)

Resultaat:

Energiegebruik was respectievelijk 4,74, 4,38 en 2,78 MJ/kg FPCM. Biologische melkveebedrijven gebruiken minder indirecte energie voor de productie van krachtvoer en kunstmest. Biologische melkveebedrijven hebben een lagere milieu-impact in de categorieën energiegebruik en eutrofiëring

Validiteit:

De berekende waarden voor conventionele en conventioneel milieuvriendelijke melkveebedrijven zijn volgens eenzelfde LCA-methodiek tot stand gekomen, maar in een rapport door een andere auteur beschreven (beide onder supervisie van Dr. ir. I.J.M. de Boer). De bedrijven zijn niet representatief voor de sector, maar allen voorloperbedrijven. De gebruikte data waren verzameld voor economisch onderzoek en niet voor LCA-onderzoek, waardoor sommige data geconverteerd moesten worden van euro's naar een technische eenheid.

Wetterich and Haas, 2001; Life cycle assessment Allgäu: environmental impact of organic, extensified and intensive grassland farms in southern Germany.

In: Grassland Science in Europe, Vol. 6

Methode:

Toepassing van LCA om milieu-impact op bedrijfsniveau te evalueren in een case studie op 18 melkveebedrijven; 6 intensieve, 6 extensieve en 6 biologische bedrijven.

Resultaat:

Energieverbruik per ha was 19,1, 8,7 en 5,9 GJ per ha voor respectievelijk intensief, extensief en biologisch. Per ton melk was dit 2,7, 1,3 en 1,2 GJ.

Validiteit:

Steekproefomvang is klein, maar resultaten komen wel overeen met andere bronnen.

4.7 Energieverbruik varkenshouderij

Het aantal studies waarin het energieverbruik in de Nederlandse gangbare en biologische varkenshouderij wordt vergeleken is beperkt. Een recente Nederlandse studie van Kool et al (2009) vergelijkt de gangbare en biologische varkenshouderij in vier landen waaronder Nederland.

Voor de Nederlandse varkenshouderij is het energiegebruik per hectare lastig weer te geven omdat veel van het voer van buiten het bedrijf komt. Deens onderzoek geeft een lager energieverbruik per hectare aan. Per kg product is het in de literatuur gevonden energieverbruik tussen biologische en gangbare varkenshoudersystemen vergelijkbaar of biologisch gebruikt meer energie per kg product. Belangrijke oorzaak voor het hogere energieverbruik per kg vlees is de voederconversie. Voor een kg biologisch vlees is meer voer nodig dan voor een kg gangbaar vlees. Voer is een van de grootste energieposten bij de productie van varkensvlees.

De belangrijkste literatuurbronnen worden hieronder samengevat.

Anton Kool, Hans Blonk, Tommie Ponsoen, Wijnand Sukkel, Herman Vermeer, Jerke de Vries en Robert Hoste, 2009. Carbon footprints of conventional and organic pork Assessment of typical production systems in the Netherlands, Denmark, England and Germany. November 2009**Methode:**

LCA analyse van per land typische varkenshoudersystemen, systeemafbakening tot en met de slachterij.

Resultaat:

De studie is opgezet om de broeikasgasemissies te berekenen. Uit de tabellen en figuren is echter ook het fossiel energieverbruik op te maken. Hieruit blijkt dat het totaal energieverbruik (direct + indirect) per kilogram vlees voor de biologische productie hoger is dan voor de gangbare productie. Een van de belangrijkste oorzaken is dat er voor de biologische varkensvleesproductie meer kg voer nodig is voor de productie van een kilogram vlees. Voeer is de belangrijkste post in het energiegebruik van varkensvleesproductie. Zie verder ook bespreking van dit rapport in paragraaf 5.5.

Validiteit:

Betrouwbare modelstudie maar niet specifiek gericht op energieverbruik. De input en management data zijn afgeleid van een typisch biologisch en gangbaar systeem voor Nederland en is niet hetzelfde als het gemiddelde Nederlandse biologische en gangbare varkenshouderij systeem.

Halberg et al. 2005; Environmental assessment tools for the evaluation and improvement of European livestock production systems.

In: Livestock Production Science.

Basset-Mens, C. and Werf, H.M.G. van der (2004); Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France.

In: Agriculture, Ecosystems and Environment.

Methode:

Speciale tools voor milieu-assessment van dierlijke productiesystemen worden vergeleken en geselecteerde indicatoren voor benchmarking worden aanbevolen.

Resultaat

Voor de varkenshouderij worden drie systemen uit Frankrijk vergeleken: Good Agricultural Practice (GAP), Red Label (RL) en biologisch (OA).

De oppervlakte per vleesvarken is respectievelijk 0,85 m², 2,6 m² en 2,3 m² per dier. Behalve het primaire bedrijf, wordt ook het benodigde landgebruik voor voer meegerekend.

Resultaat: Per kg product is het totale energieverbruik voor RL 13% hoger dan voor GAP en voor biologisch is dit 40% hoger. Per ha land is het energieverbruik voor RL juist 3% lager dan voor GAP en voor biologisch is dit 23% lager dan voor GAP.

Tabel 4.4.: Vergelijking van 3 houderijsystemen voor varkens (Good Agricultural Practice (GAP), Red Label (RL) en Organic Agriculture (OA)) uitgedrukt in impact categorieën per kilogram geproduceerd varken en per hectare landgebruik, relatief t.o.v. Good Agricultural Practice (GAP). Bron: Basset-Mens and van der Werf, 2005*

Impact categorie	Per kilogram varken, ^b			Per hectare, ^b		
	GAP	RL	OA	GAP	RL	OA
Eutroficatie (g PO ₄ -eq)	20,8	16,6 (80%)	21,6 (104%)	38,3	26,4 (69%)	21,9 (57%)
Klimaat verandering (kg CO ₂ -eq)	2,30	3,46 (150%)	3,97 (173%)	4236	5510 (130%)	4022 (95%)
Verzuring (g SO ₂ -eq)	43,5	22,6 (52%)	37,2 (86%)	80,1	36 (45%)	37,7 (47%)
Terrestriale toxiciteit (g 1.4-DCB-eq)	16,5	18,4 (112%)	30,4 (184%)	30,4	29,3 (96%)	30,8 (101%)
Niet-hernieuwbare energie (MJ) [JHE1]	15,9	17,9 (113%)	22,2 (140%)	29282	28503 (97%)	22492 (77%)
Land gebruik (m ² per jaar)	5,43	6,28 (116%)	9,87 (182%)	10000	10000 (100%)	10000 (100%)
Pesticiden gebruik (g actieve stof)	1,37	1,44 (105%)	0,24 (17%)	2,5	2,3 (92%)	0,24 (10%)
Geproduceerd varken (kg)	1	1 (100%)	1 (100%)	1842	1592 (86%)	1013 (55%)

Relatieve aantal, GAP = 100.

** RL = Frans kwaliteitsmerk 'Label Rouge'.*

Oorspronkelijk artikel: Basset-Mens en van der Werf, 2005; Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France.

Uit de tabel blijkt dat de impact op het milieu per kilogram varken groter is bij biologische varkenshouderij dan bij gangbare varkenshouderij (uitgezonderd verzuring en pesticidengebruik). Uitgedrukt per hectare is de impact van biologische varkenshouderij juist lager dan van de gangbare houderij.

Validiteit:

Er worden zeer veel (gerenommeerde) literatuurbronnen gebruikt, maar bron geeft zelf aan dat onzekerheid groot is.

Kanttekening: Er wordt voor deze Franse situatie uitgegaan van een voederconversie van 2,7 voor GAP, 2,9 voor RL en 3,2 voor OA. Op basis van gegevens voor de Nederlandse situatie van de studieclub BIOVAR is het verschil in EW-conversie tussen gangbaar en biologisch slechts 0,10 en geen 0,50. Dit scheelt al 15% in energieverbruik via voer, waardoor het verschil met GAP groter wordt.

Hermansen et al. 2004; Integration of organic animal production into land use with special reference to swine and poultry.

In: Livestock Production Science.

Methode:

Vergelijking tussen vleesvarkens in conventioneel (ad lib), biologisch (ad lib) en biologisch (70% van ad lib) systemen. Gebaseerd op Hansen et al, 2001; een intern rapport in het Deens. Op basis van een aantal uitgangspunten (groei, voederconversie) wordt het energieverbruik berekend.

Resultaat:

De totale hoeveelheid verbruikte energie per kg vlees bedraagt respectievelijk 23,1; 23,9 en 22,8. Verschillen zijn heel klein dus.

Validiteit:

Betreft de Deense varkenshouderij. Het is niet duidelijk op welke cijfers de berekeningen zijn gebaseerd.

4.8 Energieverbruik legpluimveehouderij

Het aantal studies waarin, voor de Nederlandse situatie, biologische en gangbare pluimveehouderijsystemen worden vergeleken, is beperkt. Op basis van een promotieonderzoek (nog ongepubliceerd) hebben Bos en Dekker het energieverbruik en de broeikasgasemissie voor de biologische legpluimveehouderij uitgerekend. De resultaten worden vergeleken met de uitkomsten van het promotieonderzoek van Dekker (in press) voor verschillende andere legpluimveehouderijsystemen. Voor de Nederlandse situatie heeft de biologische legpluimveehouderij een lager energieverbruik per kg eieren dan scharrel- en Freilandsystemen. De verschillen zijn echter niet erg groot. Het batterijsysteem scoort qua energieverbruik per kg eieren vergelijkbaar met het biologische productiesysteem. Er is verder weinig internationaal vergelijkingsmateriaal beschikbaar.

De belangrijkste literatuurbronnen worden hieronder samengevat.

Bos, J en S. Dekker, 2010. Energieverbruik en broeikasgasemissies in fruitteelt en biologische legpluimveehouderij

Dekker, S.E.M., I.J.M. de Boer, P.W.G. Groot Koerkamp, I. Vermeij & A.J.A. Aarnink, in prep. Ecological and economic evaluation of egg production systems.

Methode:

LCA, Berekening van energieverbruik en bkg emissies en vergelijking tussen twee biologische houderij systeem vijf gangbare houderijsystemen.

Resultaat:

Biologische leghennen in Nederland worden in twee huisvestingssystemen gehouden: grondhuisvesting en volièrehuisvesting. Voor gangbare systemen werden meegenomen de systemen batterij, scharrel, Freiland, laatstgenoemde eveneens met buitenuitloop.

Het energieverbruik van biologische eiproduktie bedraagt 20 MJ per kg eieren (20 GJ per ton eieren). Het gros van het energieverbruik is gerelateerd aan de productie van voer: teelt en verwerking van mengvoergrondstoffen draagt voor 50% bij en transporten van mengvoergrondstoffen nog eens ruim 30%.

Uit de vergelijking met gangbare systemen bleek dat het batterij houderijsystemen in energiegebruik per gewichtseenheid eieren, vergelijkbaar was met de biologische systemen. Het scharrel- en Freilandsysteem 'scoorden' iets slechter dan biologisch, zowel op het vlak van energieverbruik als op het vlak van broeikasgasemissies. Broeikasgasemissies waren 5 à 8% groter en energieverbruik 10 à 15%

Validiteit:

Berekeningen zijn resultaat van modelstudie. Gebruikte model en gebruikte uitgangspunten zijn betrouwbaar en representatief voor de Nederlandse situatie.

Williams et al., 2006; Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Defra project report IS0205.

Methode:

LCA-analyse waarbij de belangrijkste productiesystemen in Engeland en Wales modelmatig worden vergeleken.

Resultaat:

De meeste biologische dierlijke productiesystemen reduceren het directe energieverbruik met 15 tot 40%, maar voor biologisch pluimveevlees en eieren neemt het energieverbruik toe met 30% en 15%, vanwege de hoge voederconversie.

Validiteit:

LCA analyse, gedegen onderzoek. Alle inputs op bedrijfsniveau zijn voor elke product herleid tot primaire bronnen als steenkool, ruwe olie en erts. Alle activiteiten behorend tot de boerderijproductie, zijn meegenomen. Het is wel een theoretische studie.

5 Emissie van Broeikasgassen

5.1 Conclusies broeikasgasemissie

De emissie van broeikasgassen per hectare is bij biologische bedrijven lager dan bij gangbare bedrijven.

****** Onderbouwd in een betrouwbare studie voor de Nederlandse situatie voor akkerbouw, vollegrondsgroententeelt en voor melkveehouderij. Bevestigd door internationale bronnen.*

De emissie van broeikasgassen per ton product is in de biologische melkveehouderij, legpluimveehouderij, fruitteelt, akkerbouw en vollegrondsgroententeelt lager dan bij gangbare productiewijze.

** Voor melkveehouderij zijn de verschillen afhankelijk van de bedrijfsintensiteit (veebezetting). Biologische bedrijven hebben meestal een licht lagere emissie dan intensieve gangbare bedrijven. Bij een vergelijking met minder intensieve gangbare bedrijven is de emissie tussen gangbaar en biologisch vergelijkbaar.*

** In de legpluimveehouderij heeft biologisch een licht lagere emissie in vergelijking met Scharrelsystemen en Freiland systemen. Het batterijsysteem heeft een licht lagere emissie dan het biologische systeem.*

0 Voor de open teelten akkerbouw en groenten en bij de teelt van schurftresistente appelrassen geen verschillen tussen biologisch en gangbaar of biologische landbouw heeft een licht hogere emissie dan gangbare landbouw. De verschillen zijn erg gewasafhankelijk.

De emissie van broeikasgassen per ton product is in de biologische varkenshouderij, glastuinbouw en fruitteelt hogere dan bij gangbare productiewijze.

