

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 383

Verkenning van milieuemissies en verbruiken
van schaarse hulpbronnen in de sectoren:
konijnen, vleeskalveren, eenden en kalkoenen

September 2010



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel
van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek,
2010

Overname van de inhoud is toegestaan,
mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research (formeel ASG
Veehouderij BV) aanvaardt geen aansprakelijkheid
voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik
van de resultaten van dit onderzoek of de
toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research, formeel 'ASG
Veehouderij BV', vormt samen met het Centraal
Veterinair Instituut en het Departement
Dierwetenschappen van Wageningen Universiteit
de Animal Sciences Group van Wageningen UR.
Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV
onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze
onderzoeksopdrachten zijn de Algemene
Voorwaarden van de Animal Sciences Group
van toepassing. Deze zijn gedeponereerd bij de
Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

For new design concepts of rabbit, veal calf, duck and turkey production systems insight is needed in environmental emissions and the use of resources of current production systems. In this study, several environmental emissions and uses of resources were quantified and qualified where possible.

Keywords

Designs for System Innovation, environmental impact, Life Cycle Assessment, rabbits, veal calves, ducks, turkeys

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

J.W. de Vries
S. Radersma
A. Winkel
F.E. de Buissonjé

Titel

Verkenning van milieuemissies en verbruiken van schaarse hulpbronnen in de sectoren: konijnen, vleeskalveren, eenden en kalkoenen
Rapport 383

Samenvatting

Voor herontwerpen van dierlijke productiesystemen van konijnen, vleeskalveren, eenden en kalkoen is inzicht nodig in milieuemissies en verbruiken van schaarse hulpbronnen van huidige systemen die door middel van deze herontwerpen verbeterd kunnen worden. In deze studie zijn deze emissies en verbruiken waar mogelijk gekwantificeerd en gekwalificeerd.

Trefwoorden

Reflectief Interactief Ontwerpen, milieubelasting, Life Cycle Assessment, konijnen, vleeskalveren, eenden, kalkoenen



LIVESTOCK RESEARCH

WAGENINGEN UR

Rapport 383

Verkenning van milieuemissies en verbruiken van schaarse hulpbronnen in de sectoren: konijnen, vleeskalveren, eenden en kalkoenen

Exploring environmental emissions and depletion of resources of rabbit, veal calf, duck, and turkey production chains in The Netherlands

J.W. de Vries

S. Radersma

A. Winkel

F.E. de Buisonjé

September 2010

Voorwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van het beleidsondersteunend onderzoek van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit (thema Duurzame stal- en houderijsystemen: projecten BO 12.02-001-009 t/m 012).

Binnen dit deel van het beleidsondersteunend onderzoek wordt door middel van 'ontwerpen voor systeeminnovaties' gewerkt aan dierhouderijconcepten die integraal duurzaam zijn; d.w.z. maximaal tegemoet komen aan de wensen van de boer, het dier, de burger/consument en de omgeving/het milieu. In deze studie wordt een verkenning gedaan van hotspots m.b.t. milieuemissies en verbruiken van schaarse hulpbronnen die optreden in de productieketens van konijnen, vleeskalveren, eenden en kalkoenen. Deze hotspots vragen aandacht tijdens het herontwerptraject van deze productieketens.

Onze dank gaat uit naar de diverse sectordeskundigen die kwantitatieve of kwalitatieve informatie hebben aangedragen voor deze studie en naar collega's voor het geven van feedback op dit werk.

Met vriendelijke groet namens de auteurs,

Ir. J.W. (Jerke) de Vries

Samenvatting

In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) werkt Wageningen UR Livestock Research aan het ontwerpen van integraal duurzame dierhouderijsystemen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de aanpak van het 'ontwerpen voor systeeminnovatie' of 'reflectief interactief ontwerpen (RIO)'. Met deze aanpak wordt geprobeerd om interactief tot nieuwe herontwerpen voor dierlijke productiesystemen te komen waarbij maximaal rekening wordt gehouden met de behoeften van verschillende actoren: o.a. de boer, het dier, de burger/consument en de omgeving/het milieu.

Het onderhavige project is uitgevoerd als aanloop voor herontwerpen van de sectoren konijnen, vleeskalveren, eenden en kalkoenen. Het doel van dit project was om in kaart te brengen welke milieubelastingen (hotspots: hoge emissies en verbruiken t.g.v. 'systeemfouten') in deze productieketens aandacht vragen voor het herontwerp. Het resultaat van deze studie dient als input voor herontwerpen voor deze sectoren.

In deze studie zijn voor elk van de vier sectoren m.b.v. een kwantitatieve analyse, gestoeld op de Life Cycle Assessment (LCA) methodiek, de milieuemissies en verbruiken van schaarse hulpbronnen berekend en uitgedrukt per kg geproduceerd levend gewicht (vlees). Vervolgens is vastgesteld waar in de ketens belangrijke hotspots optreden die mogelijk aanleiding geven tot herontwerpen. De volgende emissies en verbruiken zijn gekwantificeerd: Broeikasgassen (CO₂, N₂O en CH₄), Ammoniak (NH₃), Zwaveldioxide (SO₂), Stikstofdioxide (NO_x), Nitraat (NO₃⁻), Fosfaat (PO₄³⁻), Fijnstofemissie (PM₁₀), Energie- en waterverbruik (respectievelijk in MJ en kg). Daarnaast is het antibioticagebruik kwalitatief ingeschat.

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt door middel van input/output-analyses van de ketens in kaart gebracht welke processen, inputs en outputs daar in voor komen. Vervolgens worden de verzamelde emissie- en verbruiksgegevens van deze processen weergegeven waarmee gerekend is in de kwantitatieve analyse. De resultaten van de kwantitatieve analyse worden weergegeven in hoofdstuk 3 waarna in Hoofdstuk 4 en 5 respectievelijk de discussie en conclusies volgen.

De belangrijkste hotspots die aanleiding kunnen geven voor herontwerpen kunnen als volgt worden samengevat:

- een belangrijk deel van de onderzochte emissies en verbruiken vindt plaats tijdens de *productie van voedergrondstoffen*. Dit geldt met name voor het waterverbruik (ca. 99% van het totale verbruik in de ketens), emissies van stikstof- en fosfaathoudende componenten, CO₂ emissie en het energieverbruik;
- aan het gebruik van een tertiair product als melkpoeder in de (wit)vleeskalverproductieketen zijn o.a. de volgende (relatief hoge) emissies en verbruiken gerelateerd: energieverbruik en hieraan gekoppelde emissies (CO₂, SO₂, NO_x en PM₁₀), waterverbruik en emissies van N₂O, NO₃ en CH₄;
- het *transport* van voergrondstoffen, voeders, dieren en vlees draagt belangrijk bij aan NO_x en SO₂ emissies en in mindere mate aan CO₂ emissie, fijnstofemissie en energieverbruik. De transportbewegingen in de konijnensector zijn zeer beperkt, terwijl in de vleeskalversector juist veel transport plaats vindt;
- de *houderijsystemen* spelen in het algemeen een belangrijke rol in emissies van fijn stof, ammoniak en broeikasgassen;
- het *antibioticagebruik* is in het algemeen hoog bij konijnen, vleeskalveren en kalkoenen (niet bij eenden).

Summary

The Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food quality has commissioned Wageningen UR Livestock Research to work on conceptual designs for animal production systems that are integrally sustainable for a number of aspects. Design concepts are generated using a method called 'Designs for System Innovation'. In this approach new animal production concepts are designed combining demands of animal, farmers, consumers and environment.

The current study was carried out as an introduction for new designs of animal production systems for rabbits, veal calves, ducks and turkeys. The aim of this study was to assess the environmental hotspots (i.e., high emissions or depletion of resources) in these animal production chains which should be off attention for redesigns. The results of this study are meant as input for further design process.

In this study, environmental impacts were calculated and expressed per kg of life weight produced (animals) for each of the animal production sectors using a quantitative analysis based on the Life Cycle Assessment (LCA) methodology. Then, within each production chain, hotspots with regard to emissions or uses of resources were determined. The following emissions and resource uses were quantified: Green house gas emissions (CO₂, N₂O en CH₄), Ammonia (NH₃), Sulfur dioxide (SO₂), Nitrogen oxides (NO_x), Nitrate (NO₃⁻), Phosphate (PO₄³⁻), Particulate Matter (PM₁₀), Energy and water use (respectively in MJ en kg). Additionally, the use of antibiotics is qualitatively assessed.

In chapter 2 input/output-analyses are given for each animal production sector identifying the processes that take place and quantifying the inputs and outputs that occur in these processes. Then, quantitative data on emissions and uses of resources from literature and expert judgement are given which were used for the quantitative analyses of animal production chains. Results of the quantitative analyses are presented in chapter 3, followed by the discussion in chapter 4 and conclusions in chapter 5.

The most important environmental hotspots in the animal production chains in this study - which may be relevant aspects for redesigns - can be summarized as follows:

- an important part of emissions and use of resources occur during the *production of feed*. This is especially the case for water use (about 90% of all water use in the animal production chains occurs during feed production), emissions of nitrogen and phosphate rich components, carbon dioxide emissions en energy use;
- the following emissions and uses of resources can be highly related to the use of the *tertiary product of milk powder* in the veal calf production: energy use and emissions related to energy production (CO₂, SO₂, NO_x en PM₁₀), water use, emissions of N₂O, NO₃ and CH₄;
- the *transport* of feed ingredients, feed, animals and meat is responsible for an important part of NO_x and SO₂ emissions and to a lesser extent of carbon dioxide emissions, particulate matter emission and energy use. In the rabbit production chain, few transport movements occur, in the veal calf production chain however, a lot of transport movements occur;
- the *animal housing systems* play an important role in total emissions of particulate matter, ammonia and green house gasses;
- the use of antibiotics is generally high in rabbit, veal calf and turkey production chains, whereas in the duck production chain little *antibiotics* are used.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding en achtergrond	1
1.2	Doel en reikwijdte	1
1.3	Functionele eenheid	2
1.4	Dit rapport	2
2	Materiaal en methoden	3
2.1	Levenscyclusanalyse	3
2.2	Input/output-analyses	3
2.2.1	Konijnen	4
2.2.2	Vleeskalveren	5
2.2.3	Eenden	6
2.2.4	Kalkoenen	7
2.3	Dataverzameling en data-analyse	8
2.3.1	Algemene benadering	8
2.3.2	Emissies door gebruik van energiedragers	9
2.3.3	Ketenonderdeel houderijsysteem	9
2.3.4	Ketenonderdeel voerproductie	10
2.3.5	Ketenonderdeel mest	13
2.3.6	Ketenonderdeel transport	14
2.3.7	Ketenonderdeel centraal slachthuis	15
3	Resultaten	16
3.1	Ordes van grootte voor alle vier ketens	16
3.2	Relatieve bijdrage per ketenonderdeel	17
3.2.1	Konijnen	17
3.2.2	Witvleeskalveren	18
3.2.3	Rosékalveren	19
3.2.4	Eenden	20
3.2.5	Kalkoenen	21
4	Discussie	22
5	Conclusies	24
	Literatuur	26

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en achtergrond

De veehouderij is volop in de aandacht vanwege onder andere dierwelzijn, de impact op het milieu, duurzaamheid, enzovoort. In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) werkt Wageningen UR Livestock Research aan het ontwerpen van integraal duurzame dierhouderijsystemen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de aanpak van het 'ontwerpen voor systeeminnovatie' of 'reflectief interactief ontwerpen (RIO)'. Met deze aanpak wordt geprobeerd om interactief tot nieuwe herontwerpen voor dierlijke productiesystemen te komen waarbij maximaal rekening wordt gehouden met de behoeften van verschillende actoren: o.a. de boer, het dier, de burger/consument en de omgeving/het milieu. Deze aanpak is eerder toegepast voor o.a. de melkveehouderij (project: 'Kracht van Koeien') en de varkenshouderij (project: 'Varkansen'), zie: www.duurzameveehouderij.nl.

Het proces van reflectief interactief ontwerpen is een alternatief voor de gebruikelijke aanpak waarbij aan bestaande houderijsysteem telkens nieuwe technologieën worden toegevoegd om problemen, onvolkomenheden of inefficiënties in deze bestaande houderijsystemen op te lossen (vaak berust op zogenoemde 'end of pipe technologie en oplossingen'). Een voorbeeld hiervan is het toepassen van luchtwassystemen om het emissieprobleem van bestaande stallen op te lossen. In de voorbereiding van een herontwerptraject wordt in een systeemanalyse in kaart gebracht wat knelpunten en kansen zijn voor veranderingen die passen in duurzame ontwikkeling.

1.2 Doel en reikwijdte

Het onderhavige project is uitgevoerd als aanloop voor herontwerpen van de sectoren konijnen, vleeskalveren, eenden en kalkoenen. Het doel van dit project was om in kaart te brengen welke milieubelastingen (hotspots: hoge emissies en verbruiken t.g.v. 'systeemfouten') in deze productieketens aanleiding geven voor herontwerp. Het resultaat van deze studie dient als input voor herontwerpen voor deze sectoren.

In deze studie zijn voor elk van de vier sectoren m.b.v. een grofmazige kwantitatieve analyse, gestoeld op de Life Cycle Assessment methodiek, een aantal milieuemissies en verbruiken van schaarse hulpbronnen berekend en uitgedrukt per kg geproduceerd levend gewicht (vlees). Vervolgens is vastgesteld waar in de ketens belangrijke hotspots optreden die aandacht vragen bij het herontwerpen.

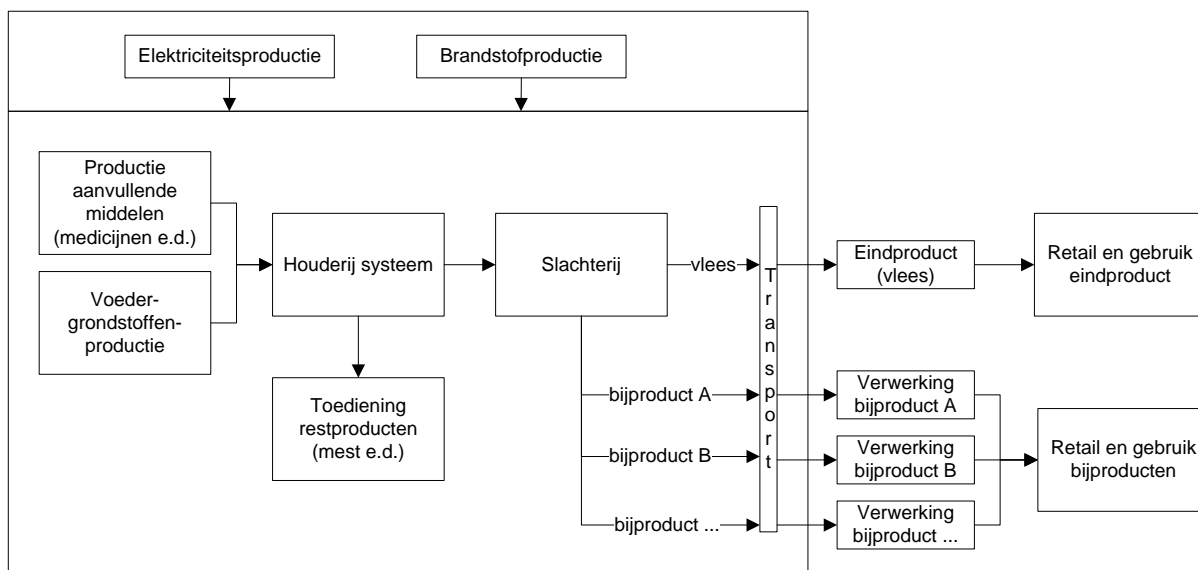
Alvorens met deze kwantitatieve analyse te starten is breed geïnteriseerd welke potentiële milieueffecten bestaan en welke daarvan relevant zijn om te betrekken in de analyse van dierlijke productiesystemen. De als relevant beschouwde milieueffecten zijn onderverdeeld in: 1) emissies via de lucht, 2) het verbruik van schaarse hulpbronnen en 3) ergernis voor de omgeving. Deze inventarisatie is afzonderlijk gepubliceerd (Radersma, 2010).

