

Milieukundige vergelijking van vleesvervangers



Roline Broekema

Hans Blonk

Met medewerking van: Carmen Alvarado en Sander Hegger van Pré Consultants

Juni 2009

DI.0

DI.0

Blonk Milieu Advies BV

Kattensingel 3

2801 CA Gouda

Telefoon: 0182 579970

Email: info@blonkmilieuadvies.nl

Internet: www.blonkmilieuadvies.nl

Blonk Milieu Advies heeft dit onderzoek uitgevoerd in opdracht van de Consumentenbond.

Blonk Milieu Advies ondersteunt bedrijfsleven, overheden en maatschappelijke organisaties in hun streven naar duurzaamheid in de agro- en foodketen. Onafhankelijk onderzoek vormt de basis van waaruit we helder en toegesneden advies geven. Voor meer informatie zie www.blonkmilieuadvies.nl

Milieukundige vergelijking van vleesvervangers

Roline Broekema

Hans Blonk

Juni 2009

Inhoud

1. Inleiding en doel.....	1
1.1 Inleiding.....	1
1.2 Doel.....	1
1.3 Opbouw van de rapportage.....	1
2. Aanpak en uitgangspunten.....	2
2.1 Wat is een goede vleesvervanger?.....	2
2.2 Twaalf vleesvervangers.....	2
2.3 Functionele eenheid ¹⁾	2
2.4 Dataverzameling.....	2
2.5 Systeemafbakening.....	2
2.6 Allocatie.....	2
2.7 Selectie van milieu-indicatoren.....	3
2.8 Berekening van het resultaat met Simapro.....	3
3. Resultaten.....	5
3.1 Broeikasewffect.....	5
3.1.1 Broeikasewffect, zonder rekening te houden met LULUC.....	5
3.1.2 Broeikasewffect, rekening houdend met LULUC.....	6
3.2 Fossiel energiegebruik.....	6
3.3 Ruimtebeslag.....	7
3.4 Gewogen score met ReCiPe-methode.....	8
3.5 Broeikasewffect ingrediënten.....	9
3.6 Broeikasewffect per ton eiwit.....	11
4. Conclusie.....	13
4.1 Conclusie vleesvervangers per milieuthema.....	13
4.1.1 Broeikasewffect.....	13
4.1.2 Fossiel energiegebruik.....	13
4.1.3 Ruimtebeslag.....	13
4.1.4 ReCiPe-score.....	13
4.1.5 Broeikasewffect ingrediënten.....	14
4.1.6 Broeikasewffect per ton eiwit.....	14
4.2 Onzekerheden in resultaten en aanbevolen presentatie.....	14
5. Referenties.....	17
6. Bijlagen.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

1. Inleiding en doel

1.1 Inleiding

De Consumentenbond wil de duurzaamheidsaspecten van een aantal vleesvervangende producten in beeld brengen ten behoeve van een artikel in de Consumentengids. Met dit onderzoek wordt voortgebouwd op eerder onderzoek dat in 2008 door Blonk Milieu Advies voor VROM is uitgevoerd ('milieueffecten vervangingsstrategieën voor de consumptie van vlees en zuivel'). Het betreft kant-en-klare vleesvervangers in tegenstelling tot eerdere studies waarin alleen de hoofdbestanddelen van de vleesvervangende producten zijn onderzocht.

Veel vleesvervangers bestaan uit een groot aantal grondstoffen van plantaardige, maar ten dele ook van dierlijke oorsprong. Veel voorkomende grondstoffen zijn soja-eiwit, sojabonen, kippenei-eiwit, tarwe-eiwit, melkeiwit, en plantaardige oliën.

In één of enkele processtappen worden vervolgens de receptuur en de textuur van de vleesvervangers gerealiseerd. Het milieueffect van de productie van de grondstoffen heeft bij veel vleesvervangers een dominant effect op de uitkomsten. Bij een aantal vleesvervangers is ook de processing belangrijk voor de milieueffectscore.

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is het milieueffect van 12 kant-en-klare vleesvervangers in kaart te brengen. De uitkomsten zullen worden verwerkt in een publicatie in de Consumentengids.

1.3 Opbouw van de rapportage

In deze rapportage komen achtereenvolgens de aanpak en uitgangspunten, de resultaten, de conclusie en de bijlagen aan bod. In hoofdstuk 2 zal worden ingegaan op de verschillende vleesvervangers en de aanpak van deze studie waaronder de functionele eenheid en de systeemaftakening. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van deze studie gepresenteerd. Hoofdstuk vier bevat de conclusie per milieu-indicator en gaat in op de onzekerheden in de resultaten. Ook wordt hier ingegaan op de aanbevolen manier van presenteren van de resultaten. In de bijlage wordt dieper ingegaan op de modellering en de kwantificering van de milieu-ingrepen.

2. Aanpak en uitgangspunten

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het begrip vleesvervanger, de selectie van de 12 vleesvervangers en de selectie en berekening van de milieueffecten. Achtereenvolgens zullen de functionele eenheid, de dataverzameling, systeemaafbakening, de allocatiemethode, de selectie van de milieu-indicatoren en de berekening besproken worden.

2.1 Wat is een goede vleesvervanger?

Nutritioneel gezien is vlees voor de mens een bron van eiwitten, ijzer, zink en vitamine B12 (naast andere vitamines). De voedingsnormen van de Gezondheidsraad bevelen aan dat een mens per dag 0,8 gram eiwit per kilogram lichaamsgewicht consumeert. Uitgaande van een gemiddeld lichaamsgewicht van 70 kilogram, komt dit neer op een eiwitinname van 56 gram per dag. Voor vegetariërs is de behoefte iets hoger vanwege de lagere eiwitkwaliteit in plantaardige producten. Wanneer de dagelijks aanbevolen eiwitinname wordt vermenigvuldigd met de geldende factor (1.2) komt dat neer op een eiwitinname van 67,2 gram per dag. Uit voedselconsumptiepeilingen blijkt dat de inname van eiwit in Nederland gemiddeld 80 gram per dag is. Dat betekent dat er in Nederland ruim voldoende eiwit wordt geconsumeerd (Gezondheidsraad, 2001). In veel vleesvervangers is eiwit ook een groot bestanddeel. Naast vleesvervangers zijn ook peulvruchten, noten, zaden, volkoren granen en groenten een goede bron van eiwitten. Ijzer komt in twee vormen voor in voeding: haem-ijzer, met name aanwezig in vlees en nonhaem-ijzer, met name aanwezig in plantaardige producten. De haemvorm wordt beter opgenomen door het lichaam. Vandaar dat de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid ijzer voor vegetariërs 1,5 keer hoger ligt (www.vegetariers.nl). Ijzer, zink (in mindere mate) en vitamine B12 zijn ook vaak onderdeel van vleesvervangers. Naast vleesvervangers zijn ook producten zoals volkoren graanproducten, peulvruchten, noten, eieren, gedroogde vruchten en donkere bladgroenten een bron van ijzer. De meeste B-vitamines zijn te vinden in volkoren graanproducten zoals bruine rijst en volkoren brood, maar ook in melkproducten, kaas en eieren. Naast vlees en vleesvervangers, zijn ook volkoren producten, zuivelproducten, peulvruchten, noten en donkergroene bladgroenten een bron van zink (www.voedingscentrum.nl). Nutritioneel gezien, zou je dus kunnen zeggen dat vlees niet vervangen hoeft te worden omdat de voor ons waardevolle nutriënten ook uit andere producten gehaald kunnen worden. Bovendien bevatten niet alle vleesvervangers al deze waardevolle nutriënten of bevatten ze deze nutriënten in een afwijkende verhouding (zoals voorgeschreven als ideaal door de FAO) (www.vegetarisme.be).

Toch hebben vleesvervangers een aantal voordelen ten opzichte van vlees. Hoewel veel vleesvervangers evenveel vet bevatten als vlees, bevatten zij vaak minder verzadigde vetzuren. Bovendien bevatten vleesvervangers ook voedingsvezels (www.vegetarisme.be).

Velen van ons zijn opgegroeid met de gedachte dat een gezonde voeding onder andere bestaat uit een diner van aardappels, vlees en groente. Het is dan ook psychologisch gezien vaak niet eenvoudig om de lege plek op het bord op te vullen. Ook leert men niet van de ene op de andere dag een andere manier van koken, waarbij men bewust kookt volgens de vegetarische schijf van vijf (www.vegetariers.nl). Een vleesvervanger, met de geur, kleur, bite en smaak van vlees is daarom vaak een welkome oplossing.

2.2 Twaalf vleesvervangers

Op basis van marktverkenning zijn in overleg met de Consumentenbond de volgende 12 vleesvervangers geselecteerd:

- 1) Vivera, vega groenteschijf
- 2) Healthy Planet, gehakt

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 3) Provamel, tofu | 8) Albert Heijn, tofu |
| 4) Goodbite, rookworst | 9) Quorn, fijnggehakt haché |
| 5) Albert Heijn, biologische groenteburger | 10) Valess, Milner 30+ |
| 6) Albert Heijn, Tivall, gegrilde stukjes | 11) Alpro Soya, gepaneerde filets |
| 7) Albert Heijn, Tivall, groenteballetjes | 12) Soto, mediterane balletjes |

2.3 Functionele eenheid ¹

Bij de uitvoering van een LCA is het belangrijk om de functionele eenheid eenvoudig te definiëren. In deze studie is gekozen voor een ton verpakte vleesvervanger zoals die wordt afgeleverd in de supermarkt. Uitval in de supermarkt is niet meegenomen en ook de consumptiefase blijft buiten beschouwing. We gaan er daarbij vanuit dat er milieukundig en functioneel geen significante verschillen optreden.

2.4 Dataverzameling

Op basis van de etiketinformatie op de verpakkingen van de 12 vleesvervangers is een lijst met ingrediënten samengesteld, die zo'n 80 verschillende ingrediënten telde. Vervolgens zijn de fabrikanten benaderd met de vraag om een procesbeschrijving van de productie van hun vleesvervanger(s). In de brief werd om de volgende informatie gevraagd:

- De basisingrediënten die ingevoerd worden in het proces.
- De samenstelling van 100g van het product in grammen per ingrediënt.
- Het energiegebruik tijdens dit proces (gas, water, elektriciteit, brandstof, enz).
- De grondstoffen en hoeveelheden daarvan, die aan de basisingrediënten worden toegevoegd.
- De afvalstoffen/ bijproducten en hoeveelheden daarvan.
- Het waterverbruik tijdens het proces.
- Een beschrijving in woorden en/of flowcharts van het proces.
- Een samenstelling in gewicht per materiaalsoort van de verpakking.

Van de veel voorkomende grondstoffen, zoals soja-eiwit, kippenei-eiwit, tarwe-eiwit en plantaardige olie zijn recent gegevens verzameld ten behoeve van het project voor VROM (Blonk ea, 2008). Van de overige grondstoffen (o.a. bruine rijst, gemoute tarwe, zonnebloemolie, paneermeel, gist, biologische rode paprika en gedroogde groenten) zijn de productieprocesstappen specifiek voor dit onderzoek in kaart gebracht. Dit is gedaan aan de hand van literatuurstudie, praktijkhandboeken en gegevens van producenten. De gegevens die zijn verzameld zijn de teeltdata, transportgegevens, massabalans en de energiebalans van de achtereenvolgende processtappen per grondstof.

De verwachting was dat de dataverzameling bij de fabrikanten de nodige (doorloop)tijd zou kosten. Er was vanuit gegaan dat de data vaak wel beschikbaar zijn maar dat het tijd en inspanning kost om ze te verzamelen. Gebleken is echter dat de gevraagde data vaak niet beschikbaar zijn, of dat het (te) veel tijd en moeite kost om ze te verzamelen. Binnen het kader van deze studie hebben een aantal fabrikanten ook geen of nauwelijks informatie verstrekt. Met name het energiegebruik tijdens de processing moet binnen veel bedrijven nog in kaart gebracht worden. Ook hebben fabrikanten moeite met het beschikbaar stellen van de oorsprong van hun grondstoffen en de samenstelling van hun vleesvervangers, omdat zij zich in een concurrerende markt bevinden. In dit rapport zal, vanuit concurrentieoverwegingen, niet worden gerapporteerd over de kwantitatieve samenstellingen van de verschillende vleesvervangers.

1) ¹ Het begrip 'functionele eenheid', gaat over de manier waarop producten tijdens een studie worden beoordeeld, en geeft aan dat producten worden beoordeeld per hoeveelheid geleverde prestatie. Een liter dubbeldekkende verf dekt mogelijk meer oppervlakte dan een liter gewone verf. Ook kan de verfkwaliteit verschillen de zal de levensduur van de verflaag meegenomen moeten ¹worden.

Tabel 2.1: Verkregen informatie van fabrikanten over de hoofdcategorieën: samenstelling, herkomst ingrediënten, energiegebruik tijdens de processing, beschrijving van het proces en de verpakking. (x = verkregen)

	Samenstelling	Herkomst ingrediënten	Energiegebruik processing	Beschrijving processing	Verpakking
Vivera Vega groenteschijf	X	X	X	X	X
Healthy Planet Gehakt					
Provamel Tofu	X		X		
Goodbite Rookworst					
AH Groenteburger (bio)	X				X
AH, Tivall Gegrilde stukjes	X				X
AH, Tivall groenteballetjes	X				X
AH Tofu roerbakreepjes	X		X		
Quorn Fijnggehakt, haché	X		X		
Valess Milner 30+	X		X		
Alpro Soya Gepaneerde filets Soto Mediterrane balletjes	X				

Naast de data over de ingrediënten en de processing is ook achtergronddata gebruikt uit de database van Eco-Invent.

2.5 Systemafbakening

In deze studie is rekening gehouden met het milieueffect van de teelt, het transport, de productie van de grondstoffen, de productie van de verpakking, de processing tot vleesvervanger en het transport naar de supermarkt. Het broeikas effect, het fossiel energiegebruik en het landgebruik zijn berekend. De broeikasgassen koolstofdioxide (CO₂), lachgas (N₂O) en methaangas (CH₄), die ontstaan tijdens de productie van kunstmest, productie en verbranding van fossiele brandstoffen of aanwending van meststoffen, worden hierin meegenomen.

Er is gewerkt met een precisie van 95% van het totale gewicht van de verschillende vleesvervangers. De grondstoffen die binnen de onderste 5% van het gewicht van de vleesvervanger vallen worden niet meegenomen in deze studie. Het gaat hier meestal om ingrediënten van minder dan 1 gram per 100 gram vleesvervanger en de bijdrage van de productie van deze grondstoffen aan de totale broeikasgasemissie zou over het algemeen klein zijn.

