

Energieverbruik en broeikasgasemissies in biologische fruitteelt en legpluimveehouderij



WAGENINGENUR
For quality of life



Energieverbruik en broeikasgasemissies in biologische fruitteelt en legpluimveehouderij

Jules Bos¹ & Sanne Dekker²

¹ Plant Research International

² Leerstoelgroep Agrarische Bedrijfstechnologie (AFSG), Postbus 17, 6700 AA Wageningen

© 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 Plant Research International, Business Unit Agrosysteemkunde

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

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

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

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 – 48 05 62
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
Summary	5
1. Inleiding	9
2. Biologische appelteelt	11
2.1 Uitgangspunten	12
2.1.1 Direct energieverbruik: dieselverbruik van teelthandelingen	12
2.1.2 Indirect energieverbruik	13
2.1.3 Directe broeikasgasemissies	15
2.1.4 Indirecte broeikasgasemissies	16
2.1.5 Opbrengsten	16
2.2 Resultaten	17
2.2.1 Energieverbruik per ton	17
2.2.2 Broeikasgasemissies per ton	18
2.3 Discussie	19
3. Biologische legpluimveehouderij	21
3.1 Uitgangspunten	22
3.1.1 Direct energieverbruik	22
3.1.2 Indirect energieverbruik	23
3.1.3 Directe broeikasgasemissies	24
3.1.4 Indirecte broeikasgasemissies	25
3.2 Resultaten	25
3.2.1 Energieverbruik per kg ei	25
3.2.2 Broeikasgasemissies per kg ei	26
3.3 Discussie	26
4. Conclusies	29
Referenties	31
Bijlage I	1 p.

Samenvatting

Duurzaamheid van de productie is voor de biologische landbouw een belangrijke doelstelling en marketinginstrument. Een van de duurzaamheidsaspecten van biologische productie betreft fossiel energieverbruik en broeikasgasemissies. Voor de grotere biologische sectoren (open teelten, melkveehouderij, varkenshouderij) zijn energieverbruik en broeikasgasemissies in de afgelopen jaren al eens berekend. Ook voor enkele kleinere biologische sectoren bestond de behoefte om meer inzicht te hebben in energieverbruik en broeikasgasemissies. Deze studie poogt hierin te voorzien door berekening van energieverbruik en broeikasgasemissies in de biologische appelteelt en de biologische legpluimveehouderij. Het energieverbruik en de emissies van broeikasgassen CO₂, N₂O en CH₄ zijn berekend tot aan het moment dat eindproducten de 'boerderijpoort' verlaten. Bij appels is ook het energieverbruik tijdens gekoelde bewaring meegenomen. Het energieverbruik en de broeikasgasemissies zijn uitgedrukt per eenheid van product (per kg ei en per ton appels).

Biologische appelteelt

Energieverbruik en broeikasgasemissies per ton appel worden mede beïnvloed door min of meer rassespecifieke kenmerken als gemiddeld opbrengstniveau en het aantal bespuitingen dat in een seizoen nodig is. De gevoeligheid van het totale energieverbruik en totale broeikasgasemissies per ton appel voor opbrengstniveaus en aantal bespuitingen is in deze studie onderzocht.

Berekening energieverbruik

Het directe energieverbruik in de appelteelt verwijst naar het energieverbruik tijdens de in de boomgaard uitgevoerde teelthandelingen en de hoeveelheid diesel die daarbij verbruikt wordt. De jaarlijks uitgevoerde teelthandelingen en het bijbehorende dieselverbruik zijn bepaald op basis van normatieve cijfers. Het indirecte energieverbruik verwijst naar energieverbruik buiten het eigenlijke fruitteeltbedrijf, verband houdende met de fabricage en assemblage van machines en tijdens gekoelde bewaring na de appeloogst.

Berekening broeikasgasemissies

Emissies van broeikasgassen in de appelteelt betreffen emissies van CO₂ en N₂O. Directe CO₂-emissie is de emissie die optreedt als gevolg van het dieselverbruik op het fruitteeltbedrijf. Directe lachgasemissies zijn het gevolg van de aanwending van N-houdende meststoffen en de vertering van N-houdende gewasresten in de boomgaard. Parallel aan het indirecte energieverbruik hebben de indirecte broeikasgasemissies betrekking op emissies van CO₂ en N₂O buiten het eigenlijke fruitteeltbedrijf ten behoeve van fabricage en assemblage van machines en tijdens bewaring van appels en daarnaast op omzettingen van uitgespoeld nitraat en vervluchtigde ammoniak in het broeikasgas N₂O.

Resultaten biologische appelteelt

Afhankelijk van het gehanteerde opbrengstniveau bedraagt het energieverbruik van biologische appelproductie 1.2 à 2.1 GJ per ton. Het hoogst berekende energieverbruik geldt bij een bruto opbrengst van 21 ton per ha, het laagst berekende energieverbruik bij een bruto opbrengst van 42 ton per ha. Laatstgenoemde opbrengsten zijn in de biologische appelteelt alleen haalbaar bij gebruikmaking van schurftresistente rassen als Santana en Topaz.

Genoemde cijfers omvatten tevens het energieverbruik tijdens gekoelde bewaring gedurende een periode van vier maanden. Exclusief bewaring bedraagt het energieverbruik 0.7 à 1.5 GJ per ton. Zestig à zeventig procent van het totale energieverbruik inclusief bewaring betreft indirect energieverbruik verband houdende met de fabricage en assemblage van machines en de koeling van appels tijdens de bewaarperiode.

Door derden gemaakte schattingen van het energieverbruik van *gangbare* appelteelt exclusief gekoelde bewaring lopen uiteen van 0.4 - 0.7 GJ per ton in Nieuw-Zeeland tot 0.4 - 2.0 GJ per ton in Europa. Het lagere energieverbruik zoals berekend voor met name *gangbare* appelteelt in Nieuw-Zeeland is voor een belangrijk deel te verklaren vanuit fors hogere hectareopbrengsten. Ook spelen methodologische aspecten mee, zoals het al dan niet meenemen van

de eerste groei-jaren van een boomgaard, met lagere opbrengsten. In onderhavige studie zijn deze groei-jaren expliciet meegenomen.

De emissie van broeikasgassen, inclusief gekoelde bewaring, bedraagt 95 à 170 kg CO₂-equivalenten per ton. Net als bij het energieverbruik zijn emissies per ton lager naarmate opbrengstniveaus hoger zijn. Circa tachtig procent van de broeikasgasemissie is CO₂-gerelateerd. De aanschaf van machines en gekoelde bewaring na oogst zijn goed voor 40-50% van de totale emissie. Exclusief bewaring bedraagt de broeikasgasemissie 65 à 140 kg CO₂-equivalenten per ton.

Energieverbruik en broeikasgasemissies van biologische appelteelt zijn berekend op basis van normatieve kengetallen en gemiddelden. De uitkomsten hebben daardoor eveneens een normatief karakter. Het is aannemelijk dat er in de praktijk een aanzienlijke variatie bestaat tussen bedrijven onderling.

Het energieverbruik en de daaraan gekoppelde broeikasgasemissies verderop in de keten kunnen aanzienlijk hoger zijn dan verbruik en emissies op het fruitteeltbedrijf zelf. Bepalende factoren voor energieverbruik en emissies na verlaten van het fruitteeltbedrijf zijn met name de afstand van het teeltbedrijf tot het eindverkooppunt en het afzetkanaal (bv. lokale boerenmarkt, supermarkt, groenteboer).

Biologische eiproductie

Biologische leghennen in Nederland worden in twee huisvestingssystemen gehouden: grondhuisvesting en volièrehuisvesting. Beide huisvestingssystemen zijn in deze studie meegenomen. Voor de berekening van alle aan eiproductie gerelateerde energieverbruik en broeikasgasemissies is een omvangrijke dataset nodig. Een groot deel van de benodigde data is bijeengebracht op grond van literatuuronderzoek, een ander deel op grond van interviews met voerfabrikanten en pluimveehouders. Er is uitgegaan van niet-grondgebonden biologische pluimveehouderijbedrijven, d.w.z. bedrijven met een buitenuitloop waarbij voerproductie en mestbenutting is uitbesteed aan derden. De berekeningen gaan uit van de jaren 2006 en 2007 en hebben betrekking op vier onderdelen (clusters) van de eiproduktieketen: de opfok van leghennen, de productie van mengvoer, de productie van eieren en de verbindende transporten van grondstoffen en dieren tussen deze clusters. De opfok van leghennen, de productie van mengvoer en de transporten vinden plaats buiten het eigenlijke leghennenbedrijf en gaan dus gepaard met indirect energieverbruik en indirecte broeikasgasemissies.

Berekening energieverbruik

Het directe energieverbruik is het energieverbruik op het eigenlijke leghennenbedrijf (in het eiproduktiecluster). Dit energieverbruik bestaat uit het elektriciteitsverbruik voor regeling van onder andere stalklimaat, verlichting, mestafvoer en verzamelen van eieren. Het indirecte energieverbruik in de legpluimveehouderij is het energieverbruik buiten het eigenlijke leghennenbedrijf in de clusters mengvoer, leghennenopfok en transport. Energieverbruik in het mengvoercluster betreft brandstof- en elektriciteitsverbruik tijdens teelt, drogen en verwerken van mengvoeringrediënten tot complete mengvoeders. Mengvoersamenstelling en herkomst van de ingrediënten is vastgesteld op basis van interviews met twee fabrikanten van biologische pluimveevoeders. Op basis van literatuurgegevens en *expert knowledge* zijn per ingrediënt aannames gedaan ten aanzien van het energieverbruik tijdens en na de teelt (grondbewerkingen, bemesting, gewasbescherming, droging) en met betrekking tot transportmiddelen en -afstanden. Energieverbruik in het cluster transport wordt bepaald door transportafstanden en transportmiddelen van mengvoergrondstoffen, broedeieren, kuikens, strooisel en mest. Indirect energieverbruik voor fabricage van gebouwen, installaties en mestopslag is buiten beschouwing gelaten.

Berekening broeikasgasemissies

De directe broeikasgasemissies bestaan uit emissies van CO₂ wegens het verbruik van elektriciteit op het leghennenbedrijf en van N₂O en CH₄ uit stal, uitloop en mestopslag op het leghennenbedrijf. Indirecte broeikasgasemissies zijn de emissies van CO₂, N₂O en CH₄ die in de clusters mengvoer, leghennenopfok en transport optreden. In het cluster transport betreft dit vooral CO₂ als gevolg van het verbruik van brandstof voor transportbewegingen. In het mengvoercluster gaat het om een mix van CO₂-emissies (brandstofverbruik tijdens teelt van veevoergrondstoffen) en N₂O emissies (bodememissies samenhangend met bemesting van voedergewasteelten en stikstof in gewasresten). In het opfokcluster betreft het eveneens een mix van CO₂-emissies (elektriciteitsverbruik

op het opfokbedrijf) en N₂O-emissies (via emissies van N-verbindingen uit stal, uitloop en mestopslag). Een laatste bron van indirecte broeikasgasemissies betreft vanuit het leghennenbedrijf geëmitteerde NH₃ en NO₃⁻, waarvan een deel na het verlaten van het leghennenbedrijf in de bodem alsnog wordt omgezet in N₂O. Koolstofemissies uit de bodem die het gevolg zijn van landgebruik en/of landgebruikveranderingen zijn buiten beschouwing gelaten.

Resultaten biologische eiproductie

Het energieverbruik van biologische eiproductie bedraagt 20 MJ per kg eieren (20 GJ per ton eieren) en is vooral gerelateerd aan de productie van voer. Teelt en verwerking van mengvoergrondstoffen is verantwoordelijk voor 50% van het totale energieverbruik, transport van mengvoergrondstoffen voor ruim 30%.

De emissie van broeikasgassen bedraagt ca. 2540 gram CO₂-equivalenten per kg biologische eieren (2540 kg CO₂-equivalenten per ton eieren). CO₂-gerelateerde emissies nemen daarvan ongeveer de helft voor hun rekening en N₂O-gerelateerde emissies de andere helft. Circa 85% van de CO₂-emissie 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.

Gegeven de hotspots van energieverbruik en broeikasgasemissies (teelt en verwerking van veevoedergrondstoffen, lachgasemissie via N-emissies op het leghennenbedrijf, transporten van veevoedergrondstoffen), is het voor de individuele leghennenhoudster zaak om de N-emissies op haar bedrijf zoveel mogelijk te reduceren en transportafstanden over land zo laag mogelijk te houden. Ook verhoging van de voerconversie en verlaging van N-excretie op dierniveau dragen bij aan een reductie van energieverbruik en broeikasgasemissies. Dit moet dan wel tot stand kunnen worden gebracht zonder daarbij het welzijn van dieren te veronachtzamen en binnen de regelgeving van de biologische landbouw.

Bij gangbare eiproductie in een batterijsysteem is de broeikasgasemissie per kg ei ruim 10% lager dan bij de in dit rapport doorgerekende biologische systemen, bij een vergelijkbaar energieverbruik. Dat ook het batterijsysteem ecologisch goed scoort houdt verband met de lage voerconversie, een lage ammoniakemissie uit stal en mestopslag en hoge opbrengsten per ha tijdens de teelt van veevoedergrondstoffen.

Algemeen

Op grond van het geringere landbeslag van gangbare landbouw, kan bij gangbare vormen van landbouw in combinatie met de teelt van energiegewassen op het 'uitgespaarde land' een hogere energie-efficiëntie (=lager energieverbruik per eenheid product) worden bereikt dan bij biologische landbouw. Als het gaat om verlaging van energieverbruik en broeikasgasemissies ten gevolge van voedselproductie, dan is de samenstelling van het voedselpakket wellicht een relevanter gegeven dan het gegeven of dit voedsel een gangbare dan wel biologische oorsprong heeft.

Summary

For the organic farming community, sustainability of production is both an important objective as well as marketing instrument. Two such sustainability aspects are fossil energy use and greenhouse gas emissions. Energy use and greenhouse gas emissions for larger organic sectors (arable crops, field grown vegetables, dairy farming, pig production) have been calculated in recent years. Data on energy use and greenhouse gas emissions are lacking for smaller organic sectors. The current study intends to fill this gap by quantifying energy use and greenhouse gas emissions in organic apple and egg production. Energy use and greenhouse gas emissions of CO₂, N₂O and CH₄ are calculated up to the farm gate. Calculations for apple production include cooled storage. Energy use and greenhouse gas emissions are expressed per unit product (per kg egg and per ton apples).