***** Bij de teelt onder glas is de broeikasgasemissie bij de biologische teelt hoger dan bij de gangbare teelt.*

*** Bij de productie van varkensvlees heeft de biologische varkenshouderij een hogere broeikasgasemissie per gewichtseenheid vlees dan de gangbare varkenshouderij.*

** Voor de appelteelt bij de teelt van schurfgevoelige rassen heeft de biologische productie een licht hogere emissie.*

n.b. Alle weergegeven resultaten zijn exclusief eventuele koolstofopslag in de bodem.

Plant aardige productie

De broeikasgasemissie per hectare is op biologische akkerbouw- en vollegrondsgroentenbedrijven lager dan op gangbare bedrijven. Dit blijkt uit de verschillende Nederlandse bronnen en wordt bevestigd door internationale literatuur.

Per gewichtseenheid product is het verschil tussen biologisch en gangbaar erg afhankelijk van het gewas. Daar waar het biologisch geteelde gewas een sterk lagere opbrengst heeft, is de broeikasgasemissie voor de biologische productie hoger dan voor de gangbare productie. Bij een kleine opbrengstderving vanwege de biologische teelt, is de emissie lager dan bij de gangbare productie. Gemiddeld over alle gewassen heeft de biologische productie een licht hogere emissie dan de gangbare productie. Hierbij is de koolstofopslag in de bodem niet meegerekend!

Voor de glastuinbouw is de emissie per gewichtseenheid product voor biologische productie hoger dan in bij de gangbare productie. Dit komt door de veel lagere opbrengsten bij de biologische teelt. Het verschil tussen biologisch en gangbaar is hier de laatste jaren erg sterk afgenomen.

Voor de biologische appelteelt is de broeikasgasemissie bij de teelt van schurftgevoelige rassen hoger dan die van de gangbare productie met dezelfde rassen. Dit wordt veroorzaakt door de grote verschillen in opbrengst (50% opbrengstreductie bij biologisch). Bij de teelt van schurftresistente rassen is het verschil in opbrengst tussen biologisch en gangbaar veel kleiner en komt de broeikasgasemissie per gewichtseenheid product op een vergelijkbaar niveau.

Internationale bronnen komen voor plantaardige productie regelmatig tot een lagere broeikasgasemissie per gewichtseenheid product in biologisch ten opzichte van gangbaar. Dit heeft in de meeste gevallen te maken met een minder hoog opbrengstverschil tussen biologisch en gangbaar dan in Nederland het geval is.

Melkveehouderij

De emissie van broeikasgassen per hectare is in de biologische melkveehouderij in alle studies lager dan bij de gangbare melkveehouderij. Wanneer de broeikasgasemissie per gewichtseenheid melk wordt uitgedrukt dan is het verschil tussen biologische en gangbare productie vooral afhankelijk van de veebezetting op het bedrijf. Bij gangbare bedrijven met een hoge veebezetting is de broeikasgasemissie per ton melk meestal hoger dan bij de biologische productie. Dit verschil is echter vrij klein. Bij minder intensieve gangbare bedrijven is de broeikasgasemissie in de meeste studies de emissie per ton melk in biologisch en gangbaar vergelijkbaar. De verschillen wisselen echter vrij sterk per studie.

Varkenshouderij

Er zijn betrekkelijk weinig studies voor de biologische varkenshouderij. Er is één uitgebreide studie voor de Nederlandse, Duitse, Deense en Engelse situatie. De broeikasgasemissie in deze studie is bij de Nederlandse biologische varkenshouderij betrouwbaar hoger dan die bij de Nederlandse gangbare houderij. Het verschil wordt vooral veroorzaakt door de betere voederconversie en de kortere groeiperiode bij gangbare varkensvleesproductie. Biologische mestvarkens hebben meer bewegingsvrijheid en groeien wat langzamer en hebben daardoor meer voer en energie nodig per kg vlees.

Legpluimveehouderij

Er zijn betrekkelijk weinig studies voor de biologische legpluimveehouderij. In recent promotieonderzoek (nog te publiceren) is er voor de Nederlandse situatie intensief gekeken naar milieuprestaties van verschillende Nederlandse houderijsystemen. Het biologische houderij systeem had hierbij een licht hogere emissie dan het batterij systeem en een licht lagere emissie in vergelijking met Scharrel- en Freiland-systemen.

5.2 Broeikasgasemissie algemeen

De belangrijkste broeikasgassen die bijdragen aan de opwarming van de aarde zijn CO₂, CH₄ en N₂O. Deze gassen komen onder andere vrij bij verbranding van fossiele brandstoffen, fermentatie in de pens van herkauwers en gebruik van mest. Methaan en lachgas hebben een grotere invloed op het broeikaseffect dan CO₂. Voor een goede vergelijking worden ze omgerekend naar zgn. CO₂-equivalenten. Voor methaangas geldt een factor 25 en voor lachgas een factor 300. Deze gassen komen onder meer vrij bij de productie van kunstmeststikstof, bij bewaring en toediening van mest en bij denitrificatie van stikstofverbindingen in de bodem.

Landbouw, inclusief het totale agro-voedselcomplex, speelt op een aantal terreinen een belangrijke rol in de emissie en/of opslag van broeikasgassen. Aan de ene kant legt landbouw CO₂ vast via plantaardige productie. Een deel hiervan wordt (tijdelijk) in de bodem opgeslagen of kan worden gebruikt als hernieuwbare energiebron. Aan de andere kant stoot landbouw CO₂ uit door gebruik van fossiele energie en door afbraak van organische stof in de bodem.

De totale emissie van broeikasgassen in Nederland bedraagt 230 miljard CO₂-equivalenten (CBS, 2004). De primaire landbouwproductie levert hieraan een bijdrage van 12% (CBS 2004, www.staline.nl). Het totale agro-complex levert naar schatting een bijdrage van minimaal 17%. Hierbij wordt uitgegaan van een evenwichtssituatie in de vastlegging en het vrijkomen van koolstof die opgeslagen is in organische stof (vegetatie, plantaardige en dierlijke producten en bodem organische stof). De jaarlijkse vastlegging van CO₂ in organische stof is gelijk aan de jaarlijkse hoeveelheid CO₂ die vrijkomt door afbraak van organische stof. Wanneer vanuit de consumptie wordt gerekend, dan neemt de consumptie van voedsel circa 30% in van de totale broeikasgasemissie door consumptie (Nijdam en Wilting, 2003) hierbij is inbegrepen het koken, bewaren en transport voor het boodschappen doen.

Van de totale hoeveelheid uitgestoten CO₂ equivalenten in Nederland wordt 15% veroorzaakt door de emissie van lachgas en methaan. Ruim de helft van de uitstoot van lachgas en methaan hangt samen met de uitoefening van landbouw.

Koolstofopslag in de bodem en in planten als compensatie voor broeikasgasemissie

Belangrijk voor het totale effect op broeikasgasconcentraties in de atmosfeer is waar (milieucompartiment) en in welke vorm de koolstof en stikstof wordt opgeslagen. Landbouw kan een versnelde afbraak van organische stof in de bodem en planten veroorzaken door bijvoorbeeld regelmatige grondbewerking, door het omzetten van bos naar grasland of akkerbouwgrond en door het omzetten van grasland in akkerbouwgrond. Hierbij worden broeikasgassen uitgestoten. Wanneer extra organisch materiaal (tijdelijk) wordt opgeslagen in bijvoorbeeld bos of bodem neemt de CO₂ hoeveelheid in de atmosfeer af.

De extra koolstofuitstoot of koolstofopslag door opbouw of afbraak van koolstofvoorraden in planten en plantenresten wordt in LCA studies naar de broeikasgasemissies van een product, vaak niet meegerekend. Dit omdat de richtlijnen voor LCA berekeningen voor voedselproducten dit niet meenemen maar ook omdat voor de berekening hiervan vaak onvoldoende gegevens beschikbaar zijn of omdat de toerekening aan een bepaald product op methodische moeilijkheden stuit. Daarnaast is de verhoogde opslag (of verminderde daling van de voorraad) van koolstof in organische stof door specifiek management (bijv. meer groenbemesters en meer aanvoer in mest) meestal slechts tijdelijk. De voorraad in de bodem komt in een nieuw evenwicht waarbij de natuurlijke afbraak in evenwicht is met de aanvoer. Of in een bepaalde situatie dit evenwicht bereikt is, is moeilijk vast te stellen.

Het niet meerekenen van koolstofopslag of verminderde koolstofafbraak uit organische-stof-voorraden pakt voor biologische productie vaak ongunstig uit omdat biologische landbouw de koolstofvoorraden in de organische stof beter in stand houdt dan de gangbare landbouw (zie ook hoofdstuk 5). Bij een studie van Küstermann, et al. (2007) was bijvoorbeeld de broeikasgasemissie 53% hoger dan gangbaar als koolstofopslag niet werd meegerekend maar was 80% lager dan gangbaar als het wel werd meegerekend.

5.3 Broeikasgasemissie akkerbouw, vollegrondsgroenten en glastuinbouw

Voor de Nederlandse situatie in de broeikasgasemissies in akkerbouw en vollegrondsgroenten is een uitgebreide modelstudie uitgevoerd (Bos et al 2007). De resultaten van deze modelstudie werden in 2009 door Bos et al herberekend op basis van de laatste stand van de kennis. Daarnaast werden de resultaten uit deze modelstudie met diverse internationale literatuurbronnen vergeleken. Er zijn verder in een studie een aantal gangbare en biologische bedrijven doorgerekend met de 'TmT energie en klimaatmeetlat' (Mombarg et al, 2004)

De broeikasgasemissie per hectare is op biologische akkerbouw- en vollegrondsgroentenbedrijven lager dan op gangbare bedrijven. Dit blijkt uit de verschillende Nederlandse bronnen en wordt bevestigd door internationale literatuur.

Per gewichtseenheid product is het verschil tussen biologisch en gangbaar erg afhankelijk van het gewas. Daar waar het biologisch geteelde gewas een sterk lagere opbrengst heeft, is de broeikasgasemissie voor de biologische productie hoger dan voor de gangbare productie. Bij een kleine opbrengstderving vanwege de biologische teelt, is de emissie lager dan bij de gangbare productie. Gemiddeld over alle gewassen heeft de biologische productie een licht hogere emissie dan de gangbare productie. Hierbij is de koolstofopslag in de bodem niet meegerekend!

Voor de (verwarmde) kasteelt is de broeikasgasemissie volledig analoog aan het fossiel energieverbruik omdat dit verreweg de belangrijkste emissiebron is (zie paragraaf 4.4.). De emissie per gewichtseenheid product voor biologische productie hoger dan in bij de gangbare productie. Het verschil tussen biologisch en gangbaar is hier de laatste jaren erg sterk afgenomen.

De belangrijkste literatuurbronnen worden hieronder samengevat.

Jules Bos; Janjo de Haan, ir.; Wijnand Sukkel, ir.; Schils Rene, dr. ing. 2010 (In press). Energy use and greenhouse gas emissions in conventional and organic farming systems in the Netherlands. Netherlands Journal of Agricultural Science

Methode

LCA (carbon Footprint), gebaseerd op inputcijfers vanuit praktijkregistraties.

Resultaat

In deze publicatie worden het energiegebruik en de broeikasgasemissie voor de Nederlandse gangbare en biologische akkerbouw, groenteteelt en melkveehouderij berekend. De berekeningen in deze publicatie zijn een update van de berekeningen in het hieronder vermelde rapport van Bos et al (2007). De update betreft o.a. door IPCC gewijzigde emissie factoren en opbrengsten. De uitkomsten van de opnieuw uitgevoerde berekeningen komen echter sterk overeen met de uitkomsten in de rapportage van Bos et al (2007).

Validiteit

Betrouwbare LCA studie. Betreft de Nederlandse situatie, de input en opbrengstcijfers zijn representatief voor de Nederlandse biologische en gangbare landbouw. De modebedrijven zijn representatief voor de Nederlandse situatie. Onzekerheden zitten vooral in het gebruik van de standaard (IPCC) emissie coëfficiënten waarbij geen informatie is over verschillen tussen gangbaar en biologisch management.

Bos, de Haan en Sukkel 2007. Energieverbruik, broeikasgas emissies en koolstofopslag: de biologische en gangbare landbouw vergeleken

Methode

LCA (carbon Footprint), gebaseerd op inputcijfers vanuit praktijkregistraties.

Resultaat

In 2006 is een modelstudie uitgevoerd op basis van representatieve modelbedrijven. Hieruit bleek dat de broeikasgasemissie per ha op biologische akkerbouw- en vollegrondsgroentenbedrijven lager is dan op de gangbare bedrijven. Dit geldt zowel voor de uitstoot van CO₂ als van N₂O, zie Tabel 5.

Tabel 5.1.: Berekende broeikasgasemissie voor biologische en gangbare modelbedrijven in kg per ha (Bron: Bos et al., 2006)

	Klei akkerbouw			Zand groenten		
	gangbaar kunstmest	gangbaar dierlijke mest	biologisch	gangbaar kunstmest	gangbaar dierlijke mest	biologisch
CO ₂ (kg/ha)	3140	3041	2072	2644	2436	2230
N ₂ O (kg/ha)	9.0	11.3	5.8	10.2	11.1	7.0
CO ₂ -equiv. (kg/ha)	5942	6558	3844	5900	6071	4652

De broeikasgasemissie per ton product is voor vrijwel alle biologisch geteelde gewassen hoger dan voor de gangbaar geteelde gewassen.