2.6 Allocatie

Bij veel processen worden er tegelijkertijd meerdere producten geproduceerd. Denk hierbij aan:

- tarwe en stro bij de teelt van granen
- sojabonenmeel, sojahullen en ruwe sojaolie bij een crusher

- maïszetmeel, maïskiemmen, maïsgluten en maïsvezels bij wet corn milling

Om de milieueffecten van die processen en de milieueffecten van de productieketens van de input van die processen te kunnen verdelen is een allocatiesleutel nodig. In deze studie is gebruik gemaakt van economische allocatie. Dat wil zeggen dat op basis van de verdeling van de geldelijke opbrengsten voor het bedrijf waar de “splitsing” plaats vindt, de milieulast wordt verdeeld. Bijvoorbeeld een oliecrusher verdient ca. 57% aan het sojabonenmeel en 38% aan de sojaolie en 5% aan de sojahullen. Op basis van die verdeling wordt dan de milieulast verdeeld over de producten. Voor 1 ton gerehydrateerd soja-eiwit is 410 kg sojabonen nodig. Voor 1 kg sojabonenmeel is 1,25 kg sojabonen nodig. Dat betekent dan dat 1,25*57% van de milieulast van de teelt van sojabonen en van het energiegebruik bij de sojacrusher wordt toegerekend aan het meel. Voor 1 kg sojaolie is ongeveer 5 kg bonen nodig, zodat 5 * 38% wordt toegerekend aan de olie. De waarde van de producten is zoveel mogelijk gebaseerd op commodity prijzen van halffabricaten.

2.7 Selectie van milieu-indicatoren

Gebruik makend van de effectbeoordelingsmethode wordt de milieu-impact van de gehele keten geanalyseerd. Met behulp van Simapro zijn de volgende milieuthema's bekeken:

- Broeikaseffect
De emissie van broeikasgassen die effect hebben op het versterkt broeikas effect worden berekend. De resultaten worden uitgedrukt in CO₂-equivalenten, omdat de effecten per type gas verschillend zijn (CO₂, CH₄ en N₂O dragen respectievelijk 1, 25 en 296 CO₂eq uitgaande van een tijdshorizont van 100 jaar).
- Fossiel energiegebruik
Het totale energiegebruik tijdens het proces wordt opgeteld en de totale primaire energie input van een proces wordt berekend en uitgedrukt in MJ.
- Ruimtebeslag
Dit geeft aan hoeveel m² land er gebruikt wordt voor de productie van het product. De resultaten worden uitgedrukt in m²*jaar.
- Indicatorscore
In deze studie wordt de ReCiPe-methode toegepast om de resultaten te karakteriseren, normaliseren en te wegen. De resultaten worden uitgedrukt in punten.

2.8 Berekening van het resultaat met Simapro

Blonk Milieu Advies heeft de inventarisatie gemaakt van de milieugegevens van de vleesvervangers. In de inventarisatiefase is een tabel gemaakt van relevante milieugegevens uit de levenscyclus van het product². In deze studie is door Blonk Milieu Advies een inventarisatie gemaakt van (kunst)mestgebruik, verpakking, gebruik van fossiele brandstoffen, transport, landgebruik en uitstoot van N₂O, CH₄ en CO₂ tijdens de verschillende processtappen van het produceren van de grondstoffen en het samenstellen van de vleesvervanger.

Deze data zijn per ton grondstof aangeleverd aan Pré Consultants (zie tabel 2.1). Pré Consultants hebben vervolgens met behulp van ‘Simapro LCA software’ de milieueffecten van de 12 vleesvervangers berekend. Daarbij worden de aangeleverde milieu-ingrepen vermenigvuldigd met de bijbehorende karakterisatiefactoren. ‘Karakterisatiefactoren’ zijn getallen die aangeven hoeveel een standaardhoeveelheid van een stof bijdraagt aan een bepaald milieueffect. Hoe hoger de

² De selectie van wat relevant is en wat niet is gebaseerd op eerdere onderzoeksresultaten en recente protocollen ontwikkeld in het kader van de berekening van het broeikas effect van producten.

karacterisatiefactor, hoe sterker de bijdrage. De interpretatie is de analyse van het tijdens de karakterisatie ontstane milieuprofiel. Deze fase werd door Blonk Milieu Advies uitgevoerd. In deze fase is geanalyseerd welke ingrepen de grootste bijdragen hebben geleverd aan het totale milieueffect.

Tabel 2.2 Data per ton grondstof met de bijbehorende eenheid.

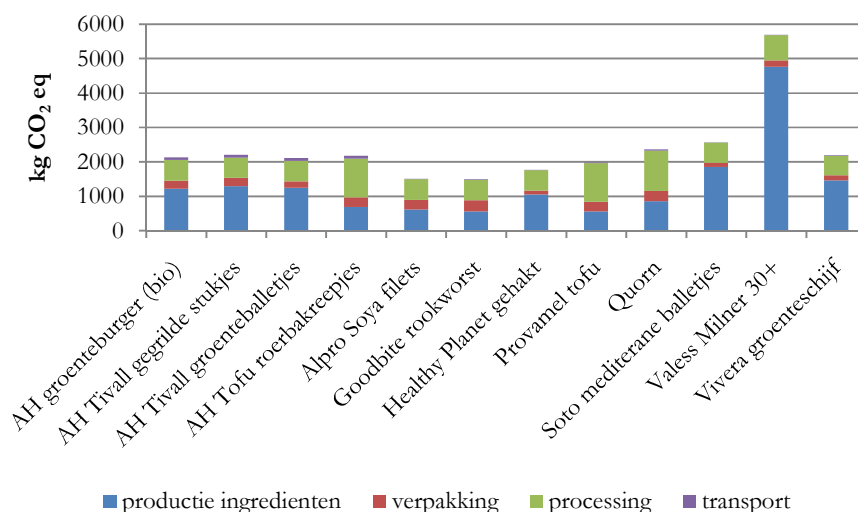
Hoofdcategorie	Categorie	Eenheid
Meststoffen	N	Kg N
	P2O5	kg P2O5
	K2O	kg K2O
Verpakking	EPS	Kg
	Polyethyleen	Kg
	Polypropyleen	Kg
	Karton	Kg
Brandstoffen	Elektriciteit	kWh
	Gas	m3
	Stoom	Kg
	Diesel	Kg
Transport	Weg	Km
	Zeeschip	Km
	Trein	Km
	Binnenvaart	Km
Emissies	N2O	Kg
	CH4	Kg
	CO2	Kg
Landgebruik	Ruimtebeslag	m2xjaar

3. Resultaten

3.1 Broeikaseffect

3.1.1 Broeikaseffect, zonder rekening te houden met LULUC

In deze studie zijn drie broeikasgassen (CO₂, N₂O en CH₄) in beschouwing genomen. De bijdrage aan het versterkte broeikaseffect verschilt op basis van de GWP100 waarden (CO₂ = 1, N₂O = 298, CH₄ = 25). Daarnaast kunnen er ook broeikaseffect emissies worden toegerekend aan landgebruik en landconversie. De methodiek om deze emissies te berekenen is nog minder ver uitgekristalliseerd en is apart gerapporteerd in paragraaf 3.1.2. Aangezien de effecten per type gas verschillend zijn, worden de resultaten uitgedrukt in CO₂-equivalenten.



Figuur 3.1: De hoeveelheid berekende CO₂-equivalenten die tijdens de productie van één ton vleesvervanger tot en met de aflevering aan de supermarkt worden uitgestoten.

De productie van de ingrediënten heeft de grootste bijdrage aan het broeikaseffect (gemiddeld 52%). Hieronder vallen alle processen (zie bijlage 1, figuur 2.1: landbouwfase, splitsingsfase en zuiveringsfase) totdat het ingrediënt klaar is om verwerkt te worden in de vleesvervanger. Deze uitstoot omvat onder andere mestproductie en -gebruik, productie en gebruik van fossiele energie, transport naar de fabriek en emissies van bijvoorbeeld gewasresten die achterblijven op het land.

De laatste verwerking, de verwerking van alle ingrediënten tot vleesvervanger, wordt de processing genoemd. Ook tijdens de processingfase wordt een aanzienlijk deel van de CO₂-equivalenten uitgestoten, namelijk gemiddeld 35%. Deze uitstoot ontstaat door het gebruik van elektriciteit en brandstoffen tijdens deze fase.

Opvallend in figuur 3.1 is de grote bijdrage aan het broeikaseffect tijdens de productie van de ingrediënten van Valess Milner 30+. De ingrediënten met de grootste bijdrage aan deze uitstoot zijn de halfvolle- en magere melk, waarvan een gedeelte wordt gebruikt om de 15% Milner 30+ kaas te maken.

De productie van de verpakking neemt gemiddeld 11% van de uitstoot van CO₂-equivalenten voor zijn rekening. Transport van de vleesvervanger na de processing, bijvoorbeeld vanaf de processing van Quorn in het Groot Brittannië naar de supermarkt in Nederland, heeft de kleinste bijdrage met gemiddelde 2%.

De variatie in de uitstoot van CO₂-equivalenten is vrij groot. Dit komt doordat de bijdrage van de productie van het ene ingrediënt enorm kan verschillen van de bijdrage van de productie van een ander

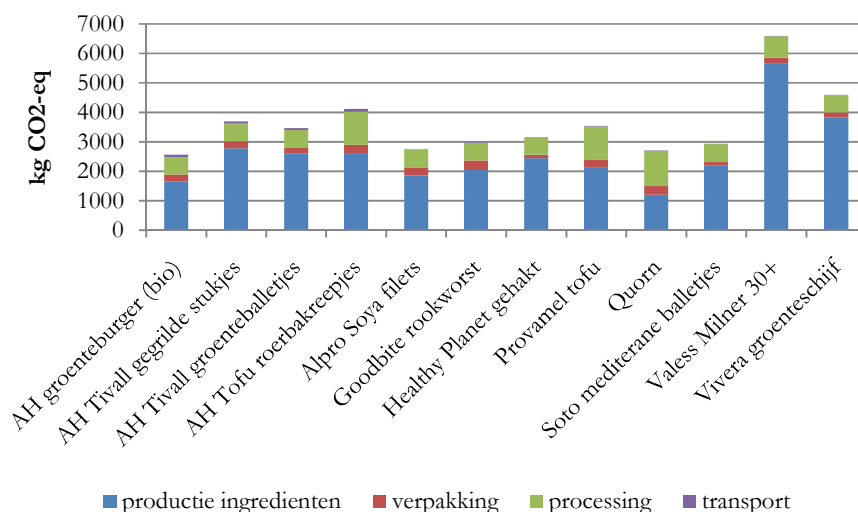
ingrediënt. Voor een indruk van de uitstoot van CO₂-equivalenten per ton van de ingrediënten wordt verwezen naar paragraaf 3.5.

3.1.2 Broeikaseffect, rekening houdend met LULUC

LULUC is een afkorting van ‘Land Use and Land Use Conversion’. Wanneer land wordt geconverteerd van natuur naar landbouw treden er diverse processen in werking die een broeikasgasemissie veroorzaken. Ten eerste wordt een grote hoeveelheid biomassa verbrand of rottend achtergelaten op het land. In beide gevallen ontstaat een emissie van broeikasgassen. Ten tweede neemt de hoeveelheid organisch materiaal, na de conversie, in de grond geleidelijk af. Dit heeft weer emissie van broeikasgassen tot gevolg en kan decennia tot eeuwen duren. Een ander negatief effect van landconversie op de klimaatverandering, tenslotte is het feit dat door landconversie de fossilisering wordt gestopt. Dit is het proces waarbij koolstofdioxide uit de lucht wordt vastgelegd in het land in de vorm van dood organisch materiaal dat onttrokken wordt uit de biotische kringloop.

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) heeft geschat dat landconversie van natuur naar landbouw verantwoordelijk is voor ongeveer 17% van de wereldwijde broeikasgasemissie. De meeste landconversie vindt plaats ten behoeve van landbouw. Er zijn nog maar weinig methodes ontwikkeld om deze broeikasgasemissie bevredigend toe te rekenen aan specifieke gewassen. In deze studie gaan we uit van het voorstel in Blonk et. al., 2009.

De uitstoot van CO₂-equivalenten in figuur 3.2 heeft betrekking op het broeikaseffect inclusief LULUC. Er is rekening gehouden met de korte termijn van 10 jaar, en niet met de langere termijn van 20 jaar (zie bijlage 3).



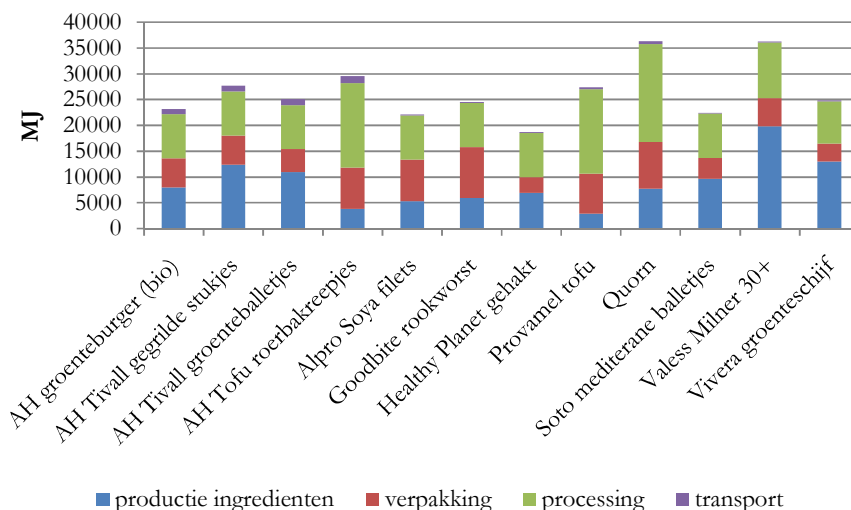
Figuur 3.2: De hoeveelheid CO₂-equivalenten die tijdens de productie van één ton vleesvervanger uitgestoten worden, inclusief landconversie.

Wanneer figuur 3.1 (zonder LULUC) vergeleken wordt met figuur 3.2 (met LULUC) valt op dat de producten waarvoor veel soja wordt gebruikt ook relatief meer uitstoot van CO₂-equivalenten hebben tijdens de productie, wanneer rekening wordt gehouden met landconversie.

3.2 Fossiel energiegebruik

In figuur 3.3 is het fossiele energiegebruik weergegeven, in MJ per ton vleesvervanger. Het gaat hier onder andere om het gebruik van diesel, elektriciteit, aardgas, stookolie en stoom tijdens de productie van de

ingrediënten. Daarnaast gaat het om het gebruik van fossiele energie tijdens de productie van de verpakkingen en het gebruik van elektriciteit, aardgas en stoom tijdens de processingfase (zie bijlage 1, figuur 2.1).



Figuur 3.3: De hoeveelheid fossiele energie, in MJ, die tijdens de productie van één ton vleesvervanger wordt gebruikt.