Organic apples

Values for energy use and greenhouse gas emissions per ton apple are to some extent influenced by cultivar specific characteristics such as yield level and required number of sprayings per season. The sensitivity of energy use and greenhouse gas emissions per ton apple for yield level and number of sprayings has been explicitly considered.

Calculation of energy use

Direct energy use in apple production refers to diesel used during field operations in the orchard. The number of field operations carried out annually and the amounts of diesel used during these operations have been calculated on the basis of normative data. Indirect energy use refers to energy use outside the apple farm, for the manufacture and assemblage of machinery and during cold storage after harvest.

Calculation of greenhouse gas emissions

Emissions of greenhouse gas emissions during apple growing refer emissions of CO₂ and N₂O. Direct CO₂ emissions result from the use of diesel on the farm. Direct nitrous oxide emissions result from the application of N containing fertilizers and the digestion of N containing crop residues in the orchard. In parallel to indirect energy use, indirect greenhouse gas emissions refer to emissions of CO₂ en N₂O outside the apple farm during manufacture and assemblage of machines and during post harvest storage of apples, and also to N₂O emissions following conversion of leached nitrate and volatilized ammonia into N₂O.

Results organic apple production

Depending on yield level, energy use in organic apple production varies from 1.2 to 2.1 GJ per ton. The highest calculated energy use applies to a yield level of 21 tons per ha, the lowest to a yield level of 42 tons per ha. The latter yield level is attainable in organic apple production only when using scab resistant cultivars such as Santana and Topaz. Values of energy use given above include energy use of cold storage during four months after harvest. Energy use of organic apple production excluding cold storage is 0.7 – 1.5 GJ per ton. Sixty to seventy percent of total energy use including cold storage is indirect energy use related to the manufacture and assemblage of machinery and the cold storage of apples after harvest.

Others have estimated energy use of *conventional* apple production *excluding cold storage* at 0.4 – 0.7 GJ per ton in New Zealand and 0.4 – 2.0 GJ per ton in Europe. The lower energy use calculated in particular for New Zealand can be explained on the basis of considerably higher yields per ha in New Zealand. Also methodological differences play a role, such as considering the lower yielding establishment years of an orchard or not. In the current study, these establishment years were an integral part of the analysis.

Emissions of greenhouse gases, including cold storage, vary from 95 to 170 kg CO₂ equivalents per ton. Similar to energy use, emissions are lower as yield levels are higher. Approximately 80% of greenhouse gas emissions are CO₂ emissions. Manufacture and assemblage of machinery and cold storage together account for 40-50% of total

greenhouse gas emission. Greenhouse gas emissions excluding cold storage are 65 to 140 kg CO₂ equivalents per ton.

Energy use and greenhouse gas emissions in organic apple production have been calculated using normative data and 'average numbers' and therefore the results are also normative and referring to average situations. In practice a large variation exists among different farms in production practices and therefore likely also in energy use and greenhouse gas emissions. Energy use and greenhouse gas emissions after leaving the farm gate can be considerably higher than energy use and greenhouse gas emissions attached to production of the primary product. Determining factors include the distance between the farm and final selling point and marketing channel (local farmers' market, supermarket, greengrocers' shop).

Organic eggs

In the Netherlands, organic laying hens are kept in free range single-tiered loose housing systems and in free range multi-tiered loose housing systems. This study quantifies energy use and greenhouse gas emissions of organic egg production for both housing systems. Calculation of energy use and greenhouse gas emissions related to egg production requires an extensive dataset. Data have been compiled partly on the basis of literature sources and partly on the basis of interviews with feed companies and poultry farmers. It is assumed that organic laying hen farms are landless, i.e. farms with an outdoor run that do not produce feed and export all poultry manure to other farms. Calculations are based on data from 2006 and 2007 referring to four subsystems (clusters) of the organic egg production chain: the rearing of laying hens, the production of feed ingredients and concentrates, the production of eggs and the transports of goods and animals between these three clusters. The rearing of laying hens, the production of feed ingredients and concentrates and all transports occur outside the actual egg production farm and hence cause indirect energy use and indirect greenhouse gas emissions.

Calculation of energy use

Direct energy use is energy use on the egg production farm (in the egg production cluster). This is mainly electricity use for climate control, lighting, manure disposal and egg collection. Indirect energy use is energy use occurring elsewhere, i.e. outside the actual egg producing farm in the clusters feed, young stock rearing and transport. Energy use in the feed cluster refers to the use of fossil fuels and electricity during the cultivation, drying and processing of raw feed ingredients to complete concentrate feeds. Feed composition and country of origin of feed ingredients have been determined on the basis of interviews with two organic feed companies. Using literature sources and expert knowledge, for each ingredient assumptions have been made regarding energy use during and after cultivation (field operations, nutrient management, crop protection, drying) and regarding transport means and distances. Energy use in the transport cluster is calculated based on transport means and distances of feed ingredients, hatching eggs and chicks, litter and manure. Indirect energy use related to buildings, installations and manure storage facilities is not considered.

Calculation of greenhouse gas emissions

Direct greenhouse gas emissions are emissions of CO₂ caused by electricity use on the laying hen farm and emissions of N₂O and CH₄ from stables, outdoor run and manure storage. Indirect greenhouse gas emissions are emissions of CO₂, N₂O and CH₄ in the young stock, feed and transport clusters. In the transport cluster, this is mainly CO₂ resulting from the use of diesel during transport. Emissions in the feed cluster are a mix of CO₂ (diesel used for field operations in feed crops) and N₂O (emissions resulting from nitrogen applications to the soil in fertilizers and via crop residues). Emissions in the rearing cluster are also a mix of CO₂ (electricity use on the rearing farm) and N₂O (via emissions of N compounds from stable, outdoor run and manure storage). Another source of indirect greenhouse gas emissions is caused by volatilization of NH₃ and leaching of NO₃ from the laying hen farm, part of which is converted to N₂O after leaving the laying hen farm. Soil carbon emissions resulting from land use or land use change have not been considered.

Results organic egg production

Energy use of organic egg production is 20 MJ per kg (20 GJ per ton), a large part of which is related to feed production. Cultivation and processing of feed ingredients accounts for 50% of total energy use, transport of feed ingredients for another 30%. Total greenhouse gas emission is approximately 2540 gram CO₂ equivalents per kg organic eggs (2540 kg CO₂ equivalents per ton). CO₂ emissions account for half of the total emission, N₂O emissions for the other half. About 85% of total CO₂ emissions are caused by production, processing and transporting of feed ingredients. Three quarters of total N₂O emissions are caused by N losses from stable, outdoor run and manure storage, the remaining quarter are related to N losses during cultivation of feed crops.

Given the hotspots of energy use and greenhouse gas emissions (cultivation and processing of feed ingredients, nitrous dioxide emissions resulting from N losses at the laying hen farm, transports of feed ingredients), a organic laying hen farmer should reduce N losses at the farm and transport distances over land. At animal level, increasing feed conversion efficiency and reducing N excretion contribute to reducing energy use en greenhouse gas emissions. However, efficiencies should be increased and losses reduced without compromising animal welfare and within regulations for organic farming.

Conventional egg production in a battery cage system results in a greenhouse gas emission per kg egg that is 10% lower than in organic egg production, at equal energy use. The good score of the battery cage system can be explained by the low feed conversion (high feed conversion efficiency), the low ammonia emission and high yields per ha of feed ingredients.

Final note

Based on the lower land requirement of conventional agriculture relative to organic farming, conventional forms of agriculture combined with cultivation of energy crops on the spared land result in a higher energy efficiency (=lower energy use per unit of product) of food production than organic forms of agriculture. If energy use and greenhouse gas emissions related to food production are to be reduced, choices on food package composition are probably much more relevant than the question whether or not food items are of organic origin.

1. Inleiding

Duurzaamheid van de productie is voor de biologische landbouw een belangrijke doelstelling en marketinginstrument. Een van de duurzaamheidsaspecten van biologische productie betreft fossiel energieverbruik en broeikasgasemissies. Voor de grotere biologische sectoren (melkveehouderij, akkerbouw en vollegrondsgroenten) zijn energieverbruik en broeikasgasemissies enkele jaren geleden al eens berekend (Thomassen *et al.*, 2008; Bos *et al.*, 2007). Meer recent is dit ook voor de biologische varkenshouderij gedaan (Kool *et al.*, 2009). Ook voor enkele kleinere biologische sectoren is er de behoefte om meer inzicht te hebben in energieverbruik en broeikasgasemissies. Deze studie beoogt hieraan tegemoet te komen door berekening van energieverbruik en broeikasgasemissies in de biologische appelteelt en legpluimveehouderij.

Het energieverbruik dat samengaat met de productie van appels of eieren binnen een bedrijf kan worden onderverdeeld in *direct* energieverbruik en *indirect* energieverbruik. Het directe energieverbruik is het verbruik van energie *binnen* de grenzen van het bedrijf. Te denken valt aan het verbruik van diesel door landbouwwerktuigen tijdens bewerkingen of aan het verbruik van elektriciteit voor verwarming of ventilatie. Het indirecte energieverbruik is het energieverbruik dat *buiten* de grenzen van het bedrijf plaatsvindt en nodig is voor de productie van de gebruikte inputs. Te denken valt aan het energieverbruik voor productie van gebouwen, machines, mengvoeders en gewasbeschermingsmiddelen. Eenzelfde onderscheid kan aangebracht worden voor broeikasgasemissies. De *directe* broeikasgasemissies zijn dan de emissies die optreden binnen de grenzen van het appel- of pluimveehouderijbedrijf en de *indirecte* broeikasgasemissies de emissies die daarbuiten optreden. In het laatste geval gaat het om emissies die optreden tijdens het productieproces van de gebruikte inputs en om broeikasgasemissies die optreden na uitspoeling van nitraat of vervluchtiging van ammoniak.

In deze studie zijn het directe en indirecte fossiele energieverbruik en directe en indirecte broeikasgasemissies (CO₂, N₂O en CH₄) berekend tot aan het moment dat producten de 'boerderijpoort' verlaten. Bij appels is ook het energieverbruik tijdens gekoelde bewaring meegenomen.

Energieverbruik en broeikasgasemissies zijn uitgedrukt per eenheid van product (per kg ei en per ton appels). Voor milieuproblemen met een mondiale dimensie is dit een betere maat dan energieverbruik en broeikasgasemissies per ha. Emissies van de broeikasgassen zijn sterk gekoppeld aan de koolstof- en stikstofstromen binnen het bedrijf. Voor kwantificering van broeikasgasemissies is derhalve een kwantificering van aan- en afvoerstromen nodig, inclusief een beschrijving van de belangrijkste processen en stofstromen binnen de bedrijven. Deze beschrijving geschiedt op basis van normatieve kengetallen, geldend voor in de praktijk bestaande bedrijven en de daar toegepaste productiewijzen, -technieken en -methoden. Een beschrijving van gebouwen, werktuigenpark en de daarmee uitgevoerde bewerkingen binnen het bedrijf, inclusief bijbehorend brandstofverbruik, maakt in principe eveneens onderdeel uit van de beschrijving. Bij elke input (bijv. elektriciteit, vaste rundermest, mengvoer, gewasbeschermingsmiddelen, etc.) en van elke proces (bewerkingen, transporten, opslag, droging en/of koeling, etc.) is via literatuuronderzoek en interviews nagegaan welk verbruik van fossiele energie (uitgedrukt in GJ) en welke broeikasgasemissies (kg CO₂-equivalenten) daaraan toegekend moeten worden, rekening houdend met energieverbruik en emissies in de productieketen van de gebruikte inputs. Na vaststelling van maatgevende productieniveaus is vervolgens het totale energieverbruik en de totale broeikasgasemissie per eenheid afgeleverd product (af-boerderij; per kg ei en per ton appel) berekend. Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande gegevens. Indien voor afzonderlijke inputs of processen onvoldoende informatie beschikbaar was om energieverbruik en broeikasgasemissies te kunnen kwantificeren, is uitgegaan van schattingen door ter zake deskundigen.

2. Biologische appelteelt

In Nederland werd er in 2008 volgens CBS-cijfers op 19.390 ha (gangbaar plus biologisch) fruit geteeld, waarvan 9.300 hectare appel en 7.480 ha peer. Ten opzichte van 2007 betekende dit een stijging van ruim 2%. De groei wordt vooral veroorzaakt door een groter areaal peer, terwijl het areaal appel licht is geslonken (-1%). Het areaal biologische appel in 2008 bedroeg 261 ha, ofwel 2.8% van het totale areaal appel. Biologische peer wordt geteeld op 104 ha (1.4%). Van het gangbare plus biologische areaal fruit wordt 84% geteeld op de gespecialiseerde fruitbedrijven. Bedrijven met meer dan 16 ha fruit zijn als 'groot' te kwalificeren, bedrijven met 4-8 ha als 'klein' (naar Bremer, 2009). De belangrijkste gangbaar geteelde appel- en perenrassen in Nederland zijn Elstar en Jonagold respectievelijk Conference en Doyenné du Comice. Het appelras Jonagold en alle perenrassen gelden als moeilijk biologisch te telen. Volgens schattingen uit 2006 bestond het aanbod aan biologische appels voor 50% uit Elstar, 20% uit Jonagold, 6% uit Santana, 5% uit Boskoop en 4% uit Topaz (Koster, 2006). Deze percentages zijn niet meer actueel, omdat er verschuivingen zijn opgetreden in de aandelen van de diverse rassen op grond van marktontwikkelingen en kwaliteitseigenschappen als schurftresistentie en bewaareigenschappen. Anno 2010 is het aandeel van de resistente rassen Santana en Topaz opgelopen tot naar schatting 25%, ten koste van het aandeel van de andere rassen.

