ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR

Rapport 04

# Haalbaarheid vervanging soja in Nederlandse melkveerantsoenen



September 2006



**Colofon**

**Uitgever**
Animal Sciences Group / Veehouderij
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.po.asg@wur.nl
Internet http://www.asg.wur.nl/po

**Redactie**
Communication Services

**Aansprakelijkheid**
Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Losse rapporten zijn te verkrijgen via de website

**Abstract**

ISSN 1570-8616
De Boer H.C., Zom R.L.G and Meijer G.A.L. (Animal Production Division)
Title: Feasibility of replacement of soy in Dutch dairy rations (2006)
Report 04, 31 pages, 26 tables

Feasibility and consequences of the replacement of soy in Dutch dairy rations with alternatives.

**Keywords:** soy, soybeans, concentrate feed, DVE, 'Basel Criteria', cost price milk, lupines, Vicia beans

**Referaat**

ISSN 1570-8616
De Boer H.C., Zom R.L.G en Meijer G.A.L. (Divisie Veehouderij)
Titel: Haalbaarheid vervanging soja in Nederlandse melkveerantsoenen (2006)
Rapport 04, 31 pagina's, 26 tabellen

Mogelijkheden en consequenties van het vervangen van soja in het rantsoen van Nederlands melkvee door alternatieven.

**Trefwoorden:** soja, krachtvoer, DVE, 'Basel Criteria', kostprijs melk, lupinen, veldbonen

ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR

Rapport 04

# Haalbaarheid vervanging soja in Nederlandse melkveerantsoenen

# Feasibility of replacement of soy in Dutch dairy rations

H.C. de Boer
R.L.G. Zom
G.A.L. Meijer

September 2006

## Samenvatting

De Nederlandse melkveehouderij gebruikt jaarlijks ruim 300.000 ton 'restproducten' van sojabonen (sojaschroot en sojahullen) als rundveekrachtvoer. Dit is 16% van het totale sojaverbruik in de Nederlandse veehouderij; de overige 84% wordt voornamelijk gebruikt in de varkenshouderij. Een deel van de sojaproducten is afkomstig uit Zuid-Amerika, waar de teelt van soja sterk in opkomst is. Greenpeace Nederland, de opdrachtgever van deze studie, beschouwt de grootschalige teelt van soja in Zuid-Amerika en het gebruik in Nederland als niet-duurzaam. Greenpeace ziet grote negatieve consequenties voor de lokale en mondiale omgeving, zoals grootschalige kap van oerbos, verarming van de biodiversiteit, verontreiniging van het milieu en ernstige verstoring van de sociale verhoudingen ter plaatse. De opmars van genetisch gemodificeerde (GG) soja zou deze problemen verder versterken. Daarom onderzoekt Greenpeace Nederland momenteel of het mogelijk is het gebruik van sojaproducten in Nederland te beperken en zo de stimulans van de teelt in Zuid-Amerika te verkleinen. In dit kader heeft Greenpeace Nederland de ASG gevraagd te onderzoeken of sojaproducten in Nederlandse melkveerantsoenen volledig vervangen kunnen worden door lokaal geteelde, eiwitrijke gewassen. Naast de vraag of dit technisch mogelijk is, werd ook de vraag gesteld welke effecten vervanging zou hebben op een aantal aspecten van de keten, waaronder het milieu, de kostprijs van de melk, de melkproductie en -kwaliteit en diergezondheid en -welzijn. Het onderzoek is uitgevoerd in de vorm van een deskstudie. Tijdens de studie zijn ook enkele andere mogelijke oplossingen naar voren gekomen en kort uitgewerkt.

Uit de studie bleek dat de voornaamste rol van sojaproducten in het rantsoen van Nederlands melkvee het aanvullen van het gehalte darmverteerbaar eiwit (DVE) is. Sojaschroot is hierbij zeer aantrekkelijk vanwege een zeer hoog gehalte aan DVE (235 g $kg^{-1}$ ds) en een relatief lage prijs. Vervangende gewassen zouden in ieder geval ook een zo hoog mogelijk DVE-gehalte moeten hebben. Uit een inventarisatie bleek dat alleen lupinezaden (133 g $kg^{-1}$ ds), veldbonen (105) en erwten (96) vanuit dat oogpunt interessante (krachtvoer)gewassen zijn. Ruwvoeders komen niet aanmerking omdat hun DVE-gehalte en DVE-opbrengst altijd lager zijn dan dat van gras. Complicaties bij de vervanging van sojaproducten door de drie alternatieven zijn hun relatief lage DVE-gehalte en de eis dat, vanwege het gehalte aan anti-nutritionele factoren, hun aandeel in krachtvoer gecombineerd niet meer dan 25% mag zijn. Geconstateerd werd dat het lage DVE-gehalte eenvoudig is te verhogen (tot 90%) door kortstondige verhitting (toasten). Ook na toasten blijft de maximering van 25% echter een belemmering voor 1:1 vervanging van sojaproducten. Alleen in krachtvoer met max. 23% onbewerkt of max. 14% bestendig sojaschroot kan alle schroot vervangen worden door een combinatie van 15%+10% getoaste lupinezaden+veldbonen. Alternatief krachtvoer met de max. hoeveelheid lupinezaden+veldbonen bleek eenvoudig samen te stellen; de kostprijs steeg met 1, 3 en 20% bij krachtvoer met 90, 120 en 180 DVE ten opzichte van regulier krachtvoer. Bij drie verschillende bedrijfstypen (1) gemiddeld NL melkveebedrijf, zelfvoorzienend; 2) als 1 maar intensiever en niet meer zelfvoorzienend; 3) als 2 maar zonder weidegang) had dit een stijging van kostprijs per 100 kg melk van €0,07, €0,08 en €0,11 tot gevolg. Hierbij werden lupinezaden+veldbonen tegen marktprijzen opgenomen. Omdat krachtvoer en rantsoenen geoptimaliseerd worden, heeft vervanging van soja door alternatieven geen effecten op aspecten als het milieu, melkproductie en -kwaliteit en diergezondheid en -welzijn. Op basis van teeltaspecten, DVE-opbrengst en DVE-gehalte bleken lupinen het meest aantrekkelijke gewas, gevolgd door veldbonen en daarna erwten. Knelpunten bij teelt van de alternatieve krachtvoeders op een Nederlands melkveebedrijf zijn: 1) gebrek aan teeltkennis; 2) gebrek aan juiste apparatuur, aanschaf is (te) kostbaar; 3) verwerking van het geoogste product (toasten, inkuilen, bewaren) kan problematisch zijn; 4) areaalbehoefte (1,4-3,3 ha) is te klein om efficiënt in te vullen; 5) zelf verbouwd krachtvoer is veel duurder dan op de markt; 6) veel melkveehouders hebben andere prioriteiten dan de teelt van eigen krachtvoer. Het totaal benodigde nationale areaal alternatieve krachtvoergewassen bij max. vervanging (75% van alle sojaproducten in krachtvoer) werd geschat op 57.000 ha, 50% van het areaal dat potentieel beschikbaar zou kunnen zijn binnen het akkerbouwareaal. Alternatieven om minder gangbaar sojaschroot te gebruiken zijn: 1) het DVE in alle gangbare schroot bestendiger maken; 2) alle sojaproducten vervangen door alternatieve DVE-rijke grondstoffen; 3) gangbaar schroot vervangen door GG-vrij schroot geproduceerd in overeenstemming met de 'Basel Criteria'. Oplossing 1 bespaart tot 30% op het nationale gebruik van schroot geeft voor de drie bedrijfstypen meeropbrengsten van €0,04, €0,05 en €0,05 per 100 kg melk. Oplossing 2 geeft voor de drie bedrijfstypen meerkosten van €0,12, €0,15 en €0,15 per 100 kg melk. Oplossing 3 geeft voor de drie bedrijfstypen meerkosten van €0,03, €0,05 en €0,04 per 100 kg melk. Strategieën om krachtvoergebruik (en dus ook gebruik van soja) in algemene zin terug te dringen zijn: 1) beperken van DVE-verliezen tijdens voederwinning van gras; 2) voeren van meer vers gras door meer weiden of zomerstalvoedering; 3) optimaliseren van de krachtvoergift per dier door toepassing van een dynamisch voermodel. Gebruik van alternatief krachtvoer met max. getoaste lupinezaden+veldbonen, geteeld op een Nederlands akkerbouwbedrijf, zou voor de drie bedrijfstypen leiden tot meerkosten van €0,54, €0,90 en €0,48 per 100 kg melk. Uitsluiting van krachtvoer met meer dan 120 DVE kan in bepaalde situaties de meerkosten bij vervanging van sojaproducten verlagen. Vervanging van sojaproducten door alt. DVE-rijke grondstoffen is geen structurele oplossing; het aanbod is beperkt en producten kunnen ook GG-materiaal bevatten of een ongewenste oorsprong hebben. Vervanging van gangbaar sojaschroot door onder de 'Basel Criteria' geproduceerd sojaschroot kan tegen relatief geringe kosten een structurele oplossing bieden voor de Nederlandse melkveehouderij.

