



Kwantificering van volumes en prijzen van biobased en fossiele producten in Nederland

De waardepiramide en cascadering in de biobased economy

H.L. Bos, M.J.A. van den Oever, K.P.H. Meesters

Rapport nr. 1493



Kwantificering van volumes en prijzen van biobased en fossiele producten in Nederland

De waardepiramide en cascadering in de biobased economy

H.L. Bos, M.J.A. van den Oever, K.P.H. Meesters

Rapport nr. 1493

Colofon

Titel	Kwantificering van volumes en prijzen van biobased en fossiele producten in Nederland De waardepiramide en cascadering in de biobased economy
Auteur(s)	H.L. Bos, M.J.A. van den Oever, K.P.H Meesters
Nummer	1493
ISBN-nummer	978-94-6257-058-0
Publicatiedatum	Juli 2014
Vertrouwelijk	Nee
OPD-code	BO-20.12-005
Goedgekeurd door	M. Hackmann

Wageningen UR Food & Biobased Research
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 480 084
E-mail: info.fbr@wur.nl
Internet: www.wur.nl

© Wageningen UR Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

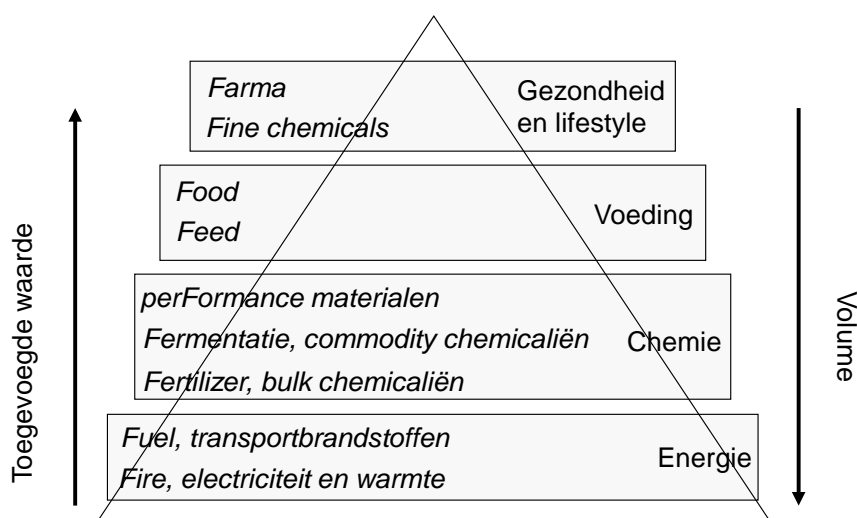
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.

Inhoudsopgave

1 Inleiding	5
2 De economische waardepiramide	7
3 Waardeketens op basis van tarwe	19
4 Discussie en conclusies	25
5 Managementsamenvatting	27
Woordenlijst	31
Literatuur	32
Bijlage	37

1 Inleiding

In de overheidsvisie op de biobased economy ‘de keten sluiten’ uit 2007 is de waardepiramide (zie figuur 1.1)* geïntroduceerd als een model voor de verdere ontwikkeling van technologie. In de brief van het ministerie van EZ aan de Tweede Kamer ‘Meer waarde uit biomassa’ uit juni 2014 is dit model ook opgenomen als uitgangspunt voor beleid. In de piramide neemt de waarde van de producten toe naar de top en het productievolume neemt af. Met name de ondersteuning voor de ontwikkeling van bioraffinage, scheidingstechnologie en witte biotechnologie komt voort uit de aanname dat biomassa door het scheiden in verschillende componenten een economisch meer optimale benutting zou kunnen krijgen. Voor het inzetten van de componenten voor toepassingen met zo hoog mogelijke waarde wordt de term cascadering gebruikt.



Figuur 1.1 De oorspronkelijke piramide, zoals deze in de overheidsvisie ‘de keten sluiten’ stond.

In de afgelopen jaren is de piramide steeds meer wijdverbreid geraakt en gebruikt als aanzet voor debat. Hierbij is de waardepiramide en de daaraan gekoppelde cascadering in de discussies over biobased economy ook betrokken op duurzaamheid en de sociaal ethische aspecten van inzet van biomassa. Het model heeft daarbij vooral gediend als een startpunt voor de discussies. Het uitgangspunt ook in deze debatten is steeds dat het van belang is om biomassa zo hoogwaardig mogelijk in te zetten dus voor toepassingen hoog in de piramide.

* Deze piramide was een omwerking van de “piramide met de F-en” die daarvoor door sommigen werd gebruikt en waarin alle eindtoepassingen met een F begonnen (nog terug te zien in de toepassingen in figuur 1).

De piramide is oorspronkelijk ontwikkeld als een concept om het denken over biomassa toepassingen te helpen verhelderen en met name ook om de toepassing van biomassa voor voeding en chemie en materialen te positioneren ten opzichte van de toepassing van biomassa voor energie en brandstoffen.

Ondanks dat de waardepiramide de afgelopen jaren een belangrijke centrale rol heeft gekregen in het denken over de biobased economy en door zeer veel partijen wordt gebruikt, is de waardepiramide nooit kwantitatief onderbouwd. Daarnaast heeft de piramide de afgelopen jaren weliswaar gewerkt als een krachtige metafoor, maar geeft hij te weinig houvast om beleidsafwegingen op te baseren.

Gegeven deze twee constatering, ligt de vraag dus voor of het mogelijk is om een beter onderbouwd kader voor afweging tussen verschillende opties binnen de biobased economy te maken.

De vraag die centraal staat in dit onderzoek is om een benadering te geven van het volume en de waarde per eenheid van de grondstoffen en producten die zich in de verschillende trappen van de piramide bevinden, en daarbij tevens grondstoffen en producten uit biomassa, waar relevant, te vergelijken met grondstoffen en producten uit fossiele bronnen. In dit onderzoek is teruggegaan naar de kern van de waardepiramide en wordt de waardepiramide kwantitatief onderbouwd vanuit een economisch perspectief.

Leeswijzer

In dit rapport wordt een uitgebreide analyse gepresenteerd van de verschillende producten die (potentieel) uit biomassa gemaakt kunnen worden. Van een groot aantal producten, zowel biobased als fossiel, is de waarde in euro's en het volume in tonnen in Nederland bepaald. Op basis van deze gegevens is een aantal diagrammen geconstrueerd die meer inzicht geven in de kwantitatieve achtergrond van het piramide model. Hierbij is het volgende uitgezet:

- Positionering van waarden (€s) en volumes (tonnen) van een aantal categorieën van producten, zowel fossiel als biobased. Voor de duidelijkheid op twee verschillende schalen uitgezet (Hoofdstuk 2, figuren 2.1 tot en met 2.4)
- Positionering van de omzet (waarde * volume) van deze productcategorieën gebaseerd op de voorgaande gegevens (Hoofdstuk 2, figuur 2.5)
- Verschillende mogelijke waardeketens op basis van modelgrondstof 'tarwe' (Hoofdstuk 3 figuren 3.1 en 3.2)

Er is voor gekozen om de data voor Nederland te bepalen.

In de volgende twee hoofdstukken wordt dieper ingegaan op de achtergronden en betekenis van de geconstrueerde figuren. In hoofdstuk 4 worden de belangrijkste conclusies samengevat en wordt een aanzet gegeven voor een nieuwe waardepiramide.

2 De economische waardepiramide

Inleiding

Het kwantificeren van de waardepiramide maakt dat er een aantal keuzes moet worden gemaakt om de verschillende treden in de piramide te kunnen vergelijken.

- Op welke basis vergelijken we bijvoorbeeld de hoeveelheden gebruikte fossiele olie met veevoer? Een belangrijk verschil tussen veel fossiele producten en veel producten uit biomassa is de aanwezigheid van water. Fossiele grondstoffen als olie en gas zijn per definitie zonder water. Belangrijke agroproducten als veevoer en graan bevatten relatief weinig water, melk daarentegen relatief veel. Water geeft wel gewicht aan het product maar vertegenwoordigt geen voedingswaarde of energetische waarde. Daarom wordt biomassa vaak vergeleken op basis van het gewicht in droge stof, dus zonder water. Ook in deze studie is gekozen om de biomassa onderling en met de fossiele producten te vergelijken op basis van het gewicht droge stof.
- Nemen we de *productiecijfers* in Nederland of de cijfers van *consumptie*? Voor sommige producten zitten daar grote verschillen in. We produceren nauwelijks olie maar exporteren wel veel agrarische producten. Door te kiezen voor consumptiecijfers wordt het volume van fossiele energie voor mobiliteit en energieopwekking zichtbaar. Daarentegen is de omvang van de veevoerstromen en de vleesproductie een factor X groter dan de consumptie in Nederland. Omdat voor keuzes binnen de waardepiramide de totale en de relatieve omvang van het gebruik van verschillende grondstoffen en producten binnen een land relevant is, is ervoor gekozen om voor de fossiele- en agro-grondstoffen de productie of invoer in Nederland als uitgangspunt te nemen, en voor de producten de consumptie in Nederland als uitgangspunt te nemen.
- Welke prijs nemen we als relevant voor de waarde van een product? Producten worden duurder naarmate er meer bewerkingen op zijn uitgevoerd, maar de eindprijs in een supermarkt heeft maar een beperkte relatie met de werkelijk kostprijs en waarde van de onderliggende grondstoffen en bewerkingen. Bovendien kunnen met name agroproducten een grote hoeveelheid (vrijwel kosteloos) water bevatten. Voor het bepalen van de waarde is gekozen voor de prijs per gewicht droge stof. Verder is aangenomen dat de groothandelsprijs een goede indicatie geeft van de waarde van een product.

Methodes en uitgangspunten

Bovenstaande keuzes leiden tot de volgende methodes en uitgangspunten:

- De waarde van de goederen is uitgedrukt als groothandelsprijs op basis van droge stof: voor bulk hoeveelheden, per silowagen of container, FOB Rotterdam of fabriek, op de veiling of vanaf het slachthuis.
 - De waarde betreft dus niet de toegevoegde waarde.
- Prijsdata zijn zoveel mogelijk verkregen via bronnen gespecialiseerd in marktdata zoals CBS, Productschap Akkerbouw, LEI, ICIS, Platts, IndexMundi. Indien via deze kanalen geen data gevonden werden, is specifiek gegoogled. Details van de bronnen zijn geciteerd in de Bijlage.
- Voor zover beschikbaar, zijn prijsniveaus van juli 2013 gebruikt.
- Indien prijzen in dollars gegeven waren, is een omwisselingsfactor \$/€ van 1.3 gehanteerd.
- De volumes zijn geconsumeerde hoeveelheden in Nederland op basis van droge stof. Uitzonderingen zijn de agrogrondstoffen waarvoor de productiehoeveelheden zijn gegeven, de fossiele grondstoffen waarvoor de invoer/productiehoeveelheden zijn gegeven, en de chemicaliën en plastic materialen waarvoor het equivalent van het Nederlandse GWP[†]-aandeel in de wereldwijde productie is gegeven. Dit laatste is gedaan omdat de consumptie van chemicaliën en plastic materialen lastig is te bepalen en omdat Nederland een onevenredig grote chemische productie heeft (circa 15 % van de Europese chemische productie vindt in Nederland plaats).
- Volumedata zijn verkregen via bronnen gespecialiseerd in marktdata zoals CBS, LEI en IndexMundi. Indien via deze kanalen geen data gevonden werden, is specifiek gegoogled. Details van de bronnen zijn geciteerd in de Bijlage.
- De waardes en volumes zijn uitgedrukt op basis van droge stof om de waardeketens gemakkelijker te kunnen vergelijken.
- Metalen en andere producten waarvoor biobased producten niet één op één een alternatief vormen zijn buiten beschouwing gelaten.
- In de Bijlage zijn de waardes en volumes (ranges), droge stof gehalten, specifieke toelichtingen en referenties weergegeven.

[†] *Achterin het rapport is een verklarende woordenlijst opgenomen.*

Resultaten, waarde en volume data

In de figuren 2.1 en 2.2 zijn de waarden (€s) van een groot aantal (categorieën van) producten uitgezet tegen de geconsumeerde hoeveelheden in Nederland.

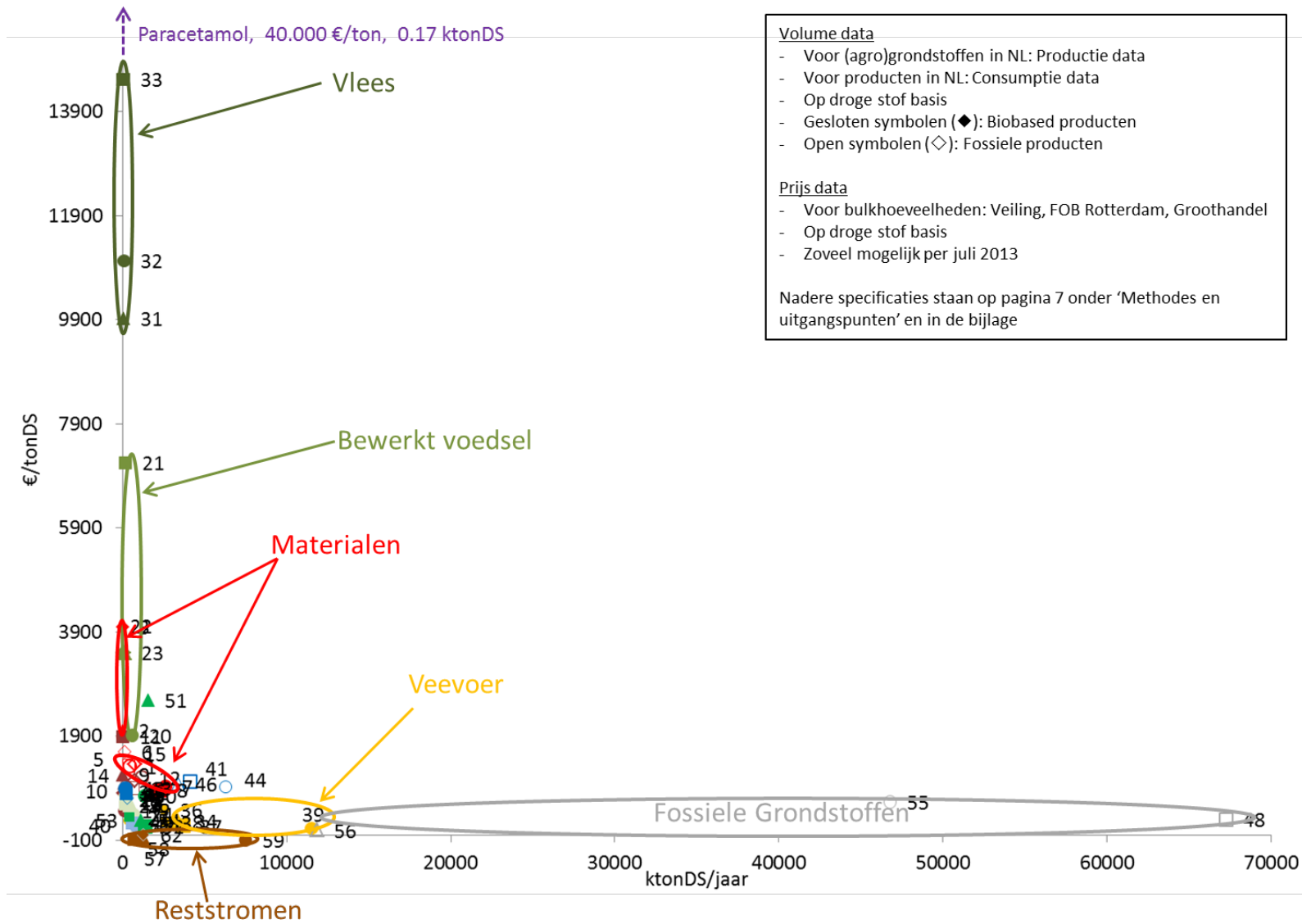
De volumes van fossiele grondstoffen, veevoer en reststromen zijn groot tot zeer groot ten opzichte van de volumes van de overige producten. Met name de volumes voor (bewerkt) voedsel en vlees zijn relatief klein. Het grote verschil tussen de volumes voor veevoer en voedsel is een indicator van de conversie-efficiency.