De biologische appelteelt is een teelt die gekenmerkt wordt door een breed complex aan ziekten en plagen waartegen een scala aan teeltmaatregelen en bestrijdingsmethoden wordt ingezet (Jansonius *et al.*, 2004). Doordat het gewas jaar in jaar uit op dezelfde plaats staat, kunnen ziekten en plagen zich in principe opbouwen tot een niveau waarbij geen enkele vrucht onbeschadigd van de bomen komt. De beschikbare middelen en methoden kunnen het volledig uitblijven van schade niet voorkomen en, afhankelijk van locatie en het vakmanschap van de teler, worden kleinere of grotere verliezen geleden. Schurft is het meest problematisch en vormt voor veel gangbare telers reden om de omschakeling naar biologisch niet aan te durven. Voor een goede schurftbestrijding zijn veel bespuitingen met zwavelproducten nodig. Deze bespuitingen gaan ten koste van bladkwaliteit en inwendige vruchtkwaliteit en dragen bij aan een probleem als schilverruwing. De omschakeling naar schurftresistente rassen als Santana en Topaz kan veel van deze nadelen aanzienlijk verminderen. Ook bij deze rassen is schurftbestrijding met middelen noodzakelijk om doorbraak van de resistentie te voorkomen, maar de inzet ligt veel lager. Behalve schurft kunnen nog een aantal andere schimmelsoorten (o.a. *Nectria galligena*, veroorzaker van vruchtboomkanker) en insecten (o.a. roze appelluis, diverse soorten rupsen en bladrollers, appelzaagwesp) toeslaan in biologische appelteelten. Een andere grote verliespost is rot tijdens de bewaring. Uitvalspercentages kunnen hoog zijn en lopen bij bewaring tot na maart snel op.

Op grond van het bovenstaande worden energieverbruik en broeikasgasemissies per ton appel mede beïnvloed door min of meer rassespecifieke kenmerken als gemiddeld opbrengstniveau en het aantal bespuitingen dat in een seizoen nodig is. Afhankelijk van weersomstandigheden kan het aantal bespuitingen voor een schurftgevoelig gewas als Elstar oplopen tot 25, terwijl dit voor een minder gevoelig ras als Santana beperkt kan blijven tot 8 per jaar. De gevoeligheid van het totale energieverbruik en totale broeikasgasemissies per ton appel voor opbrengstniveaus en aantal bespuitingen zal worden onderzocht.

In de basisberekeningen wordt uitgegaan van een boomgaard van 1 ha met een plantverband van 3.00 x 1.10 meter, overeenkomend met ca. 3000 fruitbomen. Er is uitgegaan van een gebruiksduur van een aanplant van 15 jaar. De hierna uit te voeren berekeningen zijn merendeels onafhankelijk van de schaal van de fruitteelt, uitgezonderd berekening van het energieverbruik dat samenhangt met de op het bedrijf aanwezige machines. Voor wat betreft dit laatste wordt uitgegaan van een bedrijf van 10 ha.

2.1 Uitgangspunten

2.1.1 Direct energieverbruik: dieserverbruik van teelthandelingen

Het directe energieverbruik in de appelteelt wordt met name bepaald door het aantal in de boomgaard uitgevoerde teelthandelingen per jaar en de machines, brandstof en andere middelen die daarbij gebruikt worden. De jaarlijks uitgevoerde teelthandelingen en de daarbij benodigde machine-inzet zijn bepaald op basis van normatieve cijfers zoals vermeld in KWIN-Fruitteelt 2009-2010 (Heijerman-Pepelman & Roelofs, 2010; Tabel 1).

De arbeidsbehoefte voor biologische appelteelt is ongeveer anderhalf tot twee keer zo groot als bij gangbaar. Teelthandelingen met hogere arbeidsbehoefte bij biologische teelt zijn met name bemesting, onkruidbestrijding, gewasbescherming en kankerbestrijding. Bij enkele van deze teelthandelingen worden trekkeruren ingezet (Tabel 1). De voornaamste teeltbewerkingen waarbij de trekker wordt gebruikt zijn gewasbescherming, maaien en onkruidbestrijding. Verschillen in benodigd aantal trekkeruren tussen biologisch en gangbaar worden veroorzaakt door (Pepelman, 2002):

- *Bemesting*. Bij bemesting zijn meer uren nodig, omdat er organische meststoffen worden gebruikt en de verspreiding daarvan meer uren vergt dan verspreiding van (kunst)meststoffen bij gangbaar.
- *Gewasbescherming*. Benodigde trekkeruren zijn hoger dan gangbaar, doordat er vaker gespoten moet worden omdat de gebruikte middelen (met name spuitzwavel) een kortere werkingsduur hebben dan chemische middelen en sneller van het gewas regenereren.
- *Onkruidbestrijding*. Benodigde arbeidsuren liggen aanzienlijk hoger dan in de gangbare teelt, omdat meer bewerkingen nodig zijn. Er zijn veel verschillende manieren van onkruidbestrijding, zoals schoffelen, mulchen en gebruik van houtsnippers.

Tabel 1. Gemiddelde arbeidsbehoefte en trekkeruren voor een jonge aanplant appel (tot en met het derde groeijaar) en een volwassen aanplant (vanaf het vierde groeijaar) van een standaard biologische appelaanplant van 3000 bomen per ha, enkele rij, plantverband 3 x 1.10 m. Alle cijfers in uren per ha per jaar. Bron: KWIN-Fruitteelt 2009-2010 (Heijerman-Pepelman & Roelofs, 2010).

	Jonge aanplant		Volwassen aanplant	
	Arbeidsuren	Trekkeruren	Arbeidsuren	Trekkeruren
Binden/vastzetten boom	10		20	
Uitbuiigen	12			
Bemesting	1	1	2	2
Onkruidbestrijding	130	30	45	30
Gewasbescherming plus maaien	35	30	35	30
Zomersnoei			20	
Scheuten trekken			8	
Snoeien	20		62	
Groeibeheersing			2	2
Nadunnen	24		100	
Kankerbestrijding	4		30	
Stroken poetsen	12	12	12	12
Waarnemingen	8		10	
Roofmijten uitleggen	8			
Watervoorziening	11.5	24	15.5	24
Oogst	16 ¹	13	16 ¹	25
Totaal	437	110	523	125

¹ *Betreft alleen ureninzet voor voorbereiding en organisatie van oogst.*

Gewasbescherming verdient speciale aandacht, omdat het aantal benodigde bespuitingen per appelras sterk kan verschillen en het een relatief belangrijke dieselvebruikspost is die met verschillende spuitmachines kan worden uitgevoerd. Hier wordt het energieverbruik berekend voor twee varianten van de spuitmachine (conventionele spuit en dubbele tunnelspuit) en twee varianten van de spuitfrequentie (8 en 25 keer per groeiseizoen). De gekozen spuitfrequenties stemmen overeen met frequenties zoals die in de praktijk gevonden kunnen worden bij een schurft-resistent resp. schurftgevoelig appelras.

Het dieselvebruik per bespuiting per ha is een functie van het aantal benodigde trekkeruren en het benodigde trekkervermogen. De dubbele tunnelspuit vraagt om een trekker met een zwaarder vermogen (80 pk) dan de conventionele spuit (60 pk) en per trekkeruur is het dieselvebruik bij inzet van de tunnelspuit dus hoger. Daar staat tegenover dat het benodigd aantal trekkeruren lager is (0.35 uur per ha bij dubbele tunnelspuit en 0.6 uur per ha bij conventionele spuit). Per saldo bedraagt het dieselvebruik per bespuiting per ha bij gebruik van de dubbele tunnelspuit 3.9 liter en bij gebruik van de conventionele spuit 5 liter (pers. med. Jan van de Zande, PRI, Wageningen).

Voor alle overige teeltactiviteiten wordt uitgegaan van een gemiddeld dieselvebruik van 3.25 liter per trekkeruur (Heijerman-Peppelman & Roelofs, 2010). Dit cijfer hoort bij een gebruik van de trekker waarbij gedurende het grootste deel van de gebruikstijd sprake is van een relatief zware belasting, volgend uit de aard van de werkzaamheden waarbij de trekker wordt ingezet (Tabel 1). Opgeteld bedraagt het totale berekende dieselvebruik per jaar per ha boomgaard ca. 360 à 440 liter, afhankelijk van spuitfrequentie en spuittechniek.

Tabel 2. Berekend dieselvebruik in liter per ha per jaar als functie van spuitmethode en spuitfrequentie.

	Conventionele spuit		Dubbele tunnelspuit	
	8	25	8	25
# Bespuitingen per jaar	8	25	8	25
Gewasbescherming	40	116	32	91
Bemesting	6	6	6	6
Onkruidbestrijding	97	97	97	97
Maaien	6	6	6	6
Stroken poetsen	39	39	39	39
Watervoorziening	78	78	78	78
Oogst	73	73	73	73
Totaal	362	438	354	413

2.1.2 Indirect energieverbruik

Het indirecte energieverbruik is het energieverbruik dat buiten het eigenlijke fruitteeltbedrijf optreedt, voor onder meer de productie van gebouwen, machines en gewasbeschermingsmiddelen. Wegens gebrek aan gegevens wordt het energieverbruik van gebouwen, plantmateriaal en kleine materialen (palen, draad, potgrond, etc.) buiten beschouwing gelaten. Naar verwachting is de bijdrage van plantmateriaal en kleine materialen aan het totale energieverbruik gering, alleen al omdat het rekentechnisch moet worden uitgesmeerd over de totale levensduur van de boomgaard. In hoeverre dit ook opgaat voor gebouwen is onbekend.

Machines

Bij aanschaf van machines wordt als het ware een voorraad prestaties of werkeenheden aangeschaft die geleidelijk ten behoeve van de productie wordt ingezet. In de bedrijfseconomische boekhouding wordt daar rekening mee gehouden door deze machines geleidelijk af te schrijven. De kosten van een machine zijn zodoende over de hele gebruiksduur verdeeld. Voor de productie en levering van machines is ook energie nodig. Net als bij bedrijfs-

economische afschrijvingen wordt het indirecte energieverbruik over de gehele gebruiksduur verdeeld. Het indirecte energieverbruik wordt berekend conform Bos et al. (2007) voor bedrijven met open teelten. Daarbij wordt het indirecte energieverbruik berekend en verdeeld over de levensduur van de machine op basis van de gewichten van de ingezette machines, het geschatte aantal draaiuren per ha per jaar en het aantal draaiuren gedurende de levensduur van de machine. Dit laatste cijfer is voor alle machines gelijk gesteld aan 8000 uur. In Bijlage I is een overzicht opgenomen van het op het biologische appelteeltbedrijf aanwezig veronderstelde machinepark, de gewichten van deze machines en het aangenomen aantal draaiuren per ha per jaar. In de praktijk zal de variatie in aanwezige machineparken en het aantal draaiuren per machine groot zijn. Het in deze studie aan machineaanschaf toegerekende energieverbruik moet daarom als indicatief worden beschouwd.

Gewasbeschermingsmiddelen

In de biologische fruitteelt zijn slechts enkele gewasbeschermingsmiddelen toegestaan. Een frequent ingezet fungicide in de biologische appelteelt is spuitzwavel. Spuitzwavel bestaat voor 80% uit zwavel en voor 20% uit gemalen kalksteen. Spuitzwavel is toegestaan in de biologische appelteelt omdat het een niet-synthetisch middel is. De zwaveldosering per bespuiting bedraagt ca. 3 kg per ha (Spruijt-Verkerke *et al.*, 2004). Naast zwavel worden ook wel andere middelen ingezet, soms aangeduid als Gewasbeschermingsmiddelen van Natuurlijke Oorsprong (GNO's). Hiertoe behoren onder andere natuurlijk pyrethra en zepen. Spruijt-Verkerke *et al.* (2004) vermelden een totale jaarlijkse inzet van 51 à 56 kg actieve stof per ha per jaar, voor het overgrote deel bestaande uit spuitzwavel. Sukkel *et al.* (2007) vermelden 82 kg actieve stof per hectare per jaar voor standaard rassen en 49 kg actieve stof per ha per jaar voor schurftresistente rassen zoals Santana. Ook hier bestaat het grootste deel van de actieve stof uit spuitzwavel.

Cijfers voor energieverbruik benodigd voor productie, transport en verpakking van spuitzwavel en andere in de biologische fruitteelt toegepaste gewasbeschermingsmiddelen ontbreken. Bij gebrek daaraan wordt gerekend met het energieverbruik van fosfaatkunstmest (30 MJ per kg P; Brentrup & Pallière, (2008)) dat eveneens wordt gewonnen uit gesteenten, waardoor het energieverbruik mogelijk tot op zekere hoogte vergelijkbaar zal zijn met dat van spuitzwavel.

Energieverbruik opslag en bewaring

Biologische appels vinden langs veel verschillende routes een weg naar de markt (Van der Meulen *et al.*, 2004; Jansonius *et al.*, 2004). De meeste appels worden via diverse groothandels afgezet bij grotere en kleinere supermarktketens en natuurvoedingswinkels in binnen- en buitenland. Een kleiner deel wordt afgezet via verkoop aan huis of op de markt of via groenten- en fruitpakketten. In de praktijk is er een groot aantal afzetkanalen voor appels. Transportafstanden, transportmiddelen en behandelingen die appels onderweg ondergaan hebben een grote invloed op het totale energieverbruik van boom tot bord. Het energieverbruik in de keten na het verlaten van het fruitteeltbedrijf is dan ook niet zelden fors hoger dan het energieverbruik tijdens de teelt zelf (Jones, 2002). In Paragraaf 2.3 wordt hier op teruggekomen.

Een deel van de appeloogst wordt tijdelijk opgeslagen in koelcellen. Het koelen van appels kost energie, mede als functie van het aantal dagen dat appels worden opgeslagen. Het energieverbruik tijdens gekoelde bewaring is in deze studie meegenomen. In de praktijk zal dit energieverbruik meestal buiten het eigenlijke teeltbedrijf plaatsvinden in koelcellen bij tussenhandelaren, soms echter ook op het teeltbedrijf zelf. Hier is aangenomen dat koeling plaatsvindt bij tussenhandelaren; het energieverbruik is dus een indirecte vorm van energieverbruik. In de berekeningen is uitgegaan van een gemiddelde bewaarduur van vier maanden van de hele oogst. In werkelijkheid zal een deel van de oogst een kortere bewaarduur kennen en een ander deel een langere. Kwantitatieve gegevens hierover ontbreken echter en in de praktijk zal de variatie groot zijn. Het al dan niet meenemen van het energieverbruik tijdens bewaring en de plaatsing daarvan in de appelproductieketen binnen of buiten het teeltbedrijf betreft feitelijk arbitraire keuzen, met overigens wel een grote invloed op het aan appels toe te kennen energieverbruik. Verderop wordt hierop teruggekomen.