Validiteit

Betrouwbare LCA studie. Betreft de Nederlandse situatie, de input en opbrengstcijfers zijn representatief voor de Nederlandse biologische en gangbare landbouw. Het gaat in studie echter niet om praktijkbedrijven, maar om modelbedrijven. De modelbedrijven zijn representatief voor de Nederlandse situatie. Onzekerheden zitten vooral in het gebruik van de standaard (IPCC) emissie coëfficiënten waarbij geen informatie is over verschillen tussen gangbaar en biologisch management.

Mombarg H.F.M., et al. (2004). De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat, eindrapportage.

Methoden

Modelberekening op basis van bedrijfsregistraties

Resultaat

Van 3 BIOM bedrijven en 6 Telen met Toekomst bedrijven heeft het CLM het naast het directe en indirecte energieverbruik ook de broeikasgasemissie bepaald met behulp van de Telen met Toekomst energie- en klimaatmeetlat (CLM, 2004; Mombarg et al., 2004). De onderzochte BIOM bedrijven telen zowel akkerbouw- als vollegrondsgroentegewassen, de Telen met Toekomst bedrijven bestaan voor de helft uit akkerbouwbedrijven en voor de helft uit vollegrondsgroentebedrijven.

Tabel 5.2.: Broeikasgasemissie door energieverbruik en lachgas en totale emissie in kg CO₂ equivalenten per ha van akkerbouw en vollegrondsgroentebedrijven volgens de Telen met toekomst energie- en klimaatmeetlat (2004)

Project	bedrijf	bedrijfstype	Broeikasgasemissie (kg CO ₂ ha ⁻¹)		
			Emissie door energieverbruik	Lachgas emissie	Totaal
BIOM	1	akk+vgg	163	681	841
	2	akk+vgg	587	839	1.426
	3	akk+vgg	258	737	994
		gemiddeld	336	752	1.087
TmT	1	vgg	622	963	1.585
	2	vgg	826	1.081	1.845
	3	vgg	963	1.606	2.568
	4	akk	577	1.038	1.614
	5	akk	728	1.083	1.811
	6	akk	718	1.211	1.929
		gemiddeld	739	1.164	1.892

Uit de tabel blijkt dat de emissie van broeikasgassen bij biologische akkerbouw- en

vollegrondsgroententelers per hectare beduidend lager is dan bij hun geïntegreerde collega's. Dit geldt zowel voor de uitstoot per hectare van CO₂ als van N₂O.

Validiteit:

Betreft de Nederlandse situatie, inputcijfers gebaseerd op praktijkbedrijven. Is casuïstiek en geen algemeen bewijs. Geen paarsgewijze vergelijking met vergelijkbare bedrijven. Het aantal bedrijven is verder zeer beperkt. Berekeningen per ton product zijn niet uitgevoerd.

5.4 Broeikasgasemissie appelteelt

Voor de Nederlandse situatie in de biologische appelteelt is één recente studie uitgevoerd (Bos en Dekker (2010)). Er is in de modelstudie géén vergelijking gemaakt met Nederlandse gangbare bedrijven. Wel worden de resultaten vergeleken met resultaten uit de internationale literatuur.

Voor de biologische appelteelt is de broeikasgasemissie bij de teelt van schurftgevoelige rassen hoger dan die van de gangbare productie met dezelfde rassen. Dit wordt veroorzaakt door de grote verschillen in opbrengst (50% opbrengstreductie bij biologisch). Bij de teelt van schurftresistente rassen is het verschil in opbrengst tussen biologisch en gangbaar veel kleiner en komt de broeikasgasemissie per gewichtseenheid product op een vergelijkbaar niveau.

De bevindingen uit de studie van Bos en Dekker worden hieronder kort samengevat.

Bos, J en S. Dekker, 2010. Energieverbruik en broeikasgasemissies in fruitteelt en biologische legpluimveehouderij

Methode:

LCA-methode voor biologische modelbedrijven; vergelijking met resultaten van gangbare bedrijven uit de literatuur

Resultaat:

In deze studie werd het energieverbruik en de broeikasgasemissies per hectare en per ton product voor de Nederlandse biologische appelteelt berekend en vergeleken met data van de gangbare appelteelt uit de literatuur. De totale emissie van broeikasgassen, uitgedrukt in kg CO₂ equivalenten per ton appel, loopt uiteen van 80 kg CO₂-equivalenten per ton (hoge opbrengst, lage spuitfrequentie) tot 155 kg CO₂-equivalenten per ton (lage opbrengst, hoge spuitfrequentie) (Figuur 2). Het overgrote deel van de totale broeikasgasemissie is CO₂-gerelateerd (circa 80%) en de bijdrage van lachgas is navenant gering (circa 20%). De aanschaf van machines levert de grootste bijdrage aan de totale emissie. Op de tweede plaats komen ex aequo lachgasemissie uit gewasresten en CO₂-emissie als gevolg van elektriciteitsverbruik voor koeling. Diesilverbruik voor teelthandelingen veroorzaakt 35-40% van de totale emissie van broeikasgassen.

Milà i Canals et al. (2006) pasten Life Cycle Assessment (LCA) toe om milieueffecten van *gangbare* appelproductie tot aan de *farm gate* in beeld te brengen voor Nieuw Zeeland. Onderdelen van de LCA waren fossiel energieverbruik en broeikasgasemissies per ton appel. Aan de LCA lagen in de praktijk gemeten data ten grondslag die in het groeiseizoen 1999/2000 werden verzameld op drie praktijkbedrijven en twee voorbeeldbedrijven. Distributie en opslag werden buiten beschouwing gelaten. Bij de berekening van de broeikasgasemissie werd rekening gehouden met meststoffengebruik, gebruik en toediening van synthetische herbiciden, fungiciden en insecticiden, irrigatie, nachtvorstbestrijding, snoeien, dunnen en oogst. De broeikasgasemissie werd berekend per ton 1^e (bestemd voor export) plus 2^e (bestemd voor Nieuw-Zeelandse thuismarkt) sortering. Een 3^e sortering (bestemd voor industrie) werd buiten beschouwing gelaten. Afhankelijk van het bedrijf bedroegen de opbrengsten 1^e plus 2^e sortering 50 à 70 ton per ha. Inclusief de 3^e sortering was dit 70 à 85 ton per ha en op een van de bedrijven zelfs 120 ton per ha. Gangbare appelopbrengsten in Nieuw-Zeeland liggen daarmee op een aanzienlijk hoger niveau dan in Nederland (gangbaar 40-50 ton per ha, biologisch 20-25 ton per ha). Voor de Nieuw-Zeelandse bedrijven werd een totale broeikasgasemissie berekend van 40 tot 90 kg CO₂-eq. per ton 1e plus 2e soort. Net als bij het energieverbruik, is ook dit aanzienlijk lager dan berekend in deze studie voor de Nederlandse situatie. In

overeenstemming met de studie voor de Nederlandse situatie droeg dieselverbruik tijdens teeltwerkzaamheden 35-50% aan de totale emissie bij. De bijdrage van lachgasemissie als gevolg van toediening van meststoffen was met 25-50% veel hoger dan in de studie voor de Nederlandse situatie.

Validiteit:

Betrouwbare studie die een redelijk beeld geeft van de huidige Nederlandse situatie. Het is niet duidelijk welke bedrijven nu het meest representatief zijn voor de Nederlandse biologische appelteelt. Voor gangbare bedrijven is geen energieverbruik en broeikasgasemissie uitgerekend. De resultaten van de biologische bedrijven uit de studie worden vergeleken met resultaten van gangbare bedrijven uit de literatuur.

5.5 Broeikasgasemissie melkveehouderij

Er zijn vrij veel vergelijkende studies gedaan naar het energieverbruik en de broeikasgasemissies in de biologische en gangbare melkveehouderij. Alle beoordeelde studies wijzen in dezelfde richting. De emissie van broeikasgassen per hectare is in de biologische melkveehouderij in alle studies lager dan bij de gangbare melkveehouderij. Wanneer de broeikasgasemissie per gewichtseenheid melk wordt uitgedrukt dan is het verschil tussen biologische en gangbare productie vooral afhankelijk van de veebezetting op het bedrijf. Bij gangbare bedrijven met een hoge veebezetting is de broeikasgasemissie per ton melk meestal hoger dan bij de biologische productie. Dit verschil is echter vrij klein. Bij minder intensieve gangbare bedrijven is de broeikasgasemissie in de meeste studies de emissie per ton melk in biologisch en gangbaar vergelijkbaar.

De belangrijkste literatuurbronnen worden hieronder samengevat.

Jules Bos; Janjo de Haan, ir.; Wijnand Sukkel, ir.; Schils Rene, dr. ing. 2010 (In press). Energy use and greenhouse gas emissions in conventional and organic farming systems in the Netherlands. Netherlands Journal of Agricultural Science.

Methode

LCA (carbon Footprint), gebaseerd op inputcijfers vanuit praktijkregistraties.

Resultaat

In deze publicatie worden het energiegebruik en de broeikasgasemissie voor de Nederlandse gangbare en biologische akkerbouw, groenteteelt en melkveehouderij berekend. De berekeningen in deze publicatie zijn een update van de berekeningen in het hieronder vermelde rapport van Bos et al (2007). De update betreft o.a. door IPCC gewijzigde emissie factoren en opbrengsten. De uitkomsten van de opnieuw uitgevoerde berekeningen komen echter sterk overeen met de uitkomsten in de rapportage van Bos et al (2007).

Validiteit

Betrouwbare LCA studie. Betreft de Nederlandse situatie, de input en opbrengstcijfers zijn representatief voor de Nederlandse biologische en gangbare landbouw. De modebedrijven zijn representatief voor de Nederlandse situatie.

Thomassen, M.A., K.J. van Calker, M.C.J. Smits, G.L. Iepema, I.J.M. de Boer (2008)

Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands

Methode:

LCA analyse en vergelijking met literatuur

Resultaat:

Thomassen et al voerden een LCA uit op basis van gegevens van 10 gangbare en 11 biologische bedrijven. De gebruikte cijfers dateren van praktijkbedrijvenprojecten uit 2003. In de LCA werden onder meer energieverbruik en broeikasgasemissie berekend. Het resultaat van de studie staat vermeld in tabel 5.3.

Tabel 5.3. Berekend Energieverbruik en broeikasgasemissies (standaarddeviatie tussen haakjes) van 10 gangbare en 11 biologische bedrijven

bedrijfstype	Energieverbruik per kg melk in MJ per kg melk	Broeikasgasemissie in CO ₂ eq per kg melk
gangbaar	5,0 (0,6)	1,4 (0,1)
biologisch	3,1 (0,88)	1,5 (0,3)

Het verschil in energieverbruik tussen gangbaar en biologisch is significant. Het verschil in broeikasgasemissie is niet significant.

De studie geeft geen apart resultaat voor het energieverbruik en de broeikasgasemissie per hectare maar gezien de veel lager productie per hectare van biologisch in vergelijking met gangbaar, is zowel het energieverbruik als de broeikasgasemissie per hectare voor biologisch lager dan voor gangbaar.

De studie vergelijkt de uitkomsten ook met die uit de internationale literatuur. De vergelijking staat vermeld in tabel 5.4.

Tabel 5.4. Vergelijking tussen resultaten energieverbruik en broeikasgasemissies van verschillende LCA studies melkveehouderij

Studie	bedrijfstype	Energieverbruik in GJ per ton melk	Broeikasgasemissie in CO ₂ eq per ton melk
Cederberg en Mattson, (2000) Zweden ⁹⁶	gangbaar	3,6	1080
	biologisch	2,5	950
Haas et al (2001), Duitsland ⁹⁸	Gangbaar intensief	2,7	1300
	Gangbaar extensief	1,3	1000
	biologisch	1,2	1300
Cederberg en Flysjo (2004); Zweden ^{01/02}	Gangbaar hoog	2,6	900
	Gangbaar medium	2,7	1040
	biologisch	2,1	940
Thomassen et al (2008); Nederland ⁰³	gangbaar	5,0	1400
	biologisch	3,1	1500

De algemene lijn is dat voor alle studies het energieverbruik per gewichtseenheid melk voor biologisch in alle gevallen lager is dan voor gangbaar. Voor de broeikasgasemissies geldt dat het resultaat sterk afhankelijk is van de intensiteit van de houderij. Gemiddeld is de broeikasgasemissie tussen biologisch en gangbaar vergelijkbaar.

Validiteit:

Betrouwbare studie op basis van praktijk gegevens. De steekproefomvang is relatief groot maar niet random. De groep gangbare bedrijven lijkt wat meer een voorloper groep dan het gemiddelde van Nederland. De veedichtheid per ha voor de gangbare groep is wat lager dan gemiddeld in Nederland. De gebruikte gegevens (2003) zijn wat gedateerd

Bos, de Haan en Sukkel (2007); Energieverbruik, broeikasgas emissies en koolstofopslag: de biologische en gangbare landbouw vergeleken

Methode:

Broeikasgasemissies (CO₂, CH₄ en N₂O) in biologische en gangbare landbouw zijn in deze studie vergeleken aan de hand van modelbedrijven. Voor de melkveehouderij zijn 8 biologische modelbedrijven gedefinieerd en 6 gangbare. Berekeningen zijn uitgevoerd met het Bedrijfsbegrotingsprogramma Rundveehouderij (BBPR). De laagste en hoogste emissie per ha en per ton melk zoals berekend voor de gangbare en biologische modelbedrijven is voor elk broeikasgas weergegeven in tabel 5.5. Daarnaast is in de tabel de laagste en hoogste totale broeikasgasemissie weergegeven, uitgedrukt in CO₂-equivalenten.