## Summary

In Dutch dairy farming, per annum roughly 300000 Mg 'rest products' of soybeans (soybean hulls and soybean meal) are used as concentrate feed. This is about 16% of the total soy consumption in Dutch animal farming, the remainder mainly being used in pig farming. Part of the soy comes from South-America, where cultivation of soy is booming. Greenpeace Netherlands, our client, considers the large-scale soy cultivation in South-America and use of this soy in the Netherlands unsustainable. They observe strong negative impacts of soy cultivation on the local and global environment, such as large-scale deforestation of primeval forest, deterioration of biodiversity, environmental pollution and serious disruption of social structures and human relationships in the area. The advance of genetically modified (GM) soy would increase these problems. That is why at the moment Greenpeace Netherlands is exploring the options to reduce the use of soy products in the Netherlands. Within this context, Greenpeace Netherlands asked the Animal Sciences Group of Wageningen UR to investigate the possibilities of replacing soy products in the ration of Dutch dairy cows with home-grown, protein-rich crops. Besides the question of technical feasibility, the question was also what the effects of replacement would be on several other aspects of the milk production chain, such as the environment, cost price of the milk, milk production level, milk quality, animal health and animal welfare. The investigation was carried out as a desk study. During the study, some other options to reduce the use of (conventional) soy products came forward and were briefly discussed. The main role of soy products in the ration of Dutch dairy cows is to increase the content of DVE (true protein digested in the small intestine according to Dutch standards; Tamminga et al. 1994). In particular soybean meal is very attractive for this purpose, because of its high DVE-content and low price per unit. Replacing crops should therefore have at least as high a DVE-content as possible. After listing several potential crops, we concluded that only the seeds of lupines (133 g DVE $kg^{-1}$ dm), Vicia beans (105) and peas (96) were suitable for this purpose. Crops grown as roughage were not considered, since their DVE-content and DVE-yield are always lower than that of grass, the predominant (70% of farm area) crop at Dutch dairy farms. Problems associated with the replacement of soy products with seeds of the three selected crops are their relatively low DVE-content and their content of anti-nutritional factors (ANF). Because of these ANF, the share of the seeds in feed mixes should never exceed 15% per seed type and never 25% when types are combined. It was concluded that the DVE content in the seeds could be increased (up to 90%) quite easily by a short period of toasting. Still, even after toasting, the replacement limit of 25% forms a hindrance to 1:1 replacement of soy products. Only in feed mixes with a maximum content of 23% of untreated soybean meal or 14% of treated soybean meal (with increased DVE-content), all meal can be replaced with a combination of 15% of toasted lupine seeds and 10% of toasted Vicia beans. It was shown that alternative feed mixes with toasted lupine seeds and Vicia beans were easy to formulate; their cost prices, compared to conventional mixes, increased with 1, 3 and 20% for mixes with a DVE-content of 90, 120 and 180 g $kg^{-1}$ dm respectively. For three different dairy farm types, (1) an average Dutch dairy farm, self-supporting; 2) as 1 but more intensive and no longer self-supporting and 3) as 2 but without grazing), the use of alternative feed mixes increased the cost price per 100 kg of milk by €0.07, €0.08 and €0.11 respectively (based on market prices of lupines and beans, not grown on-farm). Because the formulation of feed mixes and rations is always optimized, replacement of soybean meal with alternatives has no effects on aspects such as the environment, milk production level, milk quality, animal health and animal welfare. Judged by cultivation aspects, DVE-yield and DVE-content, lupine seeds appeared to be the most attractive alternative for soybean meal, followed by Vicia beans and peas. Bottlenecks associated with cultivation of these crops on a Dutch dairy farm are: 1) lack of cultivation knowledge; 2) lack of appropriate equipment, purchase too expensive; 3) processing of the harvest (toasting, ensiling, storage) can be problematic; 4) the required crop area is too small to grow efficiently on-farm; 5) alternatives grown on-farm are much more expensive than when bought on the market and 6) many dairy farmers have other priorities than growing their own concentrates. The totally required national area of alternative concentrate crops, when soy products in feed mixes are replaced up to the limit allowed, can be estimated at 57000 ha. Other options to reduce the use of soybean meal are: 1) toasting of all used soybean meal; 2) replacing all soy products with other DVE-rich components; 3) replacing conventional soybean meal with meal produced according to the 'Basel Criteria'. Option 1 can reduce national use of soybean meal in dairy farming up to 30% and involves additional profits of respectively €0.04, €0.05 and €0.05 per 100 kg of milk for the three farm types. Option 2 involves additional costs of respectively €0.12, €0.15 and €0.15 and option 3 of respectively €0.03, €0.05 and €0.04 per 100 kg of milk. Strategies to reduce the use of concentrates (and thus the use of soy products) in general are: 1) preventing loss of DVE during harvesting and ensiling grass; 2) feeding more fresh grass to the herd by increasing grazing or by feeding in the stable; 3) optimizing the concentrate supply per animal using a dynamic feeding model. The use of an alternative concentrate, grown on a Dutch arable farm, results in extra costs of €0.54, €0.90 and €0.48 per 100 kg of milk for the three farm types respectively. Exclusion of feed mixes with more than 120 DVE can in some cases reduce the extra costs connected with the replacement of soy products. Replacement of soy products with alternative DVE-rich components is not a structural solution; the supply of these components is limited and they can also contain GM-material or have an undesired origin. Replacement of conventional soybean meal with meal produced according to the 'Basel Criteria' provides a structural solution for the whole of Dutch dairy farming at relatively low additional costs.