Uit onderzoek naar energieverbruik tijdens de bewaring op ongeveer 60 fruitbedrijven blijkt een grote variatie in energieverbruik (Van de Geijn & Montsma, ongedateerd). Op sommige bedrijven bedraagt dit minder dan 0.45 kWh per ton per dag, op andere bedrijven is het meer dan 0.85 kWh per ton per dag. Hoe een individueel bedrijf scoort is afhankelijk van technische specificaties en onderhoudsstaat van de koelinstallatie. Als een gemiddelde kan 0.50 kWh per ton per dag worden aangehouden (Van de Geijn & Montsma, ongedateerd). De aangehaalde cijfers zijn gebaseerd op registraties van energieverbruik in de maanden november en december. Voor andere maanden zijn geen energieverbruikscijfers bekend. Voor deze maanden is daarom eveneens gerekend met het gemiddelde van 0.50 kWh per ton per dag. Extra energieverbruik tijdens de inkoopperiode is in bovenstaande cijfers eveneens niet verdisconteerd.

2.1.3 Directe broeikasgasemissies

Directe CO₂-emissie is de emissie die optreedt als gevolg van het dieselvebruik op het fruitteeltbedrijf. Dit dieselverbruik is hierboven berekend. De CO₂-emissie wordt daaruit berekend door te vermenigvuldigen met de CO₂-emissiefactor voor diesel. Deze factor is 74.3 kg CO₂ per GJ verstookte diesel (SenterNovem, 2009).

Lachgas emitteert uit de bodem als gevolg van de in die bodem optredende biologische processen nitrificatie en denitrificatie. Nitrificatie is een aëroob proces waarbij ammonium (NH₄⁺) wordt omgezet in nitraat (NO₃⁻). Lachgas (N₂O) is dan een bijproduct van het nitrificatieproces, met name wanneer het zuurstofgehalte in de bodem laag is. Denitrificatie is een anaëroob proces, waarbij het via nitrificatie gevormde NO₃⁻ wordt omgezet in de gasvormige N-verbindingen N₂O en N₂. De verhouding waarin N₂O en N₂ tijdens het denitrificatieproces worden geproduceerd varieert sterk naar gelang de omstandigheden in de bodem, waaronder zuurstofgehalte, nitraatgehalte, temperatuur en pH.

De absolute omvang van de emissie van lachgas op enig moment (de flux) als gevolg van nitrificatie en denitrificatie hangt af van de gehalten aan minerale N-verbindingen NH₄⁺, NO₃⁻ en NO₂⁻, van de hoeveelheden organische stof, zuurstof en vocht en van de temperatuur. In het algemeen worden de grootste fluxen gevonden als het gehalte aan minerale N-verbindingen hoog is en de bodem nat. Door de vele factoren die een invloed hebben op het ontstaan van lachgas in de bodem, varieert de lachgasemissie sterk in ruimte en tijd. Dit bemoeilijkt eveneens de kwantificering van lachgasemissies uit bodems. Wel is duidelijk dat aan de bodem toegevoegde N een belangrijke rol speelt bij het vrijkomen van lachgas.

Directe lachgasemissies tijdens de teelt van appels zijn het gevolg van de aanwending van N-houdende meststoffen en de vertering van gewasresten. In principe hoeven in volgroeide boomgaarden geen grote hoeveelheden meststoffen te worden aangevoerd, omdat de afvoer van nutriënten middels geoogste appels niet bijster groot is (10-20 kg N, 4-8 kg P₂O₅ en 30-60 kg K₂O per ha per jaar; Bloksma, 2003) en kwantitatief belangrijker nutriëntenstromen in een interne kringloop binnen de boomgaard circuleren, ook al treedt daarbij onderweg voor N en K₂O een gering lekverlies op. Op grond van onder andere de geringe afvoer van nutriënten met product, interne recirculatie binnen de boomgaard en binding van N door vlinderbloemigen in de volgroeide rijstrook, geeft Bloksma (2003) als richtwaarde voor een basisbemesting voor een volgroeide boomgaard met goed ontwikkelde rijstrook 80 kg N per hectare. In pas aangelegde boomgaarden, waarbij zowel bomen als rijstroken nog in opbouw zijn, kunnen in de opbouwfase hogere bemestingsniveaus nodig zijn.

In de biologische fruitteelt zijn veel verschillende meststoffen toegestaan, waaronder vaste en vloeibare dierlijke meststoffen, champost, compost, gedroogde mestkorrels en plantaardige meststoffen als melasse en vinasse. Welke meststoffen in welke hoeveelheden in de praktijk toegepast worden is van veel factoren afhankelijk, waaronder beschikbaarheid, prijs, persoonlijke ervaringen en staat van de boomgaard.

Voor kwantificering van bemestinggerelateerde N₂O-N emissie wordt voor wat betreft de hoogte van de N-bemesting uitgegaan van de richtlijn van Bloksma voor volgroeide boomgaarden (80 kg N per ha) en wordt de gebruikte meststof niet verder gespecificeerd. De gehanteerde N₂O-N emissiefactor is ontleend aan Schils *et al.* (2006) en bedraagt 0.0025 kg N₂O-N per kg toegediende N. Deze emissiefactor geldt bij oppervlakkige toediening van organische meststoffen op grasland. Toediening van 80 kg N in organische meststoffen per ha per jaar resulteert in een emissie van 0.2 kg N₂O-N, per ha per jaar, ofwel 200 gram N₂O-N (315 gram N₂O).

In boomgaarden vrijkomende gewasresten betreffen afgevallen bloemen, vruchten en blad, maaisel van rijstroken (2.0-3.5 ton ds per ha boomgaard) en snoeihout (2-4 ton per ha boomgaard) (Bloksma, 2003). Volgens Bloksma (2003) gaat het daarbij om 40-70 kg N in afgevallen bloemen, vruchten en blad, 50-100 kg N in maaisel en 7-14 kg N in snoeihout. In totaal gaat het dus om ca. 100-185 kg N per ha dat jaarlijks in gewasresten terecht komt. De toegepaste emissiefactor is 0.01 (De Klein *et al.*, 2006), hetgeen inhoudt dat 970 – 1840 gram N₂O-N per ha per jaar uit gewasresten zou emitteren.

2.1.4 Indirecte broeikasgasemissies

Indirecte broeikasgasemissies zijn broeikasgasemissies van CO₂, N₂O en CH₄ die optreden buiten het eigenlijke fruitteeltbedrijf, bijvoorbeeld ten behoeve van fabricage en assemblage van machines en chemische omzettingen van uitgespoeld nitraat en vervluchtigde ammoniak in het broeikasgas N₂O.

Broeikasgasemissies tijdens fabricage en assemblage van machines worden berekend op basis van het energieverbruik daarvan. De emissiefactor voor omrekening van energie (in MJ) naar broeikasgasemissie (in kg CO₂) is 0.069 kg CO₂ per MJ (Schils *et al.*, 2007; Mombarg & Kool, 2004). Uitgangspunt daarbij is dat voor grondstoffen voor machines, assemblage van machines en onderhoud en transport van machines 55% elektriciteit, 30% olie, 5% diesel en 10% aardgas wordt gebruikt.

Stikstofuitspoeling zal wegens gematigde bemestingsniveaus in de fruitteelt niet bijster hoog zijn. Bloksma (2003) schat jaarlijkse uitspoeling op 15-25 kg N per ha voor zandgronden en 10-15 kg N per ha voor kleigronden. In jongere boomgaarden is het risico op uitspoeling wat hoger. Een gedeelte van de uitgespoelde stikstof wordt buiten de grenzen van het bedrijf omgezet in N₂O-N. De bijbehorende emissiefactor geeft aan welk deel van de uitgespoelde N wordt omgezet in N₂O-N. Deze bedraagt 0.025 (Schils *et al.*, 2006). Uitgaande van een uitspoeling van 15 kg N per ha bedraagt de indirecte lachgasemissie als gevolg van nitraatuitspoeling ca. 375 gram N₂O-N.

Bloksma (2003) schat de jaarlijkse ammoniakemissie in een boomgaard op 0-20 kg NH₃-N per ha. Ook hiervan wordt een gedeelte buiten de grenzen van het bedrijf na depositie omgezet in N₂O-N. Een deel van de NH₃-emissie treedt op bij de toediening van meststoffen. Uitgaande van een jaarlijkse gift van 80 kg N per ha als vaste rundermest met standaardgehalten en een ammoniakemissie-% volgens Huijsmans *et al.* (2007) wordt een ammoniakemissie berekend van ca. 10 kg NH₃ per ha, ofwel 8 kg NH₃-N per ha. Eén procent hiervan wordt na depositie elders verondersteld te worden omgezet in N₂O-N (Schils *et al.*, 2006; De Klein *et al.*, 2006). Een ammoniakemissie van 8 kg NH₃-N per ha resulteert indirect dus in een lachgasemissie van 80 gram N₂O-N.

2.1.5 Opbrengsten

Een systematisch overzicht van representatieve 'gemiddelde opbrengsten' in de biologische appelteelt ontbreekt. Peppelman & Groot (2004) hanteren de stelregel dat de opbrengst in de biologische appelteelt gemiddeld de helft lager is dan bij gangbaar. Als die stelregel maatgevend is, gelden bruto opbrengsten als vermeld in Tabel 3, uitgaande van een situatie met beregening.

Tabel 3. *Bruto opbrengsten per ha van enkele appelrassen bij gangbare en biologisch teelt. Biologische opbrengsten zijn berekend door uit te gaan van halvering van de opbrengst ten opzichte van gangbaar, conform Peppelman & Groot (2004).*

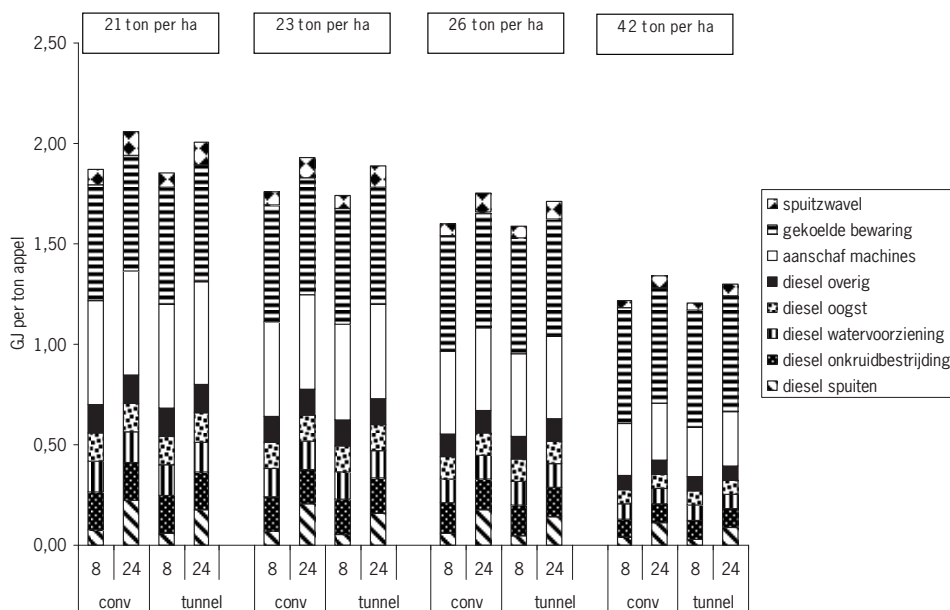
	Elstar		Jonagold		Boskoop	
	gangb.	biol.	gangb.	biol.	gangb.	biol.
1	0	0	0	0	0	0
2	24	12	27	13	21	11
3	36	18	45	22	31	15
4	40	20	48	24	35	17
5	46	23	52	26	38	19
>6	48	24	62	31	57	28
Gemiddeld bij 15 jaar gebruiksduur	42	21	53	26	46	23

Uit onderzoek blijkt dat in de praktijk bij het nemen van bepaalde maatregelen hogere opbrengsten haalbaar zijn dan de gemiddelde 20-25 ton volgens Tabel 3. Bij een 'systeemgerichte benadering' zouden biologische bruto opbrengsten van 42 ton per ha gehaald kunnen worden, waarvan 70% klasse I (Noorduyn, 2005). Belangrijk elementen van de 'systeemgerichte benadering' zijn de teelt van resistente rassen als Santana en Topaz en een strategie die ook verder sterk is gericht op het tegengaan van schurftbesmetting. Hierna wordt ook berekend hoe groot energieverbruik en broeikasgasemissies zijn bij de 'systeemgerichte benadering', dus uitgaande van de teelt van schurftresistente rassen en een bijbehorend opbrengstniveau van 42 ton per ha.

2.2 Resultaten

2.2.1 Energieverbruik per ton

Het energieverbruik per ton appel, berekend op basis van de in de vorige paragrafen vermelde aannames en uitgangspunten, is voor elk van de drie appelrassen in Tabel 3 (met opbrengsten van 21, 23 en 26 ton per ha) plus een 'systeemgerichte variant' (met een opbrengst van 42 ton per ha), spuitfrequenties (8 en 24 keer) en spuitmachine (conventionele spuit *vs.* dubbele tunnelspuit) weergegeven in Figuur 1. Het indirecte energieverbruik bestaat uit elektriciteitsverbruik voor koeling en uit energieverbruik wegens aanschaf en gebruik van machines en inzet van spuitzwavel. Alle andere energieverbruikposten in Figuur 1 hebben betrekking op direct energieverbruik dat verband houdt met dieselvebruik voor de aangegeven teelthandelingen. Het energieverbruik loopt uiteen van 1.2 GJ per ton bij een 'systeemgerichte benadering' tot 1.6 à 2.1 GJ per ton bij de lagere opbrengstniveaus. Exclusief bewaring varieert het energieverbruik tussen de 0.7 GJ per ton bij de systeemgerichte benadering en 1.0 à 1.5 GJ per ton bij de lagere opbrengstniveaus.