De werkelijk verhandelde volumes van voedsel zijn groter doordat deze producten 10-90% water bevatten, waardoor de verhandelde volumes toenemen met een factor 2 (brood, kaas), 3-4 (vlees), 5 (aardappelen) tot 9 (melk, yoghurt). Dit is natuurlijk niet het gehele voedingspakket van Nederland, maar het zijn de grootste afzonderlijke stromen. De ordegrrootte van de verhandelde voedselvolumes wordt op deze manier vergelijkbaar met de volumes voor fossiele plastics, maar blijft een factor 6-12 lager dan voor bijvoorbeeld maïs en gras en een factor 40-50 lager dan voor aardgas en aardolie. Niettemin is de Nederlandse consumptie van vlees *as is*[‡] (rund+varken+kip) 649.000 ton/jaar, goed voor bijna 22.000 vrachtwagens vol à 30.000 kg. De productie voor de export is nog bijna een factor 3 groter, 1.835.000 ton/jaar, goed voor nog eens 61.000 vrachtwagentransporten/jaar.

De waarde van farmaceutische producten is erg hoog, de volumes zijn echter klein waardoor de economische waarde relatief klein is (zie ook Figuren 2.3-2.5). In waarde wordt farma gevolgd door vlees en bewerkt voedsel. In het middensegment zien we dat de waarde van materialen hoger is dan van transportbrandstoffen, die weer hoger is dan van de basisvoedselproducten. Binnen de groep agrogrondstoffen blijken aardappels op droge stof basis meer waard dan tarwe. Veevoer en fossiele grondstoffen sluiten de rij, terwijl reststromen, waaronder ook mest, een negatieve waarde hebben.

Uit deze inventarisatie blijkt de werkelijkheid, zoals verwacht, ingewikkelder dan de oorspronkelijke piramide weergeeft. Wel komt ook uit deze inventarisatie een piramide-achtige vorm naar voren, waarbij ten opzichte van de oorspronkelijke piramide vooral opvalt dat transportbrandstoffen een relatief hoge waarde hebben en dat veevoer een flinke omvang heeft en een relatief lage waarde.

[‡] *As is: inclusief het water dat in het vlees zit.*



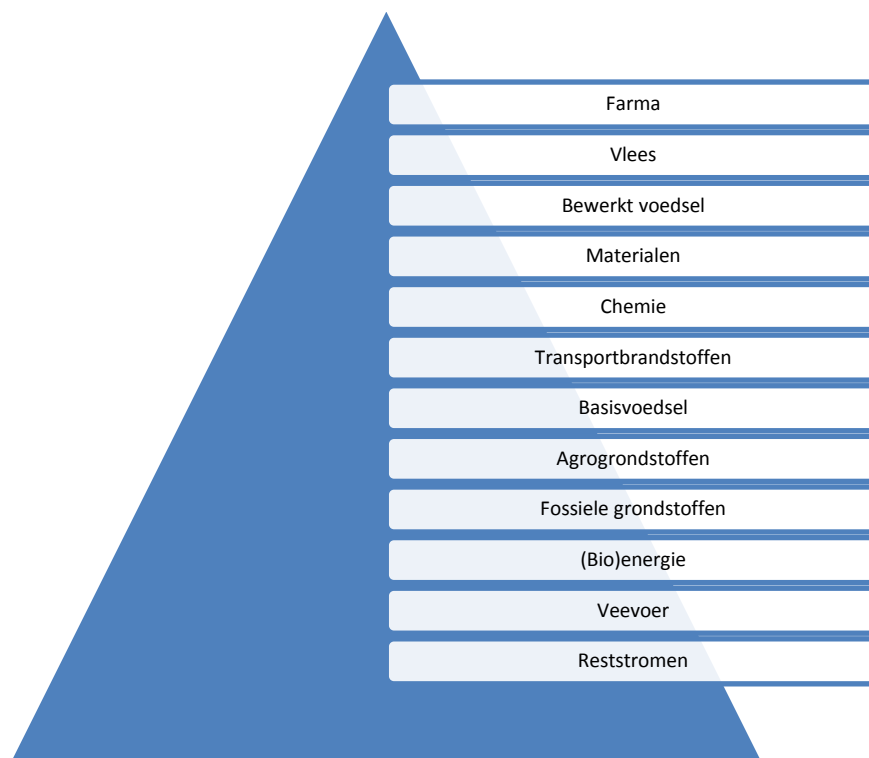
Figuur 2.1. Waarde van producten per ton droge stof versus consumptie (verbruik) in NL.

Figuur 2.2 is een uitvergroting van figuur 2.1, waarbij het linker-onderste deel van de figuur beter inzichtelijk is. Wat opvalt is dat op basis van waarde de volgorde in de oorspronkelijke piramide, waarbij veevoer veel hoger staat dan de transportbrandstoffen en materialen niet klopt. Daarnaast ligt de prijs van de agrogrondstoffen suikerbiet, gerst en tarwe op ongeveer hetzelfde niveau als aardgas.

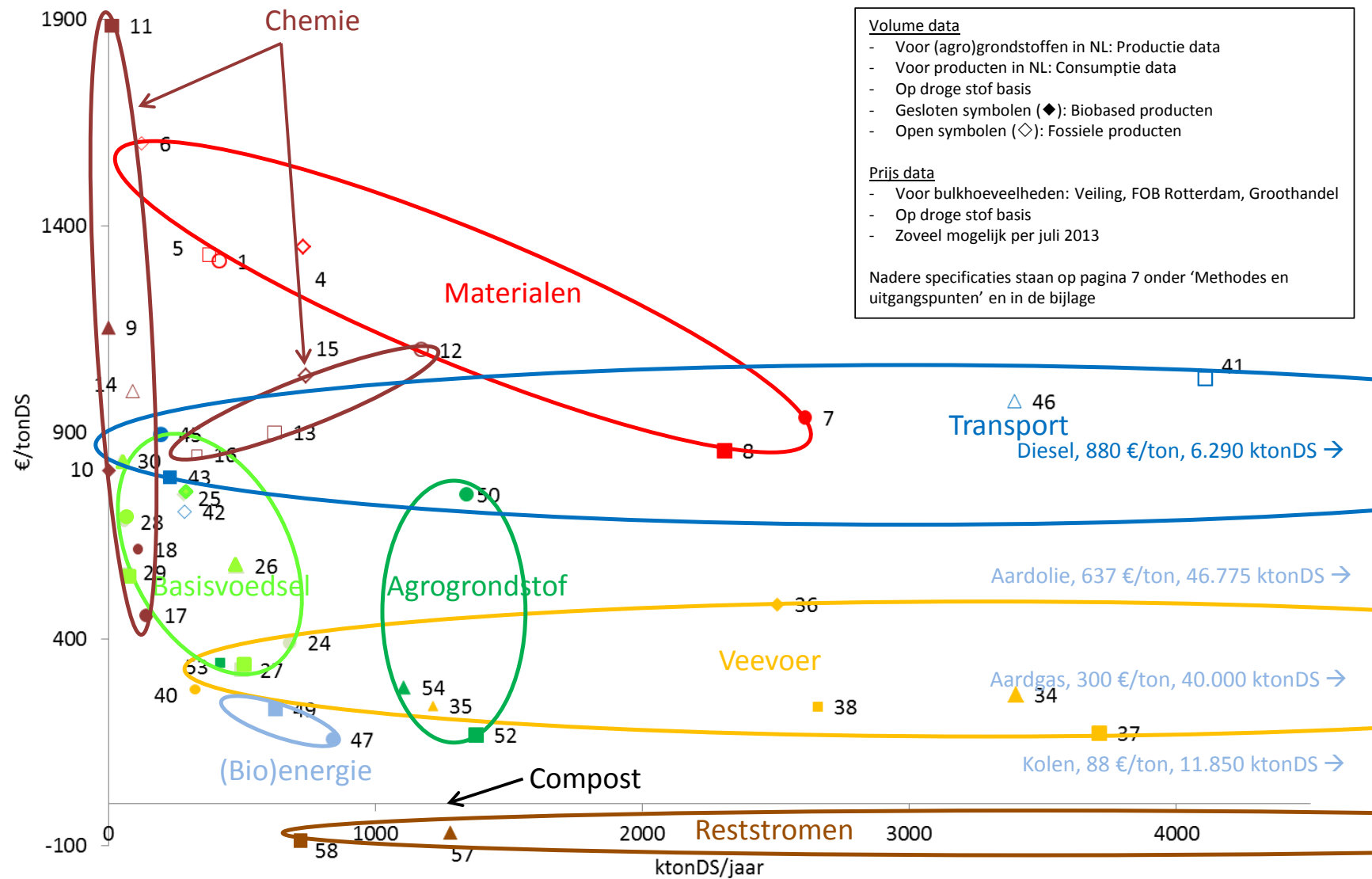
Logischerwijs stijgen grondstoffen naar volgende categorieën in de piramide wanneer ze bewerkt worden. Tarwe wordt omgezet in meel wat duurder is dan tarwe en vervolgens in brood wat nog weer duurder is. Aardolie wordt omgezet in benzine en diesel, die duurder zijn dan de aardolie en de restfractie nafta wordt omgezet in chemicaliën en vervolgens plastics die nog weer duurder zijn. Veevoer wordt omgezet tot vee, wat wordt omgezet in vlees, melk en kaas. Bij elke bewerkingsstap komt er waarde bij. Die waardevermeerdering is onder andere afhankelijk van de kosten van de bewerking en de efficiency van de grondstofomzetting.

Op die manier volgen verschillende grondstoffen dus verschillende routes omhoog in de piramide. Voor veel grondstoffen zijn er meerdere routes omhoog (je kunt ze in verschillende eindproducten toepassen) die niet alle tot dezelfde waardevermeerdering per ton grondstof leiden. Hierop wordt in hoofdstuk 3 uitvoerig ingegaan.

Op basis van de waarde van de producten ziet de piramide er ongeveer als volgt uit, van hoge naar lage waarde:



De piramide op basis van waarde in Nederland



Figuur 2.2. Waarde van producten per ton droge stof versus consumptie in NL (Detail Figuur 1).

Resultaten, volume per categorie

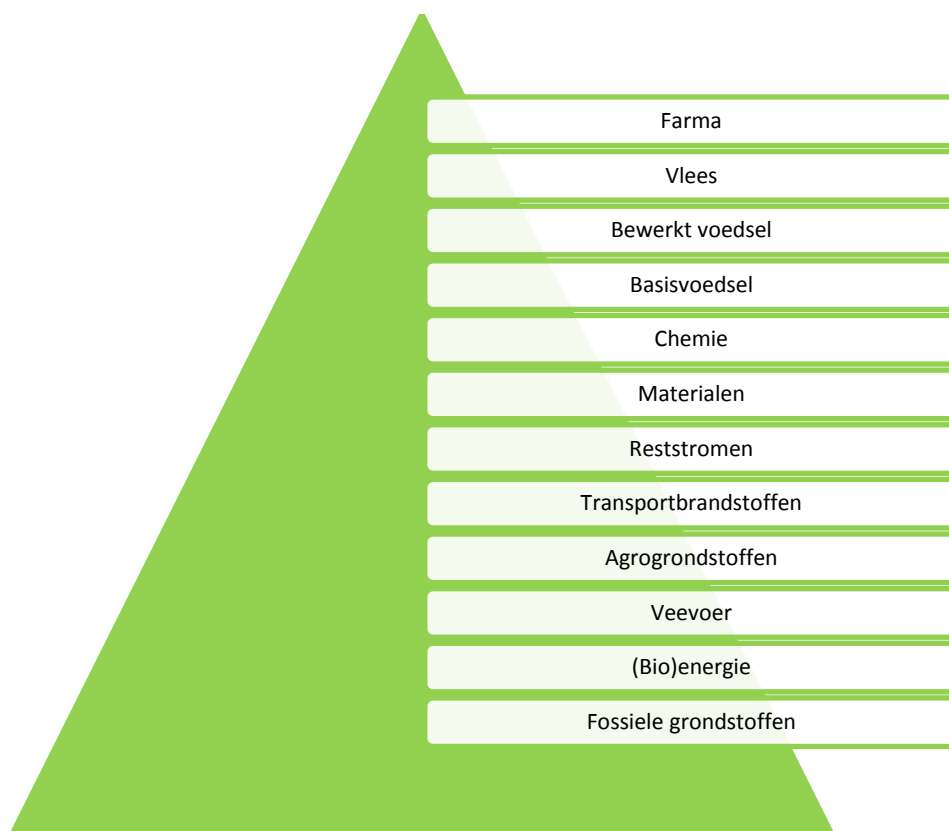
Waar in figuren 2.1 en 2.2 de waarde en het volume per product is weergegeven, is in figuur 2.3 de piramide weergegeven op basis van het totale volume van de verschillende categorieën. Daarbij worden binnen een categorie de producten bij elkaar opgeteld. De balken zijn nooit helemaal compleet maar binnen elke categorie zijn telkens wel de meest belangrijke stromen meegenomen. De volgorde van boven naar beneden is de volgorde die uit de waardevergelijking in de vorige paragraaf komt. Figuur 2.4 geeft dezelfde data maar nu geordend naar volume. Wat meteen opvalt is dat fossiele grondstoffen en daarvan afgeleide stook- en transportbrandstoffen zeer veel groter zijn dan de andere toepassingen. Het totale volume aan (stook)brandstoffen en transportbrandstoffen is 68 Mton/jaar, voor veevoer is dat 25 Mton/jaar, voor materiaal en chemie 10 Mton/jaar, en voor voedsel 3.3 Mton/jaar, waarvan 2.1 Mton/jaar voor basisvoedsel. Binnen de biobased producten is veevoer verreweg het grootst, deze is zelfs groter dan de categorie transportbrandstoffen. Binnen de groep materialen hebben de op hout gebaseerde materialen papier en karton en planken de overhand. De plastics (fossiel PE, PET, etc.) zijn qua volume kleiner dan de chemie. Verder loopt het volume van de voedselproducten af van agrogrondstof, naar basisvoedsel, bewerkt voedsel en vlees. Ook opvallend is de enorme hoeveelheid aardgas die in Nederland wordt gebruikt.