# Inhoudsopgave

**Samenvatting**

**Summary**

**1 Inleiding ..... 1**

**2 Materiaal & methoden ..... 2**

2.1 Uitleg van enkele gebruikte begrippen en afkortingen ..... 2

**3 Resultaten ..... 3**

3.1 Voedertechnische aspecten van vervanging ..... 3

3.1.1 Soja, verwerking en restproducten ..... 3

3.1.2 De specifieke rol van sojaproducten in het melkveerantsoen ..... 3

3.1.3 Huidig aandeel van sojaschroten en sojahullen in krachtvoer ..... 5

3.1.4 Inventarisatie en selectie van geschikte vervangende gewassen ..... 5

3.1.5 Verschillen in samenstelling tussen sojaproducten, lupinezaden, veldbonen en erwten ..... 6

3.1.6 Verhoging van het DVE-gehalte in lupinezaden, veldbonen en erwten ..... 7

3.1.7 Beperkingen aan vervanging van sojaproducten door lupinezaden, veldbonen en erwten ..... 8

3.1.8 Formulering van alternatieve krachtvoeders, effecten op overige samenstelling en kostprijs ..... 8

3.1.9 Doorrekenen van scenario's met een bedrijfsbegrotingsprogramma ..... 12

3.1.10 Effect van vervanging op melkproductie, melkkwaliteit en overige aspecten ..... 16

3.2 Teeltaspecten en knelpunten bij de verbouw van lupinezaden, veldbonen en erwten ..... 17

3.2.1 Eisen aan standplaats ..... 17

3.2.2 Effecten op bodemkwaliteit ..... 17

3.2.3 Vruchtwisseling ..... 17

3.2.4 Bemesting ..... 17

3.2.5 Aantasting door ziekten en plagen ..... 18

3.2.6 Opbrengst, verwerking en opslag ..... 18

3.2.7 Haalbaarheid van de teelt van alternatieve krachtvoeders op het Nederlandse melkveebedrijf ..... 19

3.2.8 Benodigd areaal vervangende krachtvoergewassen op nationaal niveau ..... 19

**4 Discussie ..... 21**

4.1 Andere mogelijkheden om het gebruik van gangbare sojaproducten terug te dringen ..... 21

4.2 Kostprijs van alternatief krachtvoer geteeld door Nederlandse akkerbouwers ..... 26

4.3 Overige discussiepunten ..... 28

**5 Conclusies ..... 29**

**Literatuur ..... 31**

# 1 Inleiding

In de Nederlandse melkveehouderij wordt jaarlijks ruim 300.000 ton 'restproducten' (sojaschroot en sojahullen) van sojabonen gebruikt (PDV, 2006). Deze producten worden verwerkt in droog krachtvoer en ook als enkelvoudig krachtvoer aan melkkoeien verstrekt. Voor een deel betreft het restproducten uit het land van herkomst; voor een ander deel restproducten die ontstaan na verwerking van hele sojabonen in Nederland. In Nederland gevestigde bedrijven importeren en verwerken grote hoeveelheden soja, die voor een groot deel weer worden doorgevoerd naar andere landen. Een deel van de soja is afkomstig uit Zuid-Amerika. De laatste jaren is de teelt van soja daar sterk in opkomst, vooral in Brazilië en Argentinië.

Greenpeace, de opdrachtgever van deze studie, beschouwt de teelt van soja in Zuid-Amerika als niet-duurzaam. Volgens hen wordt vanwege de grote en sterk groeiende vraag naar sojaproducten op de wereldmarkt in snel tempo oerbos gekapt. Op de vrijkomende grond zou vervolgens op grote schaal soja in monocultuur verbouwd worden, waarbij de gebruikte rassen steeds vaker genetisch gemodificeerd (GG) zijn. Het betreft vaak variëteiten die door middel van genetische modificatie immuun zijn gemaakt voor herbiciden. Bij teelt van deze rassen wordt met chemische onkruidbestrijdingsmiddelen vrijwel alles behalve de soja doodgespoten. Greenpeace is tegenstander van het gebruik van GG gewassen, enerzijds omdat deze biodiversiteit zouden bedreigen, anderzijds omdat de gevolgen van genetische modificatie als onbekend, onvoorspelbaar en onomkeerbaar beschouwd worden.

Greenpeace beschouwt de grootschalige kap van oerbos als ongewenst vanwege het veronderstelde verdwijnen van talloze soorten flora en fauna, de grote intrinsieke waarde van het oerbos en de negatieve effecten op het mondiale klimaat. De monocultuur en grootschaligheid van de sojateelt zouden vaak negatieve gevolgen hebben voor sociale verhoudingen ter plaatse en ten koste gaan van kleine lokale gemeenschappen, waaronder etnische bevolkingsgroepen als indianen. Monocultuur van soja zou verder kunnen leiden tot verarming van de biodiversiteit en van de bodem. De grootschalige inzet van chemische onkruidbestrijdingsmiddelen zou ook kunnen leiden tot verlies van biodiversiteit en verontreiniging van bodem en water. Greenpeace beschouwt tot slot het transport van soja naar Nederland als ongewenst vanwege het energieverbruik en de verscheping van nutriënten, wat tot overschotten en milieuproblemen in Nederland kan leiden. Een uitgebreide beschrijving van de problematiek zoals deze ervaren wordt door een coalitie van maatschappelijke organisaties (de Nederlandse Sojacoalitie) is weergegeven in Anonymus (2006a).

**Vraagstelling**
Greenpeace Nederland onderzoekt momenteel of het mogelijk is om het gebruik van sojaproducten in Nederland te beperken en zo een deel van de stimulans van de teelt in Zuid-Amerika te verkleinen. In dit kader heeft Greenpeace de ASG verzocht na te gaan of het mogelijk is om sojaproducten in Nederlandse melkveerantsoenen volledig te vervangen door lokaal geteelde, eiwitrijke gewassen. Naast de technische mogelijkheden is hierbij tevens van belang welke effecten vervanging heeft op een aantal aspecten van de keten, waaronder het milieu, de kostprijs van de melk, de melkproductie, de melkkwaliteit en aspecten als diergezondheid en dierwelzijn. Het onderzoek is uitgevoerd in de vorm van een deskstudie.

*De Animal Sciences Group van Wageningen UR neemt wat betreft dit project en in dit rapport geen stelling in een maatschappelijk debat over de wenselijkheid of onwenselijkheid van het gebruik van gangbare (al dan niet genetisch gemodificeerde) sojaproducten in het rantsoen van melkvee. De inleiding geeft de opvattingen van de opdrachtgever weer; het rapport beantwoordt slechts de vraag in hoeverre het mogelijk is om gangbare sojaproducten in het rantsoen te vervangen door alternatieven.*

# 2 Materiaal & methoden

**Werkwijze**
Om de in hoofdstuk 1 geformuleerde vragen te kunnen beantwoorden, is eerst weergegeven welke sojaproducten momenteel in het rantsoen verwerkt worden, wat exact de rol van deze producten is en hoeveel hun huidige aandeel bedraagt. Uit de rol van sojaproducten volgen specifieke eisen die aan vervangende gewassen gesteld zouden moeten worden. Na een inventarisatie van lokale gewassen, die in eerste instantie als vervanger in aanmerking zouden kunnen komen, is op basis van de specifieke eisen een selectie gemaakt. Vervolgens zijn overeenkomsten en verschillen tussen de sojaproducten en hun mogelijke vervangers vastgesteld. Daarna is bestudeerd wat de effecten van vervanging op het rantsoen van melkvee zouden kunnen zijn. Een onderdeel hiervan was het formuleren van een aantal alternatieve krachtvoeders met een formulerings- en optimaliseringsprogramma. Een ander onderdeel was het integraal doorrekenen van de mogelijke beperkingen bij vervanging op de bedrijfsvoering van drie typen melkveebedrijven. Verder werden ook effecten op melkproductie, melkkwaliteit en andere aspecten in kaart gebracht. Daarna zijn de mogelijkheden bestudeerd om de alternatieve gewassen op het Nederlandse melkveebedrijf te verbouwen, en is nagegaan welke gewassen daarbij het aantrekkelijkst zouden zijn. Tot slot is een schatting gemaakt van het benodigde areaal alternatieve krachtvoergewassen op nationaal niveau. In de discussie zijn een aantal andere mogelijke oplossingen kort uitgewerkt. Na synthese van alle resultaten zijn een aantal conclusies geformuleerd.