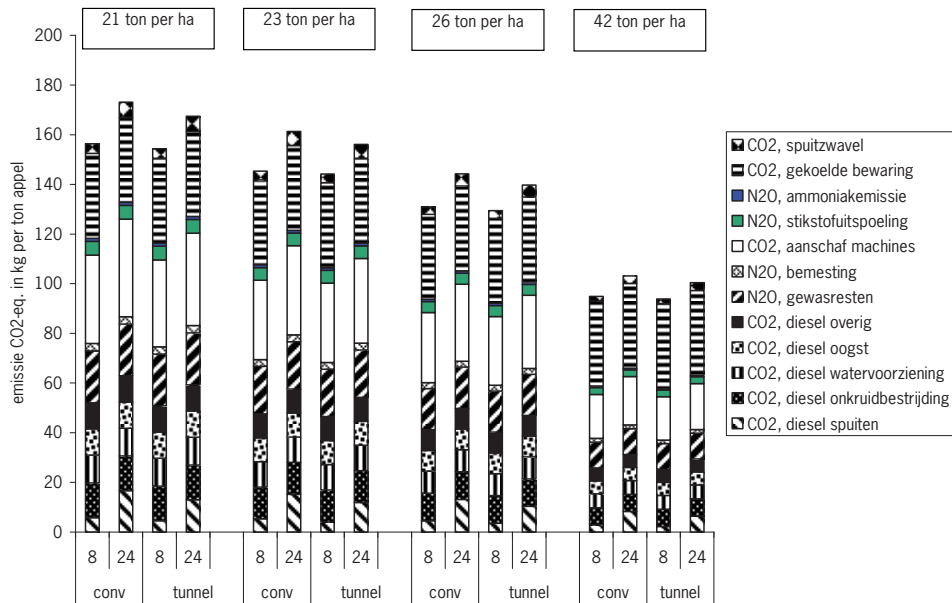


Figuur 1. Indirecte en directe energieverbruik in GJ per ton appel bij verschillende opbrengstniveaus (21, 23, 26 en 42 ton per ha), spuitfrequenties (8 en 24 keer) en spuitmachines (conventionele spuit, dubbele tunnelspuit). Het indirecte energieverbruik betreft energieverbruik voor koeling en wegens aanschaf van machines. Het directe energieverbruik bestaat uit dieselverbruik voor de aangegeven teelthandelingen.

De procentuele bijdrage van het indirecte energieverbruik, inclusief gekoelde bewaring, aan het totale energieverbruik (65%) is groter dan de bijdrage van het directe energieverbruik (35%). Elk van de verschillende teelthandelingen resulteert in een ongeveer gelijke bijdrage aan het totale energieverbruik en er is niet een bepaalde handeling die eruit springt. Betrokken op het totale energieverbruik doet spuitfrequentie er niet heel veel toe: in vergelijking met een spuitfrequentie van acht keer per jaar, leidt 24 keer spuiten tot een toename van het energieverbruik per ton van 'slechts' 10%.

2.2.2 Broeikasgasemissies per ton

De totale emissie van broeikasgassen, uitgedrukt in kg CO₂ equivalenten per ton appel, loopt uiteen van 95 kg CO₂-equivalenten per ton bij de 'systeemgerichte benadering' tot 130 à 170 kg CO₂-equivalenten per ton bij lagere opbrengstniveaus (Figuur 2). Exclusief bewaring varieert de totale emissie van broeikasgassen tussen de 65 kg CO₂-equivalenten per ton bij de 'systeemgerichte benadering' en 100 à 140 kg CO₂-equivalenten bij de lagere opbrengstniveaus. Het overgrote deel van de totale broeikasgasemissie inclusief bewaring is CO₂-gerelateerd (ca. 80%) en de bijdrage van lachgas is navenant gering (ca. 20%). De aanschaf van machines en gekoelde bewaring van appels na oogst zijn samen verantwoordelijk voor 40-50% van de totale emissie. Dieselverbruik voor teelthandelingen veroorzaakt 30-35% van de totale emissie van broeikasgassen.



Figuur 2. Directe en indirecte broeikasgasemissies in CO₂-equivalenten per ton appel bij verschillende opbrengstniveaus (21, 23, 26 en 42 ton per ha), spuitfrequenties (8 en 24 keer) en spuitmachines (conventionele spuit, dubbele tunnelspuit).

2.3 Discussie

Afhankelijk van het gehanteerde opbrengstniveau bedraagt het in deze studie berekende energieverbruik van appelteelt ca. 1.2 tot 2.1 GJ per ton. Dit energieverbruik kan globaal in perspectief worden geplaatst door het te vergelijken met het energieverbruik van andere plantaardige producten of producten van dierlijke oorsprong. Bos *et al.* (2007) berekenden het energieverbruik van onder andere biologische tarwe (2.5 GJ per ton), aardappel (2.2), ui (1.4), prei (1.8) en melk (4.4 – 5.5). Verderop in dit rapport wordt het energieverbruik van biologische eieren berekend op 20 GJ per ton. Op grond van deze cijfers is het berekende energieverbruik van appelteelt qua ordegrrootte vergelijkbaar met dat van andere plantaardige producten en aanzienlijk lager dan dat van dierlijke producten.

Milà i Canals *et al.* (2007) geven, wat zij zelf achten, redelijke schattingen van boven- en ondergrenzen 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), *exclusief gekoelde bewaring*. 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 lager dan het in deze studie voor biologische appelteelt berekende energieverbruik exclusief bewaring. Hoogstwaarschijnlijk zijn de verschillen voor een belangrijk deel te verklaren vanuit de lagere hectareopbrengsten in de biologische appelteelt. Een andere oorzaak 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. In deze studie is dat wel expliciet verdisconteerd.

Milà i Canals *et al.* (2006) pasten levenscyclusanalyse (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. 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. Distributie en opslag werden buiten beschouwing gelaten. 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 (Tabel 3; 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 1^e plus 2^e sortering (Milà i Canals *et al.*, 2006). Dit is aanzienlijk lager dan het energieverbruik per ton Nederlandse *biologische* appels zoals berekend in deze studie (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 (30-40% van het totale energieverbruik). Eveneens afwijkend van onderhavige studie waren op vier van de vijf Nieuw-Zeelandse bedrijven oogstwerkzaamheden de belangrijkste dieselverbruiker. Voor oogst werd in de Nieuw-Zeelandse studie gerekend met 13 tot 40 trekkeruren per ha en 16 tot 50 uren bij gebruik van een hydraulische oogstinstallatie ('hydra-ladder-hours'). In onderhavige studie is voor oogstwerkzaamheden van een volwassen aanplant gerekend met 25 trekkeruren per ha (zie Tabel 1). Dat dit uit KWIN afkomstige Nederlandse cijfer lager is, zal deels te maken hebben met lagere opbrengsten per ha.

Milà i Canals *et al.* (2006) berekenden voor de Nieuw-Zeelandse bedrijven een totale broeikasgasemissie van 40 tot 90 kg CO₂-equivalenten per ton 1^e plus 2^e soort, exclusief bewaring. Net als bij het energieverbruik, is ook dit aanzienlijk lager dan berekend in deze studie (exclusief bewaring 65 kg CO₂-equivalenten per ton bij 'systeemgerichte benadering', 100 à 140 kg CO₂-equivalenten bij lagere opbrengstniveaus). In overeenstemming met onderhavige studie 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% hoger dan in onderhavige studie met een bijdrage van 22-25%. Die hogere bijdrage is deels toe te schrijven aan het gebruik van kunstmest op de Nieuw-Zeelandse gangbare bedrijven, gepaard gaande met emissies tijdens de productiefase van deze kunstmest. Toch kan dit niet de enige verklaring zijn. Helaas vermelden Milà i Canals *et al.* (2006) niet de N₂O-emissiefactoren waarmee ze gerekend hebben, maar die moeten hoger zijn geweest dan de emissiefactoren waarmee in deze studie is gerekend.

In deze studie is gerekend met normatieve kengetallen en gemiddelden, waardoor geen inzicht is verkregen in variaties in ruimte en tijd en tussen bedrijven onderling. In de Nieuw-Zeelandse studie was de variatie in energieverbruik en broeikasgasemissies tussen de vijf bedrijven groot. Oorzaken hiervan waren onder andere verschillende machineparken en verschillende klimatologische omstandigheden, met aanzienlijke effecten op bijvoorbeeld energieverbruik voor irrigatie en nachtvorstbestrijding. Het is aannemelijk dat de grote variatie in energieverbruik per ton zoals berekend voor Nieuw-Zeelandse appelbedrijven ook voor Nederland opgaat.

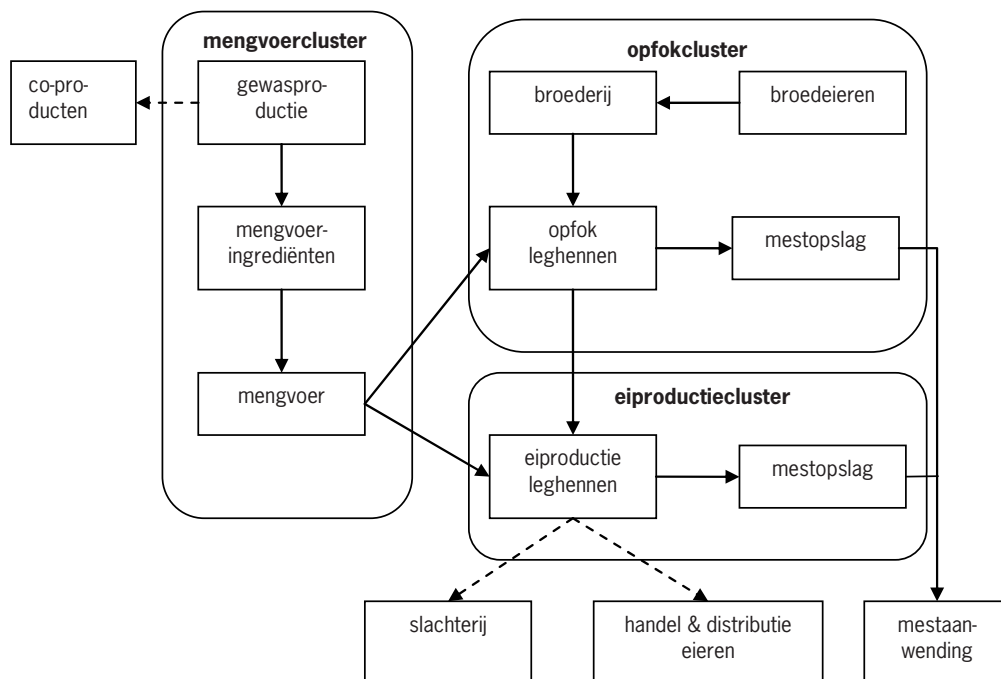
Energieverbruik en broeikasgasemissies tijdens de primaire productiefase op fruitteeltbedrijven kunnen in perspectief worden geplaatst door deze af te zetten tegen energieverbruik en broeikasgasemissies verderop in de keten. De studie van Jones (2002) biedt hiertoe aanknopingspunten. Jones (2002) berekende energieverbruik en broeikasgasemissies van appels *na het verlaten van het fruitteeltbedrijf*, daarbij negen verschillende ketens onderscheidend voor in het Verenigd Koninkrijk afgezette tafelappels. De ketens verschilden onder andere voor wat betreft de oorsprong van de appels (geïmporteerd uit USA/Nieuw-Zeeland, nationale oorsprong, lokale oorsprong, eigen teelt) en eindverkooppunt (supermarkt, groenteboer, boerenmarkt, abonnementensysteem, eigen tuin). Afhankelijk van de doorlopen keten waren minimum en maximum energieverbruik *na het verlaten van het fruitteeltbedrijf* 0 resp. 17.75 GJ per ton. Het minimum heeft betrekking op teelt van appels in eigen tuin, het maximum op import van appels uit Nieuw-Zeeland, distributie daarvan via groothandel en supermarkt en aankoop door een eindgebruiker die een afstand van 8-20 km aflegt met een *sports utility vehicle*. Gemiddeld genomen bedraagt bij aankoop van uit het buitenland geïmporteerde appels met gebruikmaking van de auto het energieverbruik in de keten 3.5 à 6.5 GJ per ton. Bij aankoop van appels van Engelse oorsprong is dit 1.9 à 2.9 GJ per ton. Omdat driekwart van de appels in het Verenigd Koninkrijk wordt geïmporteerd en afgezet via supermarkten, verwacht Jones (2002) dat het eerder waarschijnlijk is dat de hogere verbruikscijfers opgaan dan de lagere. De analyse van Jones (2002) laat zien dat het energieverbruik en de daaraan gekoppelde broeikasgasemissies verderop in de keten meestal aanzienlijk hoger zijn dan verbruik en emissies op het fruitteeltbedrijf zelf. Uitgaande van een energieverbruik van 0.5 GJ per ton op het fruitteeltbedrijf zelf, is het energieverbruik verderop in de keten 1.5 tot 26 keer zo hoog bij in Engeland geteelde appels en tot 35 keer hoger bij geïmporteerde appels.

3. Biologische legpluimveehouderij

Vergeleken met de gangbare leghennensector is de omvang van de biologische leghennensector in Nederland klein, al is deze de laatste jaren sterk gegroeid. In 2002 waren er ca. 65 biologische leghenbedrijven die in totaal ca. 260.000 hennen hielden (Vermeij *et al.*, 2003). Dit was destijds iets minder dan 1% van de totale leghennenstapel in Nederland. Eind 2007 werden ca. 1 miljoen leghennen op biologische wijze gehouden (Bestman, 2008). Biologische pluimveehouders verkopen nagenoeg alle eieren aan pakstations. Slechts een zeer klein deel wordt verkocht via huisverkoop, boerderijwinkel of bezorgdienst. Biologische eieren worden via supermarkketens, natuurvoedingswinkels en biologische markten afgezet als tafelei. Meer dan 75% van de Nederlandse biologische eieren wordt geëxporteerd, waarbij Duitsland veruit de belangrijkste bestemming is.

De hierna volgende berekening van energieverbruik en broeikasgasemissies van biologische eiproduktie is volgens Dekker *et al.* (in prep.) in het kader van een promotieonderzoek waarin economische en ecologische parameters van vijf gangbare en twee biologische legpluimveehouderijsystemen onderling worden vergeleken. Dit rapport beperkt zich daarbij tot het energieverbruik en broeikasgasemissies van de twee biologische systemen.

Voor de berekening van alle aan eiproduktie gerelateerde energieverbruik en broeikasgasemissies is een omvangrijke dataset nodig. Een groot deel van de benodigde data is bijeengebracht op grond van literatuuronderzoek, een ander deel op grond van interviews met voerfabrikanten en pluimveehouders. Er is uitgegaan van niet-grondgebonden biologische pluimveehouderijbedrijven, d.w.z. bedrijven met een uitloop waarbij voerproductie en mestbenutting is uitbesteed aan derden. De berekeningen gaan uit van de jaren 2006 en 2007 en hebben betrekking op vier onderdelen van de eiproduktieketen (Figuur 3): de opfok van leghennen, de productie van mengvoer, de productie van eieren en de verbindende transporten van grondstoffen en dieren tussen deze clusters. De opfok van leghennen, de productie van mengvoer en de transporten vinden plaats buiten het eigenlijke leghennenbedrijf en gaan dus gepaard met indirect energieverbruik en indirecte broeikasgasemissies.