In de onderhavige studie zijn de volgende emissies en verbruiken van hulpbronnen gekwantificeerd:

- Broeikasgassen (CO₂, N₂O en CH₄) → effect op klimaatverandering
- Ammoniak (NH₃) → draagt bij aan verzuring, eutrofiering en fijnstofvorming
- Zwaveldioxide (SO₂) → draagt bij aan verzuring en fijnstofvorming
- Stikstofdioxide (NO_x) → draagt bij aan verzuring, eutrofiering en fijnstofvorming
- Nitraat (NO₃⁻) → draagt bij aan eutrofiering en via N₂O aan klimaatverandering
- Fosfaat (PO₄³⁻) → draagt bij aan eutrofiering
- Fijnstofemissie (PM₁₀) → draagt bij aan fijnstofconcentraties in buitenlucht en volksgezondheidsrisico's
- Energie- en waterverbruik (respectievelijk in MJ en kg) → dragen bij aan de uitputting van deze bronnen

Aanvullend is het gebruik van antibiotica kwalitatief ingeschat voor de ketens.

Voor een goede interpretatie van de resultaten uit deze studie en om een vergelijking met andere studies mogelijk te maken is een duidelijke afbakening van de systeemgrenzen nodig. Met andere woorden: waar begint en eindigt de dierlijke productieketen waarvan de milieuemissies en verbruiken worden bepaald? In deze studie is de systeemgrens gesteld vanaf de voedergrondstoffen en het genetisch materiaal tot en met het slachthuis (geïndiceerd met slachterij) (Figuur 1.1). Dit betreft ook het transport van de eindproducten, maar niet meer het verwerken van de eindproducten. Voor alle processen binnen deze systeemgrenzen zijn bovenstaande emissies en verbruiken gekwantificeerd en waar mogelijk kwalitatief beoordeeld. Van de slachterij zijn alleen waterverbruik en energieverbruik, met de hieraan gerelateerde emissies, berekend. Kapitale goederen, zoals de productie van vrachtwagens voor transport of de installaties in de stallen, zijn niet meegenomen in de analyse. Over het algemeen kan gesteld worden dat deze milieueffecten beperkt bijdragen aan het totaal van milieueffecten (Audsley *et al*, 1997). Emissies ten gevolge van landgebruik en veranderingen in landgebruik voor voerproductie zijn niet meegenomen in de analyse. Geïmporteerd voer wordt wel binnen het systeem beschouwd. De data-inventarisatie wordt verder beschreven in Hoofdstuk 2.3.



Figuur 1.1 Algemeen systeemdiagram van de ketens. De systeemgrens loopt vanaf de voedergrondstoffenproductie en productie van aanvullende middelen tot en met het transport na de slachterij.

1.3 Functionele eenheid

De functionele eenheid (FU) wordt gebruikt om de milieubelasting in uit te drukken. Deze eenheid drukt de 'dienst' uit die de keten levert. De functie van de onderzochte ketens is het leveren van vlees van konijnen, vleeskalveren, eenden en kalkoenen. De eenheid van 1 kg levend gewicht is gekozen op basis van praktische redenen, omdat aan slachterij (=grens van de keten) levend gewicht wordt geleverd. Alle milieuemissies en verbruiken van schaarse hulpbronnen worden in deze studie dus uitgedrukt per kg geproduceerd levend gewicht. Met behulp van Tabel 2.1 kan 1 kg levend gewicht omgerekend worden naar 1 kg vlees.

1.4 Dit rapport

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt door middel van input/output-analyses van de ketens in kaart gebracht welke processen met hun in- en outputs daar in voor komen. Vervolgens worden de verzamelde emissie- en verbruiksgegevens van deze processen weergegeven waarmee gerekend is in de kwantitatieve analyse. De resultaten van de kwantitatieve analyse worden weergegeven in hoofdstuk 3 waarna in Hoofdstuk 4 en 5 respectievelijk de discussie en conclusies volgen.

2 Materiaal en methoden

2.1 Levenscyclusanalyse

Voor het kwantificeren van de emissies en verbruiken in de ketens is gekozen voor de levenscyclusanalyse (LCA) methodologie. LCA studies hebben als doel om op een integrale wijze de milieubelasting van een product in beeld te brengen. De methode heeft als voordeel dat een breed en integraal inzicht in de milieubelasting wordt verkregen t.o.v. studies die één aspect onderzoeken, of één aspect binnen één deel van een hele productieketen (Jensen *et al*, 1997). Met een LCA studie worden zoveel mogelijk afwentelingen van milieueffecten binnen een keten in kaart gebracht en daarmee wordt een vollediger beeld geschetst.

De methodologie bestaat uit vier fasen (ISO-14040) (Jensen *et al*, 1997):

1. Doel en reikwijdte bepalen
2. Data inventarisatie
3. Impact analyse
4. Interpretatie

Voor dit project zijn fase één en twee gebruikt. Deze fasen waren voldoende om de processen met hoge milieubelasting te identificeren en het doel van deze studie te bereiken.

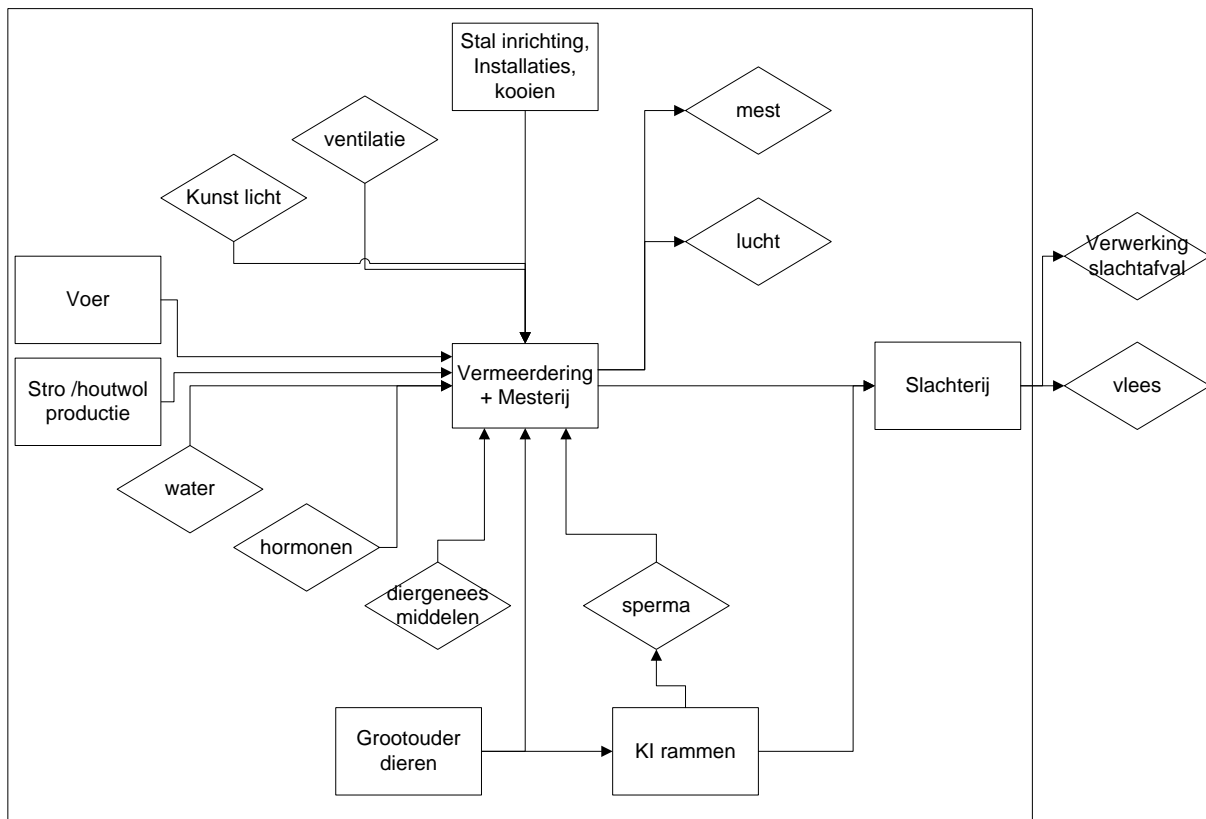
2.2 Input/output-analyses

Aangezien alle milieuemissies en verbruiken van veehouderijsectoren voortkomen uit inputs en outputs van materie (en energie) in alle onderdelen van de ketens, zijn eerst in samenwerking met sectordeskundigen analyses gemaakt van de ketens. Hierin zijn alle in- en outputs bepaald en in een diagram weergegeven¹. Grenzen van de keten per sector zijn nader uitgewerkt en deels pragmatisch gekozen, op basis van beschikbaarheid en toegankelijkheid van informatie (zie hoofdstuk 2.3 voor informatie over de data verzameling). De keten omvat de ketenonderdelen voerbestanddelen-/voerproductie (voer) en het houderijsysteem (inclusief opfok en vermeerdering). Transportemissies zijn van alle verbindingen bepaald, inclusief die naar en vanaf de slachterij, omdat verwacht wordt dat deze mogelijk sterk bijdragen aan de milieueffecten in de keten. Per sector is steeds in een verbijzondering van het systeemdiagram van Figuur 1.1 aangegeven waar de precieze systeemgrenzen liggen.

¹ De input- output analyses zijn intern beschikbaar in het archief in Lelystad: 'Input- output analyses van de KVEK- veehouderijsectoren'

2.2.1 Konijnen

De schematische weergave van de input/output-analyse van de konijnenproductieketen is weergegeven in Figuur 2.1. Informatie van de keten, locaties (voor transport) en hoeveelheden zijn geleverd door een expert van de konijensector in Nederland². Een bijzondere eigenschap van de konijnenhouderij is dat de voedsters gedurende een deel van de totale groeiperiode van de jonge mestkonijnen gezamenlijk gehuisvest worden. In tegenstelling tot de eenden- en kalkoenensector zijn er dus geen vermeerderingsbedrijven en broederijen, maar wordt sperma o.a. vanuit KI stations geleverd.



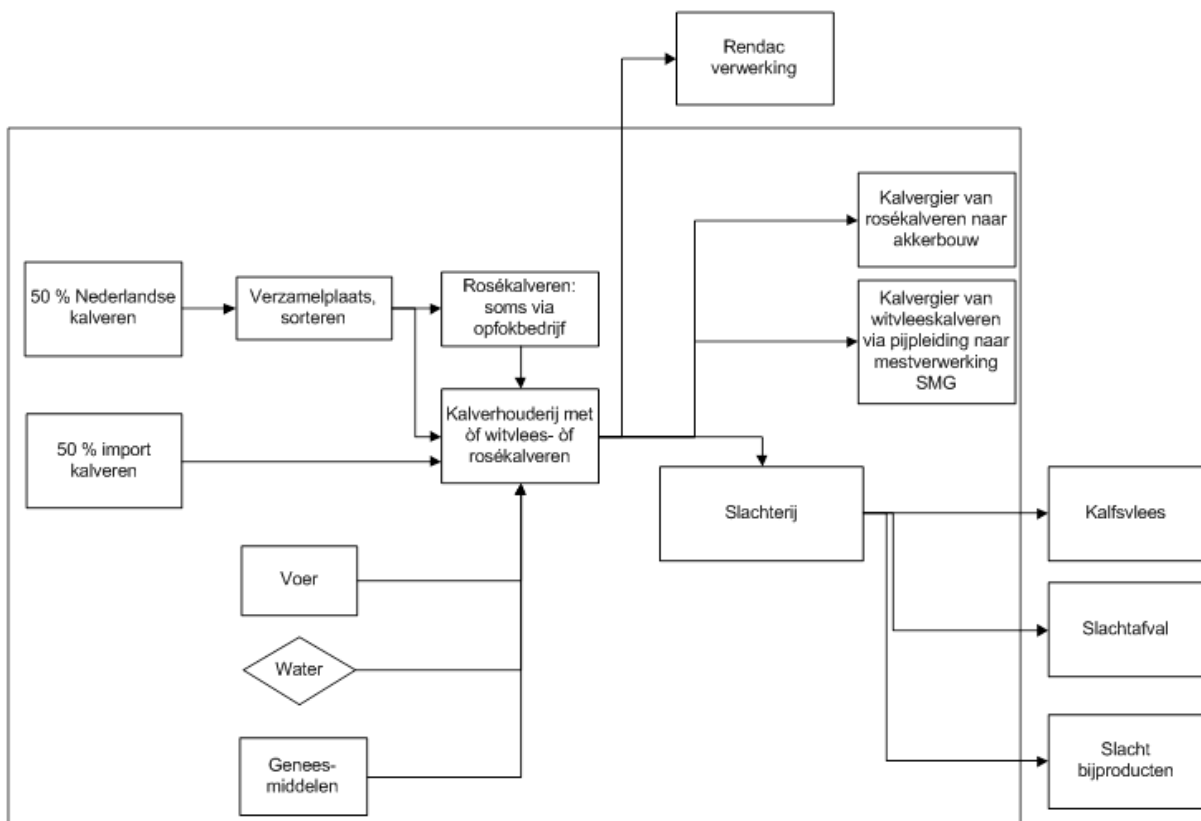
Figuur 2.1 Schematische weergave van de in- en outputs van de konijnenproductieketen inclusief de systeemgrens

² M.A.W. Ruis, Onderzoeker dierenwelzijn bij Wageningen UR Livestock Research

2.2.2 Vleeskalveren

De schematische weergave van de input/output-analyse van de vleeskalverproductieketen is weergegeven in Figuur 2.2. Informatie van de keten, locaties (voor transport) en hoeveelheden zijn geleverd door een expert van de vleeskalversector in Nederland³. In de vleeskalverhouderij is onderscheid gemaakt tussen witvleeskalveren en rosékalveren. De verschillen in milieueffecten komen voornamelijk voort uit verschillen in voer en mest.