**Afbakening**
De studie richtte zich op het onderzoeken van de mogelijkheden om sojaproducten uit Zuid-Amerika in het Nederlandse melkveerantsoen te vervangen door lokaal geteelde, eiwitrijke gewassen. Deze groep is beperkt tot gewassen die nu al onder Nederlandse omstandigheden geteeld worden of kunnen worden. Er was geen sprake van selectie en doorlichting van potentiële nieuwe gewassen. Uitgesloten waren ook gewassen die een ander hoofddoel hebben, en waarvan bijproducten of restproducten van de verwerking geschikt kunnen zijn als vervanger van sojaschroot (zoals tarwegluten, raapzaadschroot en aardappeleiwit). Onderzoek naar verschillen in duurzaamheid tussen verschillende opties werd niet uitgevoerd.

## 2.1 Uitleg van enkele gebruikte begrippen en afkortingen

In dit rapport worden een aantal specifieke vaktermen gebruikt, waarvan de belangrijkste hier kort worden toegelicht. VEM is de afkorting van VoederEenheden Melk en is een maat voor de hoeveelheid melk die een koe per eenheid voedermiddel kan produceren. DVE is de afkorting van DarmVerteerbaar Eiwit en geeft per eenheid voedermiddel een schatting van hoeveel eiwit in de darmen verteerd kan worden (Tamminga et al., 1994). Deze hoeveelheid bepaalt de hoeveelheid melkeiwit die geproduceerd kan worden; hoe hoger het gehalte DVE, hoe minder van het voedermiddel nodig is om een bepaalde hoeveelheid melkeiwit te produceren (aangenomen dat de overige samenstelling van het rantsoen optimaal is). Het DVE is een optelsom van de hoeveelheid eiwit in het voedermiddel die niet in de pens van de koe wordt afgebroken (maar wel in de dunne darm verteerd wordt) en de hoeveelheid darmverteerbaar eiwit afkomstig van in de pens gevormd microbieel eiwit (afkomstig van bacteriegroei). OEB is de afkorting van OnbestendigEiwit Balans en geeft de maximaal mogelijke microbiële eiwitsynthese weer op basis van de verhouding onbestendig eiwit (stikstof) : energie in de pens (Tamminga et al., 1994). Als in de pens meer energie dan eiwit aanwezig is, is de OEB negatief en bepaalt de hoeveelheid eiwit hoeveel microbieel eiwit maximaal gevormd kan worden. Dit heeft een negatief effect op de melkproductie. Als in de pens meer onbestendig eiwit dan energie aanwezig is, is de OEB positief en bepaalt de hoeveelheid energie hoeveel microbieel eiwit maximaal gevormd kan worden. Bij een sterk positieve OEB wordt de stikstof in het voedermiddel inefficiënt gebruikt, wat kan leiden tot hogere verliezen naar het milieu (zoals ammoniakemissie en lachgasemissie). Meer achtergrondinformatie over VEM, DVE en OEB is te vinden in CVBb (2006) en CVBc (2004).

Andere gebruikte afkortingen zijn DS (gehalte drogestof in voedermiddel), RAS (gehalte ruw as), RE (ruw eiwit), RVET (ruw vet), RC (ruw celstof), ZET (zetmeel), SUI (suiker), Ca (calcium), P (fosfaat), Mg (magnesium), K (kalium) en Na (natrium).

# 3 Resultaten

## 3.1 Voedertechnische aspecten van vervanging

### *3.1.1 Soja, verwerking en restproducten*

In rundveevoer worden verschillende restproducten van sojabonen gebruikt. Dit zijn vooral restproducten die vrijkomen bij de oliewinning en de isolatie van soja-eiwit uit sojabonen. De naamgeving van sojarestproducten is soms aanleiding tot misverstanden en onduidelijkheden. Zo wordt in de melkveehouderij met de aanduiding 'soja' meestal sojaschroot bedoeld, terwijl buiten de melkveehouderij met 'soja' meestal hele sojabonen bedoeld worden. Ook in het Engels doet zich een vergelijkbare verwarring voor. Met 'soybean meal' wordt sojaschroot bedoeld, terwijl de letterlijke vertaling 'sojabonenmeel' de suggestie wekt dat het om gemalen sojabonen gaat. In Tabel 1 wordt van de belangrijkste sojaproducten de Nederlandse naam, de Engelse naam en een aantal synoniemen gegeven.

**Tabel 1** Nederlandse en Engelse benaming en enkele synoniemen van de belangrijkste sojaproducten

| | |
|---|---|
| Sojaschroot, soja | Soybean meal, soybean meal solvent extract, soybean meal (SE), extracted soybean meal |
| Sojaschilfers, sojakoeken | Soybean press cake, soybean cake |
| Sojahullen, sojaschillen | Soybean hulls |
| Sojabonen | Whole soybeans, full fat soybeans, full fat whole soybeans |

De sojaboon is een vlinderbloemig gewas dat relatief rijk is aan vet (circa 19%) en ruw eiwit (circa 35%). Sojabonen worden vooral geteeld voor de productie van plantaardige olie. Deze olie wordt verwerkt in de food- en non-food industrie. Bij verwerking in de voedselindustrie dient sojaolie onder andere als grondstof voor de productie van margarine, halvarine, mayonaise, bak- en braadolie, frituurvet en spijsolie. Sojaolie bestaat voor een groot deel uit onverzadigde vetzuren (circa 85%), voornamelijk linolzuur. Linolzuur wordt in de voedingsmiddelenindustrie gewaardeerd omdat het, in vergelijking met verzadigde vetzuren, het risico van hart- en vaatziekten vermindert. In de non-food industrie dient sojaolie als grondstof van zeep, verf, smeermiddelen en in toenemende mate ook als biobrandstof. Behalve de olie worden de uit sojabonen geïsoleerde eiwitten toepast als grond- en hulpstof bij de productie van tal van voedingsmiddelen, variërend van bakkerijgrondstoffen tot vlees, vleeswaren en zuivelvervangers.

De olieproductie vindt plaats in meerdere stappen, eerst door mechanische extractie (persen of wringen) gevolgd door chemische extractie. Bij mechanische extractie wordt het product gemalen (crushing), waarna onder grote mechanische druk de olie uit het product geperst of gewrongen wordt. Het restproduct van de eerste persing is de zogeheten sojakoek. Het persproces kan meerdere keren worden herhaald, eventueel in combinatie met temperatuurverhoging. Na herhaaldelijk persen en/of wringen ontstaan de zogeheten sojaschilfers. Deze kunnen vervolgens geëxtraheerd worden met een organisch oplosmiddel. Nadat het vet is opgelost, wordt via destillatie het oplosmiddel teruggewonnen en hergebruikt. Het restproduct na chemische extractie is het zogenaamde sojaschroot. Oliewinning levert ongeveer 19% olie, 79% sojaschroot en 3% vezels (voornamelijk hullen) op. Sojahullen of sojaschillen komen tevens vrij wanneer de schil van de sojabonen, voorafgaande aan verwerking in de voedingsmiddelenindustrie, wordt verwijderd.

### *3.1.2 De specifieke rol van sojaproducten in het melkveerantsoen*

Sojabonen en sojaolie worden niet als product in rundveevoeders verwerkt. Ten eerste kan opname van deze producten in het rantsoen een sterke, ongewenste daling van het melkvetgehalte veroorzaken (melkvetdepressie) (Subnel, 1997). Dit komt doordat het vet in sojabonen en sojaolie voornamelijk uit linolzuur bestaat. Linolzuur is een meervoudig onverzadigd vetzuur, dat in de pens van de koe wordt gehydrogeniseerd. Hierbij kunnen onder andere transonverzadigde vetzuren ontstaan. Deze transonverzadigde vetzuren remmen in de uier de synthese van melkvet (Peterson et al., 2004). Ten tweede zijn de vetten in sojabonen en sojaolie ook nadelig voor de vertering van celwanden in de pens, waardoor uiteindelijk de voeropname geremd wordt. Vanwege de nadelige effecten van vet op het melkvetgehalte en de vertering van celwanden moet het aandeel ruw vet in het rantsoen

beperkt blijven tot maximaal 5% (Tamminga, 1994; Subnel, 1997), en zijn de mogelijkheden om sojabonen in het rantsoen op te nemen beperkt.