Resultaat:

Tabel 5.5.: Hoogst en laagst berekende broeikasgasemissie voor de biologische en gangbare modelbedrijven, uitgedrukt per ha en per ton melk.

	emissie per ha (kg)		emissie per ton melk (kg)	
	gangbaar	biologisch	gangbaar	biologisch
CO ₂	4 250 – 11 630	2 650 – 4 950	420 - 550	320 - 410
N ₂ O	15,3 – 37,1	12,4 – 18,8	1,5 – 1,9	1,5 – 2,0
CH ₄	250 – 520	180 – 300	25 – 26	22 – 26
CO ₂ -eq.	14 470 – 34 160	10 990 – 17 010	1 450 – 1 650	1 310 – 1 460

Net als het energieverbruik per hectare, zijn ook de broeikasgasemissies per hectare van de modelbedrijven melkveehouderij gekoppeld aan het intensiteitsniveau. Een meer intensieve bedrijfsvoering geeft een hogere broeikasgasemissie. De biologische modelbedrijven zijn extensiever dan de gangbare en hebben daarmee gemiddeld een 40% lagere broeikasgasemissie per hectare dan de gangbare bedrijven. Dit geldt vooral voor CO₂ en CH₄, maar in mindere mate voor N₂O. De totale broeikasgasemissie per ton melk is in de biologische melkveehouderij circa 10% lager dan gangbaar. Het verschil tussen biologisch en gangbaar is daarmee geringer dan bij het energieverbruik per ton melk. Dit kan worden verklaard doordat verschillen in emissies per ton tussen biologisch en gangbaar voor de broeikasgassen N₂O en CH₄ gering zijn en juist deze gassen zwaar meewegen bij de omrekening naar CO₂-equivalenten. Het afwezig zijn van grote verschillen voor deze broeikasgassen hangt samen met een intensiever gebruik van weidegang, het frequenter scheuren van grasland en het gebruik van potstallen in de biologische melkveehouderij. Op de modelbedrijven melkveehouderij zijn CH₄ en N₂O elk verantwoordelijk voor 30 à 40% van de totale emissie aan CO₂-equivalenten. CO₂ is verantwoordelijk voor circa 25-30% van de totale emissie. De CH₄-emissie is voor het overgrote deel (circa 80%) het gevolg van pensfermentatie.

Validiteit:

Representatieve studie voor de Nederlandse situatie gebaseerd op bedrijfsmanagement in de praktijk.

Mondelaers, et al, 2007 De meerwaarde van bio op gebied van kwaliteit en gezondheid, wetenschappelijk onderzoek naar feiten en perceptie DEEL 3: MILIEU-ASPECTEN

Method:

Literatuur studie, Meta Analyse

Resultaat

Voor de emissie van CO₂-equivalenten per hectare komen Mondelaers et al op basis van 4 bruikbare studies van die de biologische met de gangbare melkveehouderij vergelijken tot de conclusie dat de broeikasgasemissie per ha bij biologisch lager is dan bij gangbaar. Alle vier studies gaven voor biologische melkveehouderij een lagere broeikasgasemissie dan voor de gangbare houderij. Voor de uitspraak per kg product bleven twee bruikbare melkveehouderij studies over. Hierbij werd geen verschil geconstateerd tussen biologisch en gangbaar.

Validiteit:

De studies betreffen niet de Nederlandse situatie. Daarnaast zijn voor de Meta-analyse slechts een zeer beperkt aantal studies beschikbaar

Wetterich and Haas, 2001; Life cycle assessment Allgäu: environmental impact of organic, intensified and intensive grassland farms in southern Germany.

In: Grassland Science in Europe, Vol. 6

Method: Toepassing van LCA om milieu-impact op bedrijfsniveau te evalueren in een case studie op 18 melkveebedrijven; 6 intensieve, 6 extensieve en 6 biologische bedrijven.

Resultaat: Opwarmeffect was 9,4, 7,0 en 6,3 t CO₂-eq per ha en 1,3, 1,0 en 1,3 t CO₂-eq per ton melk.

Validiteit: steekproefomvang is klein, maar resultaten komen wel overeen met andere bronnen: er is een sterke koppeling aan de bedrijfsintensiteit.

Halberg et al., 2005; Environmental assessment tools for the evaluation and improvement of European livestock production systems.

In: Livestock Production Science.

Methode: Literatuurstudie

Resultaat:

Tabel 5.6. : Milieu impact uitgedrukt per ton geproduceerde melk en per hectare voor gangbare productiesystemen in vergelijking met biologische productiesystemen

Case study	Productie systeem	Opwarmings potentieel (%) ^b	
		ton melk	ha
Duitsland	Gangbaar	100	100
	Biologisch	100	67
Zweden	Gangbaar	100	100
	Biologisch	95	42
Nederland	Gangbaar	100	100
	Biologisch	104	102
Denemarken	Gangbaar	100	100
	Biologisch	91	68

Relatieve getallen, Gangbaar systeem = 100 voor elk land.

^aAfkomstig van [De Boer, 2003 \(LCA\)](#) en [Dalgaard et al., 2004](#).

^bVoor elke case studie is het biologische systeem relatief weergegeven ten opzichte van het gangbare systeem.

Validiteit:

Getallen gebaseerd op andere bronnen, zie o.a. Boer, de.

Gravendijk, L, 2006; Environmental impact assessment of Dutch commercial organic farms.

MSc-thesis.

Methode: LCA-methode; vergelijking tussen 11 commerciële biologische bedrijven (ORG; uit BIOVEEM) en 10 conventionele (CON; uit Ben & Jerry's) en 12 conventioneel milieuvriendelijke (EFC; uit Cows & Opportunities) melkveebedrijven.

Resultaat: landgebruik voor CON, EFC en ORG was respectievelijk 1,14, 1,28 en 1,76 m²/kg FPCM. Het broeikaspotentieel was respectievelijk 1,47, 1,41 en 1,45 kg CO₂-eq/kg FPCM.

Biologische melkveebedrijven hebben een lagere milieu impact in de categorieën energiegebruik en eutrofiëring

Validiteit: De berekende waarden voor conventionele en conventioneel milieuvriendelijke melkveebedrijven zijn volgens eenzelfde LCA-methode tot stand gekomen, maar in een rapport door een andere auteur beschreven (beide onder supervisie van Dr. ir. I.J.M. de Boer). De bedrijven zijn niet representatief voor de sector, maar allen voorloperbedrijven. De gebruikte data waren verzameld voor economisch onderzoek en niet voor LCA-onderzoek, waardoor sommige data geconverteerd moesten worden van euro's naar een technische eenheid.

5.6 Broeikasgasemissie varkenshouderij

Er zijn betrekkelijk weinig studies voor de biologische varkenshouderij. Er is één uitgebreide Nederlandse studie (Kool et al, 2009) voor de Nederlandse, Duitse, Deense en Engelse biologische en gangbare varkenshouderij. De broeikasgasemissie in deze studie is bij de Nederlandse biologische varkenshouderij betrouwbaar hoger dan die bij de Nederlandse gangbare houderij. Het verschil wordt vooral veroorzaakt door de betere voederconversie en de kortere groeiperiode bij gangbare varkensvleesproductie. Biologische mestvarkens hebben meer bewegingsvrijheid en groeien wat langzamer en hebben daardoor meer voer en energie nodig per kg vlees.

De belangrijkste literatuurbron wordt hieronder samengevat.

Anton Kool, Hans Blonk, Tommie Ponsioen, Wijnand Sukkel, Herman Vermeer, Jerke de Vries en Robert Hoste, 2009. Carbon footprints of conventional and organic pork Assessment of typical production systems in the Netherlands, Denmark, England and Germany. November 2010

Methode:

LCA analyse van per land typische varkenshouderijsystemen, systeemaafbakening tot en met de slachterij.

Resultaat:

Voor de vier landen Nederland, Denemarken, Duitsland en Engeland werden voor het betreffende land typische houderijsystemen de broeikasgasemissies per kg varkensvlees uitgerekend. De berekende emissie per kg vlees liep voor gangbare productie uiteen van 3,5 tot 3,7 kg CO₂ equivalenten per kg vlees en voor biologisch vlees van 4,0 tot 5,0 kg CO₂ equivalenten per kg vlees. Vanwege een aantal onzekerheden in de berekeningen werd een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op de uitkomsten. Bij deze gevoeligheidsanalyse bleken de Nederlandse en Duitse biologische varkensvleesproductie een betrouwbaar hogere broeikasgasemissie te hebben dan hun gangbare vergelijking.

Een van de belangrijkste oorzaken van de hogere broeikasgasemissie in de biologische varkensvlees productie is de hogere voederconversie ten opzichte van gangbaar. Dit heeft te maken met de grotere bewegingsvrijheid en het langzamer opgroeien van de varkens.

De genoemde uitkomsten zijn exclusief het effect van de zogenaamde 'land Use and Land Use Changes' (LULUC). Het berekende effect van LULUC was aanzienlijk en bedroeg ca 50% van de carbon footprint zonder LULUC. De emissie door LULUC was in de biologische vleesproductie lager dan in de gangbare vleesproductie. Inclusief LULUC had de biologische varkensvleesproductie slechts een licht hogere broeikasgasemissie dan de gangbare varkensvleesproductie.

Validiteit:

Betrouwbare modelstudie die ook duidelijk de onzekerheid in de uitkomsten weergeeft. De input en management data zijn afgeleid van een typisch biologisch en gangbaar systeem voor Nederland en is niet hetzelfde als het gemiddelde Nederlandse biologische en gangbare varkenshouderij systeem.

5.7 Broeikasgasemissie legpluimveehouderij

Het aantal studies waarin, voor de Nederlandse situatie, biologische en gangbare pluimveehouderijsystemen worden vergeleken, is zeer beperkt. Op basis van een promotieonderzoek (nog ongepubliceerd) hebben Bos en Dekker het energieverbruik en de broeikasgasemissie voor de biologische legpluimveehouderij uitgerekend. De resultaten worden voor verschillende andere systemen voor legpluimveehouderij vergeleken met de uitkomsten van het promotieonderzoek van Dekker (in press). Voor de Nederlandse situatie heeft de biologische pluimveehouderij een lagere broeikasgasemissie per kilogram eieren dan scharrel- en Freilandssystemen. De verschillen zijn echter niet erg groot. Het batterijsysteem scoort qua broeikasgasemissie per kg eieren lager in vergelijking met het biologische productiesysteem. Er is verder weinig internationaal vergelijkingsmateriaal beschikbaar.

De belangrijkste literatuurbron wordt hieronder samengevat.

Bos, J en S. Dekker, 2010. Energieverbruik en broeikasgasemissies in fruitteelt en biologische legpluimveehouderij.

Dekker, S.E.M., I.J.M. de Boer, P.W.G. Groot Koerkamp, I. Vermeij & A.J.A. Aarnink, in prep. Ecological and economic evaluation of egg production systems.

Methode:

LCA. Berekening van energieverbruik en bkg emissies en vergelijking tussen twee biologisch houderij systeem en vijf gangbare houderijsystemen.

Resultaat:

Biologische leghennen in Nederland worden vnl. in twee huisvestingssystemen gehouden: grondhuisvesting en volièrehuisvesting. Voor deze systemen werd het energieverbruik en de bkg emissie per gewichtseenheid eieren berekend. Voor gangbare systemen werden meegenomen de systemen batterij, scharrel, Freiland, laatstgenoemde eveneens met buitenuitloop.

De emissie van broeikasgassen bedraagt voor de biologische houderij systemen circa 2540 gram CO₂-equivalenten per kilogram biologische eieren (2540 kg CO₂-equivalenten per ton eieren). CO₂-gerelateerde emissies nemen daarvan ongeveer de helft voor hun rekening en N₂O-gerelateerde emissies circa 45%. Circa 85% van de CO₂-emissies hangt samen met productie, verwerking en transporten van veevoedergrondstoffen. Driekwart van de totale lachgasemissie hangt samen met N-verliezen uit stal, uitloop en mestopslag, het resterende kwart met N-verliezen tijdens de teelt van mengvoergrondstoffen. Uit de vergelijking met gangbare systemen bleek dat één van de doorgerekende gangbare houderijssystemen een lagere broeikasgasemissie per kilogram ei realiseerde dan de hierboven doorgerekende biologische systemen. Dit betrof gangbare leghennen in een batterijsysteem. De totale broeikasgasemissie in dat systeem was 12% lager dan in de biologische systemen. Het scharrel- en Freilandsysteem 'scoorden' iets slechter dan biologisch, zowel op het vlak van energieverbruik als op het vlak van broeikasgasemissies. Broeikasgasemissies waren 5 à 8% groter en energieverbruik 10 à 15%

Validiteit:

Berekeningen zijn resultaat van modelstudie. Gebruikte model en gebruikte uitgangspunten zijn betrouwbaar en representatief voor de Nederlandse situatie.