Circa 55% van het totale aantal geslachte kalveren is van Nederlandse oorsprong. Het andere deel komt uit het buitenland. De emissies voor alle kalveren zijn meegenomen in de analyse, omdat alle kalveren in Nederland worden gemest. Transport naar Nederland en het transport van vlees naar het buitenland is meegerekend.

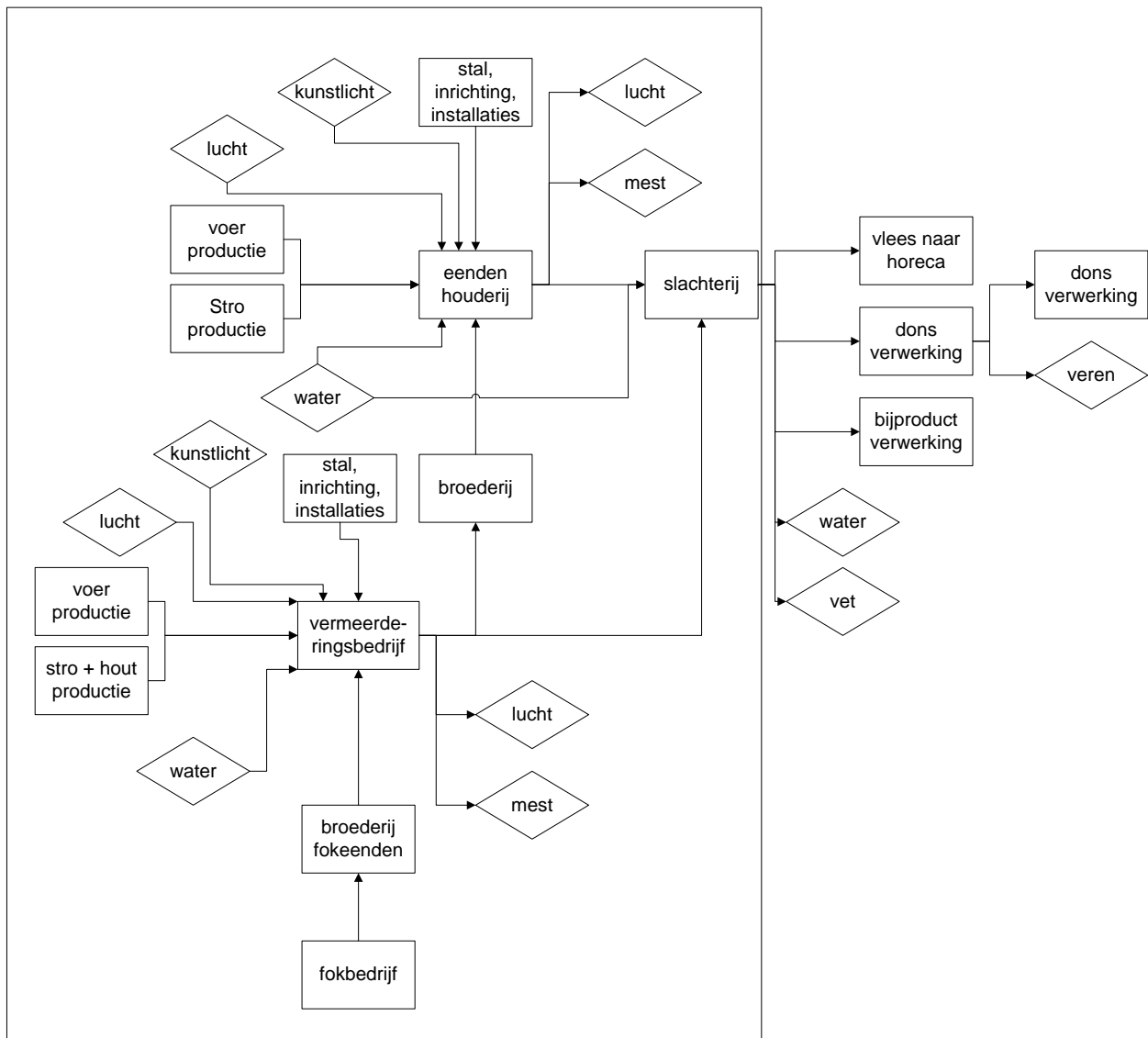


Figuur 2.2 Schematische weergave van de in- en outputs van de vleeskalverproductieketen inclusief de systeemgrens

³ J. Heeres, Onderzoeker vleeskalverhouderij bij Wageningen UR Livestock Research

2.2.3 Eenden

De schematische weergave van de input/output-analyse van de eendenproductieketen is weergegeven in Figuur 2.3. Informatie van de keten, locaties (voor transport) en hoeveelheden zijn geleverd door een expert van de eendensector in Nederland⁴. In paragraaf 2.3 wordt nader beschreven hoe de gegevens over de bovengenoemde emissies verzameld en berekend zijn. Het opvallendste verschil met de andere sectoren is de afwezigheid van geneesmiddelen doordat er geen antibioticum gebruikt wordt bij eenden.



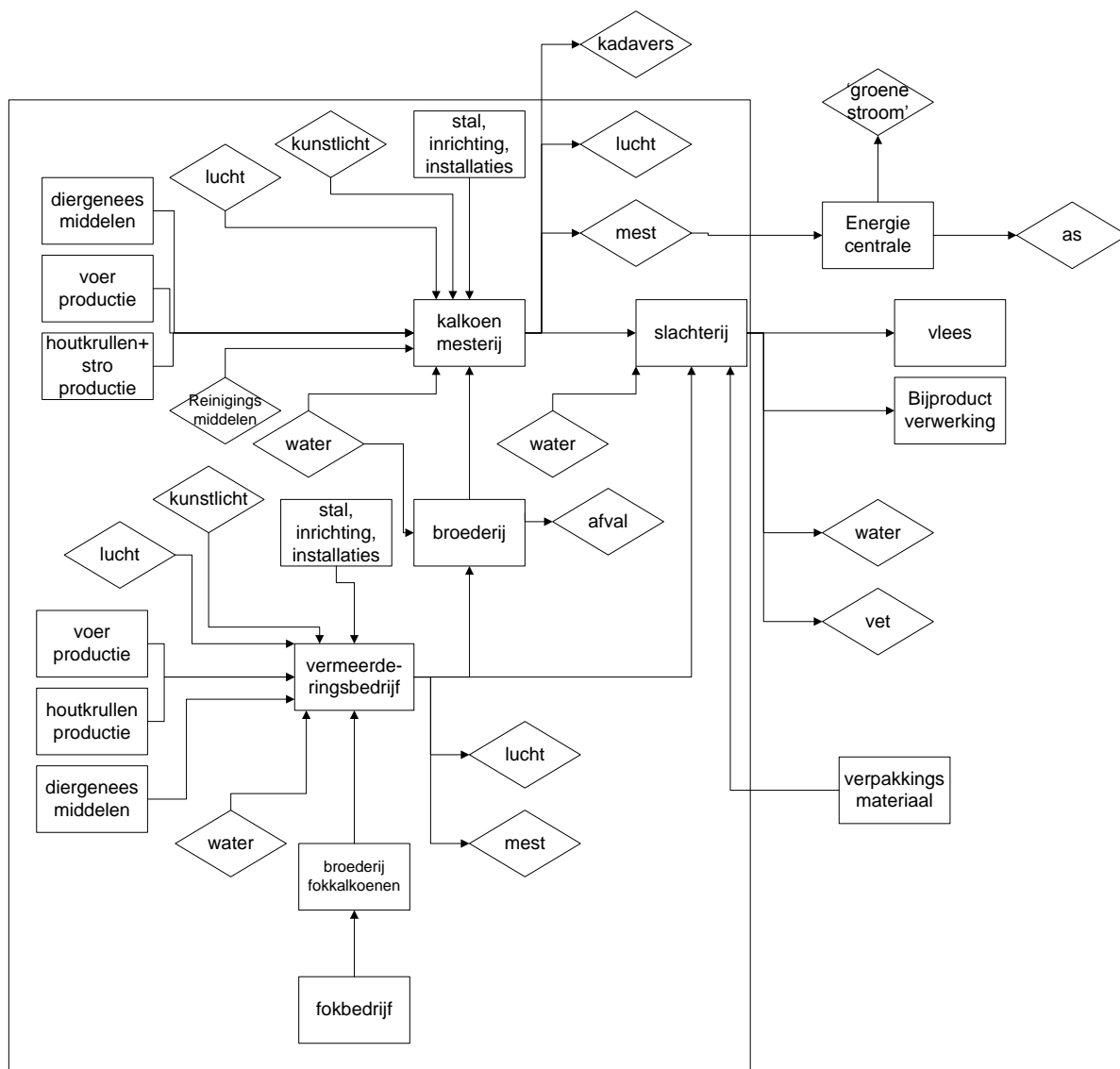
Figuur 2.3 Schematische weergave van de in- en outputs van de eendenproductieketen inclusief systeemgrens

⁴ F.E. de Buissonjé, Onderzoeker milieu, huisvesting, energie bij Wageningen UR Livestock Research

2.2.4 Kalkoenen

De schematische weergave van de input/output-analyse van de kalkoenenproductieketen is weergegeven in Figuur 2.4. Informatie van de keten, locaties (voor transport) en hoeveelheden zijn geleverd door een expert van de kalkoensector in Nederland⁵.

De verbranding en energiewinning uit kalkoenenmest is buiten de systeemgrens gelaten. Dit is gedaan om geen vertekend beeld te geven van de emissies en verbruiken. Op de schaal van alleen de kalkoensector zou het in de analyse betrekken van de energiewinning uit kalkoenenmest een sterk positief beeld geven omdat hiermee geen energie wordt verbruikt maar geproduceerd wordt en daarmee uitstoot van CO₂ wordt gereduceerd. Maar wanneer ook gekeken wordt naar afwenteling naar andere ketens verandert dit beeld. Voor iedere kg stikstof, fosfaat en kalium wat niet meer uit kalkoenenmest gehaald kan worden zijn er anders nutriënten uit een andere meststof nodig. Veranderingen als deze vallen niet binnen de grens van deze studie en zijn daarom buiten beschouwing gelaten. Emissies uit het houderijsysteem aangaande mest worden wel meegenomen.



Figuur 2.4 Schematische weergave van de in- en outputs van de kalkoenenproductieketen inclusief systeemgrens

⁵ T. Veldkamp, Senior onderzoeker pluimvee bij Wageningen UR Livestock Research

2.3 Dataverzameling en data-analyse

2.3.1 Algemene benadering

Met het oog op het doel van deze studie (het vaststellen van hotspots van milieueffecten binnen de vier ketens) en de beschikbare tijd en middelen is de dataverzameling en de kwantitatieve analyse daarvan grofmazig uitgevoerd op basis van snel toegankelijke informatie. Deze informatie was in grote lijnen afkomstig uit de volgende bronnen:

- de Ecoinvent database (EcoinventCentre, 2007);
- de KWIN 2008-2009 (KWIN, 2008-2009);
- overige vakinhoudelijke of bedrijfseconomische publicaties;
- expert judgement.

Waar geen data beschikbaar waren voor een bepaalde keten zijn data van een andere keten gebruikt welke vergelijkbaar verondersteld konden worden.

De dataverzameling en data-analyse is per ketenonderdeel afzonderlijk uitgevoerd. Vervolgens zijn berekende milieuemissies en verbruiken per ketenonderdeel geïntegreerd in de totalen van de productieketen. De volgende paragrafen beschrijven globaal de dataverzameling en data-analyse van ieder ketenonderdeel, alsook van een aantal energiedragers. Er werden de volgende ketenonderdelen gehanteerd:

1. De voerproductie;
2. Het houderijsysteem;
3. Mestopslag en mesttoediening of zuivering;
4. Transport door de keten;
5. Centrale slachterij.

Algemene kengetallen en conversiefactoren die ten grondslag lagen aan berekeningen in alle ketenonderdelen worden weergegeven in Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Algemene kengetallen en conversiefactoren voor de vier sectoren

	Konijnen	Vleeskalveren		Eenden	Kalkoenen
		witvlees	rosévlees		
Aantal dieren geproduceerd per jaar (miljoen)	1,9	0,62	0,22	8	1
Voerconversie (kg per kg levend gewicht)	3,65*	1,67	3,78	2,2	2,45 (♀) 2,75 (♂)
Levend gewicht bij slacht (kg)	2,5	245	350	3	10 (♀) 21 (♂)
Deel slachtafval/bijproduct (kg per kg levend gewicht)	0,5	0,4	0,4	0,33	0,25 - 0,3

* Inclusief voer voor voedsters

Op basis van de geproduceerde hoeveelheid levend gewicht is de vleeskalverhouderij veruit de grootste sector (ca. 223.000 ton). Voor de konijnenhouderij is dit ca. 5.000 ton, voor de kalkoenenhouderij ca. 15.000 ton en voor de eendenhouderij ca. 24.000 ton.

2.3.2 Emissies door gebruik van energiedragers

Emissies voor het gebruik van verschillende energiedragers zijn gebaseerd op de Ecoinvent database (EcoinventCentre, 2007). Hieruit zijn CO₂, NO_x, SO₂ en PM₁₀ emissies gebruikt voor aardgas (verwarming) en elektriciteit. Voor het gebruik van diesel tijdens de productie van voer zijn gegevens gebruikt uit Mombarg en Kool (2004). De emissies staan in Tabel 2.2 gegeven.

Tabel 2.2 Algemene emissiegegevens per energiedrager elektriciteit, gas of diesel

Emissie \ energiedrager	Elektriciteit*	Gas**	Diesel
kg CO ₂ /MJ	0,181	0,069	0,074
kg SO ₂ /MJ	1,12 E-4	3,54 E-5	2,57 E-5
kg NO _x /MJ	2,38 E-4	4,47 E-5	6,20 E-5
kg fijn stof (PM ₁₀)/MJ	1,22 E-4	5,03 E-6	3,20 E-5

* Naam proces in Ecoinvent database: 'Electricity mix supply NL'

** Naam proces in Ecoinvent database: 'Heat, natural gas at boiler atmospheric non-modulating <100 kW'

2.3.3 Ketenonderdeel houderijsysteem

Binnen het onderdeel houderijsysteem zijn de milieuemissies en verbruiken van schaarse hulpbronnen bepaald die afkomstig zijn van en verbruikt worden op het primaire dier- of veehouderijbedrijf. Hierbij is gekeken naar:

- stalemissies van fijn stof (PM₁₀), ammoniak, methaan en lachgas (omgerekend naar kg van een component per kg geproduceerd levend gewicht);
- waterverbruik (omgerekend naar kg water per kg geproduceerd levend gewicht);
- energieverbruik (warmte en elektriciteit; omgerekend naar MJ per kg geproduceerd levend gewicht). Emissies van energieopwekking en gebruik zijn berekend aan de hand van Tabel 2.2;
- antibioticumgebruik.