De enige producten die wel in aanmerking komen om te worden opgenomen in het rantsoen van melkvee zijn sojaschroten en sojahullen. In principe zouden ook sojaschilfers in aanmerking kunnen komen. Echter, wat betreft volume en aanbod is dit een relatief zeldzaam product en daarom nauwelijks van betekenis voor de krachtvoerindustrie. In biologisch krachtvoer worden sojaschilfers wél gebruikt, in plaats van sojaschroot, omdat chemisch geëxtraheerde restproducten niet zijn toegestaan in voeders bestemd voor de biologische melkveehouderij (EKO-, SKAL-normen). Hierbij is het wel een absolute voorwaarde dat de schilfers geproduceerd zijn van niet-GG soja. Van alle bijproducten bevat sojaschroot het meeste eiwit, dat relatief rijk is aan lysine (essentieel aminozuur). Sojaschroot is verder goed verteerbaar.

Behalve gangbare sojaschroten zijn ook speciale sojaschroten in de handel. Deze hebben een behandeling ondergaan, waardoor het eiwit bestendiger is tegen afbraak in de pens van de koe. Deze producten hebben een veel hoger DVE-gehalte en een lager OEB-gehalte dan gangbare sojaschroten. In deze studie worden deze producten aangeduid met de term 'bestendig sojaschroot'. Gangbare en bestendige sojaschroten kunnen in principe onbeperkt in rundveevoeders worden opgenomen, afhankelijk van het gewenste DVE- en OEB-gehalte van het rantsoen. Daarom kunnen gangbare en bestendige sojaschroten ook als losse enkelvoudige grondstoffen in het rantsoen worden opgenomen. Het hoge DVE-gehalte in sojaschroot in combinatie met de relatief lage prijs per DVE-eenheid is de voornaamste reden waarom sojaschroot op de meeste bedrijven een vast onderdeel van het rantsoen uitmaakt. Vervanging van sojaschroot zal daarom moeten plaatsvinden op basis van DVE-gehalte.

Sojahullen bevatten relatief weinig energie en eiwit maar wel veel ruw celstof. Sojahullen worden daarom vooral toegepast als vervanger van bietenpulp in krachtvoeders wanneer het aanbod van bietenpulp schaars is. Bietenpulp heeft VEM-, DVE- en OEB-waarden vergelijkbaar met die van sojahullen. Herziening van de suikermarkt zal waarschijnlijk leiden tot een kleinere oppervlakte suikerbieten in Europa. Daarmee zal in de toekomst ook het aanbod van bietenpulp afnemen en de vraag naar sojahullen toenemen. Sojahullen kunnen niet onbeperkt in krachtvoeders worden opgenomen. Vanwege het hoge ruwe celstof gehalte is krachtvoer met een groot aandeel sojahullen slecht persbaar (Subnel, 1997). Het aandeel in het krachtvoer wordt meestal gemaximeerd op 15%. Vanwege de geringe smakelijkheid worden sojahullen niet gebruikt als enkelvoudig voeder. Er zijn geen minimumeisen aan het aandeel sojaschroten of sojahullen in rundveemengvoeders.

Een overzicht van de voederwaarde van de meest voorkomende sojaproducten is gegeven in Tabel 2. Bij berekeningen in deze studie wordt steeds uitgegaan van DVE-gehalten van sojahullen, gangbaar en bestendig sojaschroot van respectievelijk 88, 235 en 387 g $kg^{-1}$ product.

**Tabel 2** Samenstellingen van de voornaamste sojaproducten (g $kg^{-1}$ product)

| | | Sojahullen | | | | Gangbaar sojaschroot | | | | Bestendig sojaschroot | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sojabonen verhit | RC < 320 g $kg^{-1}$ | RC 320-260 g $kg^{-1}$ | RC > 360 g $kg^{-1}$ | Sojaschilfers | RC < 50 g $kg^{-1}$ | RC 50 – 70 g $kg^{-1}$, RE < 440 g $kg^{-1}$ | RC 50 – 70 g $kg^{-1}$, RE > 440 g $kg^{-1}$ | RC > 70 g $kg^{-1}$ | Mervobest soja | Rumi S | SoyPass |
| DS | 885 | 885 | 883 | 886 | 888 | 873 | 876 | 876 | 875 | 871 | 869 | 874 |
| RAS | 49 | 49 | 47 | 44 | 64 | 65 | 65 | 59 | 62 | 59 | 64 | 64 |
| RE | 351 | 132 | 111 | 102 | 435 | 469 | 426 | 458 | 429 | 453 | 473 | 447 |
| RVET | 192 | 28 | 19 | 16 | 81 | 19 | 22 | 19 | 21 | 18 | 15 | 17 |
| RC | 56 | 306 | 335 | 364 | 64 | 36 | 61 | 62 | 74 | 60 | 36 | 34 |
| ZET | 4 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 5 | 13 |
| SUI | 78 | 17 | 16 | 17 | 82 | 93 | 94 | 91 | 84 | 95 | 100 | 91 |
| VEM | 1387 | 936 | 901 | 889 | 1174 | 1015 | 1012 | 1017 | 1010 | 993 | 989 | 1001 |
| DVE | 156 | 99 | 91 | 88 | 219 | 238 | 222 | 235 | 223 | 387 | 397 | 376 |
| OEB | 148 | -29 | -41 | -46 | 180 | 190 | 164 | 182 | 165 | 16 | 22 | 35 |

Bron: CVBa, 2005

### *3.1.3 Huidig aandeel van sojaschroten en sojahullen in krachtvoer*

Het totale verbruik van sojaproducten in de Nederlandse veehouderij was in 2004 1.961.000 ton (PDV, 2006). Hiervan nam de rundveehouderij 307.250 ton of circa 16% voor haar rekening. De rest van de soja wordt voornamelijk gebruikt in de varkenshouderij. Het aandeel sojaproducten in de totale productie van rundveekrachtvoer bedraagt ongeveer 9,3% (PDV, 2006). Omdat de formulering van krachtvoer als gevoelige bedrijfsinformatie wordt beschouwd, ontbreken exacte gegevens over het precieze aandeel sojaschroot en sojahullen in rundveemengvoeders. Op basis van een schatting (PDV, 2006) kan het totaal van 9,3% worden verdeeld in circa 6,0% sojaschroot en 3,3% sojahullen. Deze schatting wordt bevestigd door de samenstelling van 88 partijen krachtvoer die in 2005 zijn aangevoerd op de Waiboerhoeve (melkveeproefbedrijf ASG, Lelystad). Het aandeel onbewerkt sojaschroot in deze partijen bedroeg gemiddeld 4,7% (spreiding 0-60%) en het aandeel bestendig sojaschroot (zie paragraaf 3.1.6) gemiddeld 1,5% (spreiding 0-46%). Het aandeel sojahullen bedroeg gemiddeld 0,3% (spreiding 0-6,8%). Het lage aandeel sojahullen laat zich mogelijk verklaren door de hoge eisen die op het proefbedrijf worden gesteld aan de kwaliteit van de krachtvoerkorrel: sojahullen hebben een negatief effect op de persbaarheid van het krachtvoer.