6 Koolstof opslag

6.1 Conclusies koolstof opslag

De gemiddelde aanvoer naar de bodem van effectieve organische stof (en hiermee koolstof) is op biologische bedrijven hoger dan op gangbare bedrijven

***** Aangevoerd voor de Nederlandse akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Gebaseerd op een vrij groot aantal Nederlandse praktijkpercelen. Bevestigd in experimentele bedrijfssystemen.*

In de biologische landbouw is de hoeveelheid opgeslagen koolstof in de bodem hoger dan in de gangbare landbouw

***** Aangevoerd voor de Nederlandse akkerbouw en open groenteteelt in Nederlandse systeemexperimenten en modelstudies. Bevestigd door de meeste internationale literatuur.*

** Voor de graasdierhouderij is er beperkt informatie beschikbaar en zijn de resultaten uit de literatuur wisselend.*

Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt

Alle beschikbare Nederlandse bedrijfsregistraties en resultaten van systeemexperimenten laten een hoger aanvoer van effectieve organische stof zien in biologische systemen ten opzichte van geïntegreerde systemen. De logische vooronderstelling is dat de hogere aanvoer leidt tot een hoger organische stof gehalte. Dit is wel voor paarsgewijze vergelijking in systeemexperimenten aangetoond, maar niet voor de paarsgewijze vergelijking van praktijkbedrijven. Hiervoor zijn geen data beschikbaar. De meeste internationale literatuur geeft een hogere koolstofopslag in biologische systemen in vergelijking met gangbare systemen.

Graasdierhouderij

Voor de graasdierhouderij en grasland is er beperkt informatie beschikbaar. Er zijn enkele indirecte aanwijzingen dat biologische beheerd grasland een hoger organische stof gehalte heeft dan gangbaar beheerd grasland. De literatuur geeft wel aan dat er een grote invloed is van de frequentie van scheuren op het organische stof gehalte.

Bij vergelijkbare omstandigheden in Engeland en Nieuw Zeeland laat de wetenschappelijke literatuur geen verschil zien tussen biologisch en gangbaar beheerd grasland.

6.2 Koolstofopslag algemeen

Koolstof kan voor langere tijd worden vastgelegd in de bodem bestaande uit afgestorven plantenresten en micro-organismen. Bij de emissies van CO₂ naar de lucht en binding van CO₂ speelt organische stof in de bodem een belangrijke rol

Mondiaal is er ongeveer 1500 Pg (1 Pg = 10¹⁵ g) organische koolstof (C) in de bovenste meter van de grond opgeslagen. Dit is ongeveer 3 keer de hoeveelheid van de koolstof die in de bovengrondse biomassa is opgeslagen en twee de hoeveelheid koolstof in de atmosfeer (Batjes, 1996; Janzen, 2004). Verliezen van

organische koolstof uit de bodem beïnvloeden de hoeveelheid mondiale bkg emissies. Opslag van C in bodems wordt gepromoot als een strategie om de toenemende hoeveelheid emissies van broeikasgassen naar de atmosfeer te verminderen. (Lal et al., 1998; 2001; Janzen, 2004). Koolstof opslag kan worden beïnvloedt door een breed scala van management opties als verminderde grondbewerking, biologische landbouw en verbeterde rotaties. (Freibauer et al., 2004; Smith et al., 2000; 2005). Het vaststellen van veranderingen in de voorraad organische stof in de bodem is lastig. De veranderingen gaan zeer langzaam en de meetresultaten kunnen over de jaren een relatief (ten opzichte van de veranderingen) grote variatie vertonen. Verder zijn de lokale omstandigheden en de hoeveelheid organisch materiaal waarmee wordt gestart van grote invloed op de te meten veranderingen. Er zijn langjarige proeven of meetreeksen nodig om bijvoorbeeld het resultaat van verschillen in management vast te kunnen stellen. Omdat de mogelijkheden voor langjarige proeven of meetreeksen vaak beperkt zijn, wordt veel gebruik gemaakt van modelberekeningen die gebaseerd zijn op de aanvoer van organisch materiaal en de verwachte afbraaksnelheid onder gespecificeerde omstandigheden.

Ondanks het belang van bodem organische koolstof in klimaatverandering, heeft er nauwelijks een systematische monitoring van veranderingen van organische koolstof in de bodem plaatsgevonden. (Janssens et al., 2005). Huidige schattingen van veranderingen in de bodem organische stof zijn daarom onzeker (Janssens et al., 2003). De meeste schattingen zijn of gebaseerd op lange termijn veldexperimenten. (Christensen et al 1997; Dekking, 2003; Mäder et al 2006, Jenkinson and Rayner, 1977; Wadman and de Haan, 1997; Pimentel, et al., 2006) en/of op simulatiemodellen gebaseerd op schattingen of praktijkcijfers van de aanvoer van organische stof naar de bodem (Freibauer et al., 2004; Teasdale et al, 2007; Vleeshouwers and Verhagen, 2002; Smith et al., 2005; Sukkel et al, 2008; Foreid et al, 2004). Maar enkele studies hebben gebruik gemaakt van herhaalde bemonsteringen van de bodem organische stof op een groot aantal praktijkbedrijven op regionaal niveau. (Sleutel et al., 2003; Bellamy et al., 2005, Rheijneveld et al, subm. 2009). De ze laatste drie studies maken geen onderscheid tussen gangbare en biologische bedrijven.

Betreffende verschillen in koolstofopslag tussen biologische en gangbare praktijken, zijn er resultaten van nationale en internationale systeemexperimenten (o.a. Mäder et al 2006 Pimentel, Hepperly et al 2006; Dekking, 2003), meetreeksen van (Nederlandse) praktijkbedrijven (Telen met Toekomst en BIOM) en modelstudies op basis van verschillen in management tussen biologische en gangbare akkerbouw en groenteteelt. (Hülsbergen et al, 2008, Foreid 2004 ; Pimentel, et al., 2006 Sukkel et al 2008).

De meeste gegevens zijn beschikbaar over het organische stof gehalte bij akkerbouw en/of groenteteelt. Voor (semi) permanent grasland is er beperkt informatie beschikbaar over verschillen in organische stofgehalte tussen biologisch en gangbaar beheerd grasland. Omdat in Nederland de graslandproductie en akkerbouw/groenteteelt veelal op verschillende bedrijven plaatsvindt worden beiden apart behandeld.

6.3 Koolstofopslag akkerbouw en vollegrondsgroenten

Nederlandse studies en data

Er is op Nederlandse praktijkbedrijven die deel hebben genomen aan praktijknetwerken relatief veel gemeten en geregistreerd. Daarnaast hebben er tot 2003 verschillende experimentele bedrijfssystemen gelegen waarbij paarsgewijs een biologisch systeem met een of meerder gangbare systemen werd vergeleken (bedrijfssystemen onderzoek, PPO).

In de praktijknetwerken BIOM (biologische bedrijven) en Telen met Toekomst (gangbare bedrijven, voorlopers) werden organische stofgehalten en effectieve organische stof aanvoer vastgesteld. De organische stof gehalten per regio staan vermeld in tabel 6.1. Uit deze tabel blijkt dat alleen op Centrale zeelei het organisch stofgehalte op biologische akkerbouw- en vollegrondsgroentenbedrijven hoger is dan op geïntegreerde bedrijven. In overige regio's is het organische stofgehalte lager op biologische bedrijven. Al is het totaal aantal bedrijven redelijk groot, per regio is het aantal bedrijven weer relatief klein. Verder betreft het geen aselechte steekproef. Behalve in de regio Flevoland is de variatie in grondsoort binnen een

regio relatief groot. Het actuele organische stof gehalte op een bedrijf is afhankelijk van de startsituatie bij een bepaald management en van het type management. Verder duurt het lang voordat veranderingen in organische stof gehalte als gevolg van management zichtbaar worden.

Tabel 6.1. : Gemiddelde organische stofgehaltenes (%) van geïntegreerde en biologische praktijkbedrijven per regio en grondsoort in de periode 2000-2006 (Bron: Bos et al 2007)

Regio	Grondsoort	Project	Gemiddeld organisch stof percentage	Aantal bedrijven	Aantal percelen
Centrale zeeklei	klei	BIOM	4.0	10	69
		Telen met Toekomst	3.5	18	71
Noordoost Nederland	zand	BIOM	4.5	6	40
		Telen met Toekomst	6.3	19	91
Zuidoost Nederland	zand	BIOM	3.0	5	41
		Telen met Toekomst	3.2	61	187
Zuidwestelijke zeeklei	klei	BIOM	2.4	8	47
		Telen met Toekomst	2.6	26	126

Om na te gaan of een bepaald type management naar verwachting zal leiden tot een veranderend organische stof gehalte in de bodem, kan ook gekeken worden naar de aanvoer van organische stof en kan op basis daarvan berekend worden op welk hoeveelheid bodem organische stof na verloop van tijd bereikt zal worden. Deze modelmatige verkenning is uitgevoerd op basis van de aanvoercijfers van 85 geïntegreerde (Telen met Toekomst) en 101 biologische (BIOM) bedrijven (Sukkel et al, 2008). Deze verkenning gaf na een gesimuleerde periode van 50 jaar een daling te zien van het organische stof gehalte van 401 kg koolstof per hectare op de geïntegreerde bedrijven en een daling van 261 kg koolstof per hectare op de biologische bedrijven.

In het PPO bedrijfssystemen onderzoek werden geïntegreerde en biologische systemen paarsgewijs vergeleken op verschillende grondsoorten. Dekking (2003) berekende op basis van de gemeten organische stof gehalten het verloop van het organische stof gehalte in de tijd. Hierbij werd geconcludeerd dat bij alle systemen het organische stof gehalte terugloopt maar dat het tempo bij de biologische systemen minder snel is dan bij de geïntegreerde systemen. Deze conclusie komt overeen met de aanvoer van effectieve organische stof in de verschillend systemen (tabel 6.2). In alle systemen is de aanvoer van effectieve organische stof in de biologische systemen hoger dan in de geïntegreerde systemen.

Tabel 6.2.: Effectieve organische stofaanvoer bij geïntegreerde en biologische PPO proefbedrijven (Bron: PPO Bedrijfssystemen 2002, Rapportage Nutriënten waterproof).

Proefbedrijf	jaar	sector	grondsoort	Effectieve o.s. aanvoer (kg/ha)	
				biologisch	geïntegreerd
OBS-Nagele	1991-2000	akk	klei	2.197	1.576
Vredepeel	1997-2000	akk	zand	1.800-2.000	1.869
Kooijenburg	1997-2000	akk	zand en dal	3.379	1.907
Westmaas	1997-2000	akk/vgg	klei	3.500	2.900
Meterik	1997-2000	Vgg	zand	3.148	2.061

Internationale literatuur

De resultaten van de verschillende studies zijn gegroepeerd in resultaten van lange termijn experimenten (tabel 6.3.), resultaten van modelverkenningen (tabel 6.4.) en resultaten van herhaalde bemonsteringen op groepen praktijkbedrijven (tabel 6.5.). Het onderscheid tussen de groepen is niet altijd geheel duidelijk omdat de modelstudies vaak zijn gebaseerd op lange termijn bemonsteringen op praktijkbedrijven of op de meetgegevens van lange termijn experimenten .

De veranderingen in bodem organische stof zijn sterk afhankelijk van het initiële organische stof gehalte, grondsoort, klimaat, bouwplan en van managementopties die niet specifiek biologisch of gangbaar zijn (zoals minimale grondbewerking. Deze factoren verklaren de grote variatie in de resultaten van de verschillende lange termijn experimenten.

Tabel 6.3: Veranderingen in de bodemvoorraad koolstof in de akkerbouw in lange termijn veld experimenten.

Veld experiment	Regio/land	Componenten vergeleken	C toename (+) of afname (-) kg ha ⁻¹ j ⁻¹
DOK experiment, CH (Mäder, <i>et al.</i> , 2006) 1977 - 2005	Zwitserland	biologisch, gecomposteerde vaste mest biologisch verse mest, geïntegreerd, vaste mest en kunstmest Geïntegreerd, vaste mest en kunstmest	42 -123 -84 -207
SADP, USA, 1994-2002 (Teasdale, <i>et al.</i> , 2007)	USA	Biologisch, minimale gbw Gangbaar, minimale gbw	1 829 0
Rodale FST, USA (Hepperly, <i>et al.</i> , 2006; Pimentel, <i>et al.</i> , 2006)	USA	Biologisch, vaste mest Biologisch, basis vlinderbloemigen gangbaar	1 218 857 217
Experimentele bedrijfssystemen Nederland (Dekking 2003)	Nederland	Paarsgewijze vergelijking van: 3 biologische systemen 3 geïntegreerde systemen	-200 -400
Askov veld experimenten (Christensen <i>et al.</i> , 1997)	Denemarken	gangbaar	-270 (20 cm)

Tabel 6. 4: Veranderingen in de bodemvoorraad koolstof in de akkerbouw in verschillende modelstudies cq combinaties van modelstudies en monitoring praktijkbedrijven

Studie	Regio/land	Vergelijking tussen	C toename (+) of afname (-) kg ha ⁻¹ j ⁻¹
Bedrijfinventarisatie Beieren (Hülsbergen <i>et al.</i> , 2008)	Duitsland	18 biologische bedrijven 10 gangbare bedrijven	402 -202
Vergelijking gangbaar en biologisch management van praktijkbedrijven (Sukkel <i>et al.</i> , 2008)	Nederland	80 geïntegreerde bedrijven 100 biologische bedrijven	-400 -260
Europese modelstudie (Vleeshouwers <i>et al.</i> , 2002)	Europa	akkerbouw	-830
Europese modelstudie (Janssens <i>et al.</i> 2003)	Europa	akkerbouw	-920
Model studie gebaseerd op experimentele bedrijfssystemen. (Foreid, 2004)	Denemarken	Leem gangbaar Leem biologisch zand gangbaar zand biologisch	-35 -10 +195 +228

Tabel 6.5: Veranderingen in de bodemvoorraad koolstof in de akkerbouw door systematische bemonstering op praktijkbedrijven.