De hoeveelheid veevoer is onevenredig veel groter dan de hoeveelheid geconsumeerd vlees en melkproducten. Dit is een gevolg van de export van veel (met name varkens)vlees en melkproducten als kaas. Uitgaande van gebruikelijke omzettingsconversies van veevoer naar melk en vlees, en uitgaande van de hoeveelheden geëxporteerd vlees en niet als zodanig geconsumeerd vlees, kan echter met een simpele berekening 81% van het geproduceerde veevoer gekoppeld worden aan de Nederlandse productie van vlees en melk (zie kader). Van de resterende 19% kan 14% worden toegeschreven aan voer voor paarden, legkippen en schapen en geiten. De resterende 5% kunnen bestaan uit onvolkomenheden in de gemaakte inschattingen.

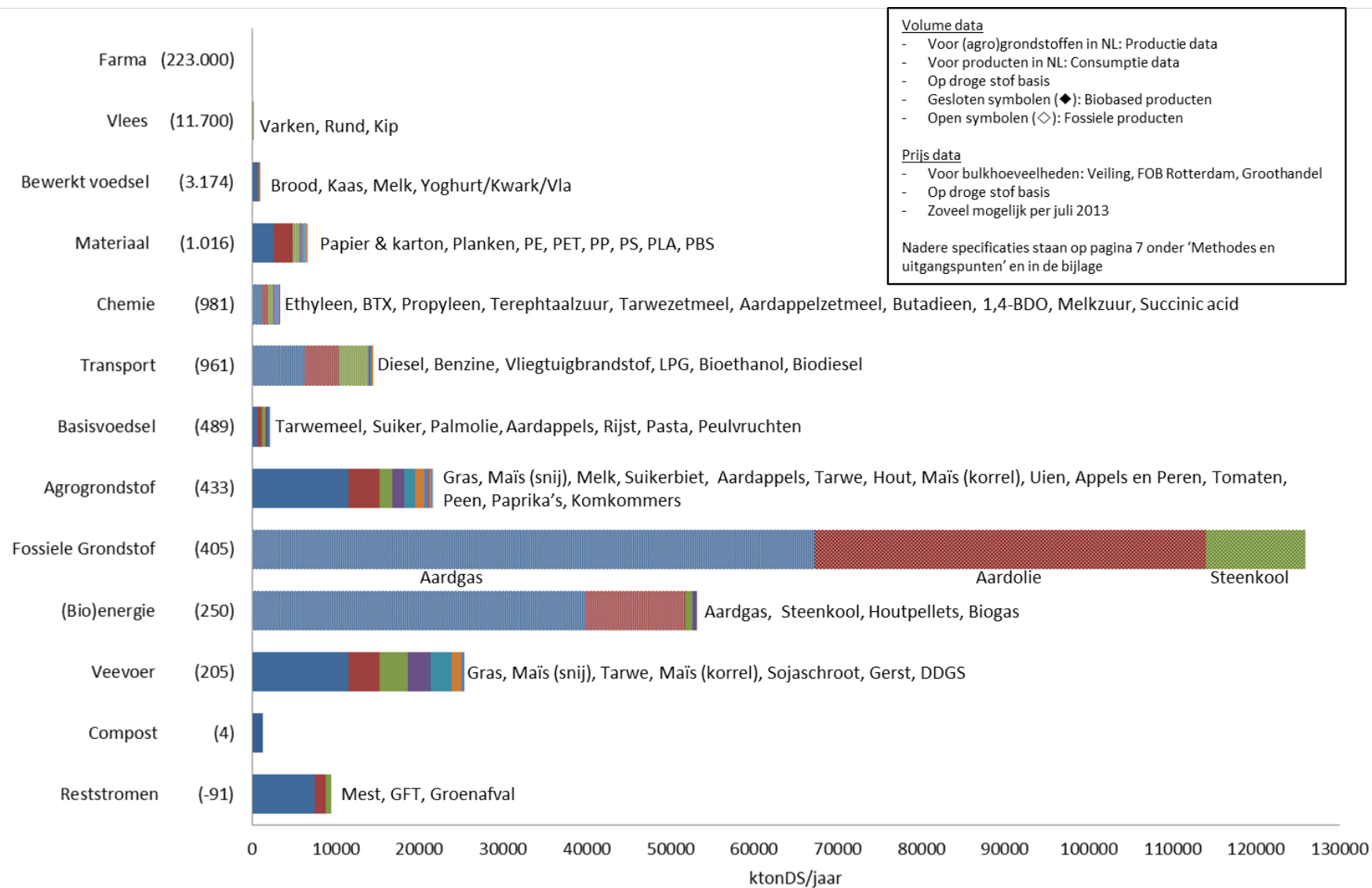
Van veevoer naar zuivel en vlees

Bij een omzettingsconversies van 1.25 liter melk per kg droge stof veevoer [1], en met een DS voor melk van 13.5% is voor de jaarlijkse Nederlandse melkproductie 9.2 Mton veevoer nodig.

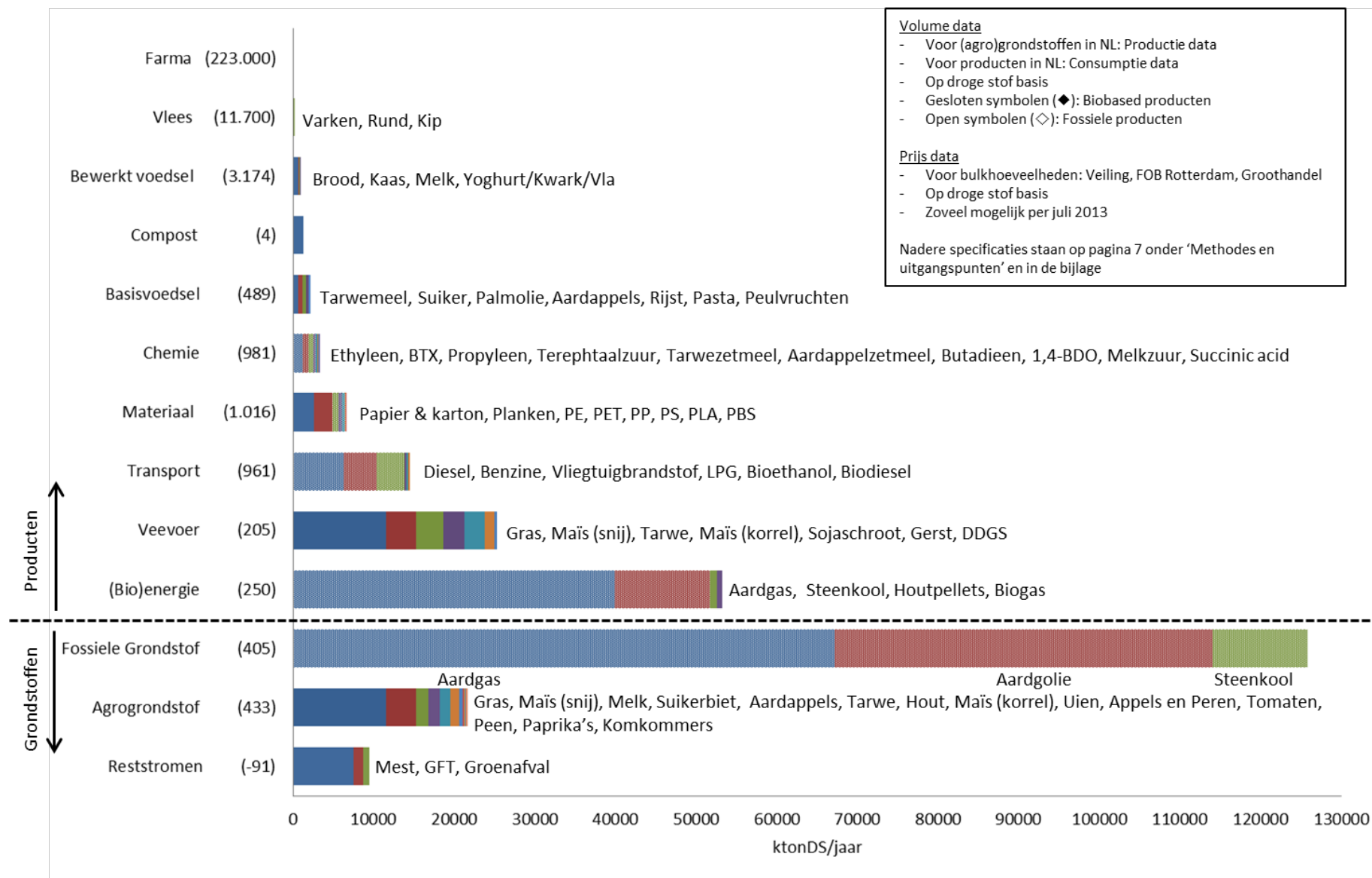
Bij een voederconversie van 2 kg veevoer per kg kippenvlees *as is* [2], 3.15 voor varken [3] en 8 voor rund [4], en bij een consumptie en netto export van 178 en 445 kton kippenvlees *as is* [5,6], een consumptie en netto export van 322 en 840 kton varkensvlees *as is* [5,7], een export van 306 kton varkensvlees van levende dieren [8], een consumptie en netto export van 149 en 244 kton rundvlees *as is* [5,9], en gelet op het gegeven dat een hoeveelheid vlees ter grootte van 186 kton niet als zodanig geconsumeerd wordt [5], is voor de jaarlijkse Nederlandse vleesproductie 11.4 Mton veevoer nodig. Voor de Nederlandse productie van melk en vlees wordt zo berekend dat 20.6 Mton veevoer nodig is, 81% van de geschatte consumptie van 25.3 Mton.



De piramide op basis van volume in Nederland



Figuur 2.3. Volumes per categorie van geconsumeerde (verbruikte) producten in NL, geordend naar waarde.



Figuur 2.4. Volumes per categorie van geconsumeerde producten in NL, geordend naar volume.

Resultaten, omzet per categorie

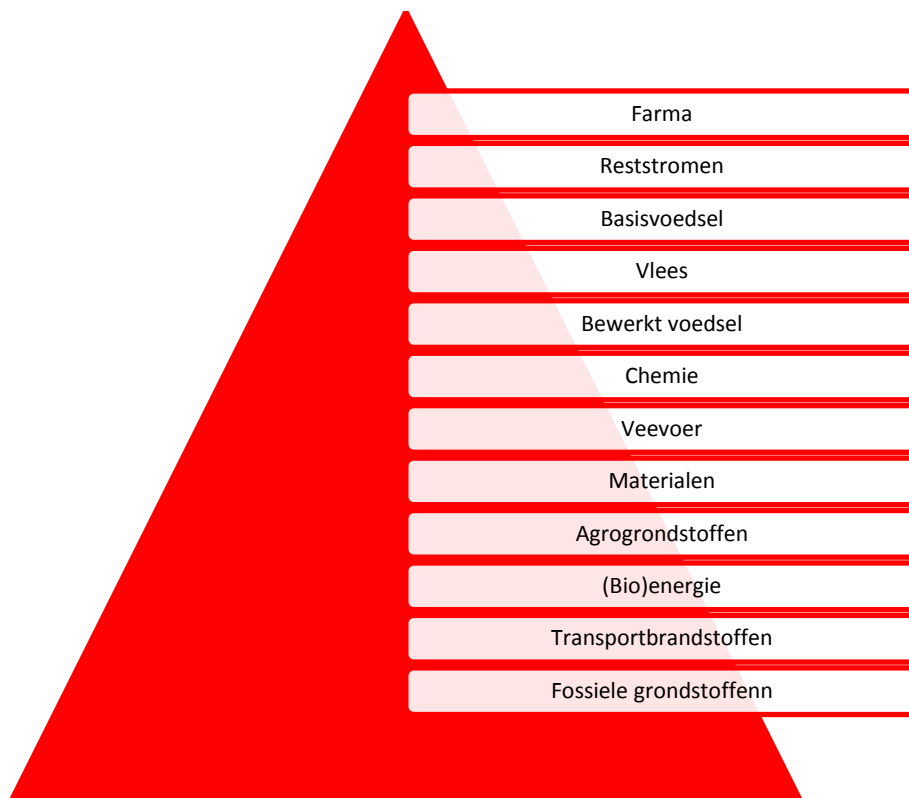
In figuur 2.5 staat de omzet in Nederland (volume * waarde) per categorie. Dit laat een iets ander plaatje zien dan de volumes: De categorieën vlees, bewerkt voedsel, materialen, chemicaliën en transportbrandstoffen 'groeien' t.o.v. de volume plaatjes.

De omzet van materiaal (6.800 Mio €) is vergelijkbaar met die van voedsel (6.100 Mio € voor vlees, bewerkt voedsel en basisvoedsel samen). De omzet van materiaal en voedsel is vergelijkbaar met die van transportbrandstoffen (13.900 Mio €). De omzet van bewerkt voedsel en vlees is bijna een factor 5 groter dan voor basisvoedsel.