Stalemissies

Voor het berekenen van de stalemissies is gebruik gemaakt van de ammoniak- en fijnstofemissiefactoren die voor de onderhavige dierhouderijsystemen zijn opgenomen in bijlage 1 van de Regeling Ammoniak en Veehouderij (Rav), bronnen: Infomil, 2010; VROM, 2010 (behalve konijnen). De emissiefactoren voor methaan en lachgas zijn afkomstig uit: Mosquera *et al*, 2009a (kalkoenen en hieruit afgeleid: eenden), Huis in 't Veld, 2010 (konijnen; eveneens PM₁₀ en ammoniak) en Mosquera *et al*, 2009b; Smink *et al*, 2004 (vleeskalveren).

Water- en energieverbruik

Voor het berekenen van het water- en energieverbruik is gebruik gemaakt van de kwantitatieve verbruiksgetallen die ten grondslag liggen aan de in de KWIN 2008-2009 vermelde gemiddelde kosten voor water en energie op de onderhavige dier-/veehouderijbedrijven (KWIN, 2008-2009), in: m³ water en m³ aardgas per: vleeskalverplaats, afgeleverd konijn, opgezet kalkoenkuiken of 100 opgezette eenden. De verbruiksgetallen voor water zijn omgerekend naar kg water per kg geproduceerd levend gewicht. De verbruiksgetallen voor elektriciteit zijn omgerekend van kWh naar MJ per kg geproduceerd levend gewicht (1 kWh = 3,6 MJ). De verbruiksgetallen voor verwarming zijn omgerekend van m³ aardgas naar MJ per kg geproduceerd levend gewicht (1 m³ aardgas ≈ 31,65 MJ).

Antibioticagebruik

De mate van gebruik van antibiotica in de veehouderij is een belangrijke determinant voor het ontstaan van antibioticaresistenties bij micro-organismen en draagt daarmee bij aan volksgezondheidsrisico's (Bondt *et al*, 2009). Het gebruik van antibiotica vindt geheel plaats binnen het onderdeel 'houderijsysteem' van de dierlijke productieketens. In deze studie is het antibioticumgebruik voor elk van de vier ketens indicatief ingeschat op grond van literatuur en expert judgement. Het antibioticagebruik wordt, indien er monitoring plaatsvindt, veelal uitgedrukt in dagdoseringen. Bondt *et al* (2009) schrijven hier over (p. 20): "Het aantal dagdoseringen per dierjaar wordt vastgesteld door voor iedere werkzame stof het totaal aantal kilogrammen dier te berekenen dat daarmee behandeld kan worden (behandelbaar gewicht). Dat wordt gedeeld door het totale gewicht van de aanwezige veestapel. Hierbij is aangenomen dat de gemiddelde behandeling wordt toegepast

op dieren met een gemiddeld gewicht. Zo kan het totale antibioticagebruik van bedrijven worden berekend en vergeleken, ook al zijn er uiteenlopende werkzame stoffen gebruikt^o.

Een specificatie van de gebruikte emissie- en verbruiksgegevens in het ketenonderdeel houderijsysteem wordt weergegeven in Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Emissie- en verbruiksgegevens van het ketenonderdeel Houderijsysteem, per sector

	Konijnen		Vleeskalveren	Eenden	Kalkoenen
	voedsters	vleeskonijnen			
PM ₁₀ -emissie	10,7 ^a	3,7 ^a	33	84	90,3
Ammoniakemissie	378 ^a	91 ^a	2500	210	988
Methaanemissie	283,5 ^a	94 ^a	149000	103	103
Lachgasemissie	95,7 ^a	23,3 ^a	225,1	36,2	36,2
Waterverbruik		6,48 ^b	5000 ^c	17 ^d	80 ^e
Elektriciteitsverbruik			60 ^g	0,256 ^h	2 ⁱ
Aardgasverbruik		1,0 ^f	41,1 ^j	0,592 ^k	0,75 ^l

Cijfers zonder symbool: gram/dierplaats per jaar, gecorrigeerd voor leegstand

^a eenheid: gram/aanwezig dier per jaar

^b eenheid: liter water per kg afgeleverd konijn

^c eenheid: liter water per kalverplaats

^d eenheid: liter water per afgeleverde eend

^e eenheid: liter water per opgezet kalkoenuiken

^f eenheid: MJ (elektriciteit + aardgas) per kg levend gewicht

^g eenheid: kWh elektriciteit per vleeskalverplaats

^h eenheid: kWh elektriciteit per 100 opgezette eenden

ⁱ eenheid: kWh elektriciteit per opgezet kalkoenuiken

^j eenheid: m³ aardgas per vleeskalverplaats

^k eenheid: m³ aardgas per 100 opgezette eenden

^l eenheid: m³ aardgas per opgezet kalkoenuiken

2.3.4 Ketenonderdeel voerproductie

Het eerste deel van deze paragraaf betreft algemene punten aangaande de dataverzameling rond voerproductie. Daarna wordt specifiek op de productieketens ingegaan.

Algemeen

Allocatie en afbakening van milieuemissies en verbruiken aan voedergrondstoffen

Om de milieubelasting van de gewassenteelt toe te rekenen aan het voerbestanddeel wat gebruikt wordt voor de productie van voer is in een aantal gevallen allocatie toegepast. Wat betreft soja werd een verdeling gevonden waarbij met een verdeling van 0,7 voor sojaschroot en 0,3 voor sojaolie werd gerekend. Dat doen we hier ook bij voeders waarin sojaschroot is gebruikt (kalkoen, eend). Sojabonen (in konijnenvoer) tellen voor de volle 100% mee (allocatie 1). Maïs of maïsproducten (meel, gluten) en snijmaïs worden voor 100% (allocatie 1) meegeteld, evenals granen, peulvruchten en melkpoeder. De allocatie van bietenpulp als bijproduct van de suikerindustrie wordt op 0,3 geschat voor alle milieuemissies en verbruiken van schaarse hulpbronnen.

De emissies en verbruiken van water en energie bij de productie van 'enkelvoudige' voeren (melk en snijmaïs) zijn opgeteld bij de emissies en verbruiken van de productie van krachtvoer. De milieuemissies evenals het verbruik van zoet water en (fossiele) energie per voerbestanddeel zijn afkomstig uit de bronnen gegeven in Tabel 2.4. Emissies als gevolg van ontbossing door de vraag naar veevoer zijn niet meegenomen in de CO₂-berekening omdat deze het geheel overheersen en erg onzeker zijn. Dit dient wel beschouwd te worden in de herontwerpfase van het project. Wat hier in de Nederlandse keten gedaan wordt heeft een effect in een ander deel van de wereld tot gevolg.

Wel meegerekend zijn:

- emissies en verbruiken bij de (plantaardige) productie van voerbestanddelen zoals gegeven door de gebruikte LCA studies (inclusief bemesting door kunstmest) (zie referenties in Tabel 2.4).

Niet meegerekend zijn:

- emissies en verbruik van water en energie voor de verwerking van krachtvoer. Deze leken relatief gering ten opzichte van de kosten bij de gewas en melk productie;
- additionele voederadditieven zoals mineralen en eenmalige producten;
- emissies door ontbossing.

Transport

Transport van voer(grondstoffen) zijn alleen de uitzonderlijk energievragende transporten meegenomen van a) grondstoffen uit de tropen: soja- en palmproducten, vanwege de lange afstand en b) van melk voor melkpoeder, vanwege het grote volume. Het ketenonderdeel transport wordt verder uitgewerkt in paragraaf 2.3.6.

Krachtvoer en ruwvoer

Bij gemengd (kracht)voer is eerst de hoeveelheid voedergrondstof (uitgedrukt in kg luchtdrogestof) geconsumeerd per kg levend gewicht (van eenden, kalkoenen, konijnen en vleeskalveren; MG_i in de vergelijking) berekend door de fractie van de betreffende grondstof in het voer (fG_i in de vergelijking) te vermenigvuldigen met het totaal toegerekende voer aan eenden, kalkoenen, konijnen en vleeskalveren ($VG_{1-x} = \text{kg voer} / \text{FU}$):

$$MG_i = fG_i * VG_{1-x}$$

De emissies en verbruiken uit geconsumeerd krachtvoer of ruwvoer per FU zijn berekend door deze per grondstof bij elkaar op te tellen. De emissies en verbruiken veroorzaakt door de overige voerbestanddelen in het krachtvoer zijn geschat en meegeteld door de som veroorzaakt door de bekende voergrondstoffen aan te vullen tot 100%, door vermenigvuldiging van de milieuemissies met een factor: $1 / \text{som}(fG_1+fG_2+fG_3\dots\text{etc.})$ oftewel $100\% / (\%G1+\%G2+\%G3\dots\text{etc.})$.

Tabel 2.4 Referenties van de gebruikte data voor emissies en verbruik van (fossiele) energie en zoet water per kg voer(grondstof)

Component emissie/verbruik	Maïs	Snijmaïs	Soja	Tarwe	Peulvrucht	Bietenpulp	Melk (poeder)
NH ₃	2*	2,14,15	5,6	7,9,10	20	22	11,13
SO ₂	-	-	-	-	-	-	11
N ₂ O	1,2	2,14,15	5,6	7,9,10	18,19,20	22	11,13
NO _x	2	2,14,15	5,6	9,10	18,19,20	22	11
CH ₄	-	-	-	-	-	-	11
NO ₃	1,2	2,14,15	5,6	7,9	18,19,20	22	13
PO ₄	2	2,14,15	5,6	7,9,10	18,19,20	22	calc1
Fossiele energie	1,4,17	1,14,15	4, 17	4,8	calc 2	calc 2	11,12
Zoetwaterverbruik	3, 16	16	3,16	3,16	16,21	-	12

Bronnen:

- 1 Kim *et al*, 2009
- 2 EcoinventCentre, 2007: Jungbluth, maize USA
- 3 Hoekstra, 2003
- 4 Sainz RD, 2003
- 5 EcoinventCentre, 2007: Soja Brazil
- 6 EcoinventCentre, 2007: Soja USA
- 7 Schmidt, 2008
- 8 Nemecek *et al*, 2001
- 9 EcoinventCentre, 2007: Nemecek et al, tarwe Zwitserland, laagland
- 10 EcoinventCentre, 2007: Nemecek et al, tarwe Duitsland, Saksen-Anhalt
- 11 International Dairy Federation, 2009
- 12 Thomassen *et al*, 2008
- 13 Cederberg & Mattson, 2000
- 14 EcoinventCentre, 2007: Maize Silage
- 15 EcoinventCentre, 2007: Maize Silage organic
- 16 Siebert & Döll, 2010
- 17 Sevenster & Hueting, 2007
- 18 EcoinventCentre, 2007: erwt Duitsland
- 19 EcoinventCentre, 2007: erwt Frankrijk
- 20 EcoinventCentre, 2007: erwt Zwitserland
- 21 Schreier *et al*, 2007

- 22 EcoinventCentre, 2007: suikerbiet
 calc1 Berekend door ratio's PO₄:NO₃ van alle gewassen te middelen en te vermenigvuldigen met NO₃ van melk
 calc2 Berekend door middelen van energiegebruik van alle andere gewassen
 * Het getal verwijst naar de referentie van de bron van de gebruikte data

Specificaties per productieketen

Konijnenvoer

Konijnenvoer is een mengvoer dat voor het grootste deel bestaat uit luzerne, tarwegries + gerst, palmpitschroot en sojabonen (sojaolie). Omdat nauwelijks data te vinden waren over luzerne wordt deze ingeschat als 'tarwe' (evenals tarwegries en gerst) wat betreft de milieubelasting. De emissies en verbruiken van schaarse hulpbronnen van palmpitschroot zijn op dezelfde wijze vervangen door die van sojaschroot.

Voor konijnen wordt een voerconversie gebruikt van 3,65. Dit is inclusief het voer aan voedsters, aangezien de voedsters de vleeskonijnen twee weken lang zogen en in totaal vier weken met de jonge vleeskonijnen samen gehuisvest zijn. De hoeveelheid voer die wordt geconsumeerd voor de productie van 1 kg levend gewicht bedraagt 3,65 kg.

Vleeskalvervoer

Witvleeskalveren krijgen voornamelijk melkpoeder (aangelengd tot melk) en een klein deel snijmaïs. Het krachtvoer dat deel uitmaakt van het rantsoen van rosévleeskalveren bestaat voor 65-75% uit soja- en palmproducten, maïsproducten, bietenpulp, granen en raap- of peulvruchten. Verder krijgen rosévleeskalveren uit melkpoeder aangelengde melk en snijmaïs. De hoeveelheden melkpoeder, structuurvoer (snijmaïs) en krachtvoer (alleen voor rosévleeskalveren) die worden geconsumeerd per kg levend gewicht van witvlees- en rosévleeskalveren is weergegeven in Tabel 2.5. Voer aan moederdieren wordt hier toegeschreven aan de melkproductie (primaire product) en niet aan de kalveren (bijproduct).

Tabel 2.5 Voer per kg levend gewicht (= FU) van witvleeskalveren en rosévleeskalveren

Witvleeskalf	Melkpoeder	kg voer / FU	1,39
	Snijmaïs	kg voer / FU	0,37
Rosévleeskalf	Melkpoeder	kg voer / FU	0,10
	Snijmaïs	kg voer / FU	1,11
	Krachtvoer	kg voer / FU	2,07

Eendenvoer

Eendenvoer is een mengvoer dat voor een groot deel (ca. 77%) bestaat uit maïs, soja en tarwe. De hoeveelheid eendenvoer die geconsumeerd wordt door een eend gedurende zijn groei, vermeerderd met het voer dat de ouderdieren consumeren is weergegeven per functionele eenheid (kg levend gewicht van de vleeseend) in Tabel 2.6. De hoeveelheid voer aan de oudereend die wordt toegeschreven aan de vleeseend is berekend door:

$$nOE / (nVEj * mVE) * (dj * vOEd)$$

Waarin:

- nOE = aantal oudereenden: 40000
 nVEj = aantal vleeseenden per jaar: 9*10⁶
 mVE = levend gewicht vleeseenden bij slacht: 3 kg
 dj = dagen per jaar: 365
 vOEd = voer voor ouderdieren per dag: 0,15 kg

Tabel 2.6 Voer per kg levend gewicht (= FU) van de vleeseend

Voer aan vleeseend	kg voer / FU	2,200
Voer aan oudereend	kg voer / FU	0,081
Totaal voer toegerekend aan vleeseend	kg voer / FU	2,281

Kalkoenenvoer

Kalkoenenvoer is een mengvoer, dat voor een groot deel (ca. 84%) bestaat uit maïs, soja en tarwe. De hoeveelheid voer die per eenheid levend gewicht door een kalkoen wordt geconsumeerd wordt berekend door de voerconversie van 2,45 te vermeerderen met 5% voor het voer aan moederdieren en 3,5% voor het voer aan dieren die gedurende de opfok gestorven zijn (afgeleid van de aantallen moederdieren en vleeskalkoenen en de sterftepercentages). Tabel 2.7 toont het resultaat.