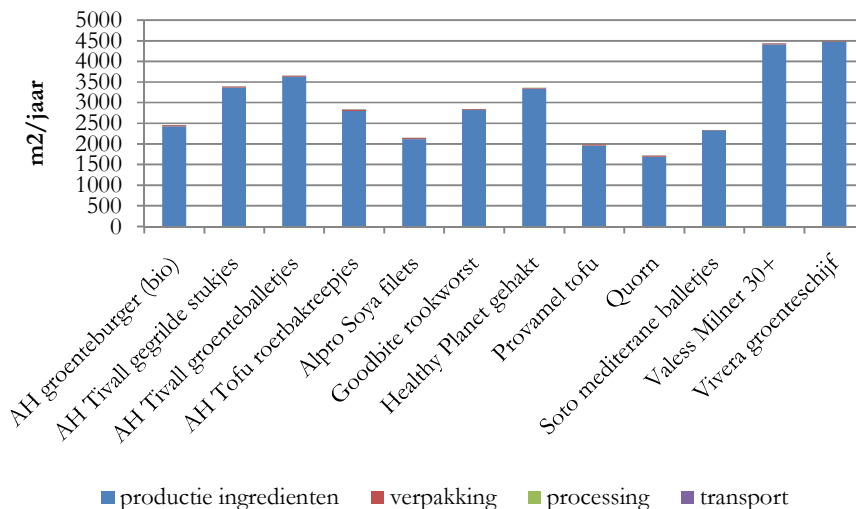
In verhouding tot het gebruik van fossiele energie tijdens de productie van de ingrediënten is het fossiele energiegebruik tijdens de processing noemenswaardig. Gemiddeld komt 41% van het primaire energiegebruik voor rekening van de processing, ten opzichte van 33% van de productie van de ingrediënten. De productie van de verpakking neemt gemiddeld 24% van het primaire energiegebruik voor zijn rekening en het transport naar de supermarkt in Nederland 2%.

Kanttekening is hier dat data betreffende het gebruik van fossiele energie tijdens de processingfase nauwelijks beschikbaar waren. Van Quorn, Vivera en Valess zijn data verkregen over het gebruik van fossiele energie tijdens de processing. Het gebruik van fossiele energie tijdens de processing van ‘AH Tofu roerbakreepjes’ en ‘Provamel tofu’ is gebaseerd op eerder onderzoek, waarbij data zijn verzameld bij een tofu fabrikant (Blonk et.al., 2008). Voor de overige producten zijn schattingen gemaakt en deze zijn in hoge mate onzeker. Opvallend is de relatief hoge mate van het gebruik van fossiele energie tijdens de processingfase van ‘AH Tofu roerbakreepjes’, ‘Provamel tofu’ en ‘Quorn’. Zij gebruiken met achtereenvolgens 55%, 60% en 52% relatief veel fossiele energie tijdens de processingfase.

De ingrediënten die tijdens de productie van de ingrediënten voor een relatief hoog gebruik van fossiele energie zorgen zijn (scharrel)kippen-eiwit, de verschillende plantaardige oliën, (gerehydrateerd) tarwe-eiwit, melk, magere kwark en mozzarella (zie bijlage 2.5).

3.3 Ruimtebeslag

Ruimtebeslag geeft de mate van grondgebruik aan in m²/jaar. Dit ruimtebeslag heeft voornamelijk met de teelt te maken. Het kan in verschillende delen van de wereld zijn. Zo is het ruimtebeslag van soja vooral in Zuid-Amerika, het ruimtebeslag van bruine rijst veelal in Thailand en het ruimtebeslag van tarweproducten hoofdzakelijk in Europa. Ruimtebeslag is sterk afhankelijk van de opbrengst per hectare van het gewas.

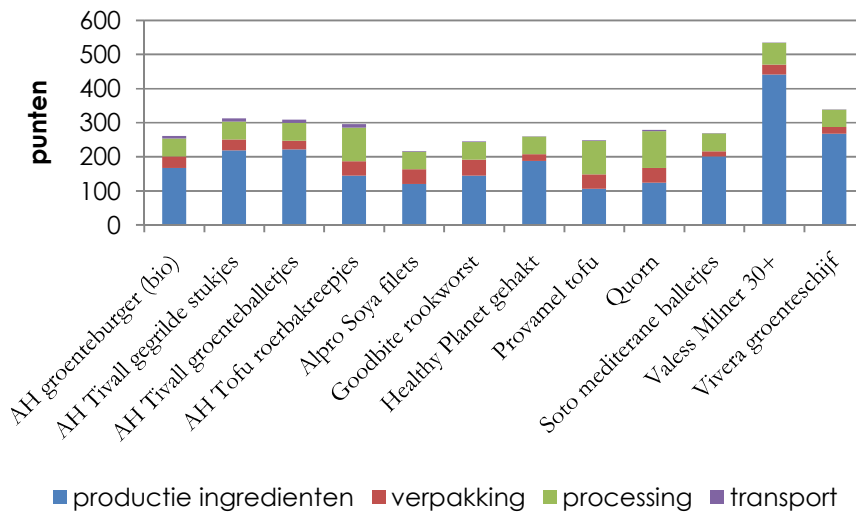


Figuur 3.4: De hoeveelheid land in m²/jaar welke tijdens de productie van één ton vleesvervanger bezet wordt.

De bijdrage van de productie van de ingrediënten aan het totale ruimtebeslag is groot. Deze bijdrage is gemiddeld 99%. Dit is ook logisch, omdat het ruimtebeslag vooral voortkomt uit de teelt en de opbrengst per hectare van het gewas. Dit gewas kan dienen als veevoeding, of als humane voeding. De grootste bijdragen aan het ruimtebeslag worden geleverd door (scharrel)kippen-eiwit, magere melk en de verschillende plantaardige oliën. De overige 1% van het ruimtebeslag komt voor rekening van de productie van de verpakking.

3.4 Gewogen score met ReCiPe-methode

De LCA-methodiek dateert uit de jaren 1990, toen de eerste productanalyses werden gemaakt. Het blijkt een effectieve methodiek voor de vergelijkende beoordelingen van producten op afzonderlijke milieueffecten. Vanaf het begin speelt Nederland een rol bij de verdere ontwikkeling van de LCA-methodiek. In Nederland zijn twee breed geaccepteerde methodieken ontwikkeld, namelijk de CML en de Ecoindicator methodieken. Beide methodieken zijn echter gebaseerd op verschillende uitgangspunten. CML richt zich op relatief robuuste indicatoren die ietwat moeilijk te interpreteren zijn. Ecoindicator richt zich op makkelijker te interpreteren indicatoren die door hun complexiteit weer wat onzekerder zijn. Om deze situatie te verbeteren is onlangs de ReCiPe-methode ontwikkeld, waarin de uitgangspunten van CML en Ecoindicator worden geharmoniseerd. ReCiPe bevat 3 typen van informatie. Deze drie typen zijn karakterisatiefactoren, normalisatiegetallen en weegfactoren (www.rivm.nl, 2009). Karakterisatiefactoren geven aan hoeveel een bepaalde stof bijdraagt aan een bepaald milieueffect. Hoe hoger de factor, hoe hoger de bijdrage. Normalisatie betreft het refereren van de berekende milieueffecten aan de milieueffecten van een totaal systeem, bijvoorbeeld een land of de EU. Een weegfactor zorgt vervolgens dat er een gewogen score ontstaat tussen de verschillende milieueffecten. Voor deze studie is een ReCiPe-score berekend. De uitkomst van ReCiPe wordt gegeven in figuur 3.5, in punten. Hoe meer punten een vleesvervanger heeft, hoe groter de impact van de milieu-ingrepen.



Figuur 3.5: Indicatorscore van de productie van één ton vleesvervanger volgens de methode van ReCiPe.

Het grootste aantal punten is afkomstig van de productie van de ingrediënten. Gemiddeld is 64% van de punten hiervan afkomstig. Opnieuw levert (scharrel)kippenei-eiwit relatief veel punten op in vergelijking tot andere ingrediënten. De processing heeft een gemiddelde bijdrage van 23% van de puntenscore. Het gebruik van aardgas levert hierbij meer dan 5 keer zoveel punten op dan het gebruik van elektriciteit. 12% van de punten komt ten gunste van de verpakking. Expanded Polystyreen, Polypropyleen en Polyethyleen leveren per ton meer punten op dan karton (bijna 2 keer zoveel). Per ton vleesvervanger worden voor 'Healthy Planet gehakt' en 'Soto mediterrane balletjes' relatief weinig punten gescoord door de verpakking. De verpakking van 'Healthy Planet gehakt' bestaat hoofdzakelijk uit karton, met een zakje van polyethyleen en de verpakking van 'Soto mediterrane balletjes' bestaat in zijn geheel uit polyethyleen. Transport vertegenwoordigt ook in de ReCiPe-score weer een klein gedeelte, en wel gemiddeld 1%.

3.5 Broeikasewffect ingrediënten

Om inzicht te krijgen in de verschillende bijdragen die de verscheidene ingrediënten hebben op het broeikasewffect wordt in figuur 3.5 een overzicht gegeven van deze bijdrage in CO₂-equivalenten per ton ingrediënt. De resultaten per ingrediënt voor de andere onderzochte milieuthema's worden weergegeven in tabel 2.5 van bijlage 2.

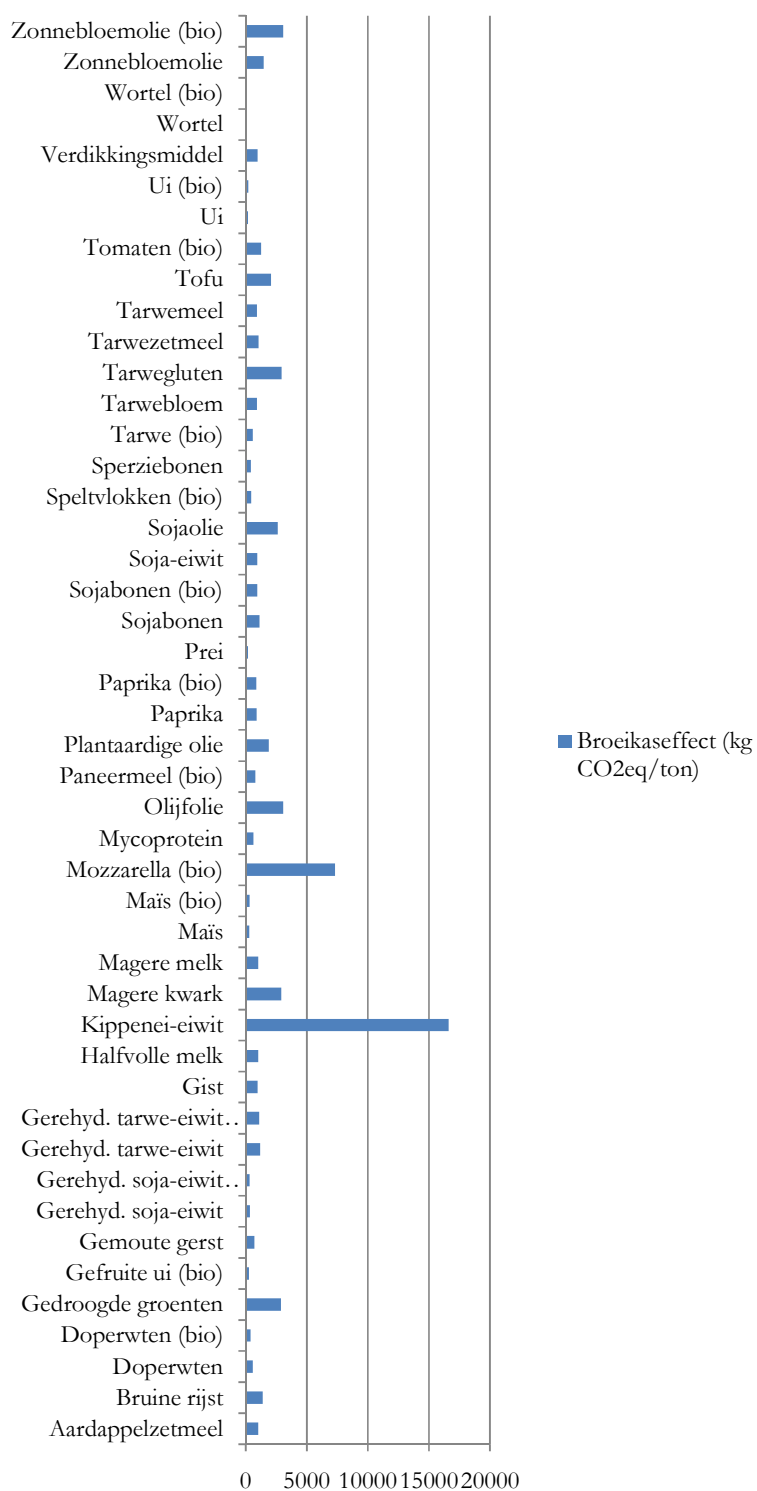
Enkele voorbeelden:

- Een product bevat 20 kg per ton vleesvervanger aan gedroogde groenten en 50 kg per ton vleesvervanger aan doperwten. De vleesvervanger bevat wat massa betreft dus 2,5 keer zoveel doperwten als gedroogde groenten. Wat betreft bijdrage aan het broeikasewffect zullen de doperwten, per ton vleesvervanger, toch een bijna 3 keer lagere uitstoot hebben dan de gedroogde groenten.
- Een product bevat 10 kg per ton vleesvervanger aan (scharrel)kippenei-eiwit en 70 kg per ton vleesvervanger aan maïs. De vleesvervanger bevat wat massa betreft dus 7 keer zoveel maïs als (scharrel)kippenei-eiwit. Wat betreft bijdrage aan het broeikasewffect zal de maïs, per ton vleesvervanger, toch een 8 keer lagere uitstoot hebben dan de (scharrel)kippenei-eiwit.

De reden dat (scharrel)kippenei-eiwit per ton zoveel uitstoot van CO₂-equivalenten heeft is dat het witte gedeelte van het ei, waar het eiwit uit wordt gehaald, de grootste economische waarde heeft. Daarnaast

bestaat dat gedeelte van het ei hoofdzakelijk uit water, waardoor er 227.300 eieren (Blonk et. al., 2008) nodig zijn om een ton (scharrel)kippen-eiwit te produceren.