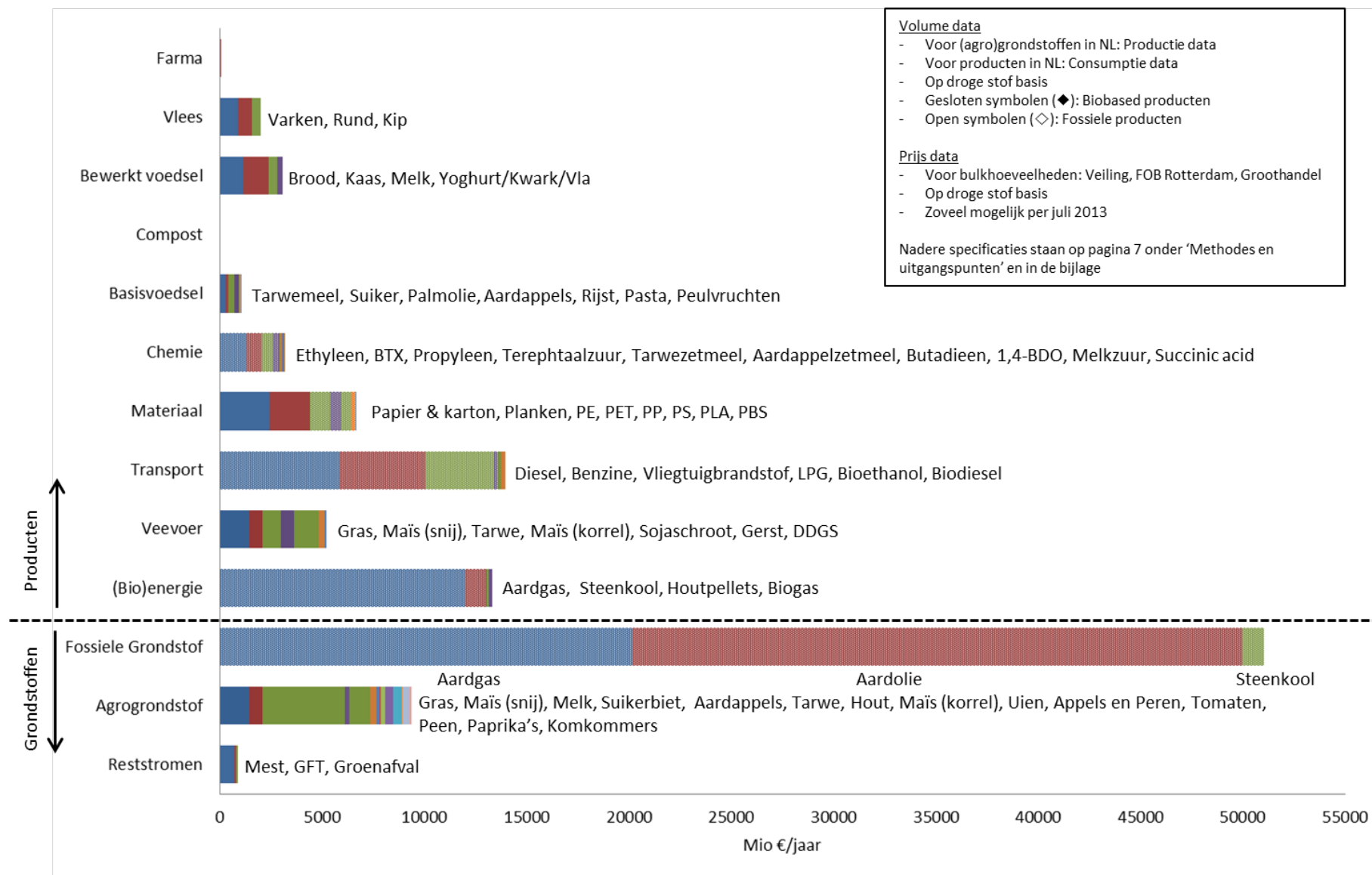
De hogere waarde van vlees en melkproducten t.o.v. de veevoerwaarde komt niet volledig tot uitdrukking in Figuur 5 doordat onder andere de export van kaas en vlees niet in dit overzicht zijn meegenomen.

Farma blijft klein, ondanks de hoge waarde per kg.

Het gaat in deze vergelijkingen om de omzet per categorie door consumptie in Nederland. De omvang van de balken zegt niets over het economisch belang. Immers als producten vooral geïmporteerd worden is het voor de Nederlandse economie minder van belang. Voor bepaalde producten zoals agroproducten is de Nederlandse productie zeer omvangrijk. De export van agroproducten is groot waardoor het belang voor de Nederlandse economie ook groot is, maar deze export is niet zichtbaar in de figuur omdat alleen de Nederlandse consumptiedata zijn meegenomen.



De piramide op basis van omzet in Nederland



Figuur 2.5. Omzet (volumes * waarde) per categorie van geconsumeerde producten in NL.

3 Waardeketens op basis van tarwe

Inleiding

Het optimaal inzetten van biomassa kan verbeteren door bioraffinage. Het splitsen van bijvoorbeeld tarwe, gras of suikerbieten in verschillende componenten, zetmeel, suiker, eiwit en vezels kan een meer optimale benutting geven van biomassa, verschillende toepassingen kunnen dan naast elkaar uit een gewas worden geproduceerd. Traditioneel wordt tarwe natuurlijk al geraffineerd tot meel en suikerbieten tot suiker, en veelal worden reststromen van deze raffinage gebruikt voor veevoer. Door ook andere toepassingen naast voedsel en veevoer erbij te betrekken kunnen onbenutte reststromen gebruikt worden of nieuwe combinaties van toepassingen ontstaan. Om dit te verkennen is uitgaande van het product tarwe voor een aantal bioraffinage opties gekeken welke producten uit de geproduceerde grondstoffen kunnen worden gemaakt. Tarwe is een Nederlands gewas dat kan worden ingezet voor verschillende producten, zowel voor voeding en voor veevoer, als voor chemie en materialen en voor energiedragers. De opties die zijn bestudeerd zijn zeker niet uitputtend, tarwe kan nog op veel meer verschillende manieren worden toegepast. Er is voor gekozen om een aantal potentiële eindproducten te vergelijken die momenteel daadwerkelijk worden geproduceerd (hoewel niet noodzakelijkerwijs uit tarwe, ook andere zetmeelbronnen komen in aanmerking). Van deze eindproducten is met enige zekerheid een waarde vast te stellen.

Methodes en uitgangspunten

De volgende methodes en uitgangspunten zijn toegepast:

- Per route is bepaald hoeveel kg product theoretisch maximaal uit 1000 kg tarwe gemaakt kan worden en wat de waarde van de producten is (in €/ton droge stof) (Figuur 3.1).
 - De waarde betreft dus niet de toegevoegde waarde.
- Voor het conversierendement wordt de theoretisch maximale omzetting gehanteerd omdat er bij chemische processen over het algemeen naar wordt gestreefd ze zo dicht mogelijk bij de theoretisch maximale omzetting te bedrijven, om een maximaal economisch rendement uit de investering te halen.
- Per route is bepaald hoeveel omzet theoretisch maximaal uit € 1000 aan tarwe gehaald kan worden (Figuur 3.2).

Resultaten, bioraffinageopties

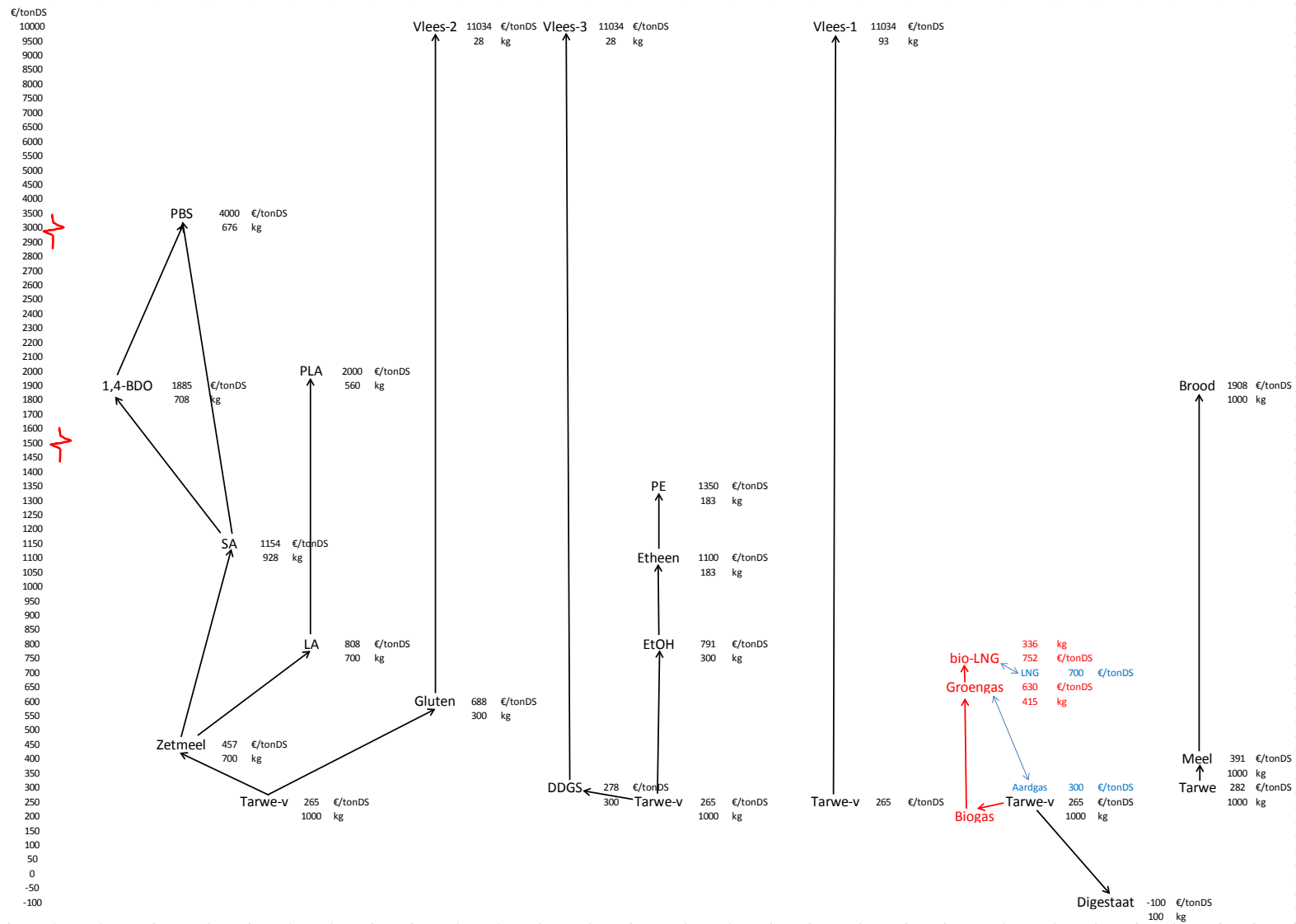
Figuur 3.1 laat een aantal opties zien om verschillende producten uit tarwe te produceren.

Uit 1000 kg tarwe kunnen significant meer kg materiaal (676 kg PBS of 560 kg PLA) dan bioethanol (300 kg) gemaakt worden. Naast de productie van materialen als PLA of PBS, maar eveneens naast de productie van bioethanol, kan uit dezelfde 1000 kg tarwe nog een significante hoeveelheid vlees geproduceerd worden; namelijk circa 30% van wat bij volledig gebruik van tarwe als veevoer verkregen kan worden.

Voor de groengas-route zijn geen marktprijzen gegeven, aangezien de 'economische' productie van biogas slechts mogelijk is met subsidie. Daarom is voor de groengas-route de kostprijs gegeven. De kostprijs van groengas, dat in kwaliteit vergelijkbaar is met aardgas, ligt een factor 2 hoger dan de marktprijs van aardgas, circa 630 versus 300 €/ton.

Vergelijking van bio-LNG met fossiel LNG is lastig aangezien fossiel LNG nog nauwelijks wordt aangeboden, waardoor de marktprijs niet per se gerelateerd is aan de productiekosten.

Productie van brood blijkt een goede route, zowel wat betreft omzettingsrendement als waarde.



Figuur 3.1. Een aantal waardeketens vanuit tarwe in kg en €s per 1000 kg input.

Resultaten, waarde van de bioraffinageroutes

Figuur 3.2 toont de totale waarde per route die uit tarwe ter waarde van € 1.000 gemaakt kan worden.