Studie	Regio/land	C toename (+) of afname (-) kg ha ⁻¹ j ⁻¹
Sleutel et al (2003)	België	-600 (24 cm)
Rheijneveld (2009)	Nederland	+260 (25 cm)
Bellamy et al (2005)	Engeland+ Wales	-600 (15 cm)

De Europese studies geven vrijwel allen een daling van het organische stof gehalte aan. Uitzonderingen zijn de studie van Foreid et al (2004) in Denemarken, die een verhoging op zandgronden aangeeft, en Rheijneveld et al (2009) die voor Nederland een lichte stijging aangeeft voor (gangbare) akkerbouwgrond in het algemeen. De resultaten van de studie van Rheijneveld zijn gebaseerd op een zeer grond aantal bodembemonsteringen van het BGG. De resultaten van Rheijneveld zijn in tegenspraak met de resultaten van Sukkel et al (2008) en van Dekking (2003), beiden vonden een afname van organische stof in akkerbouwgrond in Nederland.

Het verschil tussen gangbaar en biologisch lijkt in de meeste studies vrij consistent. Alle studies vermelden een hogere organische stof vastlegging (of een minder negatieve) voor de biologische landbouw. Het verschil tussen biologisch en gangbaar varieerde hierbij tussen de 140 kg en 600 kg C per ha per jaar. De Nederlandse publicaties (Dekking 2003; Sukkel et al; 2008) geven mogelijk een onderschatting van het verschil omdat ze van geïntegreerde bedrijven in plaats van gangbare bedrijven uitgaan. De Deense (Foreid et al, 2004) en de Zwitserse (Mäder et al 2006) resultaten geven een vergelijkbaar verschil tussen biologische en gangbaar. De Duitse studie ((Hülsbergen et al, 2008) geeft het grootste verschil en wijkt vrij sterk af van de voorgaande 3 studies

Mondelaers et al (2007) voerden een uitgebreide literatuurstudie uit over meerwaarde van biologische landbouw. Voor de koolstofopslag in de bodem werd in deze studie een meta analyse uitgevoerd over o.a. het verschil in organische stof gehalte bij biologisch en gangbare bodems. Het betreft een betrouwbare studie met een relatief grote hoeveelheid bestudeerde literatuur. Niet alle aangehaalde studies zijn echter representatief voor Nederland. Een aantal studies gaat bijvoorbeeld over gemengde bedrijven. Vrijwel geen van de studies gaat over de verschillen tussen biologisch en gangbaar bij de gespecialiseerde graasdierhouderij. Er wordt in de conclusie echter geen onderscheid gemaakt tussen akkerbouw/groenteteelt en tussen grasland/veehouderij. Een deel van beoordeelde literatuur stelde geen verschil vast tussen biologische en gangbare percelen. Een aantal van deze studies betreffen echter een vrij korte periode van biologisch beheer. Een enkele studie betreft een vergelijking tussen praktijkbedrijven met en langjarig biologisch management.

Het grootste deel van de studies geven echter een hogere organische stof opslag dan gangbare en op basis van onderzoek met paarsgewijze vergelijking concluderen Mondelaers et al dat biologisch beheerde bodems een hoger organische stof gehalte hebben dan gangbaar beheerde bodems.

Freibauer et al. (2004) suggereren biologische landbouw als mogelijke maatregel voor koolstofvastlegging in de EU-15. Hierbij wordt geschat dat tussen de 0 en 500 kg koolstof per ha per jaar meer wordt vastgelegd dan in de gangbare landbouw. In deze studie wordt een gemiddeld verschil berekend van 170 kg/ha tussen biologisch en gangbaar. Positieve neveneffecten zijn toename van biodiversiteit van flora en fauna maar een negatief effect is mogelijke toename van lachgasemissie vanuit vlinderbloemige gewasresten.

6.4 Koolstof opslag graasdierhouderij

Specifiek voor de (Nederlandse) graasdierhouderij is er nauwelijks literatuur gevonden over verschillen in organische stof gehalte in de bodem onder gangbaar of biologisch beheer

Wel blijkt uit verschillende internationale publicaties dat het organische stof gehalte van grasland sterk afhankelijk is van de frequentie van het scheuren van grasland (Nguyen et al.,1995; Vellinga et al, 2002), hoe langer het grasland in stand bleef, des te hoger het organische stof gehalte. Andersom blijkt ook uit verschillende publicaties dat bij het scheuren van grasland het organische stof gehalte sterk afneemt (Vellinga et al, 2002).

In hoeverre bij het biologische graslandbeheer in Nederland minder vaak gescheurd wordt dan bij gangbaar grasland beheer, blijkt niet uit de beschikbare literatuur.

Van Eekeren (2010) laat in zijn thesis zien dat bij enkele typen graslandmanagement dat meer specifiek is voor biologisch dan voor gangbaar een hoger organische stof gehalte ontstaat. Bij enkel organische bemesting in grasland werd een hoger organische stof gehalte gevonden dan bemesting met alleen kunstmest. Verder komt uit de thesis naar voren dat een stikstof onbemeste (N) grasklaver combinatie na twee jaar een hogere organische stof gehalte laat zien dan een met kunstmeststikstof bemeste weide met alleen gras.

Nguyen et al. (1995), die 3 paar conventionele en alternatieve gemengde bedrijven in Nieuw Zeeland vergeleken, stelden een hoger organische C gehalte vast voor het alternatieve weidebeheer. Dit werd verklaard door de langere 'grasland' fase onder alternatief beheer (3 à 4 jaar versus 1 à 2 jaar in het conventionele systeem) waardoor meer organische stof opgebouwd kon worden. In de akkerbouwfase echter was het organische stof gehalte vergelijkbaar tussen de gangbare en de alternatieve systemen.

Shepherd et al. (2002) voerden voor Groot Brittannië een studie uit met paarsgewijze vergelijking van praktijkbedrijven. De klimaatomstandigheden van de bedrijven zijn vergelijkbaar met Nederland maar de bedrijfstypen zijn niet geheel vergelijkbaar met de Nederlandse graasdierhouderij. In de studie werd de bodem organisch stof in 30 paren biologische en gangbare bedrijven in het VK geanalyseerd. Bedrijven met in hoofdzaak grasland vertoonden de grootste hoeveelheid bodem organische stof. Bij deze bedrijven kon echter geen verschil worden aangetoond tussen gangbare en biologische bedrijven.

7 Adaptatievermogen aan veranderende klimaatomstandigheden

7.1 Conclusies adaptatie

Het vermogen van aanpassing aan de fysische gevolgen van veranderende Nederlandse klimaatomstandigheden is in de biologische landbouw groter dan in de gangbare landbouw.

**** Aannemelijk vanuit vooral een aantoonbaar duurzamer bodembeheer in de biologische landbouw. De beperkt beschikbare wetenschappelijke onderbouwing geeft meest indirect bewijs.*

Het vermogen van aanpassing aan de biologische gevolgen van veranderende Nederlandse klimaatomstandigheden is in de biologische landbouw groter dan in de gangbare landbouw.

*** Aannemelijk vanuit o.a. een aantoonbaar hogere biodiversiteit in de biologische landbouw. De beperkt beschikbare wetenschappelijke onderbouwing geeft echter slechts indirect bewijs.*

Adaptatie aan door klimaat veranderende fysische omstandigheden

De verwachte veranderende fysische omstandigheden zijn een hogere temperatuur, heftige neerslag in korte perioden en langere perioden van droogten. Voor biologische beheerde bodems is aangetoond dat ze een hoger organische stof gehalte hebben. Dit leidt tot een betere wateropslagcapaciteit, een betere waterpercolatie en een stabielere structuur. De hogere Soil Cover Index geeft een betere bescherming tegen heftige neerslag.

Er is echter nog vrij weinig wetenschappelijke onderbouwing voor het betere adaptatievermogen aan veranderende fysische omstandigheden.

Adaptatie aan door klimaat veranderende biologische omstandigheden

De verwachte veranderende biologische omstandigheden zijn nieuw voorkomende ziekten en plagen en een veranderende populatiedynamiek van al in Nederland voorkomende ziekten en plagen. De motivatie voor een hoger adaptatievermogen van biologische landbouw ten opzichte van gangbare landbouw is de, in de literatuur goed onderbouwde, hogere (bio)diversiteit in biologische systemen. Deze hogere biodiversiteit zorgt voor een hogere genepool voor resistentie maar vooral voor een minder sterke populatie opbouw van pathogenen. De link tussen hogere (bio)diversiteit is en een beter adaptatievermogen tegen veranderende biotische omstandigheden is een vrij algemeen veronderstelde maar in de literatuur nog vrij slecht onderbouwde hypothese.

7.2 Adaptatie algemeen

Onder weerbaarheid tegen, of aanpassing (adaptatie) aan veranderende klimaatomstandigheden wordt hier verstaan:

'het intrinsieke vermogen van een productiesysteem om het productievermogen stabiel te houden bij gewijzigde omstandigheden die worden veroorzaakt door een veranderend klimaat'.

Deze gewijzigde omstandigheden kunnen fysisch, chemisch of biologisch van aard zijn.

Voor Nederland wordt bijvoorbeeld onder meer verwacht, hogere gemiddelde temperatuur, langere perioden van droogte, neerslag in kortere hevige perioden, een stijging van de zeespiegel. Deze gewijzigde fysische omstandigheden hebben invloed op zowel biotische als chemische omstandigheden. Voorbeelden van chemische veranderingen zijn: een hogere kans op verzilting in sommige gebieden en een ander mineralisatie patroon van de bodem organische stof. Voorbeelden van biologische veranderingen zijn: nieuwe ziekten, plagen en onkruiden, gewijzigde druk van bestaande ziekten en plagen. Het onderzoeksveld adaptatie in de landbouw is vrij nieuw en er is dan ook nog weinig literatuur beschikbaar. Ook is direct bewijs lastig omdat het niet gaat om nu al bekende veranderingen maar hoogstens om inschattingen van veranderingen. Daarnaast gaat het niet om weerbaarheid tegen één bekende verandering maar om een reeks van mogelijke veranderingen. Ook kan weerbaarheid sterk afhangen van het type productiesysteem (fruitteelt, akkerbouw, veehouderij, kasteelt).

Voor bepaalde systeemeigenschappen wordt in sommige literatuur gesuggereerd dat ze een mogelijk positieve relatie hebben met weerbaarheid tegen klimaatverandering. Deze richten zich vooral de fysische en biotische eigenschappen en omstandigheden.

Niggli et al (2008) presenteren een korte notitie in 2008 op het IFOAM congres in Italië. Hierin wordt beargumenteert dat de zorgvuldige aandacht voor de bodem en de grote (bio)diversiteit op de biologische bedrijven, deze bedrijven meer weerbaar maakt tegen klimaatverandering dan gangbare bedrijven. In een door FAO uitgegeven publicatie gaan Niggli et al (2009), naast mitigatie ook in op het adaptatievermogen van biologische landbouw. Hierbij wordt het adaptatie vermogen met enige literatuur onderbouwd. De aangrijpingspunten voor adaptatie zijn hier fysische weerbaarheid van de bodem en een hogere biodiversiteit.

Scialabba, N. and Müller-Lindenlauf, M. (2010), geven de volgende argumenten voor een betere adaptatie van biologisch t.o.v. gangbaar. Grotere diversiteit in gewassen, grotere (bio)diversiteit binnen percelen, diverser landschap, en een meer duurzaam bodembeheer.

7.3 Weerbaarheid tegen veranderende weersomstandigheden

Een veranderd neerslagpatroon is een (o.a. voor West Europa) veel voorspeld gevolg van klimaatverandering. Er worden langere droge periodes verwacht en neerslag zal in heftige korte perioden vallen.

Bij deze verwachting zal de bodem:

- meer water moeten kunnen vasthouden om langere droogte perioden te kunnen doorstaan
- overtollig water beter moeten kunnen afvoeren (geen plasmvorming etc.)
- beter beschermd moeten zijn tegen de fysische impact van zware neerslag op de bodem.

Een hoger water vasthoudend vermogen in biologisch beheerde bodems is een gevolg van onder meer het hogere organische stof gehalte. Voor het verschil in organische stof werd in hoofdstuk 6 van dit rapport vastgesteld dat biologisch beheerde bodems een hoger organische stof gehalte hebben dan gangbaar beheerde bodems.

Lotter et al (2003) stelden voor de Rodale experimenten vast dat de biologisch beheerde bodems meer water konden vasthouden. Voor dezelfde experimenten werd ook een hogere opbrengst geconstateerd wanneer er lange droogteperiodes optraden. Ook was de hoeveelheid water die in biologisch beheerde bodems door de bovenste 36 cm sijpelde, 15 tot 20% hoger dan in gangbaar beheerde bodems. Verder zijn bodems met een hoger organische stof gehalte minder gevoelig voor erosie (Reganold, et al., 1987; Siegrist, et al., 1998).

Mäder et al (2002) stelden vast dat in de DOK experimenten in Zwitserland dat de stabiliteit van de bodemstructuur 20 tot 40% hoger was in de biologisch beheerde plots ten opzichte van de gangbaar beheerde plots.

Voor de Nederlandse omstandigheden hebben biologische beheerde bodems een hogere bedekkingsgraad van de bodem (Soil Cover Index; Sukkel & Diaz, 2002)) waardoor er gedurende het jaar een betere bescherming is tegen extreme weersinvloeden.

7.4 Weerbaarheid tegen ziekten en plagen

Door een veranderend klimaat zal ook de druk van ziekten en plagen veranderen. Voor de Nederlandse situatie wordt een hogere temperatuur verwacht, zachtere winters en langere droogte periodes. Deze veranderingen zullen naar verwachting nieuwe ziekten en plagen introduceren in de Nederlandse landbouw. Maar ook zullen bestaande ziekten en plagen zich op een andere manier manifesteren. Door de hogere temperatuur en het langere groeiseizoen zullen er bijvoorbeeld meer luisgeneraties in een jaar gaan voorkomen.