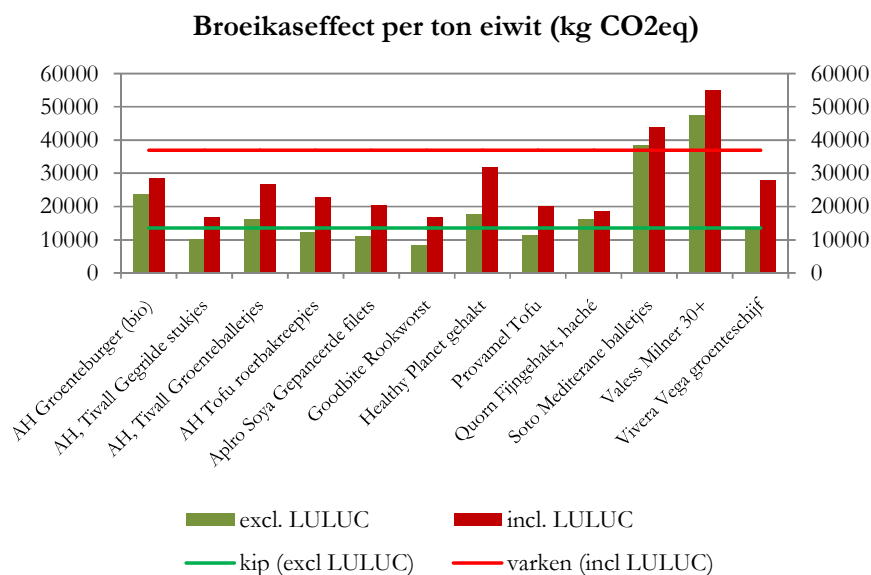
Broeikasemffect (kg CO₂eq/ton)



Figuur 3.5: Overzicht van de bijdrage van individuele ingrediënten aan het totale broeikasemffect in CO₂-equivalenten per ton ingrediënt.

3.6 Broeikaseffect per ton eiwit

Producten zoals vleesvervangers worden onder andere gegeten omdat zij eiwitten bevatten, die vleesetende mensen uit het vlees halen. Om deze reden is het interessant het broeikaseffect per ton eiwit weer te geven.



Figuur 3.6: Overzicht van het broeikaseffect van de vleesvervangers per ton eiwit exclusief en inclusief LULUC, in kg CO₂eq. Kip als meest efficiënte eiwitbron onder de vleessoorten en varken als meest gegeten vleessoort.

Wanneer figuur 3.6 wordt vergeleken met figuur 3.1 is er een opvallend punt. De ‘AH Groenteburger (bio)’, ‘Soto Mediterane balletjes’ en ‘Valess Milner 30+’ hebben een relatief grote bijdrage aan het broeikaseffect per ton eiwit wanneer geen rekening wordt gehouden met LULUC. Bij de ‘AH Groenteburger (bio)’ en ‘Soto Mediterane balletjes’ komt dit door het geringe gehalte aan eiwit. Respectievelijk bevatten zij 9 en 6,7 gram eiwit per 100 gram product ten opzichte van een gemiddelde van ongeveer 14 gram per 100 gram product. ‘Valess Milner 30+’ bevat ook iets minder eiwit ten opzichte van het gemiddelde, maar komt door de grote bijdrage aan het broeikaseffect per ton product hier ook aan een grote bijdrage aan het broeikaseffect per ton eiwit.

Opvallend is dat de producten die geen of weinig soja gebruiken zoals ‘AH Groenteburger (bio)’, ‘Soto Mediterane balletjes’ en ‘Valess Milner 30+’ per ton eiwit een relatief grote bijdrage aan het broeikaseffect hebben, wanneer geen rekening wordt gehouden met LULUC. Soja blijkt volgens deze studie een efficiënte bron van eiwitten te zijn, wanneer we geen rekening houden met LULUC.

Wanneer wel rekening wordt gehouden met LULUC komen de producten die veel soja bevatten en de producten die weinig soja bevatten nader tot elkaar wat betreft broeikaseffect per ton eiwit. De vleesvervangers die veel soja bevatten hebben dan een grotere stijging in bijdrage aan het broeikaseffect dan de vleesvervangers die geen of weinig soja bevatten. Het lijkt erop dat wanneer er geen bossen meer worden gekapt om soja te verbouwen, soja een efficiënte bron is van eiwitten.

In 2008 heeft Blonk et. al. voor verschillende eiwitrijke producten het broeikaseffect per ton eiwit onderzocht. Een kleine vergelijking leert ons dat vleesvervangers niet per definitie een efficiëntere bron van eiwitten zijn dan vlees. In figuur 3.6 is de range aangegeven waartussen vlees zich gemiddeld bevindt. Kip is onder de vleessoorten de meest efficiënte bron van eiwitten en varken is de meest geconsumeerde vleessoort. Rundvlees ligt daarboven wat betreft bijdrage aan het broeikaseffect per ton eiwit. De groene lijn laat de bijdrage aan het broeikaseffect per ton eiwit van kip zien, excl. LULUC. De rode lijn laat de bijdrage aan het broeikaseffect per ton eiwit van varken zien, incl. LULUC.

Zonder rekening te houden met LULUC hebben alle vleesvervangers, excl. ‘AH Groenteburger (bio)’, ‘Soto Mediterane balletjes’ en ‘Valess Milner 30+’, iets minder of ongeveer een even grote bijdrage aan het broeikas-effect als kip. Wanneer wel rekening wordt gehouden met LULUC hebben alle vleesvervangers, excl. ‘Soto Mediterane balletjes’ en ‘Valess Milner 30+’, een kleinere bijdrage aan het broeikas-effect dan varken. Gezegd dient te worden dat het broeikas-effect per ton eiwit van kippenvlees, incl. LULUC, rond de 26000 kg CO₂eq ligt.

Tabel 3.5: Eiwitgehalte per 100 gram vleesvervanger.

Vleesvervanger	Gram eiwit per 100g product
AH Groenteburger (bio)	9
AH, Tivall Gegrilde stukjes	22
AH, Tivall Groenteballetjes	13
AH Tofu roerbakreepjes	18
Alpro Soya Gepaneerde filets	13,5
Goodbite Rookworst	18
Healthy Planet gehakt	10
Provamel Tofu	17,5
Quorn Fijngehakt, haché	14,5
Soto Mediterane balletjes	6,7
Valess Milner 30+	12
Vivera Vega groenteschijf	16,5

4. Conclusie

4.1 Conclusie vleesvervangers per milieuthema

4.1.1 Broeikaseffect

De productie van de ingrediënten heeft gemiddeld genomen de grootste bijdrage aan het broeikaseffect. Daarna volgen respectievelijk de processing, de verpakking en het transport naar de supermarkt. Er is een duidelijke middencategorie wat betreft het broeikaseffect van de verschillende vleesvervangers. ‘Alpro Soya filets’, ‘Goodbite rookworst’ en ‘Healthy Planet gehakt’ scoren lager dan deze middencategorie. ‘Valess Milner 30+’ valt boven de middencategorie met een hoger broeikaseffect. De bijdrage van de verschillende ingrediënten aan het broeikaseffect van een vleesvervanger kan sterk verschillen. De samenstelling van vleesvervangers en het nadenken over de keuze van ingrediënten op basis van het de bijdrage aan het broeikaseffect verdient dan ook de aandacht.

Wanneer rekening wordt gehouden met ‘land use & land use conversion’ valt op dat vooral vleesvervangers die veel gebruik maken van soja, een belangrijk hogere score krijgen op het broeikaseffect.

4.1.2 Fossiel energiegebruik

Wat betreft het gebruik van fossiele energie neemt de processing van de vleesvervangers gemiddeld het meeste primaire energiegebruik voor zijn rekening. Daarna volgen respectievelijk de productie van de ingrediënten, de productie van de verpakking en het transport. Voor ‘AH Tofu roerbakreepjes’, ‘Provamel tofu’ en ‘Quorn haché’ geldt dat zij ruim boven het gemiddelde aan fossiele energie gebruiken tijdens de processing. Wat betreft fossiel energiegebruik kan er een middencategorie worden gedefinieerd. ‘Healthy Planet gehakt’ valt onder deze middencategorie met een lager fossiel energiegebruik. ‘Valess Milner 30+’ en ‘Quorn haché’ vallen in een hogere categorie met een hoger fossiel energiegebruik.

4.1.3 Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag is hoofdzakelijk het resultaat van de productie van de ingrediënten. Hierbij is de variatie van de relatieve bijdrage van de verschillende ingrediënten zeer groot. De grootste bijdrage aan het ruimtebeslag worden geleverd door (scharrel)kippen-eiwit, magere melk en de verschillende plantaardige oliën. Een minimaal deel van het ruimtebeslag komt ten gunste van de productie van het verpakkingsmateriaal. ‘Alpro Soya filets’, ‘Provamel tofu’ en ‘Quorn haché’ hebben in vergelijking met de andere vleesvervangers een laag ruimtebeslag. ‘Valess Milner 30+’ en ‘Vivera groenteschijf’ hebben een hoog ruimtebeslag in vergelijking met de andere vleesvervangers.

4.1.4 ReCiPe-score

De ReCiPe-score, waarin onder andere broeikaseffect, fossiel energiegebruik en ruimtebeslag worden gewogen, geeft een duidelijke middencategorie. ‘Alpro Soya filets’ valt onder deze middencategorie en heeft dus gewogen een relatief klein milieueffect. ‘Valess Milner 30+’ valt boven deze middencategorie en heeft dus gewogen een relatief groot milieueffect. Overall heeft de productie van de ingrediënten het grootste milieueffect. Daarna volgen respectievelijk de processing, de verpakking en het transport naar de supermarkt. Opvallend is het relatief kleine milieueffect van de verpakking van ‘Soto mediterrane balletjes’ en ‘Healthy Planet gehakt’ ten opzichte van de verpakkingen van de andere vleesvervangers.

4.1.5 Broeikaseffect ingrediënten

Het blijkt van grote invloed, op de bijdrage aan het broeikaseffect, welke ingrediënten er worden verwerkt in de vleesvervangers. Wanneer een vleesvervanger bijvoorbeeld (scharrel)kippen-eiwit bevat, ook al is dit maar 4%, dan geeft dit een groot aandeel in de bijdrage aan het broeikaseffect van het totale product. De reden hiervoor is dat de productie van (scharrel)kippen-eiwit in verhouding met andere ingrediënten een grote emissie van broeikasgassen met zich meebrengt. Dit komt door de enorme hoeveelheid eieren die nodig zijn voor de productie van 1 ton (scharrel)kippen-eiwit. Ditzelfde geldt (in mindere mate) voor ingrediënten zoals mozzarella, plantaardige oliën en gedroogde groenten.

4.1.6 Broeikaseffect per ton eiwit

De producten die geen of weinig soja gebruiken zoals ‘AH Groenteburger (bio)’, ‘Soto Mediterane balletjes’ en ‘Valess Milner 30+’ hebben per ton eiwit een relatief grote bijdrage aan het broeikaseffect. Soja blijkt dus een efficiënte bron van eiwitten te zijn, wanneer we geen rekening houden met LULUC. Wanneer wel rekening wordt gehouden met LULUC komen de producten die veel soja bevatten en de producten die weinig soja bevatten nader tot elkaar wat betreft broeikaseffect per ton eiwit. Een kleine vergelijking, wat betreft broeikaseffect per ton eiwit, tussen vlees en vleesvervangers leert ons dat vleesvervangers niet per definitie een efficiëntere bron van eiwitten zijn dan vlees.

4.2 Onzekerheden in resultaten en aanbevolen presentatie

Het is niet eenvoudig gebleken om informatie van fabrikanten te krijgen over de samenstelling, de herkomst van ingrediënten, het energiegebruik tijdens de processing en de verpakking. Ons vermoeden is dat de belangrijkste reden hiervoor is dat deze informatie gevoelig is in deze concurrerende markt. Daarnaast is met name de informatie over het energiegebruik tijdens de processing in veel bedrijven niet beschikbaar op het niveau van specifieke productielijnen. Ook geven producenten aan niet veel inspanning te willen vragen van hun leveranciers.

Tijdens deze studie is het daarom nodig gebleken gebruik te maken van schattingen en aannames. Om de mate van volledigheid (en medewerking) van de resultaten weer te geven is ervoor gekozen gebruik te maken van een sterrensysteem. Hoe meer sterren hoe vollediger de data. In tabel 4.1 is weergegeven welke informatie er van de fabrikant is verkregen of al in ons bezit was vanuit eerder onderzoek. Vivera heeft de meest volledige informatie verschaft en Goodbite, Healthy Planet en Soto het minste.

Tabel 4.1: Weergave van de informatie die van de fabrikant verkregen is of al in ons bezit was (X), gekoppeld aan weergave van de volledigheid in sterren (*).

	Samenstelling	Herkomst ingrediënten	Energiegebruik processing	Verpakking	volledigheid van primaire data
Vivera Vega groenteschijf	X	X	X	*1/2	****
Healthy Planet Gehakt	-	-	-	-	
Provamel Tofu	X	-	X	-	**
Goodbite Rookworst	-	-	-	-	
AH Groenteburger (bio)	X	-	-	X	**
AH, Tivall	X	-	-	X	**

Gegrilde stukjes					
AH, Tivall gegrilde stukjes	X	-	-	X	**
AH Tofu roerbakreepjes	X	-	X	-	**
Quorn Fijngehakt, haché	X	-	X	-	**
Valess Milner 30+	X	-	X	-	**
Alpro Soya Gepaneerde filets	X	-	-	-	*
Soto Mediterrane balletjes	-	-	-	-	

Voor de presentatie van de resultaten heeft het de voorkeur rekening te houden met de mate van onvolledigheid. Omdat de ReCiPe-score van alle resultaten een gewogen resultaat is, geeft deze score een goed beeld van het overall milieueffect. Wij adviseren om deze score allereerst te gebruiken in de communicatie over de resultaten. In verband met de onzekerheid in de resultaten is besloten de ReCiPe-score op te delen in categorieën. De verschillende vleesvervangers komen zo ieder in een categorie (■) te vallen, met een bepaalde mate van volledigheid (de sterren). Wanneer de ReCiPe-score van een vleesvervanger zich op de grens van een categorie bevindt, wordt met behulp van een pijltje (▲▼) aangegeven welke kant de ReCiPe-score geneigd is op te gaan. Er wordt geadviseerd om de resultaten op deze wijze te presenteren (zie tabel 4.2).

Tabel 4.2: Categorisering van het milieueffect van de 12 vleesvervangers op basis van de ReCiPe-score, inclusief onzekerheid. Hoe meer sterren hoe onzekerder de categorisering.