*Figuur 3. Schematisch overzicht van schakels en transportstromen in de eiproduktieketen binnen de clusters mengvoer, leghennenopfok en eiproduktie (naar Dekker *et al.*, in prep). Transportstromen zijn met pijlen aangegeven. Transporten die in deze studie bij de berekening van energieverbruik en broeikasgasemissies niet zijn meegenomen zijn met een gestippelde pijl aangegeven.*

Biologische leghennen in Nederland worden in twee huisvestingssystemen gehouden: grondhuisvesting en volièrehuisvesting. In beide stalsystemen beschikken de legkippen over een buitenuitloop van minimaal 4 m² per dier. Beide huisvestingssystemen worden in deze studie meegenomen. Voor het bedrijf met grondhuisvesting wordt uitgegaan van 8000 leghennen, voor het bedrijf met volièrehuisvesting van 12000 leghennen. Deze aantallen zijn gebaseerd op een volwaardig bedrijf met één voltijdse arbeidskracht. Voor leghennen op bedrijven met grondhuisvesting is aangenomen dat deze zijn opgefokt op bedrijven met eveneens grondhuisvesting. Voor leghennen op bedrijven met volièrehuisvesting wordt dezelfde redering gevolgd.

In de stal met grondhuisvesting bestaat minimaal 1/3 van het oppervlak uit strooiselvloer en maximaal 2/3 uit een verhoogde roostervloer. Een deel van de in de stal geproduceerde mest komt terecht op de strooiselvloer en vermengt zich met het strooisel. Een ander deel van de mest valt door de roosters en wordt opgevangen in een beun onder de roostervloer. Aangenomen is dat 'strooiselmest' en 'beunmest' pas na de productieronde uit de stal worden verwijderd en afgevoerd naar akkerbouwbedrijven in het oosten van Duitsland. In de volièrestal bestaat maximaal 50% van de leefruimte uit strooiselvloer en minimaal 50% van de leefruimte uit roosters in minimaal twee etages. De boven de roosters geproduceerde mest valt door het rooster heen op een mestband. De zogenoemde bandmest wordt middels beluchting gedroogd en eenmaal per week afgevoerd naar de mestopslag op het bedrijf. Als deze opslagplaats 'vol' is, wordt de gedroogde mest afgevoerd naar Nederlandse akkerbouwbedrijven. De in volièrestallen eveneens geproduceerde 'strooiselvoermest' wordt aan het eind van de productieronde afgevoerd naar bedrijven in het oosten van Duitsland.

Leghennen worden op een leeftijd van ca. 17 weken op het bedrijf aangevoerd. De legperiode begint op een leeftijd van 20 weken. Enkele technische kengetallen van de legperiode zijn vermeld in Tabel 4. Deze kengetallen zijn gebaseerd op twintig onder biologische leghennenhouders gehouden interviews en liggen dicht bij kengetallen zoals vermeld in KWIN Veehouderij 06-07. Met uitzondering van het elektriciteitsverbruik, laten deze kengetallen geen verschillen zien tussen de beide stalsystemen.

3.1 Uitgangspunten

3.1.1 Direct energieverbruik

Het directe energieverbruik is het energieverbruik op het eigenlijke leghennenbedrijf, dus in het eiproduciecluster (Figuur 3). Dit energieverbruik bestaat uit het elektriciteitsverbruik voor regeling van onder andere stalklimaat, verlichting, mestafvoer en verzamelen van eieren. Het elektriciteitsverbruik op biologische leghennenbedrijven, uitgedrukt in kWh per dierplaats per jaar, is langs indirecte weg bepaald via het elektriciteitsverbruik in gangbare houderijsystemen, gebruik makend van *expert knowledge*.

Uit de gehouden interviews bleek dat op ca. 60% van de bedrijven met grondhuisvesting niet mechanisch werd geventileerd. Veelal ging het daarbij om oudere en kleinere stallen met een lage bezettingsgraad. Het elektriciteitsverbruik van natuurlijke ventilatie is nul. Om te corrigeren voor stallen met natuurlijke ventilatie is voor een gemiddeld biologisch bedrijf met grondhuisvesting het elektriciteitsverbruik voor ventilatie met 60% gereduceerd ten opzichte van het normcijfer bij mechanische ventilatie. De elektriciteitsverbruikcijfers waarmee is gerekend zijn vermeld in Tabel 5.

Tabel 4. Technische kengetallen van de biologische eiproductieketen (opfok leghennen en eiproductie). De kengetallen zijn gebaseerd op twintig interviews met biologische leghennenhouders.

Kengetal	Eenheid	Eiproductie		Leghennenopfok		
		grondhuisv.	volièrehuis.	grondhuisv.	volièrehuisv.	
<i>Algemeen</i>						
Duur v.e. ronde	dagen	398	398	119	119	
Voederconversie	-	2,6	2,6	-	-	
Dierdichtheid	stal	hennen per m ²	5,6	8,1	9,3	18,9
	uitloop	hennen per m ²	0,25	0,25	1	1
Eigewicht	gram	62,7	62,7	-	-	
<i>Inputs</i>						
Voer	kg per hen per ronde	44,9	44,9	6,6	6,6	
Zand	kg per hen per ronde	0,2	0,2	0,2	0,2	
Stro	kg per hen per ronde	0,4	0,4	0,2	0,2	
Water	l per hen per ronde	77	77	11,5	11,5	
Electriciteit	kWh per hen per ronde	1,5	1,8	0,6	0,6	
Gas	m ³ per hen per ronde	-	-	0,4	0,4	
<i>Outputs</i>						
Eieren	# per hen per ronde	276	276	-	-	
Hennen	# per hen per ronde	0,87	0,87	0,96	0,96	

Tabel 5. Verdeling van elektriciteitsverbruik op jaarbasis in het cluster eiproductie over de verschillende verbruiksposten bij grond- en volièrehuisvesting. Alle cijfers in Wh per dierplaats per jaar.

	Grondhuisvesting	Volièrestal
Verlichting	960	960
Voeding	141	141
Eiervverzameling	113	113
Ventilatie	165	384
Beluchting mest	0	0
Afdraaien mestband	0	27
Totaal	1379	1625

3.1.2 Indirect energieverbruik

Het indirecte energieverbruik in de legpluimveehouderij is het energieverbruik buiten het eigenlijke leghennenbedrijf in de clusters mengvoer, leghennenopfok en transport. Indirect energieverbruik voor fabricage van gebouwen, installaties en mestopslag is buiten beschouwing gelaten. Het gros van het indirecte energieverbruik komt voor rekening van mengvoerproductie. De berekening van dit energieverbruik is complex, want dan moeten specificaties van de teelten van alle afzonderlijke mengvoeringrediënten, al dan niet met buitenlandse oorsprong, en de door deze ingrediënten doorlopen processen tot in detail bekend zijn. Energieverbruik voor mengvoerproductie betreft brandstof- en elektriciteitsverbruik tijdens teelt, drogen, transport en verwerking van mengvoeringrediënten tot complete mengvoerders. Een aantal van de in de mengvoerketen doorlopen processen resulteert in meerdere producten. Bij het persen van soja, bijvoorbeeld, ontstaat niet alleen sojaolie, maar ook sojaschilfers. Het energie-

verbruik van teelt en verwerking van veevoedergrondstoffen wordt aan verschillende producten toegeschreven op grond van de economische waarden van deze producten. Dit wordt prijsallocatie of economische allocatie genoemd.

Mengvoersamenstelling en herkomst van de mengvoeringrediënten is vastgesteld op basis van interviews met twee fabrikanten van biologische pluimveevoeders. De uit de interviews afgeleide gemiddelde samenstelling en herkomst van biologisch legmeel en biologische opfokmeel is weergegeven in Tabel 6. Per ingrediënt zijn aannames gedaan ten aanzien van het energieverbruik tijdens en na de teelt (grondbewerkingen, bemesting, gewasbescherming, droging) en met betrekking tot transportmiddelen en –afstanden. Daarbij is niet alleen gebruik gemaakt van de literatuur, maar zijn ook contactpersonen benaderd met specifieke kennis van landbouwsystemen in een bepaald land. Transportafstanden zijn bepaald met een routeplanner. Voor transporten binnen Nederland is uitgegaan van aanvoer van buitenlandse ingrediënten te Rotterdam en een centraal gelegen locatie van de veevoerfabriek.

Tabel 6. Enkele technische kengetallen voor berekening van energieverbruik voor productie van mengvoergrondstoffen in de eiproductieketen.

Kengetal	Einheid	Mais	Tarwe	Soja-schilfers	Zonnebloem-schilfers	Krijt	
Aandeel in opfokvoer	%	41	40	12	8	-	
Aandeel in leghennenmeel	%	46	31	12	0	11	
Land van oorsprong		Italië	Oekraïne	Brazilië	Oekraïne	Duitsland	
Opbrengst	kg per ha	9700	2500	2000	894	-	
Economische allocatie	%	100	100	74	54	100	
Transport-km's	zeeschip	km	-	6454	9695	6454	-
	binnenvaart	km	90	90	90	90	-
	trein	km	1075	-	-	-	-
	vrachtwagen	km	134	489	234	489	625

Andere transporten in het cluster transport betreffen transporten van broedeieren, kuikens, strooisel en mest. De aangenomen transportafstand van kuikens naar het opfokbedrijf bedraagt 100 km. Strooiselaanvoer is over een afstand van 10 km. De in voliërestallen op de mestband opgevangen mest (ca. 70%) wordt over een afstand van 100 km afgevoerd naar akkerbouwbedrijven in Nederland. De mest die in het strooisel terecht komt (ca. 30% van de mest in voliërestallen, alle mest in stallen met grondhuisvesting) wordt afgevoerd naar akkerbouwbedrijven in het oosten van Duitsland over een afstand van 450 km.

3.1.3 Directe broeikasgasemissies

Relevante (broeikasgas)emissies uit stal, uitloop en mestopslag zijn die van CO₂, NH₃, N₂O, NO_x, NO₃⁻ en CH₄. Daarvan zijn NH₃ en NO₃⁻ op zichzelf geen broeikasgassen, maar toch relevant omdat een deel van de geëmitteerde NH₃ en NO₃⁻ na het verlaten van het leghennenbedrijf in de bodem wordt omgezet in N₂O en dan dus een indirecte broeikasgasemissie vormt (zie aldaar). Alle N-emissies zijn berekend als een vast percentage (zgn. emissiefactoren) van de in mest uitgescheiden hoeveelheid N. De N-excretie in mest is berekend op basis van een N-balans (N in voer – N retentie in kip en ei). Emissiefactoren zijn gebaseerd op de literatuuronderzoek.

Directe broeikasgasemissies bestaan uit emissies van CO₂, N₂O en CH₄ in het eiproductiecluster, dus op het leghennenbedrijf zelf. De op grond van Mosquera *et al.* (2009) en Winkel *et al.* (2009) aangenomen emissiefactoren voor NH₃, CH₄, N₂O en NO_x zijn vermeld in Tabel 7. Bij de berekening van N-emissies uit de uitloop is aangenomen dat alle in de uitloop uitgescheiden N uiteindelijk verloren gaat als hetzij NH₃, N₂O, NO_x, N₂ of NO₃⁻. De hoeveelheid in

de uitloop uitgescheiden mest bedraagt ca. 5% van de totale mestuitscheiding. Het merendeel hiervan wordt direct rondom de stal uitgescheiden, omdat hier het meeste 'kippenverkeer' is.

Tabel 7. Emissiefactoren voor NH_3 , CH_4 en N_2O uit stal, uitloop en mestopslag op leghennenbedrijven en opfokbedrijven. N-gerelateerde emissiefactoren zijn uitgedrukt als percentage van de totale N-excretie per hen per ronde.

Emissie	Eenheid		Eiproductie		Leghennenopfok	
			grondhuisv.	volièrehuisv.	grondhuisv.	volièrehuisv.
NH_3 -N	stal	% van N-excretie	36	12	45	13
	uitloop	% van N-excretie	2	2	0	0
	opslag	% van N-excretie	3	5	2	5
N_2O -N/ NO_x -N	stal	% van N-excretie	1,3	1	1,6	1,1
	uitloop	% van N-excretie	0,1	0,1	0	0
	opslag	% van N-excretie	0,9	1,6	0,8	1,6
CH_4	stal	g per hen per ronde	52,4	40,9	2,3	1,5
	uitloop	g per hen per ronde	1,9	1,9	0,1	0,5
	opslag	g per hen per ronde	4,4	4,4	0,6	0,6

Elektriciteitsverbruik op het leghennenbedrijf resulteert in een directe CO_2 -emissie. De gebruikte emissiefactor per kWh verbruikte elektriciteit is een standaard emissiefactor, passend bij de 'power mix' van in Nederland gebruikte elektriciteit.