De weerbaarheid tegen nieuwe ziekten en plagen en een veranderde druk van bestaande ziekten en plagen wordt in de literatuur vooral gezocht in een hogere (bio)diversiteit.

Een hogere gewasdiversiteit maakt het risico kleiner dat één gewas volledig te gronde gaat door een nieuw pathogeen, maar spreidt ook het risico (minder grote afhankelijkheid) van één gewas.

De Nederlandse biologische landbouw heeft op bedrijfsniveau een duidelijk hogere gewasdiversiteit dan gangbare landbouw. De gemiddelde rotatie in biologische landbouw is 1 op 6, die in gangbaar ongeveer 1 op 4.

Een hogere biodiversiteit moet ervoor zorgen dat nieuwe of bestaande ziekten en plagen zich minder snel ontwikkelen door allerlei processen die dempend werken op de ontwikkeling van ziekten en plagen, zoals natuurlijke vijanden en antagonisten.

Biologische landbouw heeft een hogere biodiversiteit dan gangbare landbouw, ook onder voor Nederlands vergelijkbare klimaatomstandigheden. Dit is in verschillende literatuurstudies aangetoond o.a. in een meta-analyse van Bengtsson et al (2005)

Kotschi (2006) onderstreept het belang van biodiversiteit als een strategie om het adaptatievermogen van landbouwsystemen te versterken. Vanuit een diverse genenbank om in de toekomst voldoende resistenties te kunnen inbouwen in gewassen maar ook voor algemene weerbaarheid van systemen.

Crowder et al (2010) toonden aan dat biologische landbouw niet alleen een hogere biodiversiteit geeft maar ook een betere gelijkwaardigheid ('evenness') in de hoeveelheid verschillende soorten die een rol spelen in de beheersing van plagen. Deze 'evenness' leidt tot een betere beheersing van plagen.

8 Ontwikkelingen in klimaat effecten van landbouw

Zowel de biologische als de gangbare landbouw staan in hun ontwikkeling van duurzaamheid niet stil. Deels worden deze ontwikkelingen beïnvloed door wetgeving. Een ander belangrijk deel van de duurzaamheidsontwikkelingen in de biologische landbouw wordt gestuurd door de ambitieagenda die de biologische landbouw op duurzaamheid heeft. Deze ontwikkelingen kunnen ook de verschillen in klimaatprestaties tussen gangbare en biologische landbouw sterk beïnvloeden. Een aantal van die ontwikkelingen worden hieronder genoemd:

Verbeteringen in teeltechniek algemeen

Biologische landbouw staat in veel opzichten qua teeltechniek in de kinderschoenen. Biologische ondernemers doen nog steeds veel ervaringskennis op en verbeteren hun bedrijfsresultaat en opbrengst. Daarnaast komen er nieuwe technieken, rassen en kennis beschikbaar om de kwaliteitsproductie verder te verbeteren. Gezien de investeringen in kennis, meer op biologische landbouw toegepaste bedrijfsmiddelen en het opdoen van ervaring door telers wordt er naar verwachting een inhaalslag gemaakt ten opzichte van gangbaar. Hierdoor zullen de opbrengstverschillen verkleind worden. Een duidelijk voorbeeld hiervan is de biologische glastuinbouw waarbij de opbrengsten de laatste 10 jaar met ca 44 % zijn toegenomen (Raaphorst 2008)

Verbeterde beheersing van ziekten en plagen

De huidige lagere opbrengsten in de biologische landbouw (plantaardige productie) zijn de belangrijkste oorzaak van een relatief hoog energieverbruik en broeikasgasemissie per kg product. De emissie en het verbruik per ha zijn in biologische landbouw lager dan in gangbare landbouw maar door de gemiddeld ca 35% lagere opbrengst is het verbruik en de emissie per kg product licht hoger dan in gangbare landbouw. De beheersing van ziekten en plagen zonder pesticiden staat nog in haar kinderschoenen. De landbouw heeft de laatste vijf decennia vooral geleund op beheersing van ziekten en plagen door synthetische pesticiden. Mechanische en fysische beheersing van ziekten en plagen maar ook, resistentieveredeling heeft relatief weinig aandacht gehad vanwege de beschikbaarheid van goedkope en effectieve pesticiden. De alternatieve vormen van ziekten en plaagbeheersing krijgen de laatste jaren meer aandacht en de verwachting is dat hiermee de kloof in productie tussen biologische en gangbare landbouw voor een deel gedicht kan worden. Voorbeeld is de beschikbaarheid van meer phytophthora-resistente aardappelrassen. Voor biologische landbouw kan dit gemiddeld in de productie circa 15 ton per hectare in opbrengst schelen. Hiermee wordt de opbrengstreductie ten opzichte van gangbaar verminderd van 50% tot circa 10 tot 20%. Een ander voorbeeld is de toepassing van schurftresistente appelrassen (bijv. Topaz). Hierdoor wordt het verschil in opbrengt tussen gangbaar en bio teruggebracht van 50% naar een vergelijkbaar productieniveau.

Naar 100% biologische mest

Één van de kritiekpunten op de gerapporteerde hogere koolstofopslag in de bodem van biologische landbouw ten opzichte van gangbare landbouw was dat, in de Nederlandse situatie, de biologische landbouw veel gangbare mest toepaste. De hogere koolstof opslag werd dus deels ontleend aan de gangbare veehouderij.

De Nederlandse biologische landbouw bouwt de laatste jaren het aandeel gangbare mest gestaag af en heeft de ambitie om binnen afzienbare tijd alleen maar met van biologische bedrijven afkomstige mest te bemesten.

Aanwendingsnormen mest

De aanvoer van organische mest wordt in Nederland door de beperkingen in de toegestane fosfaat aanvoer gelimiteerd. Deze beperkingen kunnen mogelijk invloed hebben op de organische stof aanvoer naar de bodem en hiermee de koolstofopslag in de bodem. Hoe dit in de praktijk zal uitpakken is niet geheel duidelijk.

Percentage natuur op het bedrijf

De biologische landbouw heeft in haar ambities uitgesproken om meer biodiversiteit en natuur als ecosysteem diensten te willen leveren. De verwachting is dat een vrijwillig of verplicht minimum percentage van het bedrijfsoppervlak voor natuur/biodiversiteit gereserveerd zal worden. Deze ontwikkeling kan zowel invloed hebben op de weerbaarheid (adaptatie aan klimaatverandering) als de koolstof opslag (in vegetatie).

Rijpadensystemen

Een toenemend aantal biologische boeren gaat over op vormen van mechanisatie waarbij de bodem minimaal verdicht wordt. De meest toegepaste vorm is het rijpadensysteem. Deze toepassing wordt vooralsnog vrijwel uitsluitend door biologische boeren toegepast. Voor deze vorm van bodemmechanisatie is aangetoond (Vermeulen et al, 2009) dat ze ten opzichte van de standaard mechanisatie een verminderde lachgasemissie geeft.

Minder intensieve grondbewerking

Een toenemend aantal biologische boeren gaat over op vormen van mechanisatie waarbij de bodem minder intensief bewerkt wordt. Hetzij door een ondiepe ploegbewerking of door geen kerende of andere intensieve grondbewerking meer uit te voeren. Van minimale grondbewerking is aangetoond dat dit een hoger organische stof gehalte, een hogere (bodem)biodiversiteit en een hogere weerbaarheid tegen een aantal extreme weersomstandigheden geeft.

Klimaatneutrale kassen

Vanwege het zeer hoge fossiele energieverbruik in de productie van glasgroenten, is er een sterke ontwikkeling gaande om dit te verlagen. Er zijn inmiddels al prototype kassen die netto geen fossiele energie meer verbruiken. Wanneer deze ontwikkeling zich doorzet zal het verschil in energieverbruik tussen gangbare en biologische teelt (deels) wegvallen

Controle emissies in de stal en mestopslag

Stalsystemen en mestopslagsystemen kunnen steeds beter emissies van methaan, stof, ammoniak etc. opvangen. Houderijsystemen waarbij de dieren geen buitenuitloop kennen zullen dus op termijn beter in staat zijn om een deel van de emissies te vermijden. Dit pakt voor broeikasgasemissies nadelig uit voor biologische houderij systemen die vanwege het bevorderen van natuurlijk gedrag en dierenwelzijn een verplichte buitenuitloop kennen.

Mestvergisting

Wanneer mest niet meer lang wordt opgeslagen maar rechtstreeks vergist wordt, kan dit een belangrijke vermindering van methaanemissies uit mest betekenen. Voor zowel biologische als gangbare systemen kan deze methode toegepast worden. In de biologische landbouw stuit mestvergisting soms echter op principiële bezwaren. In hoeverre de toepassing van deze techniek de verschillen tussen biologisch en gangbare houderijsystemen beïnvloedt, is niet duidelijk.

Bijlage 1

Referenties:

- Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M.J., Avilés-Vázquez, K., Samulon, A., Perfecto, I. (2007): Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22, 86-108.
- Basset-Mens, C., Werf, H.M.G. van der (2005). Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105 (2005) 127-144.
- Batjes, N.H. (1996). Total carbon and nitrogen in soil of the world. *European Journal of Soil Science* 47, 151-163.
- Bellamy, P.H., Loveland, P.J., Bradley, R.I., Lark, R.M., Kirk, G. J. D. (2005). Carbon losses from all soils across England and Wales 1978–2003. *Nature* 437, 245-248
- Bellarby, J., Foereid, B., Hastings, A., Smith, P. (2008): *Cool Farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential*, Greenpeace International, Amsterdam (NL). 44 p.
- Bengtsson, J., Ahnström, J. and Weibull, A.-C. (2005): The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42, 261-269.
- Boer, I.J.M., de (2003). Environmental impact assessment of conventional and organic milk production; In: *Livestock Production Science* 80 (2003) 69-77.
- Bos, J.F.F.P., J.J. de Haan en W. Sukkel (2007). *Energieverbruik, broeikasgas emissies en koolstofopslag: de biologische en gangbare landbouw vergeleken*. PPO rapport in druk.
- Bos, J en S. Dekker (2010). *Energieverbruik en broeikasgasemissies in fruitteelt en biologische legpluimveehouderij*. (in press) Bioconnect uitgave. Pp 24
- Boisdon, I, Benoit, M. (2006). Compared energy efficiency of dairy cow and meat sheep farms, in organic and in conventional farming.
- Cederberg, C., Flysjö, A. (2004). Life Cycle inventory of 23 dairy farms in South-Western Sweden. In: 728, S.-r.N. (Ed.). *The Swedish Institute for food and biotechnology*, pp. 1–59.
- Cederberg, C., Mattson, B. (2000). Life cycle assessment of milk production- a comparison of conventional and organic farming. *Journal of Cleaner Production* 8, 49–60.
- Christensen, B.T. and A.E. Johnston (1997). Soil organic matter and soil quality lessons learned from longterm experiments at Askov and Rothamstead. In: *Soil Quality for crop production and ecosystem health*. Pp 399-429.
- Crowder, David W. , Tobin D. Northfield, Michael R. Strand & William E. Snyder (2010). Organic agriculture promotes evenness and natural pest control. *Nature* Vol 466, 1 July 2010.. pp 109-112
- Dekker, S.E.M., I.J.M. de Boer, P.W.G. Groot Koerkamp, I. Vermeij & A.J.A. Aarnink, in prep. Ecological and economic evaluation of egg production systems.

- Dekking, A. (2003). Organische stof verdient meer aandacht. *Ekoland* 12: 18-19.
- Dijk, A.F. van (2001). Life Cycle Assessment van de gangbare en biologische varkenshouderij in Nederland. Afstudeerverslag leerstoelgroep Dierlijke Productie Systemen, Landbouw Universiteit Wageningen.
- Eekeren, N. van (2010). Grassland management, soil biota and ecosystem services in sandy soils. Thesis, Wageningen University, Wageningen, NL (2010). ISBN: 978-90-8585-663-4. 264 pages.
- Foereid, B. and Høgh-Jensen, H. (2004): Carbon sequestration potential of organic agriculture in northern Europe – a modelling approach. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 68, No. 1, p. 13-24
- Freibauer, A., Rounsevell, M.D.A., Smith, P. and Verhagen, J. (2004). Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma* 122: 1 –23
- Gravendijk, L. (2006); Environmental impact assessment of Dutch commercial organic farms.
- Halberg, N., Werf, H.M.G. van der, Basset-Mens, C, Dalgaard, R., Boer, I.J.M. de (2005). Environmental assessment tools for the evaluation and improvement of European livestock production systems. In *Livestock Production Science* 96 (2005) 33-50.
- Haas, G., Wetterich, F., Kopke, U. (2001). Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture Ecosystems & Environment* 83, 43–53.
- Hepperly, P., Douds Jr., D., Seidel, R. (2006): The Rodale farming systems trial 1981 to 2005: long term analysis of organic and conventional maize and soybean cropping systems. In: Long-term field experiments in organic farming. Raupp, J., Pekrun, C., Oltmanns, M., Köpke, U. (eds.). pp 15-32. International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR), Bonn.
- Hepperly, P., Moyer, J., Pimentel, D., Douds Jr, D., Nichols, K. And Seidel, R. (2008) Organic Maize/Soybean Cropping Systems Significantly Sequester Carbon and Reduce Energy Use. In: Neuhoﬀ, D. et al.:(Eds): *Cultivating the Future Based on Science. Volume 2 - Livestock, Socio-economy and Cross disciplinary Research in Organic Agriculture. Proceedings of the Second Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR), held at the 16th IFOAM Organic World Congress in Cooperation with the International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM)and the Consorzio ModenaBio, 18 – 20 June 2008 in Modena, Italy.*
- Hermansen, J.E., Studsholm, K., Horsted, K. (2004). Integration of organic animal production into land use with special reference to swine and poultry. In *Livestock Production Science* 90 (2004) 11-26.
- Janssens, I.A., Freibauer, A., Ciais, P., Smith, P., Nabuurs, G.J., Folberth, G., Schlamadinger, B., Hutjes, R.W.A., Ceulemans, R., Schulze, E.D., Valentini, R. and Dolman A.J. (2003). Europe's Terrestrial Biosphere Absorbs 7 to 12% of European Anthropogenic CO₂ Emissions. *Science* 300, 1538 – 1542
- Janssens, I.A., Freibauer, A., Schlamadinger, B. (2005). The carbon budget of terrestrial ecosystems at country scale. A European case study. *Biogeosciences* 2, 15-27
- Janzen, H.H. (2004). Carbon cycling in earth systems—a soil science perspective. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 104, 399-417.
- Jenkinson, D.S., Rayner, J.H. (1977). The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted Classical Experiments. *Soil Science* 123, 298-305.