		Categorie 1 0-150 punten	Categorie 2 151-250 punten	Categorie 3 251-350 punten	Categorie 4 351-450 punten	Categorie 5 451-550 punten
Vivera	****	-	-	■	-	-
Vega groenteschijf						
Healthy Planet Gehakt		-	-	▼	-	-
Provamel Tofu	**	-	▲	-	-	-
Goodbite Rookworst		-	▲	-	-	-
AH Groenteburger (bio)	**	-	-	▼	-	-
AH, Tivall Gegrilde stukjes	**	-	-	■	-	-
AH, Tivall Groenteballetjes	**	-	-	■	-	-
AH Tofu roerbakreepjes	**	-	-	■	-	-
Quorn Fijngehakt, haché	**	-	-	■	-	-
Valess Milner 30+	**	-	-	-	-	■
Alpro Soya Gepaneerde filets	*	-	■	-	-	-
Soto Mediterrane balletjes		-	-	■	-	-

Het hierboven genoemde milieueffect van de vleesvervangers uit deze studie is zonder rekening te houden met LULUC ('Land Use & Land Use Change') zoals uitgelegd in paragraaf 3.1.1.. LULUC heeft wel een groot milieueffect en maakt dus wel degelijk verschil in de resultaten. Daarom is het interessant om het verschil te laten zien in broeikasemissionen zonder LULUC en broeikasemissionen met LULUC. Bovendien is broeikasemissionen voor veel mensen een bekender begrip dan ReCiPe-score. Ook in de resultaten van de vleesvervangers, wat betreft broeikasemissionen, is door de onzekerheid van de resultaten besloten om op te delen in categorieën. Ook hier komen de verschillende vleesvervangers in een categorie te vallen met een bepaald aantal sterren voor volledigheid (zie tabel 4.3). De categorie waarin de vleesvervangers vallen zonder rekening te houden met LULUC wordt aangegeven met ■ en de categorie waarin de vleesvervangers vallen als wel rekening wordt gehouden met LULUC wordt aangegeven met □. Wanneer het broeikasemissionen van een vleesvervanger zich op de grens van een categorie bevindt, wordt met behulp van een pijltje (▲▼Δ) aangegeven welke kant deze geneigd is op te gaan. Er wordt geadviseerd om de resultaten op deze wijze te presenteren (zie tabel 4.3).

Tabel 4.3: Categorisering van het broeikasemissionen van de 12 vleesvervangers zonder rekening te houden met LULUC (X) en rekening houdend met LULUC (Y), inclusief onzekerheid. Hoe meer sterren hoe onzekerder de categorisering.

		Categorie 1 0-2000 kg CO2eq	Categorie 2 2001-3000 kg CO2eq	Categorie 3 3001-4000 kg CO2eq	Categorie 4 4001-5000 kg CO2eq	Categorie 5 5001-7000 kg CO2eq
Vivera Vega groenteschijf	****	-	■	-	□	-
Healthy Planet Gehakt		■	-	□	-	-
Provamel Tofu	**	▲	-	□	-	-
Goodbite Rookworst		■	Δ	-	-	-
AH Groenteburger (bio)	**	-	■□	-	-	-
AH, Tivall Gegrilde stukjes	**	-	■	□	-	-
AH, Tivall groenteballetjes	**	-	■	□	-	-
AH Tofu roerbakreepjes	**	-	■	-	□	-
Quorn Fijngehakt, haché	**	-	■□	-	-	-
Valess Milner 30+	**	-	-	-	-	■□
Alpro Soya Gepaneerde filets	*	■	□	-	-	-
Soto Mediterrane balletjes		-	■Δ	-	-	-

5. Referenties

Blonk H., Alvarado C., de Schryver A., 2007, Milieuanalyse Vleesproducten, Blonk Milieu Advies en Pré Consultants, Gouda en Amersfoort.

Blonk H., Kool A., Luske B., 2008, Milieueffect van Nederlandse consumptie van eiwitrijke producten, Blonk Milieu Advies, Gouda.

Blonk H., Kool A., Luske B., Ponsioen T., Scholten J., concept mei 2009, Berekening van broeikasgasemissies door de productie van tuinbouwproducten, Blonk Milieu Advies, Gouda.

Ethisch Vegetarisch Alternatief, 2009, www.vegetarisme.be

Gezondheidsraad, 2001, Energie eiwitten vetten en verteerbare koolhydraten, Gezondheidsraad, Den Haag

Nederlandse Vegetariërsbond, 2009, www.vegetariers.nl

RIVM, 2009, <http://www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/lca/recipe/>

Voedingscentrum, 2009, www.voedingscentrum.nl

6. Inhoudsopgave bijlagen

Bijlage 1: Modellering van de milieu-ingrepen tijdens de productie van vleesvervangers	19
1. Inleiding	19
2. Algemene aanpak en modellering	19
2.1 Landbouwfase.....	19
2.2 Splitsingsfase	19
2.3 Zuiveringsfase.....	20
2.4 Processingfase.....	20
3. Kwalitatieve samenstelling vleesvervangers	22
Bijlage 2: Milieu-ingrepen tijdens de productie van vleesvervangers	23
1. Inleiding	23
2. Kwantificering milieu-ingrepen.....	23
2.1 Landbouwfase.....	23
2.1.1 N2O emissie.....	23
2.1.2 organische mest.....	24
2.1.3 transport.....	24
2.2 Splitsingsfase	25
2.3 Zuiveringsfase.....	27
2.4 Processingfase.....	28
2.4.1 fossiel energiegebruik.....	28
2.4.2 verpakking.....	28
2.4.3 transport.....	28
2.5 Resultaten per ingrediënt	29
2.6 Bronnen	30
Bijlage 3: Landconversie	33

Bijlage 1: Modelling van de milieu-ingrepen tijdens de productie van vleesvervangers

1. Inleiding

Ten behoeve van de LCA-studie voor de Consumentenbond, waarbij het milieueffect van 12 verschillende vleesvervangers in kaart wordt gebracht, is een model ontwikkeld om de milieu-ingrepen tijdens de gehele productieketen op een consistente wijze te kunnen berekenen.

Dit model is bruikbaar voor alle vleesvervangers uit deze studie. Het is een raamwerk wat in meer of minder detail kan worden ingevuld. In deze bijlage wordt uitleg gegeven over de algemene aanpak en de modellering. Er wordt dieper ingegaan op het stroomschema van de productie van vleesvervangers. Ook de wijze van berekenen van de milieu-ingrepen zal worden toegespitst.

2. Algemene aanpak en modellering

De productie van vleesvervangers is opgedeeld in een landbouwfase, een splitsingsfase, een zuiveringsfase en een processingfase. Tijdens deze fasen zijn er verschillende milieu-ingrepen met daaraan verbonden outputs. Het stroomschema van de productie van vleesvervangers is uitgewerkt in figuur 2.1.

2.1 Landbouwfase

De landbouwfase omvat zowel de akkerbouw als de veehouderij. Deze fase begint met het telen van een gewas. Voor de dierlijke ingrediënten van de vleesvervanger dient dit gewas als veevoeding en voor de plantaardige ingrediënten zijn de geoogste producten de basis voor de ingrediënten. Deze fase kan in verschillende delen van de wereld plaatsvinden. Aan de hand van productie- en export/importcijfers is er gekozen voor het meest logische land van herkomst.

In de landbouwfase vinden verschillende activiteiten plaats die een milieu-ingreep hebben. Zo is er dieselgebruik, om bijvoorbeeld mest over het land uit te rijden. Er is mestgebruik, waarbij in geval van kunstmest rekening moet worden gehouden met de productie en aanwending. In geval van organische mest moet naast aanwending ook rekening worden gehouden met het mesttransport. Tijdens de teelt blijven er gewasresten achter op het land die (met name) N_2O uitstoot tot gevolg hebben. Wanneer de teelt een vlinderbloemige betreft dient rekening te worden gehouden met de stikstofbinding. Daarnaast kan er tijdens de landbouwfase sprake zijn van elektriciteitsgebruik, bijvoorbeeld voor de verlichting in de kippenstal, of voor de pomp ter irrigatie. Daarnaast zijn er teelten waarbij rekening gehouden dient te worden met overige broeikasgasemissies. Bijvoorbeeld rijstteelt waar een aanzienlijke hoeveelheid methaan (CH_4) wordt uitgestoten. Rijst is een onderwaterteelt waarbij bacteriën en andere micro-organismen organisch materiaal afbreken onder water. Hierbij ontstaat het sterke broeikasgas methaan.

Na de landbouwfase vindt er transport plaats naar een bedrijf waar het landbouwproduct wordt gesplitst en/of bewerkt.

2.2 Splitsingsfase

In de splitsingsfase wordt een primair landbouwproduct zoals graankorrels, oliezaden of melk gesplitst in verschillende delen. Een voorbeeld is de productie van sojaolie. Voor de productie van sojaolie worden sojabonen geteeld. Deze sojabonen doorlopen in de splitsingsfase een proces genaamd 'crushing'. Hierbij ontstaan sojahullen, sojameel en ruwe sojaolie. Een ander voorbeeld van een ingrediënt dat een splitsingsfase doormaakt is gist. Voor de productie van gist wordt suikerbiet geteeld. Deze suikerbiet wordt in de splitsingsfase gesplitst, waarbij melasse ontstaat. Dit wordt gebruikt als voeding voor de bioreactor waarin de gist wordt gekweekt.

Tijdens de splitsingsfase kunnen verschillende activiteiten plaatsvinden die een milieu-ingreep geven. Tijdens deze fase wordt hoofdzakelijk gebruik gemaakt van elektriciteit, aardgas en stoom. Daarnaast wordt ook gebruik gemaakt van bijvoorbeeld stookolie en hexaan. In deze fase vindt met name een uitstoot van CO₂ plaats door het gebruik van deze posten.

Na de splitsingsfase vindt er mogelijk weer transport plaats. Dit transport kan zijn van het splitsingsbedrijf naar een zuiveringsbedrijf in datzelfde land, of naar een zuiveringsbedrijf in Nederland.

2.3 Zuiveringsfase

In de zuiveringsfase wordt een gesplitst of afgescheiden ruw ingrediënt verder opgewerkt. Niet alle ingrediënten doorlopen een zuiveringsfase, maar de meeste ingrediënten die een splitsing hebben ondergaan moeten wel gezuiverd worden. Ruwe sojaolie bijvoorbeeld ondergaat nog een raffinage voordat het als ingrediënt gebruikt kan worden. Ook Textured Vegetable Proteins zoals soja-eiwit ondergaan een proces genaamd 'extrusion cooking', voordat zij verwerkt kunnen worden in het product. Tijdens deze zuiveringsfase kunnen verschillende handelingen en technieken plaatsvinden die elk hun specifieke milieu-ingreep hebben. Er wordt wederom hoofdzakelijk gebruik gemaakt van elektriciteit, aardgas en stoom. Maar bijvoorbeeld bij de raffinage van zonnebloemolie wordt daarnaast gebruik gemaakt van zout (NaCl), waterglas (natriumsilicaat), Natriumcarbonaat (Na₂CO₃) en bleekarde. Tijdens deze fase vindt hoofdzakelijk uitstoot van CO₂ plaats.

Na deze fase vindt er een transport plaats naar de fabriek waar de processing van de vleesvervanger plaatsvindt.

2.4 Processingfase

Tijdens de processingfase worden over het algemeen allereerst de ingrediënten gemengd. Daarna worden er vormen gemaakt, kruiden toegevoegd, paneer toegevoegd, gefrituurd, afgekoeld en mogelijk ingevroren. Bij een enkele vleesvervanger bestaat de processing voor een groot deel uit een fermentatieproces. Ook de consumentenverpakking wordt hier toegevoegd.

Wat betreft milieu-ingrepen gaat het in deze fase hoofdzakelijk om elektriciteit, aardgas en stoom. Maar aan het einde van de rit worden ook verpakkingsmaterialen zoals Expanded Polystyreen, Polyethyleen en Karton gebruikt. Hier wordt rekening gehouden met de productie van deze materialen. CO₂ is ook in deze fase het hoofdbestanddeel van de uitstoot.

Na de processing worden de vleesvervangers naar de supermarkten getransporteerd.

3. Kwalitatieve samenstelling vleesvervangers

De ingrediënten komen in de processingfase samen om de 12 vleesvervangers te produceren. De lijst met ingrediënten is zeer divers. In tabel 3.1 is een kwalitatieve samenstelling van de 12 verschillende vleesvervangers gegeven. Een kwantificering van de samenstelling wordt uit concurrentieoverwegingen niet gegeven.

Tabel 3.1: Kwalitatieve samenstelling van de vleesvervangers

Ingrediënten	Vivera Vega groente schijf	Healthy Planet gehakt	Provamel tofu	Goodbite rookworst	AH Groente burger (bio)	AH, Tivall Gegrilde stukjes	AH, Tivall groente balletjes	AH Tofu roerbak reepjes	Quorn fijngehakt	Valess Milner 30+	Alpro Soya Gepaneerde filets	Soto Mediterane balletjes
Aardappelzetmeel						X						
Bruine rijst												X
Doperwten	X						X					
Doperwten (bio)					X							
Gedroogde groenten											X	
Gefruite ui (bio)		X										
Gemoute gerst									X	X		
Gerehyd. soja-eiwit	X			X		X	X					
Gerehyd. soja-eiwit (bio)		X										
Gerehyd. tarwe-eiwit						X	X					
Gerehyd. tarwe-eiwit (bio)		X			X							
Gist						X						
Halfvolle melk										X		
Kippenei-eiwit	X				X	X	X		X			
Magere kwark												X
Magere melk										X		
Maïs							X					
Maïs (bio)					X							
Mozzarella (bio)												X
Mycoproteïn									X			
Olijfolie												X
Paneermeel (bio)												X
Plantaardige olie				X		X	X	X			X	
Paprika	X						X					
Paprika (bio)					X							X
Prei	X											
Sojabonen			X					X			X	
Sojabonen (bio)		X										
Soja-eiwit											X	
Sojaolie	X											
Speltvlokken (bio)												X
Sperziebonen	X											
Tarwe (bio)		X										
Tarwebloem										X	X	
Tarwegluten	X			X								
Tarwezetmeel				X								
Tarwemeel										X	X	
Tofu		X										
Tomaten (bio)												X
Ui	X					X	X					
Ui (bio)					X							X
Verdikkingsmiddel (maïszetmeel)	X				X					X		
Wortel	X						X					
Wortel (bio)					X							
Zonnebloemolie										X		
Zonnebloemolie (bio)		X			X							

Bijlage 2: Milieu-ingrepen tijdens de productie van vleesvervangers

1. Inleiding

In deze bijlage wordt dieper ingegaan op het type en de kwantificering van de milieu-ingrepen. Deze kwantificering gebeurt op basis van één ton ingrediënt. Er wordt opgedeeld in de landbouwfase, de splitsingsfase, de zuiveringsfase en de processingfase zoals weergegeven in figuur 2.1.