3.1.4 Indirecte broeikasgasemissies

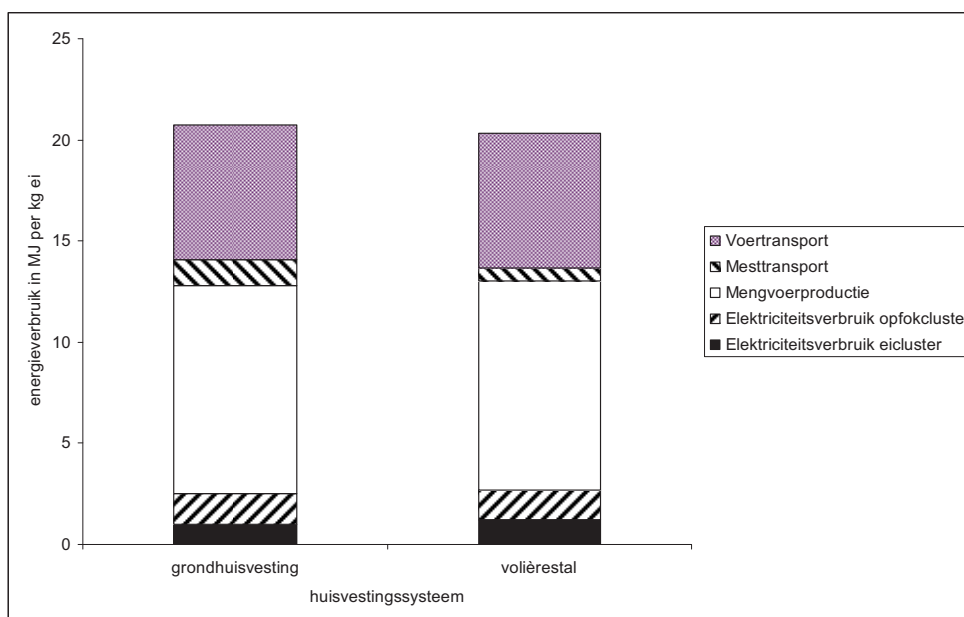
Indirecte broeikasgasemissies zijn de emissies van CO_2 , N_2O en CH_4 die in de clusters mengvoer, leghennenopfok en transport optreden. In het cluster transport betreft dit vooral CO_2 als gevolg van het verbruik van brandstof voor transportbewegingen. In het mengvoercluster gaat het om een mix van CO_2 -emissies (brandstofverbruik tijdens teelt van veevoergrondstoffen) en N_2O emissies (bodememissies samenhangend met bemesting en stikstof in gewasresten). In het opfokcluster betreft het eveneens een mix van CO_2 -emissies (elektriciteitsverbruik op het opfokbedrijf) en N_2O -emissies (via emissies van N-verbindingen uit stal, uitloop en mestopslag). Een laatste bron van indirecte broeikasgasemissies betreft vanuit het leghennenbedrijf geëmitteerde NH_3 en NO_3^- , waarvan een deel na het verlaten van het leghennenbedrijf in de bodem alsnog wordt omgezet in N_2O . Koolstofemissies uit de bodem die het gevolg zijn van landgebruik en/of landgebruikveranderingen (in jargon aangeduid als Land Use and Land Use Change, LULUC) ten behoeve van de teelt van mengvoergrondstoffen zijn buiten beschouwing gelaten. Het vaststellen van deze emissies is een complexe aangelegenheid en elke aangenomen waarde is bij voorbaat behept met een grote onzekerheidsmarge.

3.2 Resultaten

3.2.1 Energieverbruik per kg ei

Figuur 4 geeft de verdeling van het energieverbruik per kg ei over de verschillende clusters voor de twee onderscheiden huisvestingssystemen. Het cluster transport is daarbij uitgesplitst in mestgerelateerde transporten, voergerelateerde transporten en transporten van dieren. Het totale energieverbruik per kg ei bedraagt ruim 20 MJ. Verschillen tussen de beide huisvestingssystemen zijn verwaarloosbaar. Het overgrote deel van het energieverbruik is gerelateerd aan de productie van voer: teelt en verwerking van mengvoergrondstoffen draagt voor 50% bij aan het

energieverbruik en transporten van mengvoergrondstoffen nog eens ruim 30%. Voer-gerelateerd energieverbruik draagt daarmee voor meer dan 80% bij aan het totale energieverbruik.



Figuur 4. Energieverbruik per kg ei verdeeld over de in Figuur 3 onderscheiden eiproductieclusters. Voor het cluster transport is een opsplitsing gemaakt in mestgerelateerde transporten en voergerelateerde transporten. Energieverbruik voor transport van dieren is verwaarloosbaar.

3.2.2 Broeikasgasemissies per kg ei

Figuur 5 geeft een overzicht van emissies per kg ei van CO_2 , N_2O en CH_4 en de verdeling over de drie onderscheiden eiproductieclusters. De totale emissie van broeikasgassen bedraagt ca. 2540 gram CO_2 -equivalenten per kg ei. CO_2 -gerelateerde emissies nemen daarvan ongeveer de helft voor hun rekening en N_2O -gerelateerde emissies ca. 45% (Figuur 5). De bijdrage van methaan is zeer gering. Net als dat we zagen bij het energieverbruik, hangt 85% van CO_2 -gerelateerde emissies samen met productie, verwerking en transporten van veevoedergrondstoffen. Driekwart van de totale lachgasemissies hangt samen met N-verliezen uit stal, uitloop en mestopslag, het resterende kwart met N-verliezen tijdens de teelt van mengvoergrondstoffen. Als emissies van afzonderlijke broeikasgassen bij elkaar worden opgeteld tot CO_2 -equivalenten, dan springen er twee posten uit als 'hotspots'. Dit is de CO_2 -emissie tijdens teelt en verwerking van veevoedergrondstoffen in het mengvoedercluster (28% van de totale emissie) en de N_2O -emissie in het eiproductiecluster (eveneens 28%). Andere relatief grote emissieposten zijn CO_2 -emissies tijdens transporten van veevoedergrondstoffen (15%) en N_2O -emissies tijdens teelt van veevoedergrondstoffen (11%).

3.3 Discussie

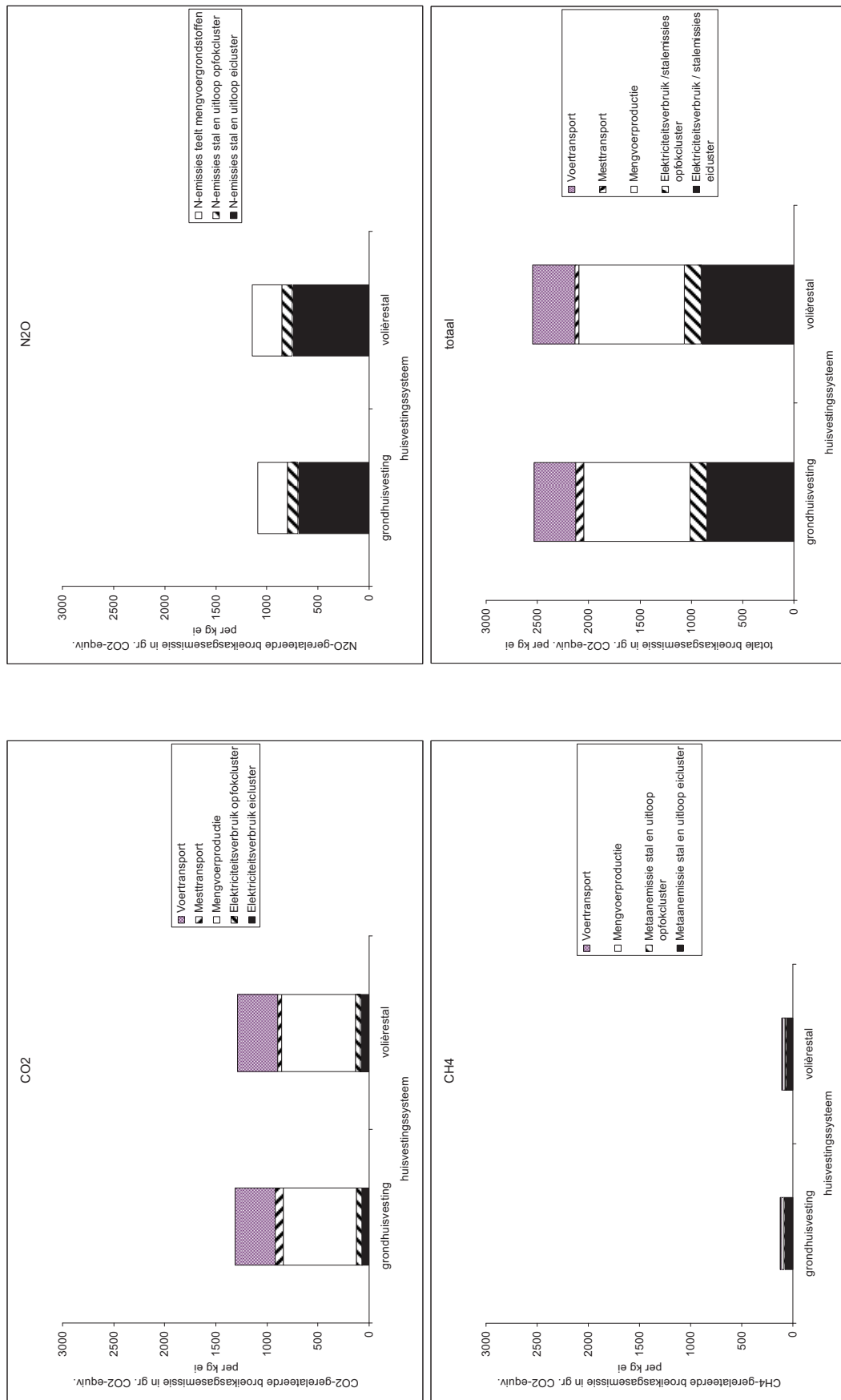
Dekker *et al.* (in prep.) berekenden niet alleen energieverbruik en broeikasgasemissies van biologische ei productie, maar ook van ei productie in diverse gangbare systemen (batterij, scharrel, Freiland, laatstgenoemde eveneens met buitenuitloop). Uit de analyse bleek dat één van de doorgerekende gangbare houderijsystemen een lagere broeikasgasemissie per kg 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, waarbij het verschil in energieverbruik was te verwaarlozen. 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 zelfs 10 à 15%. In de analyse van Dekker *et al.* (in prep.)

kwam ook voor wat betreft andere ecologische aspecten (zoals verzuring, landbeslag, fosfaatbalans) steeds òf het gangbare batterijsysteem òf de biologische systemen als beste uit de bus. Biologisch scoort met name goed vanwege een lage stikstofbemesting en een lagere bewerkingsintensiteit tijdens de teelt van veevoedergrondstoffen. Dat ook het batterijsysteem ecologisch goed scoort houdt verband met de lage voerconversie, een lage ammoniakemissie uit stal en mestopslag en hoge opbrengsten per ha tijdens de teelt van veevoedergrondstoffen.

Er zijn slechts twee andere studies waarin op enigszins vergelijkbare wijze de milieu-impact van de productie van eieren wordt berekend. Eén van deze studies heeft betrekking op gangbare legpluimveehouderij in Nederland (Mollenhorst *et al.*, 2006), de andere op gangbare legpluimveehouderij in Engeland (Williams *et al.*, 2006). Mollenhorst *et al.* (2006) berekenen een energieverbruik van 13.0-13.9 MJ per kg ei en een broeikasgasemissie van ca. 3900 – 4600 gram CO₂-equivalenten per kg ei. Williams *et al.* (2006) berekenen een energieverbruik van ca. 10.8 - 12.3 MJ per kg ei en een broeikasgasemissie van ca. 4190 – 4930 gram CO₂-equivalenten per kg ei. In vergelijking met beide andere studies wordt in onderhavige studie een aanzienlijk lagere broeikasgasemissie (2540 gram) en een aanzienlijk hoger energieverbruik (20.5 MJ) per kg ei berekend. De verschillen hangen goeddeels samen met verschillende systeembegrenzings- en –beschrijvingen. Het hoger berekende energieverbruik vloeit voort uit een opname van een groter aantal ketenonderdelen dat gedetailleerder wordt beschreven, met name in het mengvoercluster en het eiproduciecluster. De lager berekende broeikasgasemissie is mede toe te schrijven aan nieuwe inzichten in N₂O-emissies tijdens de teelt van veevoedergrondstoffen.

Bij vergelijkingen tussen energieverbruik en broeikasgasemissies in gangbare en biologische landbouwsystemen kunnen verschillen in landbeslag tussen beide vormen van productie niet onbesproken blijven (Tuomisto *et al.*, 2009). Er bestaat dan consensus over dat het landbeslag van biologische voedselproductie hoger is dan van gangbare voedselproductie (Deike *et al.*, 2008; Stockdale *et al.*, 2001). Daarmee in overeenstemming vonden Dekker *et al.* (in prep.) dat het landbeslag van biologische eiproduktie twee keer zo groot is als dat van gangbare eiproduktie in een batterijsysteem en 65% hoger dan van gangbare eiproduktie in een Freilandsysteem. Hieruit volgt dat (een deel van) het in de gangbare landbouw uitgespaarde land benut zou kunnen worden voor de productie van bio-energiegewassen (Tuomisto *et al.*, 2009; Corré *et al.*, 2003). In dit verband is vermeldenswaardig dat een (biologisch) akkerbouwbedrijf van 40 ha in de helft van z'n jaarlijkse dieselbehoefte kan voorzien door op 10% van het areaal koolzaad te telen (Halberg *et al.*, 2008). Op grond van het geringere landbeslag van gangbare landbouw, stellen Corré *et al.* (2003) dat een hogere energie-efficiëntie (=lager energieverbruik per eenheid product) in de landbouw niet bereikt wordt via biologische landbouw, maar via gangbare vormen van landbouw in combinatie met de teelt van energiegewassen. Tuomisto *et al.* (2009) komen op basis van een voorbeeldberekening tot een gelijklopende conclusie. Als het gaat om verlaging van energieverbruik en broeikasgasemissies ten gevolge van voedselproductie, dan is de samenstelling van het voedselpakket wellicht een relevanter gegeven dan het gegeven of dit voedsel een gangbare dan wel biologische oorsprong heeft (o.a. Carlsson-Kanyama & González, 2009; Weber & Scott Matthews, 2008; Goodland, 1997).

Door de belangrijkste energieverbruiks- en emissieposten in kaart te brengen ('hotspots'), kunnen aangrijpingspunten voor verbetermogelijkheden worden geïdentificeerd, rekening houdend met de mogelijkheden van de individuele veehouder om de betreffende post te beïnvloeden. Zo zal het voor de gemiddelde veehouder makkelijker zijn om het elektriciteitsverbruik op z'n bedrijf terug te dringen, dan om, zeg, het energieverbruik tijdens de teelt van maïs in Italië terug te dringen. Het elektriciteitsverbruik op het bedrijf zou bijvoorbeeld kunnen worden verlaagd door gebruik te maken van een daglichtstal. Omdat de bijdrage van het elektriciteitsverbruik aan het totale energieverbruik van eiproduktie relatief gering is (Figuur 4), zet dit echter niet veel zoden aan de dijk. Gegeven de hotspots van energieverbruik en broeikasgasemissies (teelt en verwerking van veevoedergrondstoffen, lachgasemissie op het leghennenbedrijf, transporten van veevoedergrondstoffen), is het voor de individuele leghenhouder vooral zaak om de N-emissies op zijn bedrijf zoveel mogelijk te reduceren en transportafstanden over land van met name veevoedergrondstoffen zo laag mogelijk te houden. Daarnaast dragen ook verlaging van voerconversie en N-excretie bij aan een reductie van energieverbruik en broeikasgasemissies. Daarbij geldt wel als randvoorwaarde dat verbeteringen van efficiëncyparameters op dierniveau tot stand zullen moeten worden gebracht zonder het welzijn van dieren te veronachtzamen en binnen de regelgeving van de biologische landbouw. In hoeverre hiertoe praktisch mogelijkheden bestaan valt buiten het bestek van dit rapport.