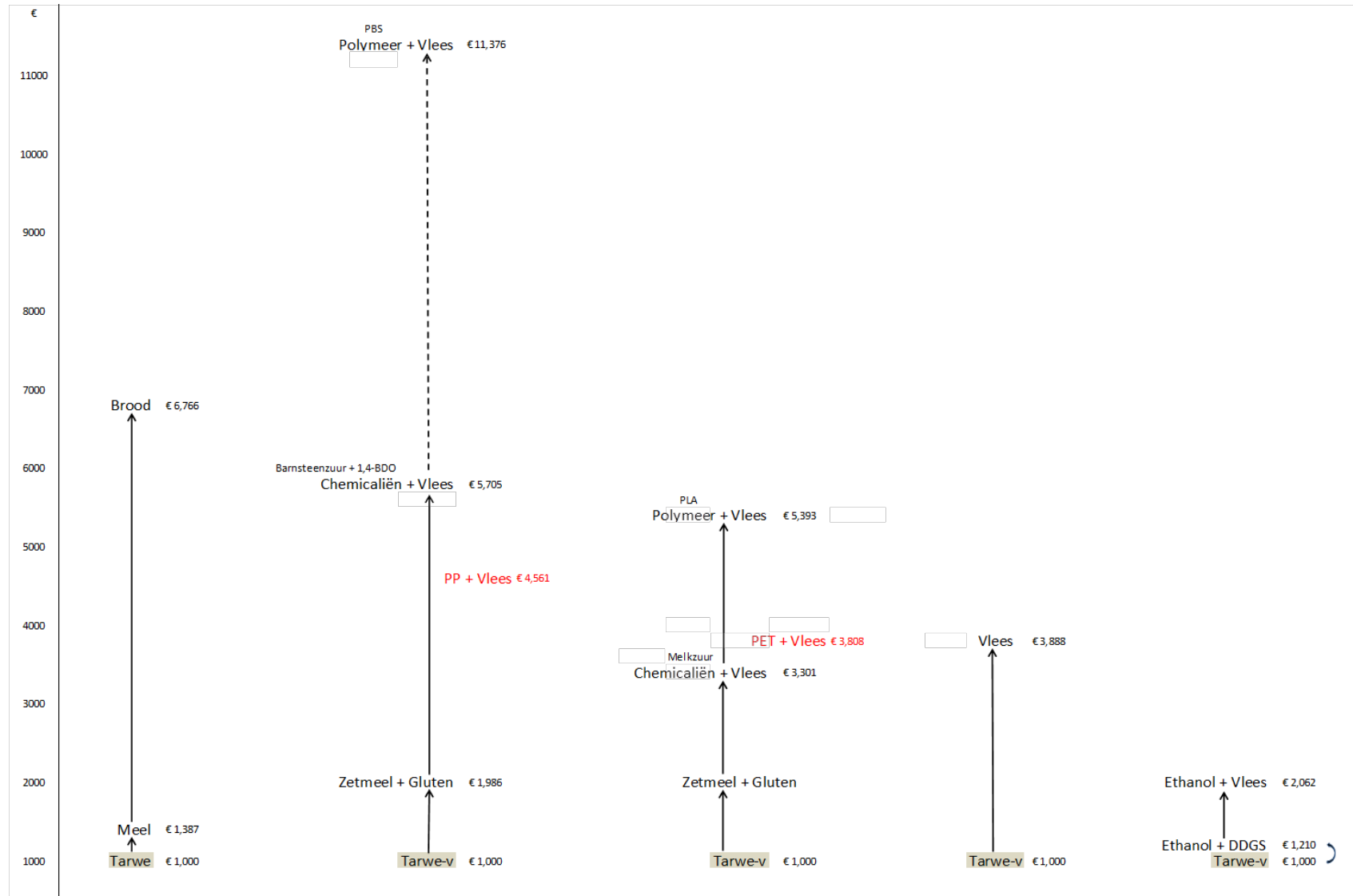
De productie van PBS en vlees lijkt het meest interessant. Dit komt door de nog hoge waarde voor PBS als gevolg van de beperkte beschikbaarheid van het polymeer, waardoor het tot nu toe in niches wordt toegepast. Grootschalig gebruik van PBS, dat vergelijkbare eigenschappen heeft als PP, vereist dat de prijs richting de prijs van PP beweegt. Indien de prijs van PBS gelijk zou zijn aan die van PP, dan kan uit € 1.000 aan tarwe € 4.561 aan PBS+vlees geproduceerd worden. De productie van brood uit tarwe levert daarmee feitelijk het meeste op (€ 6.766).

PLA wordt reeds op grotere schaal geproduceerd, zij het nog een factor 200 minder dan PET, een fossiel plastic met vergelijkbare eigenschappen. De prijs van PLA ligt daarom al relatief dicht in de buurt van die van fossiele plastics. De waarde die uit € 1.000 tarwe gecreëerd kan worden met PLA+vlees is € 5.393, meer dan met de productie van vlees alleen oplevert (€ 3.888). Echter, zelfs wanneer PLA de momenteel geconsumeerde hoeveelheden PET en PS zou vervangen, dan is de co-productie van vlees naast PLA minder dan de momenteel geconsumeerde hoeveelheid vlees. Dit betekent dat voor een deel puur tarwe als veevoer ingezet zal worden, en dus een lagere waarde zal opleveren.

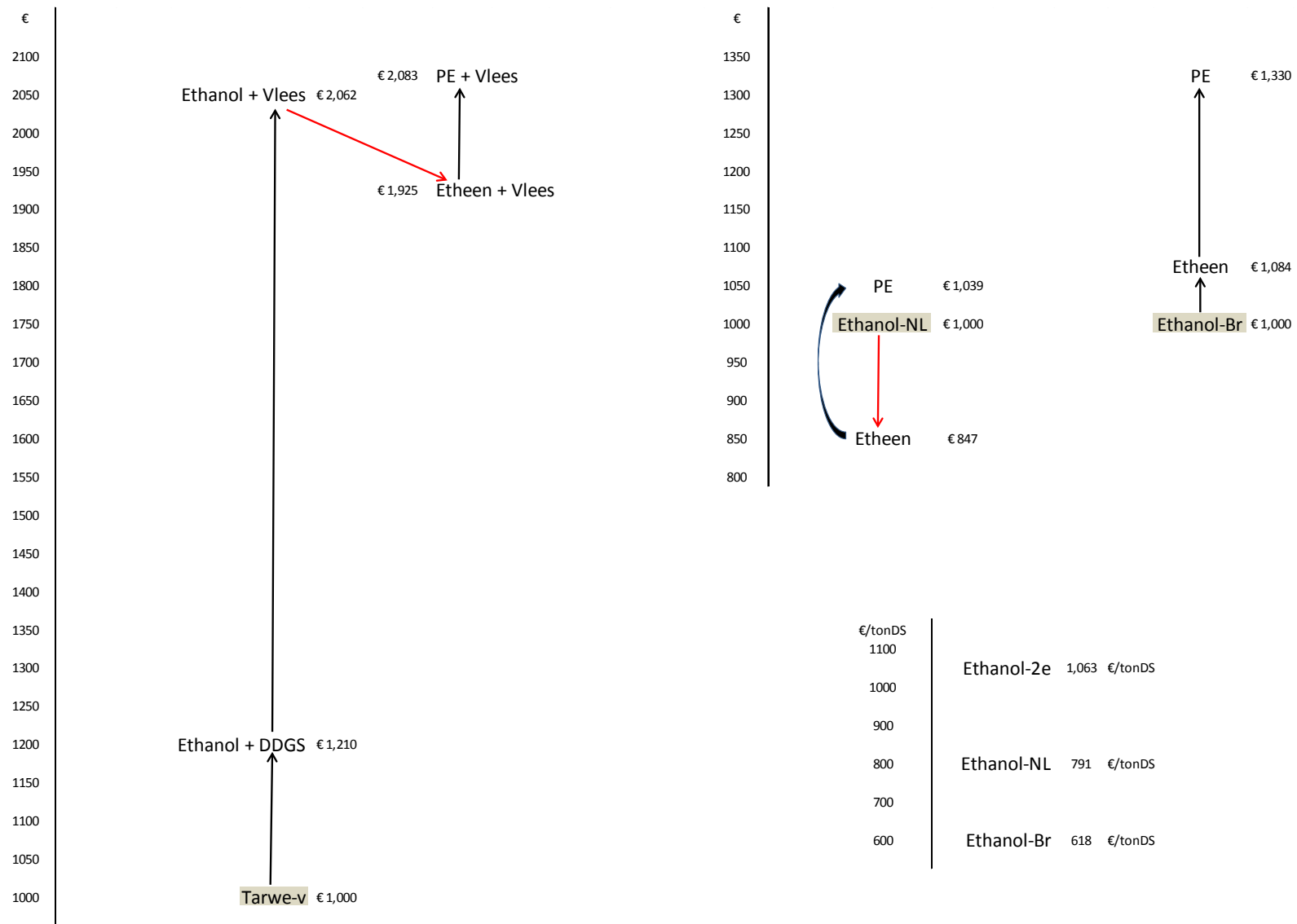
Productie van bioethanol+vlees is economisch het minst aantrekkelijk met een gecreëerde waarde van slechts € 2.062 uit € 1.000 aan tarwe.

In figuur 3.3 is de waardeketen naar ethanol verder uitgewerkt. Omzetting van deze bioethanol in bio-ethen voor de productie van bio-PE is echter nog ongunstiger (Figuur 3.3). Bij de huidige prijsniveaus kan uit € 1.000 aan bioethanol € 846 aan bio-ethen gemaakt worden. Bij een geaccepteerde meerwaarde van 'bio' in materialen van circa 10% is deze omzetting economisch niet haalbaar. Aangezien Braziliaanse bioethanol uit rietsuiker veel goedkoper geproduceerd kan worden dan Nederlandse bioethanol, 618 versus 791 €/ton, kan uit € 1.000 aan Braziliaanse bioethanol voor € 1.084 aan bio-ethen gemaakt worden; dit is nog exclusief een toeslag voor 'bio'. De Braziliaanse business case voor bio-PE is hierdoor veel beter dan de Nederlandse.

Bioethanol kan ook geproduceerd worden uit bijvoorbeeld tarwestro (2^e generatie bioethanol). Echter ondanks de lage grondstofkosten van stro levert deze route vooralsnog geen economisch haalbare business case op: De laagste kostprijs voor 2^e generatie bioethanol die in het EU NILE-project is berekend is 34% hoger dan de handelswaarde van 1^e generatie bioethanol in Nederland (Figuur 3.3) [10]. Er wordt geïnvesteerd in verdere verbetering van de 2^e generatie bioethanol technologie, o.a. door DSM-POET.



Figuur 3.2. Een aantal waardeketens vanuit tarwe in €output per € 1000 input.



Figuur 3.3. Waardeketens vanuit tarwe naar ethanol, en vanuit ethanol naar PE, per € 1000 input.

4 Discussie en conclusies

De waardepiramide die in 2007 in de overheidsvisie is geïntroduceerd representeert een samenstel van economische, milieukundige en ethische waarden. In dit rapport is gefocust op de economische waarde: volume en prijzen van biobased producten uit de waarde piramide en een aantal van hun fossiele tegenhangers. Dit levert een aantal verrassende inzichten op.

Eén van de belangrijke conclusies die uit de figuren kan worden getrokken is dat afhankelijk van de parameter die wordt bekeken, de piramide een andere volgorde heeft. Basisvoedsel (zoals consumptieaardappelen, palmolie, suiker etc.), agrogrondstoffen (zoals suikerbiet en tarwe) en veevoer hebben in de huidige markt een lagere waarde dan chemicaliën en materialen. Bovendien valt het op dat basisvoedsel en agrogrondstoffen zelfs een lagere waarde hebben dan transportbrandstoffen. Bewerkt voedsel (kaas, brood etc.) heeft juist een hoge waarde maar een heel klein volume. Daarnaast is een belangrijke conclusie dat qua volume veevoer veel groter is dan chemicaliën en materialen. Binnen de categorie materialen nemen papier & karton en planken het grootste aandeel in volume voor hun rekening, groter dan de op fossiele grondstoffen gebaseerde kunststoffen.

De waardepiramide zoals hij uit de huidige studie komt is vanzelfsprekend ook gecompliceerder dan de sterk vereenvoudigde piramide die als denkconcept in de overheidsvisie is gepresenteerd. Grondstoffen ondergaan over het algemeen verschillende bewerkingen tot meer of minder gecompliceerde eindproducten en bewegen daarmee omhoog in de piramide. Uit een bepaalde grondstof kunnen verschillende combinaties van producten worden gemaakt. Dit kunnen ook combinaties van voeding en non-food producten zijn. Er kunnen op deze manier veel verschillende keuzes worden gemaakt tijdens de omzetting van grondstoffen naar eindproducten. Hierbij kunnen vanzelfsprekend verschillende afwegingskaders worden meegenomen: ethische-, economische-, duurzaamheids- of nog andere afwegingskaders[§]. In deze studie wordt met name meer inzicht gegeven in het effect van een economisch afwegingskader.

De waarde van de producten zoals deze volgt uit de studie maakt het mogelijk om het effect van cascadering te kwantificeren door de totale waarde van verschillende combinaties van eindproducten uit een grondstof met elkaar te vergelijken. Op deze manier kunnen dus verschillende bioraffinage-opties (cascadering) met elkaar worden vergeleken op basis van de te behalen waarde. In deze studie is dit alleen voor een aantal producten uit tarwe gedaan, maar ook voor andere voor Nederland interessante gewassen kan dit worden uitgevoerd, om meer zicht te krijgen op hoe de verschillende toepassingen zich tot elkaar verhouden. Zoals uit figuur 3.2 blijkt leiden verschillende combinaties van eindproducten uit een bepaalde hoeveelheid grondstof tot verschillende totale waarde. Geheel in lijn met het bioraffinage concept

[§] Zie ook de Brief aan de Tweede Kamer 'Meer waarde uit biomassa' Ministerie van EZ, juni 2014'

levert een aantal productieketens waarbij meerdere eindproducten worden geproduceerd een potentieel hogere totale waarde. Er is echter ook een aantal productieketens waarbij de waardevermeerdering maar klein is. Een belangrijke onderliggende voorwaarde voor het behalen van zoveel mogelijk waarde is dat bij de producten of productcombinaties de grondstoffen efficiënt worden ingezet. Dit is te zien door bijvoorbeeld de toepassing van tarwe voor brood of vlees met elkaar te vergelijken. Bij brood komt al het meel terecht in het eindproduct. De omzetting van tarwe naar vlees echter is minder efficiënt, voor een kilo vlees heeft een dier meerdere kilo's tarwe nodig. Ondanks dat vlees veel duurder is dan brood, ligt de waardevermeerdering per ingezette hoeveelheid tarwe lager.

Als door bioraffinage tarwe wordt gesplitst in eiwit (gluten) en zetmeel, en het eiwit wordt gevoerd aan het vee en het zetmeel wordt omgezet in chemicaliën, dan is een hogere totale waarde te behalen, dan wanneer de tarwe direct aan het vee wordt gevoerd. Wat niet is meegenomen is de marktomvang van de verschillende producten. De totale waarde kan natuurlijk alleen worden behaald als zowel al het vlees als alle chemicaliën kunnen worden afgezet.

De invloed van het efficiënt gebruiken van de grondstoffen op de economische waarde is ook te zien in het volgende voorbeeld: De omzetting van tarwe naar vlees en PE (figuur 3.3) levert een lagere totale waarde op dan de omzetting van tarwe naar vlees en PLA (figuur 3.2). Doordat er bij de omzetting van zetmeel naar PLA veel minder grondstof verloren gaat dan bij de omzetting van zetmeel naar PE (hierbij komt CO₂ en H₂O vrij) en de prijzen van de eindproducten relatief dicht bij elkaar liggen is de te behalen waarde bij de keten met PLA veel hoger.

In deze studie is de waardepiramide geanalyseerd vanuit een economische perspectief. Eenzelfde analyse zou gemaakt kunnen worden vanuit de optiek van duurzaamheid waarbij ook de efficiency van de grondstofomzetting een belangrijke rol zal spelen of vanuit ethisch perspectief, waarbij de afweging tussen voedsel en niet-voedsel een belangrijk aspect is.