2. Kwantificering milieu-ingrepen

2.1 Landbouwfase

Voor wat betreft het mestgebruik, elektriciteitsgebruik en dieselgebruik komen de data zoveel mogelijk uit de gids voor Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2006. Voor enkele ingrediënten hebben de data een andere oorsprong, bijvoorbeeld wanneer de teelt buiten Nederland heeft plaatsgevonden. Hiervoor is veelal gebruik gemaakt van eerder onderzoek van BMA (Blonk e.a. 2008) Hieronder staat een opsomming van bronnen waarvan data zijn gebruikt. De letter van de opsomming komt overeen met letter bij de data in de tabel.

- a. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- b. Szafirowska en Elkner, Poland, 2008
- c. http://www.bioactualites.ch/fileadmin/documents/bafr/production-vegetale/grandes-cultures/4.8.11-62_Tournesol.pdf <http://www.fao.org/ag/agl/fertistat/>
- d. <http://www.fao.org/ag/agl/fertistat/>
- e. <http://www.timetoturn.nl/new/pivot/entry.php?id=427>
- f. J.H. Schmidt, Denmark, 2007
- g. Ji-yun Jin, China, 2002
- h. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, 2006, blz 5.44
- i. Jan Nienhuis, WUR, 2008
- j. Dr. Erich E Dumelin, Unilever R&D, LCA of vegetable oils and spreads
- k. Rassenvergelijking in spelt in de biologische teelt in 2004-2006
- l. Blonk, e.a. (2008)
- m. Schepens, R. 2009, Bonda, Hillegom.
- n. Eijk, J. van & N.P. Koot 2005, KWA, Amersfoort.
- o. Oldenhof, S., Y.J. Stienstra & C.J.A. Lokin, 2002, SenterNovem, Utrecht.
- p. Ketenkaart Zuivelindustrie, 2006
- q. <http://www.buffelolanda.nl>

2.1.1 N₂O emissie

De N₂O-emissie, welke niet door Simapro is uitgerekend, ontstaat onder andere door stikstofbinding van de vlinderbloemige teelten en door het achterblijven van gewasresten op het land. Om de N₂O-emissie door de stikstofbinding van vlinderbloemige te berekenen is de volgende formule gebruikt:

$$1) N^{\text{fix}} = (\text{yield} * \text{DM} * \text{NF}^{\text{field}} + (\text{yield} * \text{DM} / (\text{F}^{\text{field}} * (1 - \text{F}^{\text{root}})) * \text{NF}^{\text{rest}} * (1 - \text{F}^{\text{field}} * (1 - \text{F}^{\text{root}})))) * 0,6$$

- a. N^{fix} = stikstoffixatie (kg N/ha)
- b. Yield = oogst (kg/ha)
- c. DM = dry matter (kg/kg)

- d. $N_{F^{yield}} = \text{massafractie stikstof in de oogst (kg N/kg)}$
- e. $N_{F^{rest}} = \text{massafractie stikstof in de rest van de plant (kg N/kg)}$
- f. $F^{yield} = \text{massafractie van het oogstbare deel t.o.v het bovengrondse deel van de plant (kg/kg)}$
- g. $F^{root} = \text{massafractie van de wortel t.o.v de totale plant (kg/kg)}$
- h. Aaname fractie stikstofopname afkomstig van stikstoffixatie (kg N/kg N) (=0,6)

De N₂O-emissie van de op het land achtergebleven gewasresten is als volgt berekend:

- 3) $\text{Bovengrondse biomassa} = \text{Yield} * \text{DM} * (1 / F^{yield})$
- 4) $\text{Biomassa van de plant} = \text{bovengrondse biomassa} * (1 / F^{root})$
- 5) $\text{Biomassa van de gewasresten} = \text{biomassa van de plant} - \text{Yield} * \text{DM}$
- 6) $\text{Stikstof in de gewasresten} = \text{biomassa gewasresten} * N_{F^{gewasrest}}$

- a. Biomassa (kg/ha)
- b. DM = dry matter (kg/kg)
- c. $F^{yield} = \text{massafractie van het oogstbare deel t.o.v het bovengrondse deel van de plant (kg/kg)}$
- d. $F^{root} = \text{massafractie van het oogstbare deel t.o.v het bovengrondse deel van de plant (kg/kg)}$
- e. Yield = oogst (kg/ha)
- f. $F^{root} = \text{massafractie van de wortel t.o.v de totale plant (kg/kg)}$
- g. $N_{F^{gewasrest}} = \text{massafractie stikstof in de gewasresten (kg N/kg)}$
- h. Stikstof in de gewasresten (kg N/ha)

2.1.2 organische mest

Voor de biologische teelten zijn niet altijd cijfers bekend wat betreft opbrengst en mestgebruik. Wanneer er geen cijfers bekend waren, is uitgegaan van het gebruik van potstalmest in plaats van kunstmest, waarbij de opbrengst gelijk is gebleven. De kilogrammen stikstof zijn gedeeld door 80%, zodat er meer stikstof op de biologische teelt werd gebruikt.

Voor de productie van de organische mest is geen uitstoot meegenomen, maar voor het transport van de organische mest wel. Voor het transport van organische mest is een CO₂-uitstoot van 4,62 kg/ton organische mest gerekend (Blonk et. al. 2009). Ook de aanwending van organische mest geeft een CO₂-uitstoot die aangegeven wordt in tabel 2.1.

2.1.3 transport

De afgelegde afstanden zijn over het algemeen geschat met behulp van een 'distance calculator' van internet. Wanneer een gewas binnen Nederland wordt geteeld wordt ervan uitgegaan dat de af te leggen afstand van de oogst niet groter is dan 100 kilometer. Over het algemeen wordt de aanname gedaan dat de gewassen in Nederland verder worden verwerkt, tenzij duidelijk is geworden dat dit niet het geval is.

Tabel 2.1: kwantificering van de milieu-ingrepen voor één ton ingrediënt in de landbouwfase.

Ingrediënten	Kunstmest (kg/ton) N/P/K	N ₂ O (kg/ton)	CH ₄ (kg/ton)	Potstalmest (kg CO ₂ /ton)	Drijfmest (kg CO ₂ /ton)	Compost (kg CO ₂ /ton)	Elektriciteit (kWh/ton)	Diesel (kg/ton)	Transport (km) Weg/ Schip/ Trein/ Binnenvaart
Aardappelzetmeel	22/ 12/ 12	0,5	-	-	-	-	-	19	100/0/0 /0
Bruine rijst ^{gh i}	39/ 12/ 14	0,7	21,1	-	-	-	124	23	500/ 16977/ 0/ 0
Doperwten ^a	33/ 19/ 39	0,9	-	-	-	-	-	15	-
Doperwten (bio) ^a	-	1,1	-	-	-	-	-	15	100/ 0/0 /0
Gedroogde groenten	32/ 15/ 44	0,4	-	-	-	-	-	45	100/ 0/0 /0
Gefruite ui (bio)	-	0,5	-	44	31	-	-	11	-
Gemoute gerst	22/ 9/ 5	0,4	-	-	-	-	19	16	800/ 0/0 /0
Gerehyd. soja-eiwit ^{d e}	1 /5/ 6	0,1	-	-	-	-	-	3	690/ 9500/0 /0
Gerehyd. soja-eiwit	-	0,1	-	0,11	-	-	-	3	690/ 9500/0 /0

^{d e} (bio)									
Gerehyd. tarwe-eiwit	23/ 4/ 5	1	-	-	-	-	13	11	2079/0
Gerehyd. tarwe-eiwit (bio)	-	1	-	253	-	-	13	11	2079/0
Gist	3/ 1/ 2	0,1	-	-	-	-	-	3	100/ 0/ 0/ 0
Halfvolle melk ^{lop}	9/1/1	1	19	-	10	-	20 en 5 gas!	11	109/1901/28/86
Kippenei-eiwit ^l	233/117/148	26	13	-	-	-	2654 en 202 gas!	240	12268/42921/448/949
Magere kwark ^{lop}	26/3/4	3	55	-	30	-	59 en 15 gas!	32	318/5563/82/252
Magere melk ^{lop}	9/1/1	1	19	-	10	-	20 en 5 gas!	11	108/1894/28/86
Maïs ^d	6/ 6/ 5	0,7	-	-	-	-	11	10	100/ 0/ 0/ 0
Maïs (bio)	-	0,6	-	65	-	-	11	10	100/ 0/ 0/ 0
Mozzarella (bio) ^{lq}	77/8/12	-	-	-	89	-	178 en 45 gas!	93	929/16267/240/736
Mycoprotein ^d	8/ 8/ 6	0,3	-	-	-	-	5	4	0/ 0/ 0/ 0
Olijfolie ^k	231/ 82/ 69	3	-	-	-	-	-	111	300/ 1400/ 0/ 0
Paneermeel (bio)	0,1/ 0/ 0,1	0,4	-	124,5	102,5	-	-	7	922/ 0/ 0/ 0
Plantaardige olie ^f	20/ 42/ 68	3,2	-	-	-	-	0,6	30	690/ 9500/ 0/ 0
Paprika	6/ 2/ 10 ^g	2,7	-	-	-	-	-	-	200/ 700/ 0/ 0
Paprika (bio) ^b	-	2,6	-	-	-	44	-	2,4	200/ 700/ 0/ 0
Prei	7/ 0,3/ 7	0,2	-	-	-	-	-	15	100/ 0/ 0/ 0
Sojabonen ^{d e}	12/ 8/ 10	2,5	-	-	-	-	39	26	210/ 14923/ 0/ 0
Sojabonen (bio) ^e	-	2,3	-	18,9	-	-	-	14	690/ 9500/ 0/ 0
Soja-eiwit ^{d e}	4/ 19/ 23	1,1	-	-	-	-	-	13	690/ 9500/ 0/ 0
Sojaolie ^{d e}	9/ 46/ 56	5	-	-	-	-	-	33	690/ 9500/ 0/ 0
Speltvlokken (bio) ^l	-	-	-	159,7 (kippenmest)	133,7 (verenmeel)	-	-	17	400/ 0/ 0/ 0
Sperziebonen	10/ 4/ 24	0,9	-	-	-	-	-	11	100/ 0/ 0/ 0
Tarwe (bio)	-	1	-	142	-	-	11	9	580/ 0/ 0/ 0
Tarwebloem	23/ 4/ 5	1	-	-	-	-	13	11	822/ 0/ 0/ 0
Tarwegluten ^{lmn}	70/12/16	2	-	-	-	-	40	34	2079/ 0/ 0/ 0
Tarwezetmeel ^{lmn}	23/4/5	1	-	-	-	-	13	11	673/ 0/ 0/ 0
Tarwemeel	23/ 4/ 5	1	-	-	-	-	13	11	822/ 0/ 0/ 0
Tofu ^l	10/ 7/ 9	2	-	-	-	-	33	22	179/ 12685/ 0/ 0
Tomaten (bio)	-	2,6	-	100,2 ^j	-	-	110 ^j	1 ^j	2589/ 0/ 0/ 0
Ui	3/ 2/ 4	0,4	-	-	-	-	-	3	100/ 0/ 0/ 0
Ui (bio)	-	0,4	-	37,3	26,3	-	-	10	-
Verdikkingsmiddel ^d	26/ 24/ 21	0,5	-	-	-	-	50	43	300/ 0/ 0/ 0
Wortel	1/ 0/ 1	0,02	-	-	-	-	-	2	100/ 0/ 0/ 0
Wortel (bio)	-	-	-	13	-	-	-	4	100/ 0/ 0/ 0
Zonnebloemolie	67/ 3/ 67	1,2	-	-	-	-	-	118	500/ 0/ 0/ 0
Zonnebloemolie (bio) ^e	-	0,3	-	738	1446	-	-	109	500/ 0/ 0/ 0

2.2 Splitsingsfase

Hieronder staat een opsomming van bronnen waarvan data zijn gebruikt. De letter van de opsomming komt overeen met letter bij de data in de tabel.

- Milieumatenstudie van margarines, van den Bergh en Jurgens BV
- Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel, may 1998
- LCA of rapeseed oil and palmoil, J.H. Schmidt, 2007
- Bannink R.J.

- e. Blonk H. et. al., 1997
- f. Sandvik Dehydration Systems for fruit and vegetables
- g. Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Corn Wet Milling Industry, Christina Galitsky, Ernst Worrell, Michael Ruth, July 2003
- h. Cauberg-Huygen, Amsterdam, 27 april 2004
- i. Energy analysis in Rice Mills for cogeneration in Thailand
- j. Laco Crumbs
- k. Dr. Erich E Dumelin, Unilever R&D, LCA of vegetable oils and spreads
- l. Flaking roller mill with steamer, producent Buhler, Switzerland
- m. Density of steam-flaked sorghum grain, Y. Xiong, 1991
- n. Blonk, et.al., 2008
- o. Schepens, R. 2009 Personal communication. Bonda, Hillegom.
- p. Eijk, J. van & N.P., Koot 2005, KWA, Amersfoort.
- q. Blonk, T.J. 2006, Gouda.
- r. Oldenhof, S., Y.J. Stienstra & C.J.A. Lokin, 2002., SenterNovem, Utrecht.
- s. Ketenkaart Zuivelindustrie, 2006
- t. <http://www.buffelolanda.nl>

Wat betreft de data voor magere- en halfvolle melk en magere kwark staat zowel de splitsingsfase als de zuiveringsfase in tabel 2.2. Voor deze ingrediënten was alleen data beschikbaar over het gehele proces.

Tabel 2.2: kwantificering van de milieu-ingrepen voor één ton ingrediënt in de splitsingsfase.