Tabel 2.7 Voer per kg levend gewicht (= FU) van de vleeskalkoen

Voer aan vleeskalkoen	kg voer / FU	2,450
Voer aan moederdier	kg voer / FU	0,123
Voer aan sterfte gedurende opfok	kg voer / FU	0,086
Totaal voer toegerekend aan vleeskalkoen	kg voer / FU	2,660

2.3.5 Ketenonderdeel mest

Transportemissies van mest worden beschreven in paragraaf 2.3.6. Algemene aannames rondom mestgebruik worden eerst beschreven. Daarna volgt een specificatie per keten.

Algemeen

Gegevens over de gehalten aan N-totaal (kg/ton), Nmin (kg/ton), en P₂O₅ (kg/ton) voor mest zijn afkomstig uit het Handboek Melkveehouderij (2006). Met behulp van deze gegevens zijn N-totaal, Nmin en P₂O₅ uitgerekend in de eenheid kg per kg levend gewicht. Gewicht P₂O₅ (kg) is omgerekend naar kg P.

Emissies uit mestopslagen (N₂O, NH₃ en CH₄) en uit mesttoediening (N₂O, NH₃), zijn berekend met behulp van de percentages van N-totaal, Nmin of kubieke meter mest gegeven door Van der Hoek (2002):

- N₂O-emissie fractie uit anaerobe opslag;
- NH₃-emissie fractie uit opslag van legpluimvee met grondhuisvesting;
- CH₄-emissie fractie uit opslag als die van geiten- en schapenmest, die qua organische stof fractie en droge stof gehalte het meest op eendenmest lijkt;
- N₂O emissie fractie bij mesttoediening als gemiddelde van de fracties die bij oppervlakkige en ingewerkte toediening vrijkomen;
- NH₃ emissie fractie als bij het in één werkgang onderwerken van de mest;
- de uitspoelingsfracties van NO₃ en PO₄ zijn berekend volgens de methode gebruikt in (de Vries *et al*, 2009);
- CO₂ emissies uit de bodem na toediening van mest zijn niet meegerekend

Energieverbruik en emissie gerelateerd aan het waterzuiveringsproces en de toediening van dikke fractie zijn berekend aan de hand van respectievelijk het proces 'Class 5 waste water treatment' en 'solid manure loading and spreading' uit de Ecoinvent database (EcoinventCentre, 2007). De energieproductie uit mestvergisting is niet meegenomen in de analyse.

Konijnen

Voor de konijnen is de hoeveelheid geproduceerde mest 2,01 kg per kg levend gewicht. Dit is berekend door de hoeveelheid mest per voedster + jongen/vleeskonijnen per jaar (0,42 m³) te delen door het aantal jongen/vleeskonijnen per voedster per jaar (48), te delen door het slachtgewicht van de vleeskonijnen (2,5 kg per vleeskonijn) en te vermenigvuldigen met de dichtheid van de mest (575 kg/m³). De dichtheid van de mest is geschat m.b.v. een tabel met samenstellingen van verschillende mestsoorten in het Handboek Melkveehouderij (2006), de andere gegevens kwamen uit de input/output-analyse. We zijn ervan uit gegaan dat konijnenmest op akkerbouwgrond wordt uitgereden.

Vleeskalveren

De hoeveelheid mest geproduceerd per kg levend gewicht (Mfu) is voor de vleeskalveren als volgt berekend, met behulp van gegevens uit de input/output-analyses. De resultaten voor de mestproductie van vleeskalveren staan in Tabel 2.8.

$$\text{Mfu (kg mest per kg levend gewicht)} = (\text{Mpl} / r) / K$$

Waarin:

Mpl = mestproductie per kalverplaats per jaar (kg)

r = aantal rondes kalveren per jaar

K = kalvergewicht bij slacht (kg levend gewicht)

Tabel 2.8 Mestproductie voor witvlees- en rosékalveren

	Mpl (ton)*	r (-)	K (kg)	Mfu (kg / kg levend)**
Witvleeskalveren	2,8	1,8	245	6,3
Rosévleeskalveren	4,2	1,5	350	8,0

* Mest per kalvplaats per jaar

** Mest per kg levend gewicht

Mest van moederdieren is niet meegerekend, aangezien de moederdieren melkkoeien zijn, waarvan de mestproductie (en milieuemissie) zou moeten worden toegerekend aan het ketenonderdeel houderijsysteem van de melkveehouderijsector (geen onderdeel van deze studie).

Voor de rosévleeskalveren wordt de mest ingeschat als dunne melkveemest (Handboek Veehouderij, 2006) met kelderopslag. Voor de witvleeskalveren wordt de mest ingeschat als vleeskalvermest (Handboek Veehouderij, 2006) en afgevoerd naar biologische waterzuivering, met voorafgaande verwijdering van de dikke fractie (5%) die op het land wordt toegediend.

Eenden

Voor de eenden is de hoeveelheid mest geproduceerd per kg levend gewicht volgens de input/output-analyses 3,1 kg per kg levend gewicht. Dit is inclusief 2,5 % voor mest van de ouderdieren (afgeleid van de hoeveelheden voer aan vleeseenden en ouderdieren). Ca. 20% van alle eendenmest gaat naar de mestvergisting, maar omdat de restfractie van de vergiste mest uiteindelijk toch weer op akkerbouwgrond terecht komt, en we geen C-emissies van mesttoediening berekenen (zie onder) hebben we hier met 100% toediening gerekend.

Kalkoenen

Voor de kalkoenen is de hoeveelheid mest geproduceerd per kg levend gewicht volgens de input/output-analyses 1,66 kg mest per kg levend gewicht (lager t.o.v. de eenden vanwege laag vochtgehalte en lage dichtheid). Dit is inclusief 5% voor mest van de ouderdieren (afgeleid van de hoeveelheden voer aan vleeskalkoenen en ouderdieren). Kalkoenenmest wordt wel tijdelijk opgeslagen, maar daarna afgevoerd voor verbranding naar de biomassacentrale in Moerdijk (niet meegenomen in de systeemgrens).

De CH₄-emissie fractie uit mestopslagen is genomen als pluimveemest die qua organische stof fractie en drogestofgehalte het meest op kalkoenenmest lijkt. Emissies door mesttoediening komen niet voor omdat de mest wordt verbrand voor energieopwekking (niet meegenomen in de analyse). Organische stof en nutriënten gaan (deels) verloren.

2.3.6 Ketenonderdeel transport

Transport vindt plaats op verschillende plekken in de keten. Dit begint (binnen de in deze studie gehanteerde systeemgrenzen) bij het vervoeren van voerproducten en opfokdieren tot en met het vervoer van de producten uit de slachterij. Voor alle ketens zijn de grootste transporten berekend op basis van tonkilometer (tkm) per kg levend gewicht. Transportafstanden worden voor alle ketens gegeven in Tabel 2.9. Deze afstanden zijn geschat op basis van de input/output analyses en beschikbare informatie over locaties en verwerking van producten.

Aangenomen is dat voedingrediënten uit Brazilië en Thailand per schip worden aangevoerd (proces 'transoceanic freight ship' uit de Ecoinvent database). Kuikens bij kalkoenen worden per vliegtuig getransporteerd (proces 'airplane intercontinental' uit de Ecoinvent database). Alle andere voer- en slachtafvalproducten worden met vrachtwagens getransporteerd (proces 'Lorry 16-32 ton' uit de Ecoinvent database). Vlees en gekoelde producten worden per koeltransport vervoerd. Dit is berekend door 20% extra emissie bij het normale vrachttransport op te rekenen (Tassou *et al*, 2008).

Tabel 2.9 Geschatte transportafstanden per type transport en per keten in km

Type transport	Konijnen	Vleeskalveren*	Eenden	Kalkoenen
Aanvoer van dieren of fokmateriaal	- ###	50 (NL) 500 (extern)	300 (Eieren)** 650 (Kuikens)	350 (Eieren) 6500 (Kuikens)#
Aanvoer van voedergrondstof (Soja of palmolie uit Brazilië of Thailand)	-	9378 (Brazilië)	9378 (Brazilië) 8763 (Thailand)	9378 (Brazilië)
Aanvoer van voer of voedergrondstof in NL	100	100	100	100
Mesttransport	150	50	100	100
Transport naar slachterij	100	50	100	125
Transport vlees	150	100 (NL) 1000 (extern)	800	125
Transport slachtafval en bijproducten	50	50	8920 (tongetjes) 100	100

* Gebaseerd op Meeusen *et al* (2002)

** Eieren transport binnen landen en kuikens naar Nederland vanuit Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk

Kuikens uit de VS en Canada

Sperma wordt aangevoerd of lokaal geproduceerd en is niet meegenomen

2.3.7 Ketenonderdeel centraal slachthuis

Gegevens voor de centrale slachterij zijn gehaald uit Kramer *et al* (2006). Alleen het energieverbruik (elektriciteit en aardgas) is voor het slachthuis in kaart gebracht. Vervolgens zijn de CO₂, NO_x, SO₂ en PM₁₀ emissies berekend van de betreffende energiebronnen (elektriciteit en aardgas) (Tabel 2.2). De gegevens zijn vergeleken met een andere rapportage en lagen in gelijke orde van grootte (FEI, 2002).

Alleen gegevens voor vleesvarkens en kalkoenen waren beschikbaar. Om een inschatting te geven voor de anderen sectoren zijn de gegevens voor kalkoenen ook gebruikt voor de berekening in de eenden- en konijnenketen. De gegevens voor vleesvarkens zijn gebruikt voor de vleeskalveren.

3 Resultaten

3.1 Ordes van grootte voor alle vier ketens

De resultaten in ordes van grootte voor de kalkoenen-, vleeskalver-, eenden- en konijnenproductieketens worden gegeven in Tabel 3.1. De vleeskalverketen is opgesplitst in witvlees- en rosékalveren, omdat het verschil in milieubelasting vanuit voer erg verschilt tussen de twee ketens. In de discussie wordt een aanvullende vergelijking met de rundvee- en pluimveevleesketen gegeven. Resultaten worden in ordes van grootte weergegeven, omdat een directe vergelijking tussen ketens geen doel is. In alle ketens levert de productie van voer een grote bijdrage aan de emissie naar het milieu. Dit wordt duidelijk in de volgende sectie (3.2) waarin verderop de relatieve bijdragen per hoofdproces in de keten wordt ingegaan. In het algemeen kan uit Tabel 3.1 gezegd worden dat de productie van levend gewicht in de witvleeskalverketen een hogere impact heeft ten opzichte van de andere ketens met uitzondering van SO₂, NO₃, PO₄ en PM₁₀ emissie. Dit is voornamelijk het gevolg van voerproductie in deze keten die voor een groot deel bestaat uit het gebruik van melkpoeders en krachtvoerders. De melkveehouderij is nodig om de melk te produceren en leidt indirect tot een verhoging van de milieuemissies en verbruiken. Verder kenmerken de konijnen- en eendenketens zich door een lage CO₂ uitstoot vergeleken met de andere ketens. De konijnenketen heeft ook een lage emissie van SO₂ en PM₁₀, maar daarentegen een hogere emissie van NO₃. Rosévlees kenmerkt zich door een lage fosfaat en fijn stof uitstoot. De kalkoenenproductieketen toont een lage emissie van methaan in vergelijking met de andere ketens.

Tabel 3.1 Ordes van grootte van emissies en verbruiken, uitgedrukt per kg levend gewicht (FU). Opvallende getallen zijn gemerkt.

	Konijnen	Vleeskalveren		Eenden	Kalkoenen
		witvlees	rosévlees		
Energieverbruik (MJ)	10	100	10	10	10
CO ₂ (kg)	0,1	10	1	0,1	1
N ₂ O (kg)	0,001	0,01	0,001	0,001	0,001
CH ₄ (kg)	0,01	0,1	0,01	0,01	0,001
NH ₃ (kg)	0,01	0,1	0,01	0,01	0,01
SO ₂ (kg)	0,0001	0,001	0,001	0,001	0,001
NO _x (kg)	0,001	0,01	0,001	0,001	0,001
NO ₃ (kg)	0,1	0,1	0,01	0,01	0,01
PO ₄ (kg)	0,001	0,001	0,0001	0,001	0,001
PM ₁₀ (kg)	0,0001	0,001	0,0001	0,001	0,001
Waterverbruik (kg)	1000	10000	1000	1000	1000

Antibioticagebruik

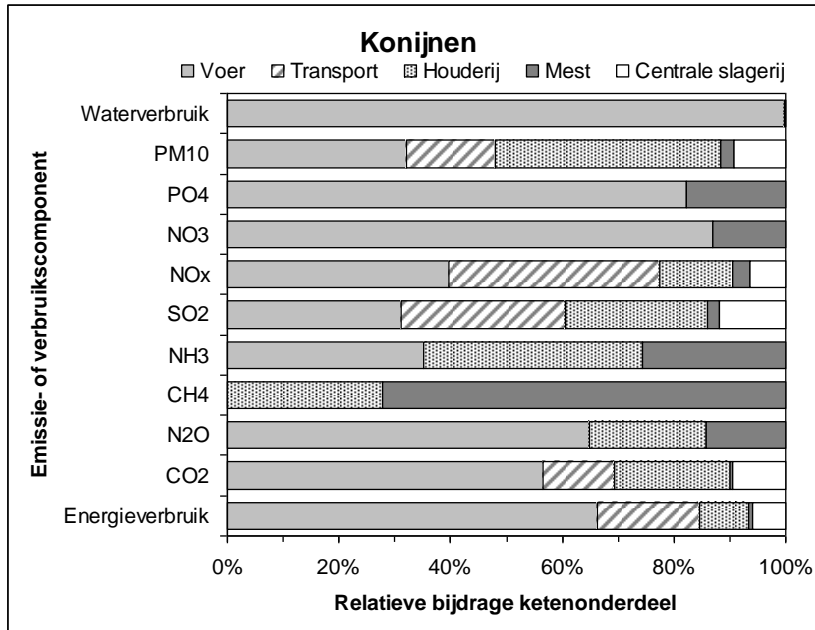
Het antibioticagebruik vindt geheel plaats in het ketenonderdeel Houderijsysteem. Onderdelen van productieketens kunnen daarom niet vergeleken worden op hun relatieve bijdragen aan het totale antibioticumgebruik van een productieketen. In deze paragraaf wordt daarom per keten een indruk gegeven van het antibioticumgebruik. Het antibioticagebruik wordt in de MARAN 2008 rapportage (Mevius *et al*, 2010) weergegeven voor de diersoorten zeugen/biggen, vleesvarkens, vleeskalveren en melkkoeien. Het aantal dagdoseringen per dierjaar (zie voor een uitleg van dit begrip paragraaf 2.3.3) voor deze diersoorten bedroeg in 2008 respectievelijk 22, 17, 37, 34 en 6,6. Tussen diersoorten zijn deze getallen echter moeilijk vergelijkbaar wegens de grote verschillen in dierfysiologie, houderijsysteem, leeftijdsfase, enzovoort. Vleeskalveren kregen in 2008 gemiddeld 34 dagdoseringen aan antibiotica per dier per jaar. Dit kan worden gekwalificeerd als hoog. Een kwantitatieve monitoring van het antibioticagebruik vindt niet plaats bij kalkoenen, konijnen en eenden, bij vleeskalkoenen wordt hiermee wel begonnen (Heijmans, 2010). Het antibioticagebruik bij vleeskalkoenen wordt ingeschat als hoog; structureel hoger dan bij vleeskuikens (Heijmans, 2010). Het antibioticagebruik bij bedrijfsmatig gehouden konijnen wordt eveneens ingeschat als hoog; vrijwel alle konijnen die aan de slachterij worden geleverd hebben in meer of mindere mate antibiotica toegediend gekregen (Ruis, 2010; Kleijn van Willigen, 2010). Het antibioticagebruik bij vleeseenden wordt ingeschat als laag, o.a. omdat antibiotica bij vleeseenden geen groeibevorderend effect hebben (Buissonjé, 2010).