Op basis van de schattingen van het aandeel sojahullen en sojaschroten wordt in Nederlands rundveevoer (melkvee en mestvee) jaarlijks grofweg (3,3/9,3)*307.250=109.024 ton sojahullen en (6,0/9,3)*307.250=198.226 ton sojaschroot gebruikt. Het sojaschroot bestaat verder uit (4,7/6,2)*198.226= 150.268 ton onbewerkt schroot en (1,5/6,2)*307.250=47.958 ton bestendig schroot. Als alle sojaproducten op basis van DVE-gehalte gestandaardiseerd worden naar onbehandeld sojaschroot, dan is het totale gebruik van sojaschroot (109.024*88+150.268*235+47.958*387)/235=270.072 ton per jaar. Sojahullen leveren 15% van het totaal aan DVE uit sojaproducten, sojaschroot de overige 85%.

Het totale gebruik van sojaproducten in de Nederlandse melkveehouderij is lager dan de genoemde 307.250 ton per jaar, aangezien deze hoeveelheid inclusief het gebruik door mestvee is. De aandelen van melkvee en mestvee in het gebruik zijn niet bekend, wel mag aangenomen worden dat het grootste deel in de melkveehouderij gebruikt wordt.

### *3.1.4 Inventarisatie en selectie van geschikte vervangende gewassen*

Uit paragraaf 3.1.2 volgt dat een hoog gehalte aan DVE tegen een relatief lage prijs de belangrijkste eis is aan een vervangend eiwitrijk gewas. Er kan enige verwarring ontstaan door aanduiding van gewassen als eiwitrijk en het feitelijke gehalte aan DVE in deze gewassen. Gewassen kunnen relatief eiwitrijk zijn, maar het eiwit kan (volgens het Nederlandse waarderingssysteem (Tamminga et al., 1994)) voor een groot deel onbestendig zijn. Een eiwitrijk gewas kan daardoor een relatief laag gehalte aan DVE hebben en weinig interessant zijn als vervanger van sojaproducten. Ter illustratie is in onderstaande tabel voor een aantal gewassen een gemiddelde samenstelling gegeven (voor zover beschikbaar) in gehalte ruw eiwit, DVE en OEB (Tabel 3). De gewassen zijn opgesplitst in gewassen die vers of geconserveerd gevoerd kunnen worden (ruwvoeders) en gewassen waarvan de bewerkte droge zaden gevoerd worden (krachtvoeders).

**Tabel 3** Gehalten RE, DVE en OEB in verse en ingekuilde gewassen (g $kg^{-1}$ ds) en in droge zaden (g $kg^{-1}$ product)

| | | Vers product | | | Ingekuild product | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gewas | RE | DVE | OEB | RE | DVE | OEB |
| **Ruwvoeders** | | | | | | |
| Erwt[1)] | nb[5)]/nvt[6)] | nb/nvt | nb/nvt | nb | 45 | 70 |
| Gras/witte klaver[2)] | nb | 101 | 34 | nb | nb | nb |
| Gras[3)] | 227 | 105 | 51 | 173 | 77 | 45 |
| Luzerne[3)] | 179 | 52 | 30 | 193 | 42 | 75 |
| Mergkool[1)] | nb/nvt | nb/nvt | nb/nvt | nb | 45 | 75 |
| Rode klaver[4)] | nb/nvt | nb/nvt | nb/nvt | 175 | 30 | 77 |
| Veldboon/paardeboon[4)] | nb/nvt | nb/nvt | nb/nvt | 166 | 48 | 53 |
| Witte lupine[1)] | nb/nvt | nb/nvt | nb/nvt | nb | 60 | 110 |
| **Krachtvoeders** | | | | | | |
| Erwt[3)] | 211 | 96 | 72 | nvt | nvt | nvt |
| Koolzaad/raapzaad[3)] | 198 | 39 | 108 | nvt | nvt | nvt |
| Paardeboon/veldboon[3)] | 275 | 105 | 124 | nvt | nvt | nvt |
| Witte lupine[3)] | 372 | 133 | 192 | nvt | nvt | nvt |

[1)] de Boer et al., 2003; [2)] Schils et al., 1997 (50% klaver, maaistadium); [3)] CVBa, 2005; [4)] CVBb, 2006; [5)] niet bekend; [6)] niet van toepassing

De samenstelling van het verse product is alleen interessant als gewassen beweid kunnen worden of vers gevoerd kunnen worden aan het melkvee. Dit geldt alleen voor gras en gras met witte klaver. Deze gewassen kunnen vers opgenomen worden tijdens de weideperiode of door het toepassen van zomerstalvoedering (gewas wordt dagelijks geoogst en vers aan de koeien in de stal gevoerd). Voor de overige gewassen geldt dat deze alleen ingekuild aan het vee gevoerd kunnen worden. Bij de voederwinning en het inkuilen van gewassen gaat vaak een aanzienlijk deel van het DVE en de OEB verloren (Tabel 3). Daardoor is bij gras en gras/witte klaver het DVE-gehalte in het ingekuilde product aanzienlijk lager dan in het verse product. Dit impliceert dat de behoefte aan DVE-rijk krachtvoer (en dus sojaproducten) in meer algemene zin ook verlaagd kan worden door het vee zoveel en zolang mogelijk te laten weiden, om het door gras geproduceerde DVE maximaal te benutten. Hierbij is het wel een absolute voorwaarde dat het gras voldoende opgenomen wordt; in het najaar neemt de smakelijkheid van het gras vaak sterk af, en wordt het door de koeien slecht gevreten. In dat geval is stalvoedering waarschijnlijk efficiënter.

Zouden ruwvoeders in aanmerking kunnen komen als vervanger van sojaproducten? In dat geval zou hun DVE-gehalte en hun DVE-opbrengst per hectare duidelijk hoger moeten zijn dan dat van gras, het hoofdgewas op vrijwel alle melkveebedrijven. Uit Tabel 3 blijkt dat het DVE-gehalte van alle ingekuilde ruwvoeders lager is dan dat van gras. Als daarbij ook nog de hoge en stabiele DVE-opbrengst per hectare en de relatief lage kostprijs van gras in aanmerking genomen wordt (De Boer et al., 2003), dan is snel duidelijk dat geen enkel ruwvoeder in aanmerking komt als vervanger van gras als DVE-leverancier, laat staan als vervanger van sojaproducten.

Gewassen geteeld als krachtvoeder kunnen mogelijk wel als vervanger ingezet worden. De zaden van de gewassen lupine (witte) (*Lupinus albus*), erwten (*Pisum sativum*) en veldbonen (*Vicia faba*) zijn wat betreft hun DVE-gehalte mogelijk interessant als vervanger van sojaproducten. Voor deze gewassen worden de mogelijkheden tot en de effecten van vervanging verder uitgewerkt.

### *3.1.5 Verschillen in samenstelling tussen sojaproducten, lupinezaden, veldbonen en erwten*

Om de vervangbaarheid van sojaschroot door lupinezaden, veldbonen of erwten te beoordelen, is het belangrijk te weten wat, naast de verschillen in DVE-gehalte, de overige verschillen in samenstelling van de voederwaarde zijn (Tabel 4). Vergeleken met sojaschroot bevatten de alternatieve krachtvoeders minder ruw eiwit, meer vet (lupinen), meer ruw celstof (lupinen), fors meer zetmeel (veldbonen en erwten), minder suikers en minder mineralen. Deze afwijkingen zijn bij de samenstelling van krachtvoeders of rantsoenen echter geen probleem, omdat ze in vrijwel alle gevallen tamelijk eenvoudig opgevangen kunnen worden door wijzigingen in de opname van de overige krachtvoercomponenten. Hierdoor wordt uiteindelijk aan dezelfde rantsoeneisen voldaan.