Ingrediënten	Elektrischeiteit (kWh/ton)	Aardgas (m ³ /ton)	Stoom (kg/ton)	Diesel (kg/ton)	Stookolie (kg/ton)	CaCO ₃ (kg/ton)	H ₂ SO ₄ (kg/ton)	Overige (kg/ton)	Transport (km) Weg/ Schip
Aardappelzetmeel ^c	381	146	-	-	8	-	-	-	-
Bruine rijst ⁱ	23	-	-	-	-	-	-	-	-
Doperwt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Doperwt (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gedroogde groenten ^f	-	-	10029	-	-	-	-	-	-
Gefruite ui (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gemoute gerst ^h	-	105	-	-	-	-	-	-	-
Gerehyd. soja-eiwit ^b	16,4	8	96	-	-	-	-	-	-
Gerehyd. soja-eiwit ^b (bio)	16,4	8	96	-	-	-	-	-	-
Gerehyd. tarwe-eiwit ^{opq}	96	-	-	-	-	-	-	-	464/0
Gerehyd. tarwe-eiwit ^{opq} (bio)	96	-	-	-	-	-	-	-	464/0
Gist ^d	3	53	-	-	2	56	1	4 (kolen)	-
Halfvolle melk ^{nrs}	48	14	-	-	-	-	-	-	179/0
Kippenei-eiwit ⁿ	966	17	-	-	-	-	-	-	966/0
Magere kwark ⁿ	77	44	-	-	-	-	-	-	234/0
Magere melk ^{nrs}	48	14	-	-	-	-	-	-	179/0
Maïs	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maïs (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mozzarella (bio) ^{nrs}	179	60	-	-	-	-	-	-	725/0
Mycoproteïne ^g	172	-	528	68	-	-	-	-	-
Olijfolie ^k	17	6	-	-	-	-	-	-	-
Paneermeel (bio) ⁱ	112	82	-	-	0,1	1,7	0,03	0,1 (kolen) 9 (NaCl)	-
Plantaeide olie ^{bc}	124	36	714	1	-	-	-	-	-
Paprika	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paprika (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prei	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sojabonen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sojabonen (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soja-eiwit ^b	65	33	384	-	-	-	-	-	-
Sojaolie ^b	162	82	822	-	-	-	-	-	-
Speltvlokken (bio) ^{ml}	8	-	67	-	-	-	-	-	-

Sperziebonen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarwe (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarwebloem ^{opq}	93	-	-	-	-	-	-	-	150/0
Tarwegluten ^{opq}	287	-	-	-	-	-	-	-	150/0
Tarwezetmeel ^{opq}	93	-	-	-	-	-	-	-	150/0
Tarwemeel ^{opq}	93	-	-	-	-	-	-	-	150/0
Tofu ⁿ (zie processing)	995	213	-	-	-	-	-	-	200/0
Tomaten (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ui	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ui (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verdikkingsmiddel ^g	144	-	553	59	-	-	-	-	-
Wortel	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wortel (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zonnebloemolie ^a	113	-	578	-	-	-	-	2 (hexaan)	-
Zonnebloemolie (bio) ^a	113	-	578	-	-	-	-	2 (hexaan)	-

2.3 Zuiveringsfase

Hieronder staat een opsomming van bronnen waarvan data zijn gebruikt. De letter van de opsomming komt overeen met letter bij de data in de tabel.

- Bannink RJ
- Dr. Erich E Dumelin, Unilever R&D, LCA of vegetable oils and spreads
- Evaluating Energy Consumption and Efficiency of a Twin-Screw Extruder, M Liang, Columbia
- Queenswood product specification of Textured Vegetable Protein (TVP)
- Milieumatenstudie van margarines, van den Bergh en Jurgens BV
- Blonk H. et. al., 1997
- Schepens, R., 2009, Bonda, Hillegom.
- Eijk, J. van & N.P. Koot, 2005, KWA, Amersfoort.
- Blonk, T.J., 2006, Blonk Milieu Advies, Gouda.

Tabel 2.3: kwantificering van de milieu-ingrepen voor één ton ingrediënt in de zuiveringsfase.

Ingrediënten	Elektrischeiteit (kWh/ton)	Aardgas (m ³ /ton)	Stoom (kg/ton)	Diesel (kg/ton)	Stookolie (kg/ton)	Overige (kg/ton)	Overige (kg/ton)	Overige (kg/ton)	Transport (km Weg/ Schip)
Aardappelzetmeel	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bruine rijst	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Doperwtten	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Doperwtten (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gedroogde groenten	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gefruite ui (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gemoute gerst	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gerehyd. soja-eiwit ^{cd}	46,6	8	-	-	-	-	-	-	-
Gerehyd. soja-eiwit (bio) ^{cd}	46,6	8	-	-	-	-	-	-	-
Gerehyd. tarwe-eiwit ^{g,h,i}	375	86	-	-	-	-	-	-	150/0
Gerehyd. tarwe-eiwit (bio) ^{g,h,i}	357	86	-	-	-	-	-	-	150/0
Gist ^a	1292	(niet te herleiden)	-	-	-	-	-	-	-
Halfvolle melk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kippenei-eiwit	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Magere kwark	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Magere melk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maïs	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maïs (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mozzarella (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mycoproteïn	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Olijfolie ^b	116	26	533	-	-	-	-	-	-
Paneermeel (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plantaardige olie ^f	-	21	-	-	-	-	-	-	-
Paprika	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Paprika (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prei	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sojabonen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sojabonen (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soja-eiwit ^c	187	-	-	-	-	-	-	-	-
Sojaolie ^f	-	41	-	-	-	-	-	-	-
Speltvlokken (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sperziebonen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarwe (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarwebloem	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarwegluten ^{g,h,i}	1126	257	-	-	-	-	-	-	150/0
Tarwezetmeel ^{g,h,i}	364	83	-	-	-	-	-	-	150/0
Tarwemeel	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tofu	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tomaten (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ui	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ui (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verdikkingsmiddel	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wortel	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wortel (bio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zonnebloemolie ^e	-	-	-	-	-	5(NaCl) 6(Nitrogen) 1 (activated carbon)	9(Na2CO3) 7,5 (bleaching earth) 2 (NaOH)	2 (waterglas)) 9 (H2SO4) 0,03 (citric acid)	-
Zonnebloemolie (bio) ^e	-	-	-	-	-	5(NaCl) 6(Nitrogen) 1 (activated carbon)	9(Na2CO3) 7,5 (bleaching earth) 2 (NaOH)	2 (waterglas)) 9 (H2SO4) 0,03 (citric acid)	-

2.4 Processingfase

2.4.1 fossiel energiegebruik

Voor het gebruik van elektriciteit, aardgas en stoom tijdens de processingfase is het nodig gebleken schattingen te maken. Het blijkt voor fabrikanten lastig te zijn deze data voor één of enkele productielijnen boven tafel te krijgen. Daarnaast zijn fabrikanten van vleesvervangers erg terughoudend met het blootgeven van deze data in verband met de concurrentiepositie. Vivera was bereid en enthousiast om deze data wel boven tafel te krijgen. Deze data, samen met de data van enkele andere producenten zijn belangrijk geweest in het schatten van het fossiel energiegebruik van de processing van de overige vleesvervangers. Voor Valess is ‘Valess milieukundig bekeken’ (Sevenster, 2004) een bron van informatie geweest, waarbij voor Valess Milner 30+ rekening is gehouden met het gehalte aan kaas en de fossiele energie die nodig is voor deze kaasproductie. De processing van Provamel tofu en AH tofu roerbakreepjes bestaat hoofdzakelijk uit de productie van tofu uit sojabonen. Quorn ligt aan de grondslag van de data wat betreft de processing van Quorn.

2.4.2 verpakking

Het gewicht van de verpakkingen is bepaald aan de hand van de verpakking zoals deze in de winkel ligt. Deze verpakkingen zijn gewogen op een digitale weegschaal. De weging is geïkht op basis van die gevallen dat informatie over de verpakking is verkregen van de producent. Het materiaal is bepaald aan de hand van de classificaties op de verpakking, door informatie van de producent of vanuit ervaring.

2.4.3 transport

Van AH (Tivall) is bekend dat de processing plaatsvindt in Israël. Om deze reden wordt ervan uitgegaan dat het transport van de vleesvervanger naar Nederland over zee plaatsvindt. Quorn wordt in het verenigd

koninkrijk geproduceerd. Van de overige vleesvervangers worden de ingrediënten naar Nederland vervoerd zoals aangegeven in tabel 2.1. Er is aangenomen dat er tussen de producent en de supermarkt nog een afstand van 100 kilometer wordt afgelegd per wegtransport.

Tabel 2.4: kwantificering van de milieu-ingrepen voor één ton vleesvervanger in de processingfase.

Vleesvervanger	Elektriciteit (kWh/ton)	Aardgas (m ³ /ton)	Stoom (kg/ton)	Polipropyleen (kg/ton)	Polyethyleen (kg/ton)	polystyreen (kg/ton)	Karton (kg/ton)	Transport (km Weg/ Schip)
Vivera Vega groenteschijf	591	94	-	-	1	40	45	100/0
Healthy Planet Gehakt	600	100	-	-	20	-	68	100/0
Provamel Tofu	995	213	-	78	1	-	89	100/0
Goodbite Rookworst	600	100	-	111	3	-	50	100/0
AH Groenteburger (bio)	600	100	-	-	1	47	87	100/6225
AH, Tivall Gegrilde stukjes	600	100	-	-	1	51	69	100/6225
AH, Tivall groenteballetjes	600	100	-	-	1	38	62	100/6225
AH Tofu roerbakreepjes	995	312	-	-	1	83	83	100/6225
Quorn Fijnggehakt, haché	217	-	4490	97	6	-	51	300/0
Valess Milner 30+	570	152	-	55	1	-	60	100/0
Alpro Soya Gepaneerde filets	600	100	-	81	1	-	88	100/0
Soto Mediterane balletjes	600	100	-	-	44	-	-	100/0

2.5 Resultaten per ingrediënt

Om inzicht te krijgen in de verschillende bijdragen die de verscheidene ingrediënten hebben op de behandelde milieuthema's wordt in tabel 2.5 een overzicht gegeven van deze bijdrage per ton ingrediënt. Met behulp van deze tabel kan men inzicht krijgen in waarom een bepaald ingrediënt, ondanks de geringe gebruikte hoeveelheid, toch een grote bijdrage kan hebben wat betreft broeikasemissie, fossiel energiegebruik, ruimtebeslag of ReCiPe-score.

Tabel 2.5: Bijdrage van de verscheidene ingrediënten aan de behandelde milieuthema's: broeikasemissie, fossiel energiegebruik, ruimtebeslag en ReCiPe-score. Bijdragen per ton ingrediënt.

Ingrediënten	Broeikasemissie (Kg CO ₂ eq)	Fossiel Energiegebruik (MJ)	Ruimtebeslag (M ² *jaar)	ReCiPe-score (punten)
Aardappelzetmeel	1015	13270	1320	130
Bruine rijst	1375	9790	2425	175
Doperwten	575	5040	2505	120
Doperwten (bio)	390	925	2875	110
Gedroogde groenten	2895	45960	2050	330
Gefruite ui (bio)	265	730	425	30
Gemoute gerst	705	9665	2155	130
Gerehyd. soja-eiwit	340	4770	1890	90
Gerehyd. soja-eiwit (bio)	320	4450	1890	90

Gerehyd. tarwe-eiwit	1190	15315	1550	150
Gerehyd. tarwe-eiwit (bio)	1110	12955	1545	135
Gist	960	11730	310	90
Halfvolle melk	1010	3650	870	85
Kippenei-eiwit	16590	130475	31020	2140
Magere kwark	2900	9870	2550	245
Magere melk	1010	3645	870	85
Maïs	290	1535	1325	60
Maïs (bio)	320	755	1325	60
Mozzarella (bio)	7300	25545	7455	655
Mycoprotein	605	7785	2250	125
Olijfolie	3055	35290	12805	660
Paneermeel (bio)	795	6700	910	85
Plantaardige olie	1895	14750	15330	605
Paprika	880	1310	155	55
Paprika (bio)	860	590	330	50
Prei	170	1740	335	25
Sojabonen	1125	5700	4510	210
Sojabonen (bio)	940	3460	4600	195
Soja-eiwit	950	9335	7550	305
Sojaolie	2620	17380	28090	1030
Speltvlokken (bio)	445	1915	2300	95
Sperziebonen	410	2280	920	55
Tarwe (bio)	575	1620	1290	70
Tarwebloem	625	5115	1685	100
Tarwegluten	2925	35280	4635	385
Tarwezetmeel	1065	11630	1500	130
Tarwemeel	625	5115	1685	100
Tofu	2065	21595	3835	280
Tomaten (bio)	1245	5685	130	80
Ui	165	745	230	20
Ui (bio)	230	680	360	25
Verdikkingsmiddel	605	7879	1950	115
Wortel	35	455	180	10
Wortel (bio)	65	605	210	10
Zonnebloemolie	1470	17640	9895	430
Zonnebloemolie (bio)	3040	9690	11860	530

2.6 Bronnen

- Agridea, 2009, http://www.bioactualites.ch/fileadmin/documents/bafr/production-vegetale/grandes-cultures/4.8.11-62_Tournesol.pdf
- Baltussen W.H.M., Blonk H., Luske B., Hennen W.H.G.J., Kool A., Vermeulen P.C.M., Nienhuis J.K., Wiersinga R.C., 2008, Ontwikkeling methodologie voor de berekening broeikasgaseffecten binnen tuinbouwketens, LEI Wageningen UR, Den Haag
- Bannink R.J., 2009, gistproducent bij DSM, persoonlijke communicatie
- Blonk H., Lafleur M., van Zeijts, H., 1997, "Screening LCA on potato starch", appendix 7 of the report, IVAM Environmental Research & Centre for Agriculture and Environment, Amsterdam.
- Blonk H., Lafleur M., van Zeijts H., 1997, "Screening LCA on soy bean oil", appendix 3 of the report, IVAM Environmental Research & Centre for Agriculture and Environment, Amsterdam.
- Blonk T.J., 2006, Duurzaam Broodbakken, Blonk Milieu Advies, Gouda.
- Blonk H., Kool A., Luske B., Ponsioen T., Scholten J., concept mei 2009, Berekening van broeikasgasemissies door de productie van tuinbouwproducten, Blonk Milieu Advies, Gouda.

- Buffel O'landa 2009, <http://www.buffelolanda.nl>
- Buhler AG 2009, www.buhlergroup.com, Flaking roller mill with steamer.
- Dumelin, E.E., presentatie, Life Cycle Assessment of Vegetable Oils & Spreads, Unilever R&D, Vlaardingen
- Eijk, J. van & N.P. Koot, 2005, Uitgebreide Energie Studie. Analyse van het energieverbruik in de keten met besparingsmogelijkheden, KWA, Amersfoort.
- Ekasilp W., Soponronnarit S., Therdyothin A., 1995, Energy Analysis in Rice Mills for Cogeneration in Thailand, Department of Energy Technology, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.
- Eurostat, 2009, key to European statistics, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- Fertistat, 2009, fertilizer use statistics, <http://www.fao.org/ag/agl/fertistat/>
- Galitsky C., Worrell R., Ruth M., 2003, Energy efficiency and cost saving opportunities for the corn wet milling industry, Energy Analysis Department, University of California.
- IPCC, 2006, guidelines for national greenhouse gas inventories, Vol. 4, Agriculture Forestry and other land use, chapter 5, Cropland.
- Jin J., Wu R., Liu R., 2002, Rice production and fertilization in China, Better crops international, Vol. 16, special supplement.
- Ketenkaart Zuivelindustrie 2006. Opgesteld i.h.k.v. programma MJA2 van SenterNovem. KWA en NZO.
- Laco Crumbs, Leeuwarden, persoonlijke communicatie, 2009
- Land C.A., 2004, Onderzoek voor het vaststellen van milieucriteria bij de productie van bier, Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs BV.
- Liang M., Huff H.E., Hsieh F.H., Evaluating Energy Consumption and Efficiency of a Twin-Screw Extruder, Department of biological engineering, University of Missouri, Columbia.
- Oldenhof, S., Y.J. Stienstra & C.J.A. Lokin, 2002, Duurzame (voedsel-) ketens en energiebesparing (DKE) Pre-pilot onderzoek naar het onttrekken van water uit melk in de zuivelketen, SenterNovem, Utrecht.
- Queenswood, 2007, Product specification, TVP Savoury Mince.
- Sandvik 2009, www.smt.sandvik.com, Sandvik dehydration systems for fruit and vegetables.
- Schepens, R., 2009, Personal communication, Bonda, Hillegom.
- Schmidt J.H., 2007, Life Cycle Assessment of rape seed oil and palm oil, Department of development and planning, Aalborg University.
- Sevenster M.N., Bergsma G.C., 2004, Valess milieukundig bekeken, vlees uit zuivel vergeleken met vlees en andere vleesvervangers, CE, Delft.
- Sheehan J. Camobreco V., Duffield J., Graboski M., Shapouri H., 1998, Life cycle inventory of biodiesel and petroleum diesel for use in an urban bus, National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- Stichting Proefboerderijen Noordelijke Akkerbouw, 2009, Rassenvergelijking in spelt in de biologische teelt in 2004-2006. <http://www.spna.nl/>
- Szafirowska A., Elkner K., 2008, Yielding and Fruit Quality of three sweet pepper cultivars from organic and conventional cultivation, Research Institute of Vegetable Crops, Poland.