3.2 Relatieve bijdrage per ketenonderdeel

Deze paragraaf beschrijft de relatieve bijdragen van de vijf ketenonderdelen aan de totale emissies en verbruiken van een keten. De ketenonderdelen bestaan uit het houderijsysteem, de voerproductie, mestopslag en mesttransport, transport door de keten en de centrale slachterij.

3.2.1 Konijnen

De relatieve bijdragen van de vijf ketenonderdelen aan de totale milieubelasting (emissies en verbruiken) van de konijnenproductieketen wordt weergegeven in Figuur 3.1.



Figuur 3.1 Relatieve bijdragen van de vijf ketenonderdelen aan de totale emissies en verbruiken in de konijnenproductieketen, weergegeven per emissie- of verbruikscomponent

De konijnenproductieketen kenmerkt zich door o.a. het verschil in aanvoer van opfokdieren en het houderijsysteem. KI (Kunstmatige Inseminatie) stations leveren sperma aan de houders waarmee de vermeerdering op de bedrijven zelf plaats vindt. Er worden geen dieren zelf aangevoerd. Verder worden vleeskonijnen voor een deel van productiecyclus samen met de voedsters gehouden. Het eerste zorgt ervoor dat er weinig transportactiviteit plaatsvindt in de konijnenketen ten opzichte van de andere ketens. Het transport van sperma naar de bedrijven omvat nauwelijks transportgewicht en is daarom niet meegenomen in de analyse. Het overige transport draagt binnen de gehele keten relatief gezien nog steeds belangrijk bij aan het energieverbruik en de emissie van SO₂ en NO_x (zo'n 18% van het totale energieverbruik in de keten en ongeveer 30 en 38% van respectievelijk de SO₂ en NO_x emissie). Vvoertransport binnen Nederland en het transport van mest naar Duitsland dragen het sterkst bij, respectievelijk ongeveer 41 en 34% van het energieverbruik van transport in de keten.

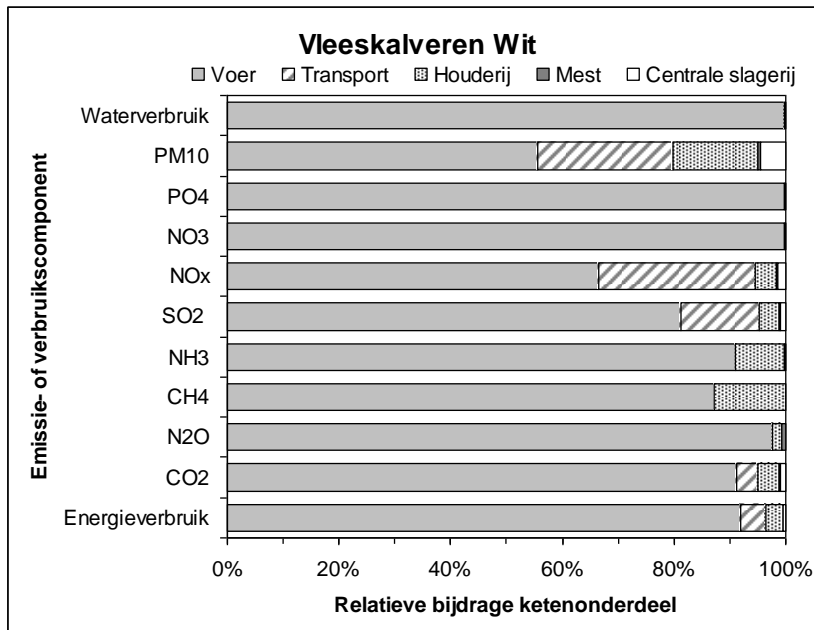
Vvoerproductie draagt ook in de konijnenketen veel bij aan emissies en verbruiken (Figuur 3.1). Waterverbruik door voerproductie overheerst t.o.v. waterconsumptie in het houderijsysteem (<1%). PO₄ en NO₃ emissies zijn voornamelijk afkomstig uit voerproductie en het gebruik van mest in de keten. Het houderijsysteem levert in de konijnenproductieketen een grote bijdrage aan fijn stof, NH₃ en CH₄ emissies, maar ook aan N₂O en CO₂ emissies (beide ongeveer 21%) (Figuur 3.1). CO₂ emissies uit het houderijsysteem zijn voornamelijk afkomstig van energieverbruik voor ventilatie en verwarming.

De bronnen van emissies uit mest zijn verschillend voor de emissiecomponenten. Methaan is voornamelijk afkomstig uit de mestopslag, ammoniak daarentegen vanuit de toediening. Het energieverbruik met daaraan gerelateerde emissies voor de centrale slachterij draagt relatief meer bij aan de keten dan bij de eenden, kalkoenen en vleeskalveren. Dit komt niet zozeer door een laag

energieverbruik van de slachterij, als wel door een laag energieverbruik in de rest van de keten (vooral transport).

3.2.2 Witvleeskalveren

De relatieve bijdragen van de vijf ketenonderdelen aan de totale milieubelasting (emissies en verbruiken) van de witvleeskalverproductieketen wordt weergegeven in Figuur 3.2.



Figuur 3.2 Relatieve bijdragen van de vijf ketenonderdelen aan de totale emissies en verbruiken in de witvleeskalverproductieketen, weergegeven per emissie- of verbruikscategorie

De witvleeskalverproductieketen kenmerkt zich door het gebruik van melkproducten (en vervangers daarvan) bij het mesten van de dieren. De meeste voeders in de andere sectoren bestaan uit primaire voedermiddelen (plantaardig materiaal). Zoals bekend bevatten secundaire voedermiddelen (vlees, en in mindere mate melk) per kg ca. 10 kg primaire voedermiddelen. Milieuemissies en verbruiken uit de productie en het gebruik van melk(poeder) als voer (secondair voedermiddel) worden dus ook groter. Dit is te zien in Tabel 3.1 waarin de ordes van grootte tussen de ketens worden gepresenteerd. Voornamelijk het gebruik van melkpoeder bij witvleeskalveren is verantwoordelijk voor een hoog emissieniveau en gebruik van hulpbronnen. Bovendien wordt gebruik van energie en water nog extra vermeerderd vanwege het indampen tot melkpoeder en het weer aanlengen met warm water op het bedrijf. Hiermee is onder andere een grote CO₂ uitstoot gemoeid (Figuur 3.2).

CH₄ emissie vindt in de witvleeskalverproductieketen voornamelijk plaats vanuit de voerproductie (melkveehouderij) en het houderijsysteem. De bijdrage uit de houderij is voornamelijk afkomstig van de pensfermentatie van de kalveren.

Transportemissies in de witvleeskalverproductieketen zijn voornamelijk afkomstig van het melktransport naar de melkpoederfabriek. Ongeveer 37% van de energie voor het transport in de keten is hier voor nodig. Daarnaast zijn het transport van vlees en mest grote posten (zo'n 18 en 17% van de energie voor transport). Kalfsvlees wordt voor 90% geëxporteerd over ongeveer 1000 km (Meeuwse *et al*, 2002). Dit betreft gekoeld transport. Het overige deel blijft in Nederland. Fijn stof, NO_x en SO₂ emissie resulteren verder voor een groot deel uit transport, ongeveer 21, 26 en 12% respectievelijk (Figuur 3.2).

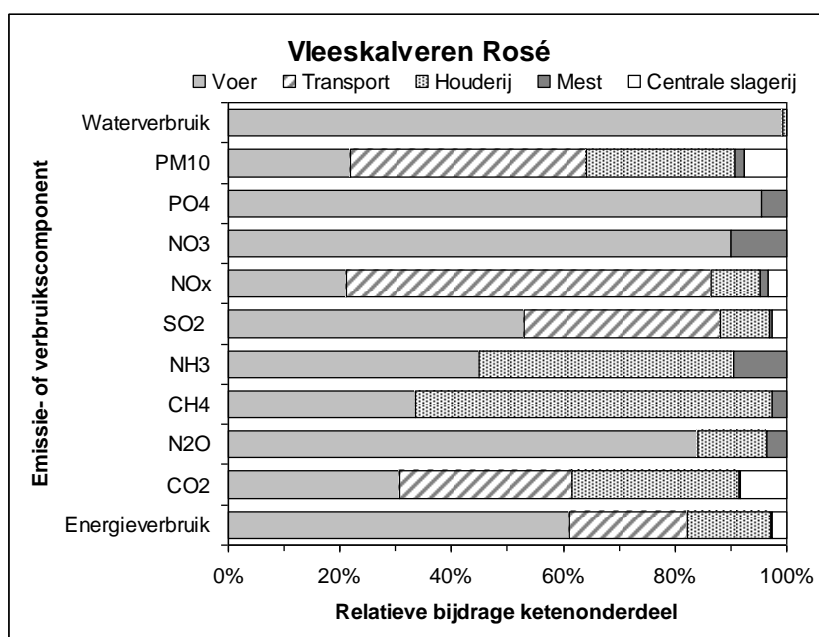
Het houderijsysteem draagt voor ongeveer 13% bij aan de totale fijnstofemissie in de keten. Stofconcentratie in rundveestallen zijn relatief laag t.o.v. varkens- en pluimveestalsystemen. Verder is weinig bekend over de bronnen van stof bij rundvee. Vermoedelijk is het stof afkomstig van mest, huid, haren en voer. Methaan en ammoniak voor een belangrijk deel uit het houderijsysteem.

Kalvergier van witveeskalveren wordt gezuiverd in kalvergierinstallaties. Emissies ten gevolge van het verbruik van energie en emissies ten gevolge van de verwerking van de kalvergier zijn meegenomen in de analyse (zie ook materiaal en methoden). Uit deze installaties emitteren onder andere N_2O en N_2 en wordt fosfaat (P) op het oppervlaktewater geloosd, waardoor waardevolle nutriënten verloren gaan. Op de gehele keten draagt dit ketenonderdeel echter maar voor een klein deel bij aan de totale ketenemissies.

De centrale slachterij draagt voor een klein deel bij aan het totaal van emissies en verbruiken. De grootste slachterijbijdrage is ca. 4% aan de PM_{10} emissie wat gerelateerd is aan het energieverbruik.

3.2.3 Rosékalveren

De relatieve bijdragen van de vijf ketenonderdelen aan de totale milieubelasting (emissies en verbruiken) van de roséveeskalverproductieketen wordt weergegeven in Figuur 3.3.



Figuur 3.3 Relatieve bijdragen van de vijf ketenonderdelen aan de totale emissies en verbruiken in de roséveeskalverproductieketen, weergegeven per emissie- of verbruikcomponent

Voor rosékalveren geldt dat het aandeel melkpoeder in het rantsoen veel kleiner is vergeleken met witveeskalveren (rond de 3% t.o.v. ongeveer 79% bij witveeskalveren). Het aandeel krachtvoer bij rosékalveren is dan weer groot, zo'n 65%. Dit komt tot uiting in de bijdrage van voerproductie aan de emissies en verbruiken in de keten. Emissies van N en P samen met het energie- en waterverbruik worden gedomineerd door voerproductie. Bietenpulp en erwten in het voer dragen bij aan de voederwaarde, maar hebben relatief lagere emissies ten opzichte van andere producten zoals soja en maïs. De SO_2 emissie van voer is hoger vergeleken met andere ketens door het verbruik van meer energie bij de melkpoederbereiding.

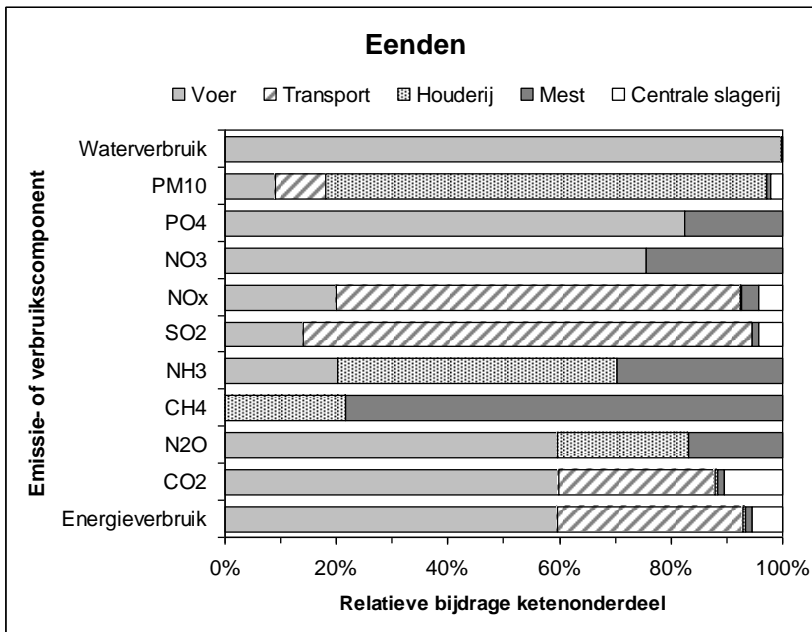
Transport heeft in deze keten een relatief hoge bijdragen aan emissies van fijn stof (ca. 42%) en NOx (ca. 65%) en in mindere mate aan de emissie van CO_2 (ca. 21%) en SO_2 (ca. 35%). De meeste transporten vinden plaats op dezelfde plaatsen als in de witveeskalverproductieketen.

Het houderijsysteem draagt voor het grootste deel bij aan de emissies van CH_4 , NH_3 en PM_{10} (respectievelijk ongeveer 64, 46 en 27%). Het energieverbruik in het houderijsysteem draagt verder bij aan de CO_2 emissie, ongeveer 15% van de emissie in de keten.

Dikke fracties na scheiding en mest van rosékalveren wordt toegediend waardoor emissies ontstaan van o.a. PO_4 , NO_3 , NH_3 en N_2O bij en na mesttoediening.