Figuur 5. CO₂, N₂O en CH₄ gerelateerde broeikasgasemissies in grammen CO₂-equivalenten per kg ei en de verdeling over de in Figuur 3 onderscheiden ei-productieclusters. Voor het cluster transport is een opsplitsing gemaakt in mestgerelateerde transporten en voergerelateerde transporten. Broeikasgasemissies van diertransporten zijn verwaarloosbaar.

4. Conclusies

Fruit

Afhankelijk van opbrengstniveaus bedraagt het energieverbruik van biologische appelproductie 1.2 à 2.1 GJ per ton. Het hoogst berekende energieverbruik geldt bij een bruto opbrengst van 21 ton per ha, het laagst berekende energieverbruik bij een bruto opbrengst van 42 ton per ha. Laatstgenoemde opbrengsten zijn in de biologische appelteelt alleen haalbaar bij gebruikmaking van schurftresistente rassen als Santana en Topaz. Genoemde cijfers omvatten tevens het energieverbruik tijdens gekoelde bewaring gedurende een periode van vier maanden. Exclusief bewaring bedraagt het energieverbruik 0.7 à 1.5 GJ per ton.

Zestig à zeventig procent van het totale energieverbruik inclusief bewaring betreft indirect energieverbruik verband houdende met de fabricage van machines en de koeling van appels tijdens de bewaarperiode.

Door derden gemaakte schattingen van het energieverbruik van *gangbare* appelteelt exclusief gekoelde bewaring lopen uiteen van 0.4 - 0.7 GJ per ton in Nieuw-Zeeland tot 0.4 – 2.0 GJ per ton in Europa. Het lagere energieverbruik zoals berekend voor met name gangbare appelteelt in Nieuw-Zeeland is voor een belangrijk deel te verklaren vanuit fors hogere hectareopbrengsten. Ook spelen methodologische aspecten mee, zoals het al dan niet meenemen van de eerste groei-jaren van een boomgaard, met lagere opbrengsten.

De emissie van broeikasgassen bij biologische appelteelt inclusief gekoelde bewaring bedraagt 95 à 170 kg CO₂-equivalenten per ton. Net als bij het energieverbruik zijn emissies per ton lager naarmate opbrengstniveaus hoger zijn. Circa tachtig procent van de broeikasgasemissie is CO₂-gerelateerd. De aanschaf van machines en bewaring na oogst zijn goed voor 40-50% van de totale emissie. Exclusief bewaring bedraagt de broeikasgasemissie 65 à 140 kg CO₂-equivalenten per ton.

In deze studie is gerekend met normatieve kengetallen en gemiddelden. Het berekende energieverbruik en de berekende broeikasgasemissies hebben dus eveneens een normatief karakter. Het is aannemelijk dat er in de praktijk een aanzienlijke variatie bestaat tussen bedrijven onderling.

Het energieverbruik en de daaraan gekoppelde broeikasgasemissies verderop in de keten kunnen aanzienlijk hoger zijn dan verbruik en emissies op het fruitteeltbedrijf zelf. Bepalende factoren voor energieverbruik en emissies na verlaten van het fruitteeltbedrijf zijn met name de afstand tot het eindverkoop punt en afzetkanaal.

Eieren

Het energieverbruik van biologische eiproduktie bedraagt 20 MJ per kg eieren (20 GJ per ton eieren) en is vooral gerelateerd aan de productie van voer. Teelt en verwerking van mengvoergrondstoffen is verantwoordelijk voor 50% van het totale energieverbruik; transport van mengvoergrondstoffen voor ruim 30%.

De emissie van broeikasgassen bedraagt ca. 2540 gram CO₂-equivalenten per kg biologische eieren (2540 kg CO₂-equivalenten per ton eieren). CO₂-gerelateerde emissies nemen daarvan ongeveer de helft voor hun rekening en N₂O-gerelateerde emissies de andere helft. 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.

Bij gangbare eiproduktie in een batterijsysteem is de broeikasgasemissie per kg ei ruim 10% lager dan bij de in dit rapport doorgerekende biologische systemen, bij een vergelijkbaar energieverbruik. Dat ook het batterijsysteem ecologisch goed scoort houdt verband met de lage voerconversie, een lage ammoniakemissie uit stal en mestopslag en hoge opbrengsten per ha tijdens de teelt van veevoedergrondstoffen.

Gegeven de hotspots van energieverbruik en broeikasgasemissies (teelt en verwerking van veevoedergrondstoffen, lachgasemissie via N-emissies op het leghennenbedrijf, transporten van veevoedergrondstoffen), is het voor de individuele leghennenhouder zaak om de N-emissies op zijn bedrijf zoveel mogelijk te reduceren en transportafstanden over land zo laag mogelijk te houden. Ook verhoging van de voerconversie en verlaging van N-excretie op dierniveau dragen bij aan een reductie van energieverbruik en broeikasgasemissies. Die verhoging moet dan wel tot stand kunnen worden gebracht zonder daarbij het welzijn van dieren te veronachtzamen en binnen de regelgeving van de biologische landbouw.

Algemeen

Op grond van het geringere landbeslag van gangbare landbouw, kan bij gangbare vormen van landbouw in combinatie met de teelt van energiegewassen op het 'uitgespaarde land' een hogere energie-efficiëntie (=lager energieverbruik per eenheid product) worden bereikt dan bij biologische landbouw. Als het gaat om verlaging van energieverbruik en broeikasgasemissies ten gevolge van voedselproductie, dan is de samenstelling van het voedselpakket wellicht een relevanter gegeven dan het gegeven of dit voedsel een gangbare dan wel biologische oorsprong heeft.

Referenties

- Bloksma, J. (Red.), 2003.
Biologische appels en peren. Teeltmaatregelen voor kwaliteitsfruit. Publicatie LF75, Louis Bolk Instituut, Driebergen, 195 p.
- Bos, J., J. de Haan & W. Sukkel, 2007.
Energieverbruik, broeikasgasemissies en koolstofopslag: de biologische en de gangbare landbouw vergeleken. Rapport 140, Plant Research International / Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Wageningen UR, Wageningen, 75 p.
- Bremer, J., 2009.
Fruitteelt: meer bedrijven met peren dan met appels. LEI, Agri-Monitor juli 2009, 3 p.
- Brentrup, F. & C. Pallière, 2008.
GHG emissions and energy efficiency in European nitrogen fertilizer production and use. The International Fertiliser Society, Proceedings 639, York, UK, 27 p.
- Carlsson-Kanyama, A. & A.D. González, 2009.
Potential contributions of food consumption patterns to climate change. American Journal of Clinical Nutrition 89(suppl): 1704S-1709S
- Corré, W., J. Schröder, & J. Verhagen, 2003.
Energy use in conventional and organic farming systems. Proceedings 511, The International Fertiliser Society, York, United Kingdom, 23 p.
- 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.
- Deike, S., B. Pallutt & O. Christen, 2008.
Investigations on the energy efficiency of organic and integrated farming with specific emphasis on pesticide use intensity. European Journal of Agronomy 28: 461–470
- Geijn, F. van de & M. Montsma, ongedateerd.
Energiebesparing fruitteelt. Tips en uitleg om energie te besparen in uw eigen fruitbewaring. Provincie Utrecht / Agrotechnology & Food Sciences Group / LaMi
- Goodland, R., 1997.
Environmental sustainability in agriculture: diet matters. Ecological Economics 23:189–200
- Heijerman-Peppelman, G. & P.F.M.M. Roelofs, 2009.
Kwantitatieve Informatie Fruitteelt 2009/2010. PPO rapport 2009-41, Randwijk.
- Huijsmans, J.F.M., J. Mosquere & J.M.G. Hol, 2007.
Ammoniakemissie bij het uitrijden van vaste mest. Deskstudie. Rapport 155, Plant Research International, Wageningen, 20 p.
- Jansonius, P.J., M. Zanen & J. Bloksma, 2004.
Kwaliteit van biologisch geteelde appels in de keten. Resultaten van monitoring en ketengesprekken binnen project 'Appels van Stand'. Louis Bolk Insituut, Driebergen, 34 p.
- Jones, A., 2002.
An environmental assessment of food supply chains: a case study on dessert apples. Environmental Management 30: 560-576.
- Klein, C. de, R.S.A. Novoa, S. Ogle, K.A. Smith, P. Rochette, & T.C. Wirth, 2006.
N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. Chapter 11 of 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 53 p.
- Kool, A., H. Blonk, T. Ponsioen, W. Sukkel, H. Vermeer, J. de Vries & R. Hoste, 2009.
Carbon footprints of conventional and organic pork. Assessment of typical production systems in the Netherlands, Denmark, England and Germany. Blonk Milieu Advies / Wageningen UR, Gouda, 62 p.
- Koster, P., 2006.
Elstar en Topaz populairste rassen in biologische fruitteelt. Fruitteelt 96 (18): 15
- Meulen, H.S. van der, P.J. Jansonius, L. Jonker, W. van Teeffelen & M. Zanen, 2004.
Ketenstijlen in de biologische appelsector. Publicatie LF77, Louis Bolk Instituut, Driebergen, 15 p.

- 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
- Mollenhorst, H., Berentsen, P.B.M., De Boer, I.J.M., 2006.
On-farm quantification of sustainability indicators: an application to egg production systems. *British Poultry Science* 47, 405 - 417
- Mombarg, H. & A. Kool, 2004.
Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat. Eindrapport, Plant Research International, 52 p.
- Mosquera, J., A. Winkel, F. Dousma, E. Lovink, N.W.M. Ogink & A.J.A. Aarnink, 2009.
Fijnstofemissie uit stallen: leghennen in scharrelhuisvesting. Rapport 279, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, 20 p.
- Noorduyn, L., 2005.
Hoge appelproductie bij systeembenadering. *Biologischonderzoekbericht* 22, Wageningen UR, Wageningen, p. 1
- Peppelman, G., 2002.
Analyse arbeidsknelpunten biologische fruitteelt. PPO rapport 2002-7, 40 p.
- Peppelman, G. & M.J. Groot, 2004.
Kwantitatieve Informatie voor de fruitteelt 2003-2004. PPO rapport 611, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad, 153 p.
- Schils, R.L.M., M.H.A. de Haan, J.G.A. Hemmer, A. van den Pol-van Dasselaar, J.A. de Boer, A.G. Evers, G. Holshof, J.C. van Middelkoop & R.L.G. Zom, 2007.
DairyWise, a whole-farm model. *Journal of Dairy Science* 90: 5334-5346
- Schils, R.L.M., D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek, J.A. de Boer, A.G. Evers & M.H. de Haan, 2006.
Broeikasgasmodule BBPR. Praktijkrapport Rundvee 90, Alterra rapport 1268, RIVM rapport 680.125.006, Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek, Wageningen UR, Lelystad, 50 p.
- SenterNovem, 2009.
Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO₂-emissiefactoren, versie december 2009. SenterNovem, 14 p.
- Spruijt-Verkerke, J., H. Schoorlemmer, S. van Woerden, G. Peppelman, M. de Visser & I. Vermeij, 2004.
Duurzaamheid van de biologische landbouw. Prestaties op milieu, dierenwelzijn en arbeidsomstandigheden. PPO rapport 328, Wageningen UR, Wageningen, 118 p.
- 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.
- Stockdale, E.A., N.H. Lampkin, M. Hovi, R. Keatinge, E.K.M. Lennartsson, D.W. MacDonald, S. Padel, F.H. Tattersall, M.S. Wolfe & C.A. Watson, 2001.
Agronomic and environmental implications of organic farming systems. *Advances in Agronomy* 70: 261-327
- Sukkel, W., J. Spruijt, G. Peppelman & I. Vermeij, 2007.
Verantwoorde en communiceerbare argumenten bij biologische producten: milieueffecten. PPO rapport 362, Wageningen UR, Wageningen, 76 p.
- 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. *Agricultural Systems* 96: 95-107
- Tuomisto, H.L., I.D. Hodge, P. Riordan & D.W. MacDonald, 2009.
Assessing the environmental impacts of contrasting farming systems. *Aspects of Applied Biology* 93: 167-172
- Vermeij, I., J. Enting & T.G.C.M. Fiks-van Niekerk, 2003.
Kostprijs biologische eieren 2002. Praktijkrapport Pluimvee 4, Praktijkonderzoek Veehouderij, Wageningen UR, 25 p.

Weber, C.L. & H. Scott Matthews, 2008.

Food-miles and the relative climate impacts of food choices in the United States. *Environmental Sciences and Technology* 42: 3508-3513

Williams, A.G., Audsley, E., Sandars, D.L., 2006.

Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main Report Defra Research Project ISO205, Bedford: Cranfield University and Defra.

Winkel, A., J. Mosquera, J.M.G. Hol, G.M. Nijeboer, N.W.M. Ogink & A.J.A. Aarnink, 2009.

Fijnstofemissie uit stallen: leghennen in volièrehuisvesting. Rapport 278, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, 20 p.

Bijlage I

Aanwezig verondersteld machinepark en installaties op biologische appelbedrijf met bijbehorende gewichten, draaiuren per ha per jaar en het op basis daarvan berekende energieverbruik per ha per jaar. Energieverbruikscijfers per kg machine zijn afhankelijk van het type machine en berekend volgens Mombarg & Kool (2004).

Machine/installatie	Gewicht	Energieverbruik per kg	Draaiuren per ha per jaar	Maximum draaiuren
	kg	MJ*kg ⁻¹	uur*ha ⁻¹	uur
Smalspoortrekker 4-wiel, 60-70kW	4300	176.8	50-60	8000
Smalspoortrekker 2-wiel, 50-60kW	3000	206.3	50	8000
Vaste mestverspreider	2000	163.4	2	8000
Zwenkschoffel/rotorschoffel	250	139.1	30	8000
Dwarsstroomsput	500	163.4	5-14	8000
Dubbele tunnelsput	1000	163.4	3-8	8000
Wortelsnijder	100	139.1	2	8000
Versnipperaar	200	139.1	12	8000
Strokenmaaier	250	163.4	2	8000
Strokenpoetser	50	139.1	12	8000
Sorteerder	750	139.1	80	8000
Pluktrein, 5 wagons	500	139.1	25	8000