Time to Turn 2009, <http://www.timetoturn.nl/new/pivot/entry.php?id=427>

Vis J.C., Krozer J., Duyse van P.J.C., Koudijs H.G., 1992, Milieumatenstudies van margarines, B&J, van den Bergh en Jurgens BV, Rotterdam.

Xiong Y., Bartle S.J., Preston R.L., 1991, Density of steam-flaked sorghum grain, roughage level, and feeding regimen for feedlot steers, Texas Tech University, Journal of animal science, Vol. 69:1707-1718

Bijlage 3: Landconversie

Allocating greenhouse gas emissions due to land conversion from nature to agriculture

When land is converted from nature to agriculture, there are various processes that cause greenhouse gas emissions. First, a large amount of natural biomass is burnt or left on the land to decay. Burning biomass results in immediate greenhouse gas emissions and biomass decay may take a decade. Second, after land conversion, the soil organic matter declines gradually, resulting in more greenhouse gas emissions; this takes decades or centuries. Third, in case the converted land contains peat, the soil is drained to be able to use it for agricultural production, resulting in carbon dioxide emissions due to organic matter oxidation; this continues as long as the land is drained and may continue for centuries. Another negative effect of land conversion to global warming is that land conversion may stop the fossilization process, which stores atmospheric carbon dioxide in the soil in the form of organic matter; this is called loss of sink function.

The IPCC (2006) estimated that land conversion from nature to any land use contributes about 17% to the worldwide greenhouse gas emissions (Figure I.1). Most of the land conversion from nature is for agriculture; so, this is a considerable source of greenhouse gas emissions due to agricultural production. However, very few methods have been developed to allocate the greenhouse gas emissions due to land conversion to agricultural products, because of lack of reliable information and methodological problems. The only method that we are aware of and that is actually applied in life cycle assessments is that of the PAS2050.

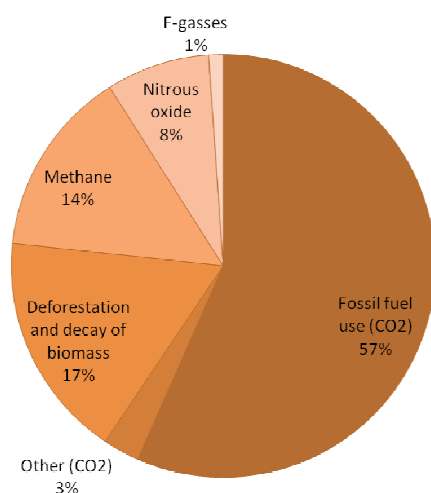


Figure I.1 Worldwide greenhouse gas emissions according to IPCC (2006)

PAS2050: The PAS2050 method for calculating and allocating greenhouse gas emissions due to land conversion to crop products is based on the method described in the British bio-fuel protocol (ref.?). We find several serious problems for applying the method. First, it follows a very vague and questionable approach: for direct land use change (the product under study is produced on land directly after it was converted from nature), one-twentieth (5%) of the total emissions arising from the land use change shall be included in the greenhouse gas emissions of the products in each year over the twenty years following the change in land use. It is not clear how this should be interpreted: should one-twentieth of the greenhouse gas emissions be allocated to each year after conversion or one-twentieth less each year further from the year the land was converted? In the first interpretation, soybean production in Brazil, six years after land conversion of tropical forest, would be responsible for 1,850 kg CO₂eq/ha (one-twentieth of the PAS2050 default 37 ton CO₂eq/ha for this case), and in the second case it would be responsible for 27,750 kg CO₂eq/ha (for comparison: the total of greenhouse gas emissions due to soybean

production not related to land conversion is about 1,500 kg/ha). Additionally, the following questions are not addressed in the PAS2050:

1. Why was a period of twenty years chosen and not for example one hundred years (a time frame that is used for many other sources)?
2. Why is no greenhouse gas emissions allocated to timber and charcoal harvesting?
3. How do we allocate to other agricultural land use activities, such as grazing and fallow, and crop rotations in the twenty year period?

A solution to the last two questions could be economic allocation with a number of activities related to land conversion, but then the time frame is crucial: activities that have not taken place yet within the chosen time frame cannot be predicted with certainty. Moreover, information on economic parameters for such a method is not publically available. So, it is almost always practically impossible to allocate greenhouse gas emissions due to direct land conversion.

The PAS2050 method is also incomplete: the greenhouse gas emissions due indirect land conversion and due to loss of soil organic matter will be specified in the following version of the PAS2050. The PAS2050 does not consider the loss of sink function due to land conversion or peat oxidation. For peat oxidation, the IPCC 2006 guidelines are adequate. For indirect land conversion, loss of soil organic matter and loss of sink function, we developed our own methods. Here, we only focus on indirect land conversion.

Lead and FAO (2006; “livestock’s long shadow”) estimate that 65% of all deforestation in the world is due to pasture expansion and the remaining to cropland and about half of the cropland expansion into forests in Bolivia and Brazil is for feed production. They argue that all estimated greenhouse gas emissions due to land conversion and burning ($3.2 \pm 2.0 \cdot 10^9$ ton CO₂eq/year in the 1980s or 160 ± 100 ton CO₂eq/ha) should be divided according to these shares. The numbers and assumption Lead and FAO (2006) use are very rough estimations, but the concept is simple and robust.

Method: We developed a method for indirect land conversion that is similar to the concept of Lead and FAO (2006) for calculating greenhouse gas emissions due to indirect land conversion per agricultural activity in a country. For this method, we need the following information/data:

1. Trends of annual area expansion or decrease of all agricultural land use activities in a country
2. Average aboveground biomass of converted land per country
3. The greenhouse gas emissions per ton aboveground biomass

For estimating the trends, we use the Faostat database, because it contains area and production data for a large list of crops and includes pasture area for all countries and, in most cases, since 1961. The time-frame for calculating the trends is crucial and depends on the objective of the study: do you want to take the most recent developments into account or do you want to look at long term trends? From the Faostat data, we can derive two parameters:

- a) The fraction of area expansion of land use activities (with a positive trend) that affects land conversion in a country: $1 - [\text{absolute sum of all negative trends}]/[\text{sum of all positive trends}]$
- b) The relative area expansion of the land use activities with positive trends: $[\text{annual expansion}]/[\text{actual area of the land use activity}]$

The average aboveground biomass of converted land per country can be estimated by the shares of different types of forests per country from FAO Global Forest Resources Assessment 2000. With these shares, we can calculate the weighted average aboveground forest biomass per country with IPCC (2006) biomass values. Table I.1 shows the shares, biomass values and weighted averages of five important countries for feed raw material crops (oil palm and soybean) and land conversion.

Table I.1 Shares of different types of forests, aboveground biomass values and weighted averages of five important countries for feed raw material crops (oil palm and soybean) and land conversion (sources: FAO Global Forest Resources Assessment 2000 and 2006 IPCC guidelines and own calculations)

Country/area		Indonesia	Malaysia	Thailand	Argentina	Brazil	Southeast Asia	South America
		[Fraction of type of forest]					[ton biomass/ha]	
Tropical	Rain forest	88%	94%	23%	4%	76%	350	300
	Moist	2%	-	21%	22%	14%	290	220
	Dry	-	-	54%	61%	8%	160	210
	Shrub	1%	-	-	-	-	70	80
	Mountain	9%	6%	2%	5%	1%	205	145
Subtropical	Humid	-	-	-	3%	2%	290	220
	Steppe	-	-	-	1%	-	70	80
	Mountain	-	-	-	1%	-	205	145
Temperate	Oceanic	-	-	-	2%	-	120	180
	Steppe	-	-	-	1%	-	0	0
	Mountain	-	-	-	2%	-	130	130
Average	[ton/ha]	333	341	232	211	281		

The greenhouse gas emissions per hectare can be directly related to the aboveground biomass:

$$E_{\text{burn}} = B_{\text{above}} * f_{\text{burnt}} * EF_{\text{burnt}}$$

$$E_{\text{decay}} = B_{\text{above}} * (1 - f_{\text{burnt}}) * f_{\text{C}} * 44/12$$

- E_{burnt} is the greenhouse gas emissions due to burning aboveground biomass [ton CO₂eq/ha]
- B_{above} is the aboveground biomass [ton/ha]
- f_{burnt} is the fraction burnt [ton/ton]
- EF_{burnt} is the emission factor for burnt biomass [kg CO₂eq/ton]
- f_{C} is the carbon fraction of biomass [kg C/kg biomass]

The carbon fraction f_{C} is rather constant at about 0.47 kg C/kg biomass (IPCC 2006).

The emission factor EF_{burnt} can be based on the IPCC emission factors for carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to burning: 1.81 kg CO₂eq/ton = 1.58 (kg CO₂) + 0.17 (kg CH₄) + 0.06 (kg N₂O) (IPCC 2006).

For fraction burnt f_{burnt} , combustion factor as in Table I.2 can be used (IPCC 2006).

Table I.2 Combustion factor for several types of forest (source: IPCC 2006)

Type of forest	Combustion factor
Primary tropical forest	0.32
Primary open tropical forest	0.45
Primary tropical moist forest	0.50
All primary tropical forests	0.36
All secondary tropical forests	0.55
All boreal forest	0.34
All savanna woodlands (early dry season burns)	0.40

When assuming 300 ton aboveground biomass per hectare (dense tropical rainforest), the equation results in 530 ton CO₂eq/ha. For comparison: the PAS2050 value for Brazilian tropical rainforest is 20 * 37 = 740 ton CO₂eq/ha (according to our calculations that would mean 418 ton aboveground biomass/ha, which is possible, but certainly not representative for Brazil). Because the fraction burnt only affects the result by one or two percent, we can simplify the equation by:

$$E_{\text{burn+decay}} [\text{ton CO}_2\text{eq/ha}] = B_{\text{above}} [\text{ton biomass/ha}] * EF_{\text{burn+decay}} [1.77 \text{ ton CO}_2\text{eq/ton}].$$

Results: Table I.3 shows the results of calculating greenhouse gas emission due to indirect land conversion using trend analysis with 10 year data (1998 – 2007). In this case, Argentinean soybean is responsible for twice the greenhouse gas emissions due to Brazilian soybean crop area expansion and Indonesian oil palm is responsible for about sixteen times the greenhouse gas emissions due to Malaysian oil palm crop area expansion. The results when using 20 years data (1988 – 2007) are very different (Table

I.4): Brazilian soybean is responsible for twice the greenhouse gas emissions due to Argentinean soybean crop area expansion and Indonesian oil palm is responsible for only two and a half times the greenhouse gas emissions due to Malaysian oil palm crop area expansion.

Table I.3 Results of calculating greenhouse gas emission due to indirect land conversion using trend analysis with Faostat data between 1998 and 2007 (10 years)

	Unit	Argentina	Brazil	Thailand	Indonesia	Malaysia
		Soybeans	Soybeans	Cassava	Oil palm fruit	Oil palm fruit
Sum of all trends	10 ⁶ ha	557	451	82	821	15
Sum of negative trends	10 ⁶ ha	-523	-1755	-105	-133	-111
Sum of positive trends	10 ⁶ ha	1080	2206	187	954	126
Fraction from forest	ha/ha	52%	20%	44%	86%	12%
Relative crop expansion	ha/ha	6.4%	5.9%	0.2%	7.0%	3.2%
Forest biomass	ton/ha	211	281	232	333	341
Emission factor	kg CO ₂ eq/kg biomass	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
Greenhouse gas emission	ton CO₂eq/ha	12.35	5.98	0.32	35.52	2.27

Table I.4 Results of calculating greenhouse gas emission due to indirect land conversion using trend analysis with Faostat data between 1988 and 2007 (20 years)

	Unit	Argentina	Brazil	Thailand	Indonesia	Malaysia
		Soybeans	Soybeans	Cassava	Oil palm fruit	Oil palm fruit
Sum of all trends	10 ⁶ ha	241	1277	-115	348	45
Sum of negative trends	10 ⁶ ha	-515	-459	-274	-226	-88
Sum of positive trends	10 ⁶ ha	757	1736	158	575	134
Fraction from forest	ha/ha	32%	74%	-73%	61%	34%
Relative crop expansion	ha/ha	3.7%	3.0%	-2.7%	4.4%	3.3%
Forest biomass	ton/ha	211	281	232	333	341
Emission factor	kg CO ₂ eq/kg biomass	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
Greenhouse gas emission	ton CO₂eq/ha	4.43	10.85	0.00	15.81	6.74

Discussion: Our method for calculating greenhouse gas emissions due to indirect land conversion is simple and robust, but is subject to uncertainties regarding available input data due to the large effect of the chosen time frame for trend analysis on the results. The question is whether it is possible to generate area expansion trends by using econometric models based on certain demand scenarios. The results from such an analysis might give a different indication of the actual situation. However, this type of analysis might also be subject to arbitrary assumptions.

The choice for country specific calculations was initially because of data constraints, but it is not unreasonable to assign responsibility to that administrative level. It might be possible to source a crop material from a region within a country, but the indirect effect within a country is strong. There exist indirect effect between countries, but we expect that these are much weaker. On the other hand, our method also allows for calculating greenhouse gas emissions due to crop expansion on larger scale, such as continental and world scale. Moreover, it also allows for calculating greenhouse gas emissions due to area expansion of crop groups (for example: grains or oil crops). In those cases, the greenhouse gas emissions will be averaged over the group of countries and crops; so, for some cases the emissions will be lower and for others higher than when analyzing them individually.