**Tabel 4** Samenstelling voederwaarde (g kg$^{-1}$ product) sojahullen, sojaschroot, lupinezaden, veldbonen en erwten

| | DS | RAS | RE | RVET | RC | ZET | SUI | Ca | P | Mg | K | Na | VEM | DVE | OEB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sojahullen[1)] | 885 | 49 | 132 | 28 | 306 | 9 | 17 | 5,1 | 1,4 | 2,1 | 12,9 | 0,1 | 936 | 99 | -29 |
| Sojahullen[2)] | 883 | 47 | 111 | 19 | 335 | 9 | 16 | 5,3 | 1,3 | 2,2 | 12,9 | 0,1 | 901 | 91 | -41 |
| Sojahullen[3)] | 886 | 44 | 102 | 16 | 364 | 9 | 17 | 4,8 | 1,3 | 2,0 | 12,6 | 0,1 | 889 | 88 | -46 |
| Sojaschroot[4)] | 873 | 65 | 469 | 19 | 36 | 8 | 93 | 2,8 | 6,5 | 2,9 | 22,3 | 0,2 | 1015 | 238 | 190 |
| Sojaschroot[5)] | 876 | 65 | 426 | 22 | 61 | 8 | 94 | 2,7 | 6,5 | 2,8 | 21,9 | 0,2 | 1012 | 222 | 164 |
| Sojaschroot[6)] | 876 | 59 | 458 | 19 | 62 | 8 | 91 | 2,7 | 6,6 | 2,9 | 22,1 | 0,2 | 1017 | 235 | 182 |
| Sojaschroot[7)] | 875 | 62 | 429 | 21 | 74 | 8 | 84 | 3,2 | 6,0 | 2,7 | 20,6 | 0,2 | 1010 | 223 | 165 |
| Lupinen[8)] | 913 | 27 | 314 | 52 | 153 | 12 | 53 | 2,4 | 2,8 | 1,7 | 7,7 | 0,4 | 1159 | 124 | 141 |
| Lupinen[9)] | 888 | 39 | 372 | 48 | 137 | 21 | 49 | 2,4 | 2,9 | 1,8 | 8,5 | 0,4 | 1116 | 133 | 192 |
| Veldbonen | 872 | 35 | 275 | 14 | 79 | 338 | 39 | 1,8 | 3,7 | 1,8 | 13,3 | 0,1 | 1025 | 105 | 124 |
| Erwten | 867 | 28 | 211 | 10 | 53 | 387 | 43 | 1,0 | 4,0 | 1,2 | 10,0 | 0,1 | 1024 | 96 | 72 |

[1)] RC<320, [2)] RC 320-360; [3)] RC>360; [4)] RC<50; [5)] RC 50-70, RE<440; [6)] RC 50-70, RE>440; [7)] RC>70; [8)] RE<335; [9)] RE>335; Bron: CVB, 2005

Sojaschroot bevat, vergeleken met de alternatieve krachtvoeders, aanzienlijk meer darmverteerbare aminozuren (Tabel 5). Dit geeft sojaschroot een toegevoegde waarde. Echter, in de meeste rantsoenen is de aminozuursamenstelling van sojaschroot of van het rantsoen geen beperkende of bepalende factor, zodat uiteindelijk het effect van de lagere gehalten niet merkbaar is. Methionine en lysine zijn de eerst beperkende aminozuren in het rantsoen. Mocht hun aandeel in het rantsoen echter te laag zijn, dan kan dit tekort eenvoudig aangevuld worden door toevoeging van deze aminozuren in synthetische vorm.

**Tabel 5** Darmverteerbare aminozuren (g kg$^{-1}$ product) in sojaschroot, lupinezaden, erwten en veldbonen

| | Product | | | |
|---|---|---|---|---|
| Aminozuur | Sojaschroot[1)] | Lupine[2)] | Veldboon[4)] | Erwt[3)] |
| Lysine | 15,8 | 8,2 | 7,2 | 7,9 |
| Methionine | 4,1 | 2,0 | 1,7 | 1,9 |
| Threonine | 10,4 | 5,9 | 4,7 | 5,0 |
| Trypthofaan | 2,4 | 0,6 | 0,4 | 0,4 |
| Isoleucine | 11,5 | 6,5 | 5,2 | 5,2 |
| Arginine | 15,9 | 11,8 | 7,1 | 7,2 |
| Fenylalanine | 11,7 | 5,9 | 4,9 | 5,2 |
| Histidine | 5,6 | 3,3 | 2,3 | 2,3 |
| Leucine | 18,2 | 10,3 | 8,0 | 8,0 |
| Valine | 11,7 | 6,6 | 5,5 | 5,6 |
| Totaal | 107,3 | 61,1 | 47 | 48,7 |

Bron: Subnel, 1997

[1)] RC 50-70, RE>440; [2)] RVET<70, RE>335; [3)] RE>220; [4)] paardebonen, witbloeiend

### *3.1.6 Verhoging van het DVE-gehalte in lupinezaden, veldbonen en erwten*

Alternatieven voor sojaschroot hebben een lager DVE-gehalte (Tabel 4). Dit betekent dat een 1:1 vervanging niet mogelijk is en dat het relatieve aandeel van sojavervangers in het krachtvoer groter zal zijn dan dat van sojaschroot. Het DVE-gehalte van sojavervangers kan door technologische bewerking echter aanzienlijk opgevoerd worden. Deze bewerking wordt in de praktijk reeds uitgevoerd bij sojaschroot, waardoor het DVE-gehalte toeneemt van 235 tot 387 g kg$^{-1}$ product. Uit onderzoek van Goeleman (1999) blijkt dat door het verhitten (toasten) van hele zaden, gedurende 15 minuten bij 136 °C, het gehalte DVE van veldbonen, erwten en lupinezaden in het gemalen product ook aanzienlijk verhoogd kan worden, respectievelijk met 91, 80 en 76%. Het DVE-gehalte, vooral in lupinezaden maar in mindere mate ook in veldbonen en erwten, verschuift hierdoor in de richting van het gehalte in onbehandeld sojaschroot (Tabel 6).

**Tabel 6** Toename van gehalte DVE (g $kg^{-1}$ product) in alternatief krachtvoer na toasten

| Gewas | Onbewerkt product | Na bewerking |
|---|---|---|
| Sojaschroot | 235 | 387[1)] |
| Lupinezaden | 133 | 234[2)] |
| Erwten | 96 | 173[2)] |
| Veldbonen | 105 | 201[2)] |

[1)] Gemiddelde van drie bestendige sojaschroten (Tabel 2)
[2)] Berekend met de percentages uit Goeleman (1999)

Bestendig lupineschroot is momenteel al bij een enkele leverancier verkrijgbaar. Door het bestendiger maken van de alternatieve krachtvoeders wordt 1:1 vervanging van sojaschroot aanzienlijk eenvoudiger. Bestendig sojaschroot is per eenheid DVE goedkoper dan het onbehandelde schroot, waardoor het bestendiger maken voor de eindgebruiker minimaal kostenneutraal is. Hetzelfde zal waarschijnlijk ook bij het bestendiger maken van lupinezaden, veldbonen en erwten het geval zijn.

Verhoging van het DVE-gehalte door toasten gaat ten koste van het OEB-gehalte (Tabel 2). Dit is echter geen probleem; bij de samenstelling van krachtvoer kan een eventueel tekort aan OEB eenvoudig opgevangen worden door toevoeging van ureum.

Wanneer het alternatieve krachtvoer op het eigen melkveebedrijf verbouwd wordt, kan dit, afgezien van malen, in onbewerkte vorm aan het melkvee gevoerd worden. Echter, het is waarschijnlijk veel aantrekkelijker om het krachtvoer bestendiger te laten maken bij een gespecialiseerd bedrijf. Dit betekent dat het krachtvoer heen en weer getransporteerd moet worden, wat tot extra kosten kan leiden. Aanschaf van een eigen toastinstallatie is, los van eventuele verkrijgbaarheid, waarschijnlijk te kostbaar.