In deze studie is ook in een aantal figuren de geproduceerde hoeveelheid compost als aparte categorie meegenomen. In deze studie is gekeken naar compost zoals dat ook verhandeld wordt en bijvoorbeeld in potgrond wordt gebruikt of als bodemverbeteraar. Andere bodemverbeteraars en meststoffen zoals dierlijke mest en plantaardige resten die op het akkerland achterblijven zijn niet meegenomen. In de tuinbouw wordt momenteel vaak gebruik gemaakt van veen afkomstig van afgravingen van veengebieden. Dit is in feite ook een fossiele grondstof. De biobased variant kan deels bestaan uit compost van groenafval en GFT en specifieke 'veenvervangers' zoals kokosvezel. De omvang zowel in waarde als in volume van "fossiele" bodemverbeteraars is echter moeilijk vast te stellen. Het belang van bodemverbeteraars in de biobased economy vraagt meer aandacht. Hoewel de economische waarde relatief laag is, is het belang voor de bodemverbetering in de landbouw heel groot. Daarom is nader onderzoek naar deze stroom noodzakelijk.

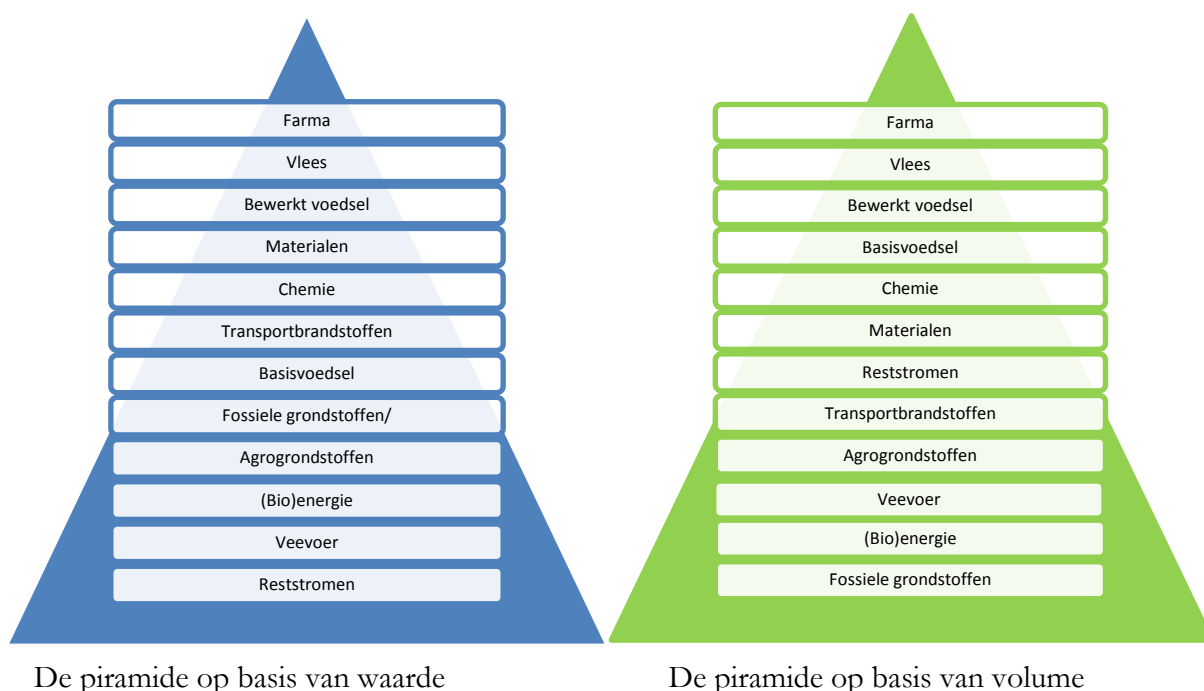
5 Managementsamenvatting

In dit rapport is gekeken naar de economische waarde in de waardepiramide en de wijze waarop met bioraffinage/cascadering de economische waarde van biomassa vergroot kan worden. Sinds de introductie van de waardepiramide als uitgangspunt voor verdere technologieontwikkeling in 2007 is er nooit een kwantitatieve onderbouwing gemaakt van de verschillende categorieën in de piramide.

Bij de inventarisatie is een aantal uitgangspunten genomen:

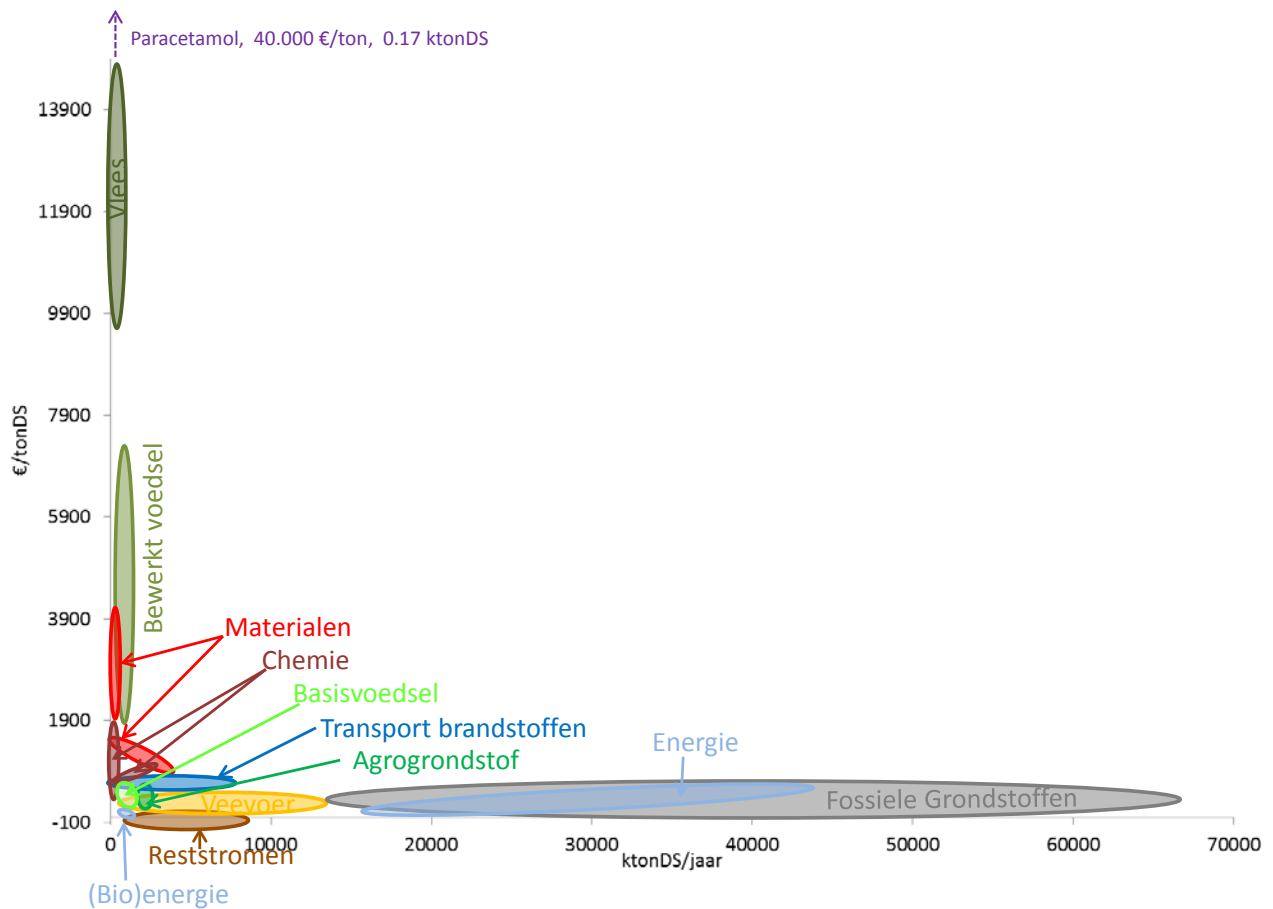
- De waarde van de goederen is uitgedrukt als groothandelsprijs op basis van droge stof:
- Prijsdata zijn zoveel mogelijk verkregen via bronnen gespecialiseerd in marktdata.
- Voor zover beschikbaar, zijn prijsniveaus van juli 2013 gebruikt.
- Indien prijzen in dollars gegeven waren, is een omwisselingsfactor \$/€ van 1.3 gehanteerd.
- De volumes zijn geconsumeerde hoeveelheden in Nederland op basis van droge stof op enkele uitzonderingen na.
- Volumedata zijn verkregen via bronnen gespecialiseerd in marktdata.
- De waardes en volumes zijn uitgedrukt op basis van droge stof.
- Metalen en andere producten waarvoor biobased producten niet één op één een alternatief vormen zijn buiten beschouwing gelaten.

Zoals blijkt uit de inventarisatie vanuit een economische perspectief geeft de waardepiramide afhankelijk van de bestudeerde parameter een andere volgorde. De piramides van hoge naar lage waarde (links) en van weinig naar veel volume (rechts) zoals naar voren komen uit deze studie zien er als volgt uit:



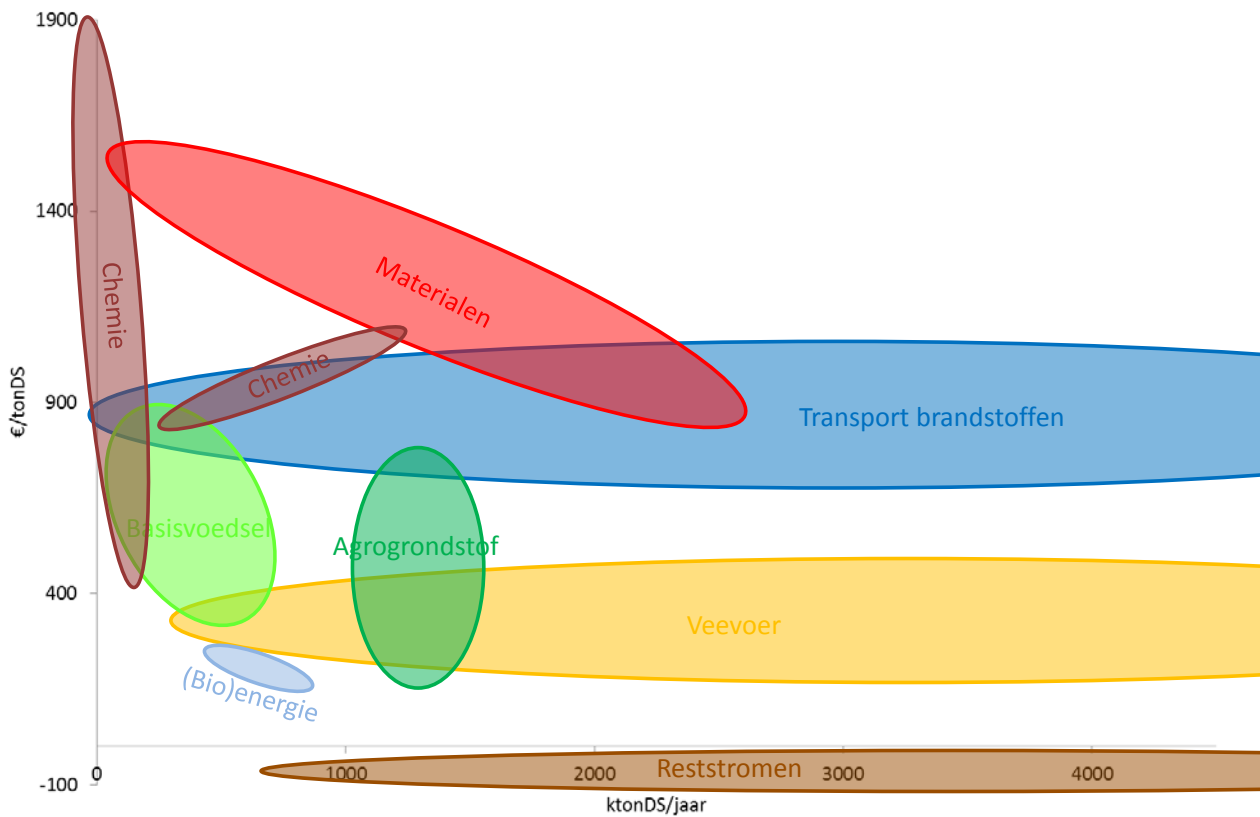
Opvallend is bijvoorbeeld dat voeding en veevoer niet bij elkaar in de buurt staan en bovendien dat het volume aan veevoer heel erg groot is en de waarde laag. Met name chemie en materialen hebben daarbij een kleiner volume en een hogere waarde.

Verder valt op dat de figuren eigenlijk niet een piramidevorm hebben, maar heel smal zijn van boven en heel breed van onder. De figuur ziet er in een gestileerde vorm als volgt uit:



Figuur 5.1. De waardepiramide in gestileerde vorm.

Uitvergroot ziet de linkeronderhoek van de figuur er als volgt uit:



Figuur 5.2. De linkeronderhoek van de piramide in gestileerde vorm.

Op basis van de gevonden waarden van de verschillende producten is ook een inschatting gemaakt van de totaal te behalen waarde wanneer verschillende bioraffinage opties (cascadering) voor tarwe worden uitgewerkt. Geheel in lijn met het bioraffinage concept leveren een aantal productieketens waarbij meerdere eindproducten worden geproduceerd een potentieel hogere totale waarde. Dit is echter niet bij alle eindproducten het geval. Een belangrijke onderliggende voorwaarde is dat bij de producten of productcombinaties de grondstoffen efficiënt worden ingezet. Dit is te zien door bijvoorbeeld de toepassing van tarwe voor brood of vlees met elkaar te vergelijken. Bij brood komt al het meel terecht in het eindproduct. De omzetting van tarwe naar vlees echter is minder efficiënt, voor een kilo vlees heeft een dier meerdere kilo's tarwe nodig. Ondanks dat vlees veel duurder is dan brood, ligt de waarde per ingezette hoeveelheid tarwe lager.

Door toepassing van het bioraffinage concept door de tarwe te splitsen in eiwit (gluten) en zetmeel, en het eiwit te voeren aan het vee en de zetmeel om te zetten in chemicaliën is een hogere totale waarde te behalen.