3.2.4 Eenden

De relatieve bijdragen van de vijf ketenonderdelen aan de totale milieubelasting (emissies en verbruiken) van de eendenproductieketen wordt weergegeven in Figuur 3.4.



Figuur 3.4 Relatieve bijdragen van de vijf ketenonderdelen aan de totale emissies en verbruiken in de eendenproductieketen, weergegeven per emissie- of verbruikscomponent

In de eendenproductieketen draagt de productie van voer (tarwe, soja en maïs) sterk bij aan emissies van PO_4 , NO_3 , N_2O en CO_2 en aan verbruik van fossiele brandstof en water, maar minder aan de emissies van fijn stof (PM_{10}), NH_3 , NOx , SO_2 en CH_4 (Figuur 3.4). Nutriëntenverliezen door N en P uit- en afspoeling en N_2O emissie worden sterk beïnvloed door de productie van voer. Dit hangt samen met het gebruik van (kunst)meststoffen. Productie van kunstmest vraagt relatief veel energie en gaat samen met de emissie van N_2O . Waterverbruik wordt gedomineerd door de productie van voer.

Fijn stof emissie is voornamelijk afkomstig uit het houderijsysteem met verder een kleine bijdrage van transport (ca. 10%) en de centrale slachterij (ca. 2%). Er is weinig bekend over de bronnen van fijnstof in de eendenhouderij. Voor ammoniak (NH_3) en methaan (CH_4) geldt dat het houderijsysteem en het gebruik van mest het meest bijdragen. De eendenhouderij kenmerkt zich door een laag energieverbruik per kg levend gewicht en daaraan gerelateerde emissie van CO_2 , NOx , SO_2 en PM_{10} (beide 0,5% bijdrage in de keten).

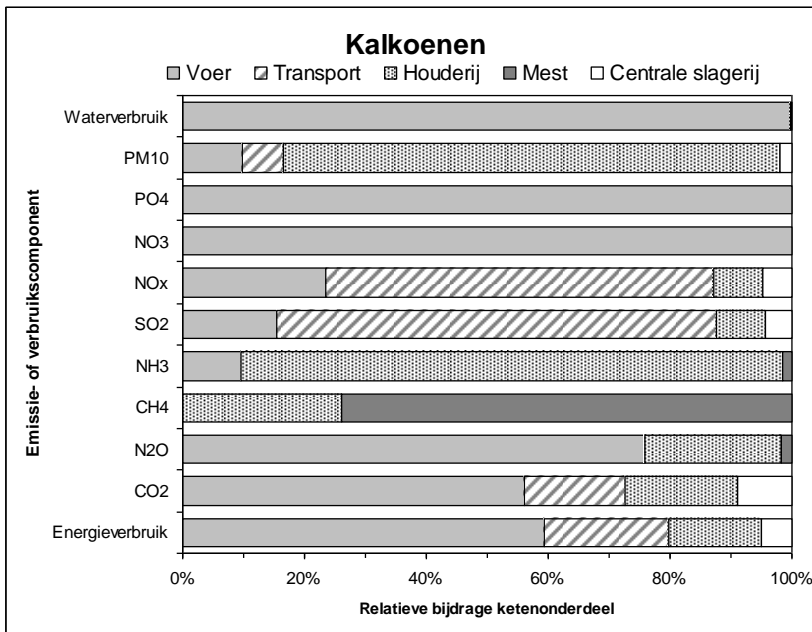
Transport draagt sterk bij aan emissies van verzurende stoffen SO_2 en NOx , ongeveer 80 en 70% respectievelijk (Figuur 3.4). Transport resulteert in een bijdrage van zo'n 30 en 35% aan CO_2 emissie en energieconsumptie in de gehele keten. Dit is voornamelijk te wijten aan transport van eendenvlees naar het buitenland wat over lange afstand gebeurt (Tabel 2.9) (gekoeld transport, 37% van het energieverbruik van alle transport), transport van voer uit Brazilië en mesttransport (beide 18% van de transportenergie).

De methaan (CH_4) emissie wordt voor een groot deel veroorzaakt door mest. Dit is afkomstig uit de vaste mest welke in de stal wordt opgeslagen. Zo'n 30% van de NH_3 uitstoot in de keten is te wijten aan mestopslag en -toediening. Verder draagt mestproductie en -gebruik bij aan uitspoeling van NO_3 en PO_4 (ongeveer 24 en 18% respectievelijk).

De centrale slachterij draagt voor een klein deel bij aan het energieverbruik in de keten en indirect aan de CO_2 , SO_2 , NOx en PM_{10} emissie afkomstig van de energieopwekking. Dit geldt ook voor de andere ketens (Figuur 3.1, 3.2, 3.3 en 3.5).

3.2.5 Kalkoenen

De relatieve bijdragen van de vijf ketenonderdelen aan de totale milieubelasting (emissies en verbruiken) van de kalkoenenproductieketen wordt weergegeven in Figuur 3.5.



Figuur 3.5 Relatieve bijdragen van de vijf ketenonderdelen aan de totale emissies en verbruiken in de kalkoenenproductieketen, weergegeven per emissie- of verbruikscomponent

In de kalkoenenproductieketen is voer een grote emissiepost, net als bij de eenden (Figuur 3.5). Waterverbruik, PO₄ en NO₃ emissie en de emissie van N₂O worden gedomineerd door de productie van voer. CO₂ emissie en energieverbruik dragen beide voor ongeveer 60% bij aan de emissie en consumptie voor voerproductie.

Transport heeft een grote bijdrage aan de NO_x en SO₂ emissie, zo'n 64 en 72% respectievelijk. Door het soja in het voer wat afkomstig is uit Brazilië, draagt dit transport sterk bij aan het totaal van de transportemissie in de keten (ongeveer 34% van de transportenergie). Verder dragen transport van voer in Nederland en transport van kalkoenen naar de slachterij het sterkst bij aan het energieverbruik (respectievelijk ongeveer 21 en 17% van de totale transportenergie in de keten).

Het houderijsysteem heeft een groot aandeel in de totale emissie van fijn stof, ammoniak en methaan, circa 82, 89 en 22% respectievelijk. Fijnstofemissie vindt vermoedelijk vooral plaats uit het strooisel en de veren van de kalkoenen. Ammoniak is ook een bron van (secundair) fijn stof en is voornamelijk afkomstig uit de mestproductie. Ook methaan komt voornamelijk uit mestproductie en mestgebruik. Verder draagt het houderijsysteem bij aan de N₂O en CO₂ emissie en het energieverbruik (circa 78, 58 en 60% respectievelijk).

4 Discussie

In dit Hoofdstuk wordt eerst een algemene discussie gevoerd met een vergelijking naar andere ketens. Daarna wordt ingegaan op het herontwerptraject en systeemfouten. In Hoofdstuk 5 worden de conclusies beschreven en per keten de hotspots vastgesteld.

Omdat het doel van de studie breed inzet, betekent dit dat bijvoorbeeld verschillen in het houderijsystemen binnen productieketens niet tot uiting komen in deze analyse. Dit heeft te maken met het niveau van detail van deze studie. In dit geval is een overall analyse van de productieketens, zoals die er 'typisch' uit ziet, gemaakt. Voor specifieke situaties kan een toegepaste analyse gemaakt worden op basis van beschikbare kengetallen en informatie. Door het niveau van detail en de onzekerheid van de gegevens is in deze studie een vergelijking tussen ketens alleen grofmazig mogelijk, namelijk op basis van ordes van grootte.

In deze studie zijn emissies naar het milieu en gebruik van de schaarse hulpbronnen, (fossiele) energie en zoet water gekwantificeerd. De eerste twee stappen van de levenscyclusanalyse methodologie zijn gevolgd (definiëren van doel en reikwijdte en data-inventarisatie). Om een vergelijking met de rundvee- en pluimveevleesproductieketens te maken is stap drie van de LCA methode verricht, de impact analyse (Tabel 4.1). In deze stap worden de emissies vermenigvuldigd met een factor waarmee zij bijdragen aan een bepaalde potentiële milieu-impact zoals bijvoorbeeld het broeikas effect of eutrofiering. 1 kg CO₂, 1 kg N₂O en 1 kg CH₄ dragen bijvoorbeeld respectievelijk voor 1, 298 en 25 keer bij aan het broeikaspotentieel. De resultaten zijn uitgewerkt aan de hand van de ReCiPe methode (Goedkoop *et al*, 2009), aangevuld met Guineé *et al* (1992) voor eutrofiering.

Tabel 4.1 Ordes van grootte van het energiegebruik, waterverbruik, broeikasgaspotentieel, potentiële verzuring, potentiële eutrofiering en potentiële fijn stof vorming uitgedrukt per kg levend gewicht (FU) voor de kalkoenen-, vleeskaver-, eenden-, konijnen-, pluimvee- en rundveeproductieketens

	Konijnen	Vleeskalf Wit	Vleeskalf Rosé	Eenden	Kal- koenen	Pluimvee*	Rundvee*
Energie- verbruik (MJ)	10	100	10	10	10	10	10
Water- verbruik (kg)	1000	10000	1000	1000	1000	-	-
Broeikgassen (kg CO ₂ -eq**)	1	10	1	1	1	1	10
Verzuring (kg SO ₂ -eq)	0,01	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Eutrofiering (kg PO ₄ -eq)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fijn stof (kg PM ₁₀ -eq)	0,001	0,01	0,001	0,001	0,01	-	-

* Bron: de Vries en de Boer, 2010. De resultaten betreffen de meest voorkomende ordes van grootte voor verschillende landen.

** eq = equivalenten

Tabel 4.1 toont de resultaten voor het energie- en waterverbruik (respectievelijk MJ en kg), broeikasgasemissie (kg CO₂-eq), potentiële verzuring (kg SO₂-eq), potentiële eutrofiering (kg PO₄-eq) en potentiële fijnstofproductie (kg PM₁₀-eq) voor de kalkoenen-, vleeskaveren-, eenden-, konijnen-, pluimvee- en rundveeproductieketens⁶.

Het energieverbruik van de pluimvee- en rundveevleesproductie valt in gelijke orde van grootte vergeleken met rosé-, eenden-, kalkoenen en konijnenvlees. Witvleeskalverproductie heeft een hoger energieverbruik. Voor het broeikasgaspotentieel ligt rundvee gelijk aan witvleesproductie wat hoger is

⁶ De rundvee- en pluimveeproductiegegevens zijn ontleend aan de Vries en de Boer (2010). In de betreffende studie zijn de ketens afgebakend van wieg (voedergrondstoffen en productie van hulpmiddelen) tot de erfgrans van het primaire productiebedrijf (levend gewicht). De centrale slachterij is hierin niet meegenomen. Na verkennende berekening wordt duidelijk dat dit verschil in afbakening niet resulteert tot veranderende conclusies, omdat de emissie en gebruik van hulpbronnen door de centrale slachterij relatief weinig bijdragen in de productieketens zoals hier beschouwd.

dan de overige ketens. Verzuring en eutrofiëringspotenties liggen in gelijke orde van grootte voor alle ketens behalve voor witveeskalverproductie waar meer potentiële verzuring optreedt.

Herontwerptraject

Betreffende antibioticagebruik kan gezegd worden dat dit hoog is voor konijnen, vleeskalveren en kalkoenen, maar niet voor de eenden. Behalve in de vleeskalverhouderij vindt er in de andere drie sectoren geen monitoring of dataverzameling plaats. Hoewel een hoog antibioticagebruik in het algemeen in verband wordt gebracht met volksgezondheidsrisico's is het niet duidelijk welke risico's het antibioticagebruik in de onderzochte ketens precies veroorzaken. Deze aspecten bemoeilijken een gedetailleerder analyse van de omvang van het gebruik, de impact daarvan in termen van volksgezondheid en de noodzaak of wenselijkheid om dit aspect mee te nemen in de herontwerpen.

Van emissies kan gesteld worden dat hun negatieve impact afhangt van o.a. aspecten als concentratie, snelheid van emissie, afbraak van geëmitteerde stoffen en lokale en geografische factoren. Emissies kunnen invloed hebben op regionale en wereldwijde schaal. Broeikasgasemissies hebben over het algemeen een effect op wereldwijd niveau terwijl emissies van N en P vaak veel meer lokaal van aard zijn. Dit dient in het achterhoofd gehouden te worden wanneer mitigatieopties worden onderzocht. In het herontwerptraject is het van belang om rekening te houden met omgevingsfactoren en concentraties van de betreffende stoffen, omdat dit het verschil kan maken tussen schadelijk en niet schadelijk. Daarnaast moet rekening gehouden worden met afwenteling van emissies. Een aanpassing of keuze in een proces kan ervoor zorgen dat de ene emissie omlaag gaat en de andere omhoog.

Gebruik van schaarse hulpbronnen zal deels ook nodig blijven. Fosfaat is een noodzakelijk nutriënt voor plantengroei en plantengroei kan ook niet zonder water. Het verschil tussen fosfaat en water en energie is dat fosfaat geen alternatief kent op dit moment. Water en wordt telkens door de natuur gerecirculeerd, er zijn mogelijkheden om duurzame energie op te wekken. Maar fosfaat kent geen vervanger. Het hangt er dus vanaf hoe de kringloop van fosfaat ingericht wordt of deze op voldoende wijze gebruikt kan blijven worden zonder te veel verliezen.

De keuze voor verbranding van o.a. kalkoenmest en het zuiveren van kalvergier is sterk afhankelijk van de (politieke) context. Hoewel het proces van verbranding buiten de grens van deze studie valt dient hiermee rekening gehouden te worden in de herontwerpfase van dit traject. In Nederland heerst een 'mestoverschot', waardoor het potentieel interessant wordt om door verbranding energie uit mest te halen en mest te zien als een 'brandstof'. Aan de andere kant worden waardevolle nutriënten (voornamelijk N) en organische stof niet gebruikt voor bemesting/ bodemvruchtbaarheid en wordt de kringloop 'onderbroken' en waar nodig, potentieel kunstmest in een ander gebied aangevoerd moet worden. Waar geen 'mestoverschot' heerst zal mest hoogstwaarschijnlijk niet verbrand worden maar als meststof gebruikt worden.

In deze studie zijn emissies en verbruiken ten aanzien van verandering in landgebruik niet meegenomen. Er zijn studies welke wijzen op de invloed van voedergrondstofproductie op de ontbossing en vernieling van ecosystemen in o.a. de Amazone. Wanneer berekend overheersen deze verandering in o.a. CO₂ emissies van productieketens (Elferink, 2009). Daarnaast worden diensten die nu door het ecosysteem geleverd worden aangetast welke een gevolg zullen hebben voor latere generaties. Bij herontwerp van de keten dient dit aspect in het oog gehouden te worden. Alternatieve grondstoffen en/of productiewijzen zijn hierin van belang.