- Kotschi, J. (2006). Coping with Climate Change, and the Role of Agrobiodiversity. Conference on International Agricultural Research for Development. Tropentag 2006 University of Bonn. October 11-13, 2006.
- Küstermann, B., Kainz, M., Hülsbergen, K.-J. (2008): Modeling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23, 38-52.
- Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., Stewart, B.A., (Eds.) (1998). *Soil Processes and the Carbon Cycle*. CRC Press, Boca Raton, Boston, 609 pp.
- Lal, R. (2001). World cropland soils as a source or sink for atmospheric carbon. *Advances in Agronomy* 71, 145-191.
- Lal, R., Griffin, M., Apt, J., Grave, L., Morgan, M.G. (2004). Managing soil carbon. *Science* 304, p 393.
- Lal, R. (2004): Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304, 1623-1627.
- Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P. and Naylor, R. L. (2008): Prioritizing Climate Change Adaptation. Needs for Food Security in 2030. *Science* 319: 607 – 610.
- Lotter, D., Seidel, R. & Liebhardt, W. (2003): The Performance of Organic and Conventional Cropping Systems in an Extreme Climate Year. *American Journal of Alternative Agriculture* 18: 146-154
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D, Gunst, L., Fried P. and Niggli, U. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296, p. www.fibl.org 1694-1697.
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Jossi, W., Widmer, F., Oberson, A., Frossard, E., Oehl, F., Wiemken, A., Gattinger, A., Niggli, U. (2006): The DOK experiment (Switzerland). In: Long-term field experiments in organic farming. Raupp, J., Pekrun, C., Oltmanns, M., Köpke, U. (eds.). pp 198. Koester, Bonn.
- Marriott, E.E., Wander, M.M. (2006): Total and labile soil organic matter in organic and conventional farming systems. *Soil Science Society of America Journal* 70, 950-959.
- Milà i Canals, L., S.J. Cowell, S. Sim & L. Basson (2007). Comparing domestic versus imported apples: a focus on energy use. *Environmental Science & Pollution Research* 14: 338-344.
- Milà i Canals, L., G.M. Burnip & S.J. Cowell (2006). Evaluation of the environmental impacts of apple production using Life Cycle Assessment (LCA): Case study in New Zealand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 226-238
- Mombarg H.F.M., A, Kool, W.J. Corre, J.W.A. Langeveld en W. Sukkel. (2004). De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat, eindrapportage. CLM Onderzoek en Advies BV, Plant Research International en Praktijkonderzoek Plant en Omgeving.
- Mondelaers, Koen, Sofie Vergucht, Eline De Backer en Joris Aertsens (2007). De meerwaarde van bio op gebied van kwaliteit en gezondheid, wetenschappelijk onderzoek naar feiten en perceptie. Deel 3: milieuaspecten.
- Nguyen, M.L., Haynes, R.J., & Goh, K.M. (1995). Nutrient Budgets and Status in 3 Pairs of Conventional and Alternative Mixed Cropping Farms in Canterbury, New-Zealand. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 52(2-3), 149-162.

- Niggli, U., Fließbach, A., Schmid, H. and Kasterine, A. (2007): Organic farming and climate change. International Trade Centre UNCTAD/WTO, Geneva, 27 pages.
- Niggli, U., Fließbach, A., Hepperly, P. and Scialabba, N. (2009). Low Greenhouse Gas Agriculture: Mitigation and Adaptation Potential of Sustainable Farming Systems. FAO, April 2009, Rev. 2 – 2009.
- Niggli, U., Hepperly, P., Fließbach, A., and Mäder, P. (2008). Does Organic Farming have Greater Potential to Adapt to Climate Change? In: Neuhoﬀ, D. et al.:(Eds): Cultivating the Future Based on Science. Volume 2 - Livestock, Socio-economy and Cross disciplinary Research in Organic Agriculture. Proceedings of the Second Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR), held at the 16th IFOAM Organic World Congress in Cooperation with the International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) and the Consorzio ModenaBio, 18 – 20 June 2008 in Modena, Italy, 586-589.
- Nijdam, D.S. & H.C. Wilting (2003). Milieudruk consumptie in beeld. Dataverwerking en resultaten. RIVM, Bilthoven.
- Olesen, J.E., Schelde, K., Weiske, A., Weisbjerg, M.R., Asman, W.A.H., Djurhuus, J., (2006): Modelling greenhouse gas emissions from European conventional and organic dairy farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112: 207-222.
- Pimentel, D.; Harvey, C.; Resosudarmo, P.; Sinclair, K.; Kurz, D.; McNair, M.; Crist, S.; Shpritz, L.; Fitton, L.; Saffouri, R. & Blair, R. (1995). Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science*, 267, 1117-1123.
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., Seidel, R. (2005): Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *Bioscience* 55, 573-582.
- Pimentel, D. (2006). Impacts of Organic Farming on the Efficiency of Energy Use in Agriculture. Cornell University Ithaca NY.
- Raaphorst, M. (2008). Ontwikkeling in de energie-efficiëntie in de biologische glasgroententeelt 1998-2008. Wageningen UR glastuinbouw. 2008 5 pp.
- Reganold, J.P.; Elliot, L.F. and Unger, Y.L. (1987). Long-term effects of organic and conventional farming on soil erosion. *Nature* 330, 370-372.
- Rheijneveld, A., J. van Wensem and O. Oenema. (submitted 2009). Trends in soil organic carbon content of Agricultural land in the Netherlands between 1984 and 2004.
- Scialabba, N. and Müller-Lindenlauf, M. (2010). Organic Agriculture and Climate Change. Renewable Agriculture and Food Systems. Requested Review. In print.
- Siegrist, S., Staub, D., Pfiffner, L. and Mäder, P. (1998) Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long-term field study on loess in Switzerland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 69, 253-264.
- Shepherd, M.A., Harrison, R., & Webb, J. (2002). Managing soil organic matter - implications for soil structure on organic farms. *Soil Use and Management*, 18(s1), 284-292.
- Sleutel, S., De Neve, S., Hofman, G., Boeckx, P., Beheydt, D., Van Cleemput, O., Mestdagh, I., Lootens, P., Carlier, L., Van Camp, N., Verbeeck, H., Van De Walle, I., Samson, R., Lust, N., Lemeur, R. (2003). Carbon stock changes and carbon sequestration potential of Flemish cropland soils. *Global Change*

Biology, 9, 1193-1203.

- Sleutel, S., De Neve, S., Hofman, G. (2003). Estimates of carbon stock changes in Belgian cropland. *Soil Use and Management* 19, 166–171.
- Slingerland, S. en P. van der Wielen (2005). Biologische landbouw en koolstofvastlegging. Analyse van de claims van een Amerikaans veldonderzoek. CE, Delft. Publicatienummer 05.3786.03.
- Smith, P., Powlson, D.S., Smith, J.U., Fallon, P., Coleman, K. (2000). Meetings Europe's climate change commitments: quantitative estimates of the potential for carbon mitigation by agriculture. *Global Change Biology* 6, 525-539
- Smith, P. (2004). Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context. *Europ. J. Agronomy* 20 (2004) 229–236
- Smith, P., Andren, O., Karlsson, T., Perala, P., Regina, K., Rounsevell, M., Wesemael, B. (2005). Carbon sequestration potential in European croplands has been overestimated. *Global Change Biology* 11, 2153-2163.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko (2007): Agriculture. In *Climate Change (2007): Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at http://www.mnp.nl/ipcc/pages_media/FAR4docs/final_pdfs_ar4/Chapter08.pdf
- Spruijt-Verkerke, Schoorlemmer, van Woerden, Peppelman, de Visser, Vermeij. (2004). Duurzaamheid van de biologische landbouw. Prestaties op milieu, dierenwelzijn en arbeidsomstandigheden. PPO 328.
- Stadig, M. (1997). Life cycle assessment of apple production: case-studies for Sweden, New Zealand and France. SIK report No. 630, Gothenburg, Sweden, 117 p.
- Stolze, M., A. Pierr, A. Häring and S. Dabbert (2000). The environmental impacts of organic farming in Europe. *Organic farming in Europe*, Volume 6, University of Stuttgart-Hohenheim, Stuttgart.
- Sukkel, W. & A. Garcia Diaz (eds.) (2002). Final report on the VEGINECO project "Integrated and ecological vegetable production, development of sustainable farming systems focusing on high quality production and minimum environmental impact", VEGINECO Project Report No. 1. Wageningen UR Applied Plant research. Pp 88.
- Sukkel, W., Geel, W. van and J.J. de Haan (2008). Carbon sequestration in organic and conventional managed soils in the Netherlands. In: Neuhoff, D. et al.:(Eds): *Cultivating the Future Based on Science. Volume 2 - Livestock, Socio-economy and Cross disciplinary Research in Organic Agriculture. Proceedings of the Second Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR), held at the 16th IFOAM Organic World Congress in Cooperation with the International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) and the Consorzio ModenaBio, 18 – 20 June 2008 in Modena, Italy.*
- Teasdale, J.R., C.B. Coffmann and Ruth W. Magnum (2007): Potential Long-Term Benefits of No-Tillage and Organic Cropping Systems for Grain Production and Soil Improvement. *Agronomy Journal*: 99, 1297-1305.
- Thomassen, M.A., K.J. van Calster, M.C.J. Smits, G.L. Iepema, I.J.M. de Boer (2008). Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricultural Systems* 96 (2008)

- Vellinga, Th .V., A. van den Pol-van Dasselaar and P.J. Kuikman (2002). The impact of grassland ploughing on CO₂ and N₂O emissions in the Netherlands
- Vermeulen, G.D. & J. Mosquera (2008). Soil, crop and emission responses to seasonal controlled traffic in organic vegetable farming on loam soil. *Soil & Tillage Res.* (accepted).
- Vleeshouwers, L.M. & A. Verhagen. (2002) .Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe. *Global Change Biology* 8, 519-530.
- Vringer, K., T. Gerlagh & K. Blok (1997). Het directe en indirecte energiebeslag van Nederlandse huishoudens in 1995 en een vergelijking met huishoudens in 1990. Vakgroep Natuurwetenschap en Samenleving (NW&S) Universiteit Utrecht, Utrecht.
- Wadman W.P., De Haan, S. (1997). Decomposition of organic matter from 36 soils in a long-term pot experiment. *Plant and Soil* 189, 289-301.
- Weiske, A., Vabitsch, A., Olesen, J.E., Schelde, K., Michel, J., Friedrich, R., Kaltschmitt, M., (2006): Mitigation of greenhouse gas emission in European conventional and organic dairy farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112, 221-232.
- Wetterich, F., Haas, G. (2001). Life cycle assessment Allgäu: environmental impact of organic, extensified and intensive grassland farms in southern Germany. In: *Grassland Science in Europe*, Vol.
- Woerden van, S. (2001). Biologische glasgroenteteelt. Rapportage bedrijfseconomische en milieukundige aspecten 1999-2000. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*. Sector Glastuinbouw.
- Williams, A.G., Audsley, E. and Sandars, D.L. (2006). Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Defra project report IS0205.

Interne bronnen:

- PPO bedrijfsregistraties: Interne documentatie van bedrijfsregistraties van praktijkbedrijven uit het project BIOM (1999-2005) en het project Telen met Toekomst (2000-2005), *Praktijkonderzoek Plant en Omgeving*, Lelystad.
- PPO Bedrijfssystemen onderzoek: Interne documentatie van bedrijfsregistraties van PPO-proefbedrijven (1991-2005), *Praktijkonderzoek Plant en Omgeving*, Lelystad.

Het doel van Bioconnect is het verder ontwikkelen en versterken van de biologische landbouwsector door het initiëren en uitvoeren van onderzoeksprojecten. In Bioconnect werken ondernemers (van boer tot winkelvloer) samen met onderwijs- en onderzoeksinstellingen en adviesorganisaties. Dit leidt tot een vraaggestuurde aanpak die uniek is in Europa.



Het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie is financier van de onderzoeksprojecten



Wageningen UR (University & Research centre) en het Louis Bolk Instituut zijn de uitvoerders van het onderzoek. Op dit moment zijn dit voor de biologische landbouwsector ongeveer 140 onderzoeksprojecten.



www.biokennis.nl