De inventarisatie zoals in deze studie gedaan levert inzicht op in de te behalen waarde van verschillende bioraffinage routes (cascadering), maar geeft geen inzicht in bijvoorbeeld milieuaspecten. Een dergelijke analyse zou kunnen worden gedaan door een model uit te werken waarbij voor de verschillende bioraffinage producten de in- en output (energie, grondstoffen, kosten etc.) worden gedefinieerd en uitgaande van een aantal te stellen beleidsrandvoorwaarden de optimale product combinaties worden gezocht. Een aanzet hiervoor is gedaan in twee studies naar duurzaamheidsaspecten van producten uit suikers en uit natuurlijke oliën, waarbij milieuaspecten van toepassingen als biokunststoffen en biobrandstoffen zijn vergeleken [11, 12].

Woordenlijst

BDO	1,4-butaandiol
BTX	verzamelnaam voor de chemicaliën benzeen, toluen en xyleen
CNG	compressed natural gas (aardgas onder druk)
DDGS	dried distillers grains with solubles (residu van 1 ^e generatie bio-ethanol productie)
DS	droge stof
FD	free delivered
FOB	free on board (prijs voor product aan de poort van een fabriek of haven, geladen op een transportmiddel)
GFT	groente-, fruit- en tuin-afval
GWP	gross world product (de waarde van de wereldwijd geleverde producten en diensten)
kton	1.000 ton, of 1.000.000 kg
LA	lactic acid (melkzuur)
LNG	liquefied natural gas (aardgas vloeibaar gemaakt door afkoelen en druk)
LPG	liquefied petroleum gas (vloeibaar propaan)
NWE	North western Europe (aanduiding voor o.a. de haven van Rotterdam)
PBS	polybutyleensuccinaat
PE	polyetheen
PET	polyethyleenterephtalaat
PLA	polymelkzuur (polylactic acid)
PP	polypropeen
PS	polystyreen
SA	succinic acid (barnsteenzuur)

Literatuur

1. <http://www.dairyaustralia.com.au/~media/Documents/Animals%20feed%20and%20environment/Feed%20and%20nutrition/Nutrition%20management/Feed%20Conversion%20Efficiency.pdf>
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Feed_conversion_ratio
3. http://www.varkensloket.be/Portals/63/Documents/Kengetallen_vleesvarkens.pdf
4. <http://edis.ifas.ufl.edu/an217>
5. <http://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/vlees.aspx>
6. <http://www.szpluimvee.nl/dynamic/media/2/documents/SZPI/Publicaties/productie.pdf>
7. [http://www.duurzaamheidlandbouw.nl/\(S\(5kshpqblmmfj20eb2ui3a3qo\)\)/SectorResultaat.aspx?IndelingID=24&node=122&AspxAutoDetectCookieSupport=1](http://www.duurzaamheidlandbouw.nl/(S(5kshpqblmmfj20eb2ui3a3qo))/SectorResultaat.aspx?IndelingID=24&node=122&AspxAutoDetectCookieSupport=1)
8. <http://www.vegetariers.nl/waarom-vegetarisch/voor-de-dieren/aantal-gegeten-dieren>
9. <http://www.vlees.nl/dossiers/economie/cijfers-en-feiten/>
10. NILE project, 2010. Further advances in lignocellulosic ethanol, http://www.baff.info/pdf/NILE_brochure_FurtherAdvances.pdf
11. Harriëtte Bos, Sjaak Conijn, Wim Corré, Koen Meesters, Martin Patel. Duurzaamheid van biobased producten, energiegebruik en broeikasgasemissie van producten met suikers als grondstof (2011).
12. Harriëtte Bos, Sjaak Conijn, Wim Corré, Koen Meesters, Martin Patel, Duurzaamheid van biobased producten uit plantaardige olie, energiegebruik en broeikasgasemissie (2014)
13. http://www.vraagenaanbod.nl/marktprijzen/id9481-Kunststofprijzen_week.html
14. Gerald Schennink, persoonlijke communicatie.
15. http://www.icispricing.com/il_shared/Samples/SubPage70.asp
16. FAO, 2012. FAO Yearbook of Forest Products 2006-2010.
17. <http://dehandelaardij.nl/bedrijfsonderdelen/constructie-bouwhout>
18. <http://www.bouwonline.com/website/index.php?Show=Search&Keyword=mdf-plaat>
19. Arnhemse Fijnhouwhandel, persoonlijke communicatie.
20. <http://www.alibaba.com/showroom/price-succinic-acid.html>
21. <http://www.alibaba.com/showroom/lactic-acid-price.html>
22. <http://www.alibaba.com/showroom/1-4--butanediol-%2528bdo%2529.html>
23. http://www.icispricing.com/il_shared/Samples/SubPage49.asp
24. http://www.icispricing.com/il_shared/Samples/SubPage50.asp
25. http://www.icispricing.com/il_shared/Samples/SubPage79.asp
26. <http://www.platts.com/IM.Platts.Content/ProductsServices/Products/euroamericaspetchemscan.pdf>
27. http://www.yarnsandfibers.com/textile_intelligence/textile-pricewatch/purified-terephthalic-acid-pta-price-trends-reports
28. <http://www.productschapakkerbouw.nl/teelt/marktprijzen/4>
29. Laagste prijs voor witbrood bij Aldi.

30. LEI Prijzen van producten, <http://www3.lei.wur.nl/ltc/Classificatie.aspx>
31. Aanname op basis laagste prijzen bij Aldi.
32. CBS
data, [http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=80111ned&D1=a&D2=266,273&D3=\(1-11\)-1&VW=T](http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=80111ned&D1=a&D2=266,273&D3=(1-11)-1&VW=T)
33. <http://www.alibaba.com/showroom/wheat-gluten-animal-feed.html>
34. <http://www.palmoilhq.com/palm-oil-prices/>
35. <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=palm-oil&months=12>
36. <http://www.nav.nl/2011/12/afschaffen-suikerquotering-kost-bienteler-e-3-200/>
37. <http://plazilla.com/page/4295011121/spaghetti-test-welke-van-de-6-goedkope-spaghetti-is-de-lekkerste>
38. [http://projects.kahosl.be/winkelgids/sites/default/files/deegwaren_en_rijst_\(op_1_blad\).pdf](http://projects.kahosl.be/winkelgids/sites/default/files/deegwaren_en_rijst_(op_1_blad).pdf)
39. <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=rice&months=60>
40. <http://www.imf.org/external/np/res/commod/table3.pdf>
41. <http://www.productschapakkerbouw.nl/teelt/marktprijzen/8>
42. http://www3.lei.wur.nl/bin_asp/show.exe?database=Prijzen&aktie=vindtoon&bj=2007&ej=2020&language=NL&Valuta=2&publicatieID=1&kiestabel=12.01
43. http://www.pve.nl/wdocs/dbedrijfsnet/up1/ZkfdylwII_432680PVEpromoNL_LR_definitief.pdf
44. <http://www.productschapakkerbouw.nl/teelt/marktprijzen/9>
45. ASG Lelystad, Voederwaardeprijzen, EuroKoeIDEE 20-02-2013.
46. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:bYFH1Dn0E7cJ:www.deltavoeders.nl/download.php%3Ffile%3Dbfb1eeb1+prijs+kuilgras+ton&cd=4&hl=en&ct=clnk&gl=nl>
47. <http://www.grains.org/buyingselling/ddgs>
48. <http://www.platts.com/IM.Platts.Content/ProductsServices/Products/euromktsan.pdf>
49. <http://www.platts.com/IM.Platts.Content/MethodologyReferences/SubscriberNotes/Notes/LPGMockup0213.pdf>
50. <http://www.lng24.com/en/lng-sailing/lng-price/>
51. <https://customer.dats24.be/nl/cng>
52. <http://platts.com/IM.Platts.Content/ProductsServices/Products/biofuelsan.pdf>
53. <http://www.houtpellets.info/kostenbesparing.html>
54. <http://www.purepower.nl/nl/pure-producten/pure-power-prijzen>
55. <http://www.energiebusiness.nl/2013/02/25/amerikaanse-kolen-verdringen-europees-gas/>
56. http://www.delta.nl/Media/pdf/zakelijk/energy/MarketReport_DELTA_week45
57. <http://groengas.nl/wp-content/uploads/2013/02/2011-03-25-Biogas-in-de-Mobiliteit.pdf>
58. [http://www.ce.nl/art/uploads/file/Artikelen%20\(medewerkers\)/Niets%2520is%2520goedkoper%2520en%2520schoner%2520dan%2520biogas.pdf](http://www.ce.nl/art/uploads/file/Artikelen%20(medewerkers)/Niets%2520is%2520goedkoper%2520en%2520schoner%2520dan%2520biogas.pdf)
59. http://www.prodeon.nl/20130331_BiogasMagazine_toekomst%20biogas%20Rabobank.pdf

60. http://www.nav.nl/wordpress/wp-content/uploads/2012/03/Suikerbieten_teelt_2012.xls
61. http://oil-price.net/dashboard.php?lang=en#brent_crude_price_large
62. http://www.delta.nl/zakelijk/energie/algemeen/Market_Report_DELTA/?tagstab=olie
63. <http://www.platts.com/IM.Platts.Content/ProductsServices/Products/coaltraderintl.pdf>
64. <http://www.innovatienetwerk.org/sitemanager/downloadattachment.php?id=1mSINCPpEeK9hd-dm-j0K>
65. <http://groengas.nl/wp-content/uploads/2013/01/2011-03-00-Zuid-west-Nederland-op-de-kaart.pdf>
66. <http://www.boerderij.nl/Home/Nieuws/2013/3/Mestafzet-goedkoper-prijzen-wisselen-sterk-1195238W/>
67. Prijs bij AH.
68. Inschatting van de auteurs op basis van prijs bij apotheker.
69. http://www.dds-verko.be/verko/index.php?option=com_content&view=article&id=848&Itemid=1324
70. <http://www.ecowerf.be/nl/getpage.asp?i=40#1>
71. <http://www.groenegrondstoffen.nl/downloads/Boekjes/16GroeneBouwstenen.pdf>
72. European Bioplastics, Bioplastic facts and figures, http://en.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2013/publications/EuBP_FactsFigures_bioplastics_2013.pdf
73. Adriana Sanz Mirabal, Lena Scholz, Michael Carus, 2013. Market study on Bio-based Polymers in the World – Capacities, Production and Applications: Status Quo and Trends towards 2020. Nova Institute.
74. Originale referentie niet gevonden. Vergelijkbare data op <http://www.inspirationgreen.com/styrofoam-art.html>
75. <http://www.papierenkarton.nl/productie-en-keten/papier-en-karton-productie/productieomvang>
76. Jan Oldenburger, Annemieke Winterink, Casper de Groot, 2013. Duurzaam geproduceerd hout op de Nederlandse markt in 2011. http://www.probos.nl/images/pdf/rapporten/Rap2013_Duurzaam_geproduceerd_hout_op_de_Nederlandsemarkt_in_2011.pdf
77. <http://www.nnfcc.co.uk/publications/nnfcc-renewable-chemicals-factsheet-lactic-acid>
78. http://www.chemsystems.com/about/cs/news/items/PERP2011S10_Biosuccinic%20Acid.cfm
79. <http://www.ogj.com/articles/print/volume-108/issue-27/technology/ogj-focus-global-ethylene.html>
80. <http://www.icis.com/blogs/chemicals-and-the-economy/2012/08/on-purpose-propylene-set-to-ch/>
81. <http://www.icis.com/Articles/2012/09/28/9599423/butadiene-gets-squeezed.html>
82. <http://press.ihs.com/press-release/benzene/demand-benzene-key-chemical-building-block-rebounds-2012-supply-will-be-key-is>
83. <http://www.giiresearch.com/press/gbi214305.shtml>

84. <http://www.reuters.com/article/2011/01/13/idUS40276+13-Jan-2011+BW20110113>
85. http://www.prweb.com/releases/terephthalic_acid/purified_PTA/prweb1563094.htm
86. http://ec.europa.eu/agriculture/eval/reports/starch/fulltext_en.pdf
87. K.P.H. Meesters, A.D. Verhoog, M.G.A. van Leeuwen, H.L. Bos, Tussenrapportage Monitoring Biobased Economy, 2013, ISBN 978-94-6173-691-8. <http://edepot.wur.nl/273319>
88. <http://www.ltonoord.nl/nieuws/glossy-zetmeelaardappelen>
89. LEI Voorzieningsbalansen, <http://www3.lei.wur.nl/ltc/Classificatie.aspx>
90. <http://www.statista.com/statistics/276725/netherlands-share-of-global-gross-domestic-product-gdp/>
91. http://en.wikipedia.org/wiki/Economy_of_the_European_Union
92. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Brood>
93. http://www.blonkmilieadvies.nl/nl/pdf/duurzaam_broodbakken.pdf
94. http://www.agripres.be/STUDIOEMMA_UPLOADS/downloads/116_0.pdf
95. <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=37154&D1=5-15&D2=81,86,91,96,101-110&VW=T>
96. http://www.mvonderland.nl/dossier/2/63/dossier_description/3145
97. David Verhoog, persoonlijke communicatie.
98. http://www.zapannapaulowna.nl/de_aardappel.php
99. [http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=37738&D1=a&D2=37&D3=0,3-12,\(1-1\)-l&VW=T](http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=37738&D1=a&D2=37&D3=0,3-12,(1-1)-l&VW=T)
100. <http://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/vlees.aspx>
101. http://www.mvonderland.nl/sites/default/files/sojahandel-enketenrelaties_LEI.pdf
102. Koen Meesters, Piet Boonekamp, Marieke Meeusen, David Verhoog, Wolter Elbersen, Monitoring Groene Grondstoffen, 2010. <http://edepot.wur.nl/160342>
103. http://www.vilt.be/Restproducten_bio_ethanol_goed_alternatief_voor_soja_Daniel_De_Brabander_ILVO_eenheid_Dier
104. <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=80101NED&D1=0-1,13,21,39,44-46,51-52,57&D2=0&D3=240,257,274,287-289,291-294&HDR=G1,G2&STB=T&VW=T>
105. <http://www.indexmundi.com/energy.aspx?country=nl>
106. Chrystelle Verhoest, Yves Ryckmans, Industrial Wood Pellets Report, March 2012. http://www.enplus-pellets.eu/wp-content/uploads/2012/04/Industrial-pellets-report_PellCert_2012_secured.pdf
107. Richard Sikkema, Monika Steiner, Martin Junginger, Wolfgang Hiegl, Morten Tony Hansen and Andre Faaij, 2011. The European wood pellet markets: current status and prospects for 2020, BioFPR, 5 (3), 250-278.
108. <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=71457NED&D1=0-8,12-18&D2=37-44&D3=18-22&HDR=G2&STB=G1,T&VW=T>

109. Jan Oldenburger, Annemieke Winterink, Casper de Groot, 2013. Duurzaam geproduceerd hout op de Nederlandse markt in 2011, Stichting Probos.
110. Koen P.H. Meesters, Jan E.G. van Dam, Harriëtte L. Bos, 2013. Protocol monitoring materiaalstromen biobased economie, Rapport nr. FBR-1433, ISBN 978-94-6173-702-1. <http://edepot.wur.nl/294405>
111. <http://www.soilpedia.nl/Bikiwiki%20documenten/SKB%20Projecten/PPS912%20Compost,%20Carbon%20en%20Credits/PPS912%20Eindrapport%20Compost%20Carbon%20Credits.pdf>
112. <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=80866ned&D1=0-34&D2=0&D3=17-20&HDR=G2&STB=G1,T&P=T&VW=T>
113. Inschatting van de auteurs.