5 Conclusies

Het doel van dit onderzoek was om een breed inzicht te geven in de milieuemissies en het gebruik van schaarse hulpbronnen in de productieketens van konijnen, vleeskalveren, eenden en kalkoenen om vervolgens hieruit de 'hotspots' te identificeren welke als input dienen voor het herontwerptraject. Uit dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

Algemeen

- Een belangrijk deel van de onderzochte emissies en verbruiken vindt plaats tijdens de voerproductie. Dit geldt met name voor het waterverbruik, emissies van stikstof- en fosfaathoudende componenten, CO₂ emissie en energieverbruik.
- Transport draagt belangrijk bij aan NO_x en SO₂ emissies en in mindere mate aan CO₂ emissie, fijnstofemissie en energieverbruik.
- Het houderijsysteem emiteert voornamelijk PM₁₀ en NH₃ en in mindere mate N₂O en CH₄. Verder is het energieverbruik in het houderijsysteem relatief klein, maar niet verwaarloosbaar.
- De productie en het gebruik van mest dragen voornamelijk bij aan de methaanemissie en in mindere mate aan ammoniakemissie en N en P uitspoeling.
- De centrale slachterij draagt in beperkte mate bij aan emissies in de ketens.
- Water wordt in de ketens voor 99% verbruikt bij de voerproductie. In Nederland is zoet water nog niet echt schaars. Echter, als voedergrondstoffen aangevoerd worden uit landen waar zoet water een schaarser hulpmiddel is, is de milieu-impact mogelijk ernstiger.
- Enkele potentieel belangrijke milieu-indicatoren die niet gekwantificeerd konden worden en dus geen deel hebben uitgemaakt van deze kwantitatieve analyse zijn: i) fosfaat verbruik, ii) landgebruik (vooral de landtransformatie-effecten voor voerverbouw), iii) effecten van diergeneesmiddelen (behalve bij eenden, waar weinig diergeneesmiddelen gebruikt worden), iv) zware metalen, v) POPs en PAKs en misschien vi) emissie van geur (Radersma, 2010).

Hotspots en systeemfouten per keten

De Konijnenproductieketen

In de konijnenproductieketen draagt transport belangrijk bij aan de emissies van o.a. SO₂, NO_x en CO₂. Echter, absoluut gezien vindt er weinig transport plaats in deze keten (Tabel 2.9). Dit is dan ook geen hotspot. Reductieopties voor transport in andere ketens kunnen eventueel geïnspireerd worden door de konijnenketen.

Hotspots in de konijnenketen zijn:

- Voer: leidt tot hoog verbruik van water en emissie van nitraat.
- Mestopslag. De opslag van mest draagt voor een groot deel bij aan de methaanemissie in de keten.
- Toediening van mest leidt tot relatief hoge nitraat- en fosfaatverliezen in de konijnenketen. Dit komt door het relatief hoge aandeel N en P in de mest per kg levend gewicht.
- Het antibioticagebruik in de konijnenketen is hoog.
- Emissies van met name ammoniak zijn voor een belangrijk deel afkomstig uit het houderijsysteem en is een potentieel punt van aandacht voor herontwerpen.

Niet of weinig aandacht richten op:

- Transport

De vleeskalverproductieketen

Geconcludeerd wordt dat de hoge emissies en verbruiken van hulpbronnen in de vleeskalverproductieketen voor een belangrijk deel veroorzaakt wordt door het gebruik van melkpoeders in het voer. Witvleeskalveren gebruiken meer dan 75% melk in het rantsoen, rosékalveren ongeveer 3%. Gebruik van minder hoogwaardige producten zou hier voordeliger uit kunnen pakken.

Hotspots in de vleeskalverketen zijn:

- Het gebruik van melkproducten met name in de witvleeskalverproductieketen. Hieraan zijn o.a. de volgende emissies en verbruiken gerelateerd: energieverbruik en gekoppelde emissies (CO₂, SO₂, NO_x en PM₁₀), waterverbruik, N₂O, NO₃ en CH₄ emissie en transport.

- Transportemissies door de export van kalvervlees naar het buitenland (rond de 90% van het vlees wordt geëxporteerd voor zowel rosé- als witvlees).
- Verder is een aandachtspunt het verwerken van de mest door zuiveren waardoor waardevolle nutriënten verloren gaan en mogelijk extra kunstmest nodig is. Een mogelijke richtlijn hierbij kan zijn: gebruik het product eerst op een zo hoogwaardig mogelijke manier. In geval van nood kan het altijd nog gezuiverd worden.
- CH₄ uit maagdarm fermentatie en NH₃ en N₂O emissie uit het houderijsysteem in de beide ketens.
- Antibioticagebruik is hoog in beide vleeskalverketens.

Niet of weinig aandacht richten op:

- Specifiek SO₂ en NO_x. Deze zijn gekoppeld aan het transport en energieverbruik.
- PO₄ en PM₁₀. Deze emissies vragen in absolute zin weinig aandacht.
- Emissies uit mesttoediening of mest zuiveren lijken niet veel te verschillen.

De eendenproductieketen

Voor de eendenproductieketen kan geconcludeerd worden dat het houderijsysteem een relatief laag energieverbruik vertoont en hoge emissie van PM₁₀ laat zien. Echter; de PM₁₀-emissie is ingeschat m.b.v. een afgeleid emissiecijfer en heeft dus een hoge mate van onzekerheid.

Hotspots in de eendenproductieketen zijn:

- Absoluut gezien in mindere mate voerproductie.
- Mogelijk: PM₁₀ emissie uit het houderijsysteem.
- Lange afstandtransport van vlees naar het buitenland, transport van voer naar Nederland en binnen NL dragen sterk bij aan NO_x en SO₂ emissie en in mindere mate aan CO₂ emissie en energieverbruik.
- Mogelijk: methaan uit mest in het houderijsysteem.

Niet of weinig aandacht richten op:

- Waterverbruik, dit is laag t.o.v. andere ketens.
- Emissie van PO₄.
- Antibioticagebruik; deze is laag.

De kalkoenenproductieketen

Uit de analyse van de kalkoenenproductieketen wordt duidelijk dat het transport van voedergrondstoffen vanuit het buitenland en het transport van kalkoenen naar de slachterij een grote bijdrage leveren aan de emissies van verzurende stoffen. Verder emitteren het meest fijn stof en ammoniak uit het houderijsysteem. De emissies via mest zijn klein, vanwege het verbranden ervan. Dit is wél een verlies aan nutriënten en organische stof. Mestdrogen, zoals in het rondeel, zou een optie zijn om minder ammoniak te verliezen. Ammoniak is een belangrijke factor voor zowel potentiële verzuring, eutrofiering en fijnstofvorming.

Hotspots in de kalkoenenproductieketen zijn:

- Verzurende stoffen door transport (NO_x en SO₂).
- Voedergrondstoffen en transportafstand.
- Emissie van ammoniak en fijn stof uit het houderijsysteem.
- N₂O en NO₃ emissie uit voerproductie.
- Antibioticagebruik; deze is hoog.

Niet of weinig aandacht richten op:

- Emissie van PO₄.
- Emissie van SO₂ en NO_x (veranderen voornamelijk mee met transport en energie).
- De emissie van CH₄ is relatief laag vergeleken met andere ketens.

Literatuur

- Audsley, E., Alber, S., Clift, R., Cowell, S., Crettaz, P., Gaillard, G., Hausheer, J., Jolliet, O., Kleijn, R., Mortensen, B., Pearce, D., Roger, E., Teulon, H., Weidema, B., Zeijts, H.v., 1997. Harmonisation of Environmental Life Cycle Assessment for Agriculture. In: Concerted Action AIR3-CT94-2028. European Commission DG VI Agriculture, Silsoe, UK.
- Basset-Mens, C. and van der Werf, H.M.G., 2005. Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105, pp. 127–144.
- Bondt, N., Puister L.F., Bergevoet, R.H.M., 2009. Antibioticagebruik op melkvee-, varkens- en pluimveebedrijven in Nederland; gebruik in 2007 in vergelijking met voorgaande jaren. Rapport 2009-015. LEI, Wageningen UR, Den Haag. 71 pp.
- Buissonjé de, F.E. (2010). Onderzoeker Wageningen UR Livestock Research. Persoonlijke mededeling.
- Cederberg, C., Mattson, B., 2000. Life cycle assessment of milk production – a comparison of conventional and organic farming. *Journal of Cleaner production* 8, 49-60.
- de Vries, M. and de Boer, I.J.M., 2010. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science* 128, 1 – 11.
- de Vries, J.W., Radersma, S., Kasper, G.J., de Boer, I.J.M., 2009. Levenscyclusanalyse (LCA) mineralenconcentraten. Kunstmestvervangers onderzocht. Tussentijds rapport van het onderzoek in het kader van de pilot Mineralenconcentraten.
- EcoinventCentre, 2007. Ecoinvent data v2.0 Final reports econinvent 2007. In: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland.
- Elferink, E., 2009. Meat, milk and eggs: Analysis of animal food environment relations. Proefschrift aan de Rijksuniversiteit Groningen.
- FEI, 2002. Finish expert report on best available techniques in slaughterhouses and installations for the disposal an recycling of animal carcasses and animal waste. Finish Environment Institute, Helsinki.
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M.A.J., de Schryver, A., Struijs, J., van Zelm, R., 2009. ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and endpoint level. First edition. In: Ministry of Spatial Planning and Environment (VROM), The Hague.
- Guinée, J., Huppes, G., Lankreijer, R.M., Udo de Haes, H.A., Wegener Sleeswijk, A., 1992. Part I, Guide In: Heijungs, R. (Ed.), *Environmental Life Cycle Assessment of Products*. Centre of Environmental Science, Leiden, The Netherlands.
- Handboek Melkveehouderij, 2006. Animal Sciences Group, Lelystad.
- Heijmans, M. (2010). Pluimveedierenarts van dierenartsenpraktijk Ell, Limburg. Persoonlijke mededeling.
- Hoekstra, 2003. Virtual water trade; Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade. Delft, Institute for Water Education (UNESCO-IHE).
- Huis in 't Veld, J.W.H., Dousma, F., Nijeboer, G.M., 2010. Gasvormige emissies en fijnstof uit konijnenstallen met mestopslag onder de welzijnshokken. Voedsters en vleeskonijnen. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- IDF, 2009. Environmental / Ecological Impact of the Dairy Sector: Literature review on dairy products for an inventory of key issues, list of environmental initiatives and influences on the dairy sector. Brussel: International Dairy Federation (IDF).
- Infomil, 2010. Regeling Ammoniak en Veehouderij, bijlage 1. Website: <http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak-en/regeling-ammoniak/stalbeschrijvingen/>. Geraadpleegd: 15 juni 2010.
- Jensen, A.A., Hoffman, L., Moller, B.T., Schmidt, A., 1997. Life Cycle Assessment. A guide to approaches, experiences and information sources. European Environment Agency.
- Kim, S., Dale, B.E., Jenkins, R., 2009. Life cycle assessment of corn grain and corn stover in the United States. *International Journal of Life Cycle Assessment* 14, 160-174.
- Kleijn van Willigen, F., 2010. Dierenarts konijnenhouderij, Gezondheidsdienst voor Dieren te Deventer. Persoonlijke mededeling.
- Kramer, K.J., Hoste, R., van Dooren, H.J., 2006. Energie in de varkensketen, Wageningen UR.
- KWIN, 2008-2009. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2008-2009. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- Meeuwssen, M., Sengers, H., de Vlieger, K., 2002. Duurzaamheid huidige vleeskalverhouderij. Annex bij het eindrapport van het visieproject vleeskalverhouderij, 2003, Wageningen UR.



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl

- Mevius, D.J., Koene, M.G.J., Wit, B., van Pelt, W., Bondt, N. (eds), 2010. MARAN 2008 – Monitoring of antimicrobial resistance and antibiotic usage in animals in the Netherlands in 2008. Corrected version July 2010. 83 pp.
- Mombarg, H. en Kool, A., 2004. Telen met de toekomst energie- en klimaatmeetlat. Eindrapport. Plant Research International B.V., Wageningen.
- Mosquera, J., Winkel, A., Kwikkel, R.K., Gerrits, F.A., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A., 2009a. Fijnstofemissie uit stallen: vleeskalkoenen. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 277.
- Mosquera, J., Hol, J.M.G., Winkel, A., Huis in 't Veld, J.W.H., Gerrits, F.A., Ogink, N.W.M., Aarnink, A.J.A., 2010b. Fijnstofemissie uit stallen: melkvee. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 296.
- Nemecek T., Frick, C., Dubois, D., Gaillard, G., 2001. Comparing farming systems at crop rotation level by LCA. p. 65-69 In: Geerken, T., Mattson, B., Olsson, P., Johansson, E. (eds), Proceedings of the International Conference on LCA in Foods, April 26–27, 2001 Gothenburg. Gothenburg: SIK, VITO.
- Radersma, S., 2010. Brede inventarisatie milieu effecten van veehouderij en landbouw. Rapport, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad. In druk.
- Ruis, M.A.W. (2010). Onderzoeker Wageningen UR Livestock Research. Persoonlijke mededeling.
- Sainz, R.D., 2003. Livestock-environment initiative fossil fuels component: Framework for calculating fossil fuel use in livestock systems (www.fao.org).
- Schmidt J.H., 2008. System delimitation in agricultural consequential LCA. . International Journal of Life Cycle Assessment 13, 350-364.
- Schreier H., Lavkulich, L., Brown, S., 2007. Real and virtual water and water footprints: A comparison between lower fraser valley and the Okanagan Basin. Vancouver: Institute for Resources, Environment and Sustainability.
- Sevenster, M.N. en Hueting, D.H., 2007. Energiegebruik in de veevoerketen. Delft, CE.
- Siebert, S., Döll, P., 2010. Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. Journal of Hydrology 384, 198-217.
- Smink W., Pelikaan, W.F., van der Kolk, L.J., van der Hoek, K.W., 2004. Methaanproductie als gevolg van persfermentatie bij rundvee berekend middels de IPCC-GPG Tier 2 methode. Rapport Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu en Feed Innovation Services. Rapportnummer FS 04 12, 45 pp.
- Tassou, S.A., De-Lille, G., Ge, Y.T., 2008. Food transport refrigeration – Approaches to reduce energy consumption and environmental impacts of road transport. Applied Thermal Engineering, Article in Press.
- Thomassen, M.A., Dalgaard, R., Heijungs, R., Boer I. de, 2008. Attributional and consequential LCA of milk production. International Journal of Life Cycle Assessment 13, 339-349.
- Van der Hoek, K.W., 2002. Uitgangspunten voor de mest- en ammoniakberekeningen 1999 tot en met 2001 zoals gebruikt in Milieubalans 2001 en 2002, inclusief dataset landbouwemissies 1980-2001. (rapport 773004013) RIVM, Bilthoven.
- VROM, 2010. Webpagina 'Emissies fijn stof door dieren'; <http://www.vrom.nl/pagina.html?id=47065> en de Excelfile 'Emissiefactoren fijn stof voor veehouderij.xls'; http://www.vrom.nl/Docs/milieu/2010emissiefactoren_fijnstof_voor_veehouderijen_maart_2010.xls. Geraadpleegd: 15 juni 2010.