Bijlage

Nr	Product **	Prijzen †† (€/tonDS)				DS (%)	Volumes (kton)			
		Geselecteerde waarde	Ranges (periode)	Toelichting	Referenties		Geselecteerde waarde	Ranges (jaar)	Toelichting	Referenties
1	PET	1.250	1200-1430 (2012-2013)	Bulk	13	100	415	50.000 productie wereldwijd	GWP-aandeel †† ††	71
2	PLA	2.000	(2013)	Groothandel	14	100	1.55	187 productie wereldwijd (2012)	GWP-aandeel	72
3	PBS	4.000	(2013)	Container	14	100	0.31	37 capaciteit wereldwijd	GWP-aandeel	73
4	PE	1.350	1130-1530 (2012-2013)	Silowagen	13	100	730	88.000 productie wereldwijd	GWP-aandeel	71
5	PP	1.330	1140-1500 (2012-2013)	Silowagen	13,15	100	378	45.500 productie wereldwijd	GWP-aandeel	71
6	PS	1.600	1520-1600 (2012-2013)	Silowagen	13	100	124	14.900 productie wereldwijd	GWP-aandeel	74
7	Papier en karton (uiteenlopende papiersoorten)	936	680-1800 \$/ton. <i>As is</i> (2012)	Groothandel	16	88	2609	(2009)	Afzet	75
8	Planken en plaatmateriaal	855	518-1712 €/ton. <i>As is</i> (2013)	Groothandel	17, 18, 19	88	2639	(2011)	Afzet	76
9	SA (succinic acid)	1.154	1000-5000 \$ (2013)	FOB China	20	100	0.25	50 productie wereldwijd	GWP-aandeel	71
10	LA (melkzuur)	808	900-1250 \$ (2013)	FOB China	21	100	2.1	300 productie wereldwijd (2010)	GWP-aandeel	77
11	BDO (1,4-buteandiol)	1.885	2300-2500 (2013)	FOB China	22	100	12.5	1500 productie wereldwijd (2011)	GWP-aandeel	78
12	Ethyleen	1.100	(2013)	FD NWE Pipeline	23	100	1170	141.000 capaciteit wereldwijd (2012)	GWP-aandeel	79
13	Propyleen	900	790-1020	FD NWE	24	100	623	75.000 capaciteit wereldwijd (2011)	GWP-aandeel	80
14	Butadien	1.000	1300-1550 \$/tonsDS	FOB Rotterdam	25	100	91	11.000 capaciteit wereldwijd (2012)	GWP-aandeel	81
15	BTX (benzeen, toluen, xyleen)	1.036	(2013)	FOB Rotterdam	26	100	739	B: 41.600 vraag wereldwijd (2011) T: 12.400 vraag wereldwijd (2010) X: 35.000 vraag wereldwijd (2009)	GWP-aandeel	82, 83, 84
16	Tereftaalzuur	846	900-1250 \$/tonDS (2012-2013)	FOB Korea	27	100	332	37.000 productie wereldwijd (2007)	GWP-aandeel	85
17	Tarwezetmeel	457	(2013)	NL	14	88	141	3.479 kton. <i>As is</i> in EU (2013)	EU-aandeel	86
18	Aardappelzetmeel	617	(2013)	NL	14	81	111	355 kton. <i>As is</i> (2013), voor 40% technische/chemische toepassing	Consumptie	86, 87

** Voor toelichting op afkortingen, zie Woordenlijst

†† De prijzen zijn in het algemeen groothandelprijzen in NL: Bulk, Silowagen, Container, Groothandel, FOB Rotterdam, FOB fabriek, Veiling, Slachthuis; tenzij anders aangegeven in kolom 5: FOB China, FOB Korea, FOB Bangkok, Winkel.

De geselecteerde prijs is zoveel mogelijk de prijs rond juli 2013. In de gevallen dat er prijzen over een aantal jaren beschikbaar waren, is het gemiddelde van de afgelopen jaren geselecteerd. Indien enkele prijzen beschikbaar waren, is het gemiddelde geselecteerd.

‡‡ GWP-aandeel: De consumptie van sommige producten is moeilijk eenduidig te bepalen en daarom niet in statistieken vastgelegd. Dit geldt met name voor chemicaliën en materialen. Deze producten worden op zeer grote schaal geproduceerd en de wereldproductie vindt slechts in enkele fabrieken wereldwijd plaats, waardoor de productie een slechte indicator is van de consumptie per land. Daarom is aangenomen dat de consumptie in NL gelijk is aan het NL-aandeel in het GWP van deze producten. Het NL GWP-aandeel is 0,83% in 2013 [88], het EU-aandeel is 4,61% in 2013 [89].

§§ Voor een aantal producten zijn geen consumptie-data gevonden en is aangenomen dat de Nederlandse productie voornamelijk in Nederland is geconsumeerd: Snijmais, Gras, Biogas

Bijlage (vervolg)

Nr	Product	Prijzen (€/tonDS)				DS (%)	Volumes (kton)			
		Geselecteerde waarde	Ranges (periode)	Toelichting	Referenties		Geselecteerde waarde	Ranges (jaar)	Toelichting	Referenties
19	Zetmeelaardappels	750	20-280 €/ton <i>As is</i> (2012-2013)	Veiling	28	20	420	1850-2100 kton <i>As is</i> (2009-2013)	Productie	88, 89
20	Brood	1.908	(2013)	Winkel	29	57	599	1007-1091 kton <i>As is</i>	Consumptie	92, 93
21	Kaas	7.148	3800-4650 €/ton <i>As is</i> (2012-2013)	Groothandel	30	55	175	316 kton <i>As is</i> (2011)	Consumptie	94
22	Yoghurt, kwark, vla	3.501	373-881 €/ton <i>As is</i> (2013)	Aanname	31	13.5	76	564 kton <i>As is</i> (2005-2007)	Consumptie	95
23	Melk	3.496	(2013)	Aanname	31	11.4	118	1027 kton <i>As is</i> (2005)	Consumptie	95
24	Tarwemeel	391	332-379 €/ton <i>As is</i> (2011-2012)	CBS	32	85	679	648-799 kton <i>As is</i> (2011-2012)	Verkoop in NL	32
24a	Glutenmeel	585	520-650 €/ton <i>As is</i> (2013)	Groothandel	33	85				
25	Consumptie aardappels	750	20-280 €/ton <i>As is</i> (2012-2013)	Veiling	28	20	282	1200-1500 kton <i>As is</i> (2007-2011)	Consumptie	30
26	Palmolie	577	500-900 (2012-2013)	Veiling	34, 35	100	480	(2009)	Consumptie	96
27	Suiker	325	(2013)	Industrieel	30, 36	100	500	(2013)	Consumptie	97
28	Pasta	683	580-1580 €/ton <i>As is</i> (2013)	Winkel	37, 38	88	59	67 kton <i>As is</i>	Consumptie	98
29	Rijst	561	458-620 \$/ton <i>As is</i> (2012-2013)	FOB Bangkok	39, 40	89	71	80 kton <i>As is</i> (2013)	Consumptie	97
30	Peulvruchten	832	612-890 €/ton <i>As is</i> (2011-2013)	Veiling	41, 42	90	50	52-85 kton <i>As is</i> (2009-2013)	Productie	99
31	Kippenvlees	9.928	(2012)	Slachthuis	43	25	44	178 kton <i>As is</i> (2012)	Consumptie	100
32	Varkensvlees	1.034	(2012)	Slachthuis	43	25	81	322 kton <i>As is</i> (2012)	Consumptie	100
33	Rundvlees	14.516	(2012)	Slachthuis	43	31	46	149 kton <i>As is</i> (2012)	Consumptie	100
34	Tarwe	265	100-230 €/ton <i>As is</i> (2012-2013)	Veiling	44	85	3400	3360-4140 kton <i>As is</i> (2009-2012)	Consumptie	30
35	Gerst	238	200-240 €/ton <i>As is</i> (2012-2013)	Veiling	44	85	1216	1325-1530 kton <i>As is</i> (2009-2012)	Consumptie	30
36	Sojaschroot	483	416-446 €/ton <i>As is</i> (2013)	Groothandel	45	89	2504	2814 kton <i>As is</i> (2005)	Consumptie	101
37	Snijmais	171	60 €/ton <i>As is</i> (2013)	Groothandel	45, 46	35	3710	10300-11100 kton <i>As is</i> (2009-2013)	Productie	30
38	Korrelmais	235	100-200 €/ton <i>As is</i> (2010-2013)	Groothandel	30	85	2656	2750-3500 (2008-2012)	Consumptie	30
39	Gras	126	45-75 €/ton <i>As is</i> (2013)	Groothandel	45, 46	35	11530	(2009)	Productie	102
40	DDGS	278	270-380 \$/ton <i>As is</i> (2012-2013)	FOB VS	47	90	324	360 (2010)	Productie	103
41	Benzine	1.030	1010-1050 (2013)	FOB Rotterdam	48	100	4109	3800-4150 (2010-2013)	Consumptie	104, 105
42	LPG	708	(2013)	FOB Rotterdam	49	100	285	271-307 (2010-2013)	Consumptie	104
42a	LNG	700	650-750 (2013)	Gelost in schip	50	100				
42b	CNG	600	(2013)	Aan de pomp	51	100				

Bijlage (vervolg)

Nr	Product	Prijzen (€/tonDS)				DS (%)	Volumes (kton)			
		Geselecteerde waarde	Ranges (periode)	Toelichting	Referenties		Geselecteerde waarde	Ranges (jaar)	Toelichting	Referenties
43	Bioethanol (1 ^e generatie)	791	(2013)	FOB Rotterdam	52	100	231	206-243 (2010-2011)	Consumptie	105
43a	Bioethanol (2 ^e generatie)	1.063	(2010)	Schatting NILE-project	10	100				
43b	Bioethanol (Brazilië)	618	(2013)	FOB Santos Cargo	52	100				
44	Diesel (wegtransport)	927	(2013)	FOB Rotterdam	48	100	6292	6350-6800 (2010-2013)	Consumptie	104
45	Biodiesel	896	1100-1230 \$/tonDS (2013)	FOB Rotterdam	52	100	195	100-250 (2009-2011)	Consumptie	105
46	Vliegtuigbrandstof	976	(2013)	FOB Rotterdam	48	100	3393	2700-3400 (2010-2013)	Consumptie	104, 105
47	Houtpellets	158	(2013)	Silowagen	53, 54	92	841	914-1500 kton <i>As is</i> (2009-2010)	Consumptie	106, 107
48	Aardgas	300	250-280 €/1000 m ³ (2012)	Grootverbruik	55, 56	100	39887	39887-45690 (2010-2011)	Consumptie	105
48a	Aardgas						67250	67250-73854 (2010-2011)	Productie	105
49	Biogas (gemiddeld)	271	(2011)	Productiekosten	57	100	625	616-625 (2010-2012)	Productie	108
49a	Biogas (grote unit)	229	(2011)	Productiekosten	57, 58	100				
49b	Groen gas (invoedwaarde)	240	(2011)	Invoedwaarde	57	100				
49c	Groen gas (gemiddeld)	810	(2011)	Productiekosten	57	100				
49d	Groen gas (grote unit)	673	(2011)	Productiekosten	57	100				
49e	Groen gas (industriële opwerking)	631	(2011)	Productiekosten	57, 59	100				
50	Aardappels	750	150-1400 €/ton <i>As is</i> (2012-2013)	Veiling	28	20	1340	6200-7200 kton <i>As is</i> (2007-2011)	Productie	30
51	Melk	2.593	316-417 €/ton <i>As is</i> (2012-2013)	Producentenprijs	30	13.5	1553	11500-11900 kton <i>As is</i> (2008-20012)	Productie	30
52	Suikerbiet	167	27-46 €/ton <i>As is</i> (2012)	Suikerfabriek	36, 60	24	1375	5280-5860 kton <i>As is</i> (2009-2013)	Productie	30
53	Hout	342	(2013)	Groothandel	19	88	418	836 (2011)	Productie	108, 110
54	Tarwe	282	200-270 €/ton <i>As is</i> (2012-2013)	Veiling	44	85	1105	1175-1400 kton <i>As is</i> (2009-2013)	Productie	30
55	Ruwe olie	637	80-115 \$/barrel (2012-2013)	FOB	61	100	46775	46775-47238 (2010-2011)	Productie	105
56	Steenkool	88	95-135 \$/tonDS (2012-2013)	FOB	62, 63	100	11847	11847-12016 (2010-2011)	Productie	105
57	Groenafval	-69	27-35 (neg) €/ton <i>As is</i> (2011)	Verwerker	64	40	1280	3200 kton <i>As is</i> (2010)	Productie	111
58	GFT	-89	(2011)	Verwerker	65	45	720	1600 kton <i>As is</i> (2010)	Productie	111
59	Mest	-95	0-20 (neg) €/ton <i>As is</i> (2013)	Verwerker	66	11	7500	59448-61515 kton <i>As is</i> (2010-2013)	Productie	112
60	Paracetamol	40.000	(2013)	Winkel	67	100	0.17	20 tabletten à 500 mg/Nederlander	Consumptie	113
61	Peniciline	7.619.048	(2013)	Apotheek	68	100	0.0042	1 tablet à 250 mg/Nederlander	Consumptie	113
62	Compost	4.2	2.5-4 €/ton <i>As is</i> (2013)	Verwerker	69, 70	60	1260	2100 kton <i>As is</i> (2010)	Productie	111