### *3.1.7 Beperkingen aan vervanging van sojaproducten door lupinezaden, veldbonen en erwten*

Door verhoging van het DVE-gehalte zou het dus een stuk eenvoudiger moeten worden om sojaproducten in krachtvoer volledig te vervangen. Echter, bij de vervanging speelt nog een ander belangrijk aspect mee, namelijk het gehalte aan anti-nutritionele factoren (ANF) in de zaden van de alternatieve gewassen. Krachtvoer mag momenteel niet meer dan 15% lupinezaden bevatten (% van product) vanwege het gehalte aan alkaloïden in de zaden (Subnel, 1997). Ook erwten en veldbonen mogen niet meer dan 15% (% van product) van het krachtvoer uitmaken vanwege het gehalte aan tannine (Subnel, 1997). In combinatie mogen lupinezaden, veldbonen en erwten afzonderlijk niet meer dan 15% en gecombineerd niet meer dan 25% van een krachtvoer uitmaken.

De maximering van het aandeel vlinderbloemigen in krachtvoer heeft als consequentie dat in bepaalde situaties, waarin een eiwitrijk tot zeer eiwitrijk krachtvoer gewenst is, sojaschroot slechts deels vervangen kan worden door een combinatie van alternatieve eiwithoudende zaden. Concreet kan alleen in krachtvoer met maximaal 23% onbehandeld sojaschroot of maximaal 14% bestendig sojaschroot alle sojaschroot vervangen worden door de combinatie van 15% getoaste lupinezaden en 10% getoaste veldbonen (berekening: (0,15*234+0,1*201)/235=0,23). Bij inzet van de combinatie 15% getoaste lupinezaden en 10% getoaste erwten kan in krachtvoer met maximaal 22% onbehandeld sojaschroot of maximaal 14% bestendig sojaschroot alle sojaschroot vervangen worden. De overige behoefte aan DVE zal in deze gevallen ingevuld moeten worden door andere DVE-rijke grondstoffen. De combinatie lupinezaden+veldbonen kan iets meer sojaschroot vervangen dan de combinatie lupinezaden+erwten, maar dit verschil is klein.

Maximale vervanging van 22-23% onbehandeld sojaschroot betekent concreet dat in krachtvoer met 120 DVE alle sojaschroot zonder problemen vervangen kan worden door de combinatie 15% getoaste lupinezaden en 10% getoaste veldbonen of erwten. Bij krachtvoer met 180 DVE zal een deel van de vervanging uit andere DVE-rijke grondstoffen moeten komen en is volledige vervanging niet mogelijk.

### *3.1.8 Formulering van alternatieve krachtvoeders, effecten op overige samenstelling en kostprijs*

Het samenstellen van krachtvoeders en rantsoenen gebeurt volgens de methode van lineaire programmering op basis van nutriënten, grondstoffen en prijs. Hierbij worden eerst nutriënteisen aan het rantsoen of krachtvoer opgesteld (minimale en maximale gehalten per kg), vervolgens worden grondstofeisen opgesteld met de maximale en minimale aandelen van de beschikbare grondstoffen in het krachtvoer of rantsoen. Tenslotte wordt,

gegeven de nutriënt- en grondstofeisen, een krachtvoer of rantsoen geformuleerd met de laagst mogelijke kostprijs. Naarmate de eisen aan de grenswaarden van nutriënten en grondstoffen strikter zijn, is er minder ruimte om de kostprijs te minimaliseren. Bij het samenstellen van (rundvee)krachtvoeders kan doorgaans worden gekozen uit een groot aantal verschillende grondstoffen (Tabel 7). Hierdoor is het mogelijk om meerdere krachtvoeders samen te stellen met dezelfde voederwaarde die, afhankelijk van de prijs van de grondstoffen, een andere grondstoffensamenstelling hebben. Het aandeel sojaproducten in een krachtvoer wordt mede bepaald door het aanbod en de marktprijs van alternatieve grondstoffen.

Vervanging van sojaschroot door een alternatief krachtvoer kan effecten hebben op de overige samenstelling en de kostprijs. Om deze effecten te bestuderen, zijn een aantal alternatieve krachtvoeders samengesteld. Deze samenstelling is uitgevoerd met het formulerings- en optimaliseringsprogramma Bestmix Feed (versie 3.02; Adifo, België). Er zijn krachtvoeders samengesteld met een DVE-gehalte van 90 (standaardbrok), 120 (eiwitrijk krachtvoer) of 180 DVE (zeer eiwitrijk krachtvoer). Er was sprake van drie opties:

1. vrije keuze van de grondstoffen
2. het maximale gehalte onbewerkte lupinezaden+veldbonen (verplicht), geen sojaproducten
3. het maximale gehalte getoaste lupinezaden+ veldbonen (verplicht), geen sojaproducten

De gebruikte grondstofprijzen zijn de franco inkoopprijzen voor een mengvoederfabriek. De prijzen van grondstoffen zijn zeer variabel in de tijd, afhankelijk van factoren als opbrengstniveau, olieprijs en koers van de dollar. Om toch een idee te krijgen van het effect van de diverse opties op de krachtvoerprijs, zijn de gemiddelde prijzen uit de periode april 2005 tot maart 2006 gebruikt (Tabel 7). Veldbonen/paardebonen worden momenteel niet gebruikt bij het samenstellen van krachtvoer. Hiervoor zijn daarom ook geen gemiddelde prijzen beschikbaar. Omdat veldbonen en erwten qua samenstelling veel op elkaar lijken, is de prijs van erwten gebruikt als de prijs van veldbonen.

De kosten voor het bestendiger maken van sojaschroot bedragen ongeveer €2,13 per 100 kg (=prijs onbewerkt sojaschroot 2005 - prijs bestendig sojaschroot 2005 = €22,37 - €20,24, Tabel 7). Het bestendiger maken van lupinezaden, veldbonen of erwten zal ongeveer evenveel kosten. De grondstofprijzen van bestendige lupinezaden en veldbonen zijn daarom vastgesteld op de grondstofprijs van het onbewerkte product vermeerderd met €2,13.

**Tabel 7** Prijzen van mengvoedergrondstoffen (€/100 kg), gemiddelden april 2005 - maart 2006

| Mengvoedergrondstof | €/100 kg | Mengvoedergrondstof | €/100 kg |
|---|---|---|---|
| Aardappelvezels RE<95g kg$^{-1}$ | 9,13 | Palmpitschilfers RC<220 | 7,76 |
| Bietenpulp, import | 10,36 | Plantaardig vet | 30,08 |
| Bietenpulp, inlands | 12,24 | Protapec[2)] | 8,70 |
| Citruspulp | 10,16 | Raapz.schroot, bestendig | 13,57 |
| Erwten | 14,07 | Raapzaadschroot | 11,25 |
| Gerst | 11,62 | Sojabonen, verhit | 24,54 |
| Kokosschilfers | -[1)] | Sojahullen | 9,21 |
| Kokosschroot | - | Sojaschroot, bestendig, Mervobest | 22,37 |
| Lijnzaadschilfers | 12,33 | Sojaschroot, RE<440 g kg$^{-1}$ | 18,79 |
| Lupinezaden (zoete) | 16,08 | Sojaschroot, RE>440 g kg$^{-1}$ | 20,24 |
| Lupinezaden (zoete) 234 g DVE | 18,21 | Tapioca | 11,97 |
| Luzerne-/grasmeel | 11,21 | Tarwe | 11,43 |
| Maïs | 13,14 | Tarwegries | 8,87 |
| Maïsglutenmeel | 46,97 | Triticale | 11,27 |
| Maïsglutenvoermeel RE 200-230 | 10,20 | Ureum | 27,7 |
| Maïsvoermeel/-kiemschroot | - | Vinasse, biet- | 3,98 |
| Melasse, riet- | 11,36 | Zonnebl.zaadschroot, RE<305 g kg$^{-1}$ | 10,33 |
| Paardebonen, witbl | 14,07 | Zonnebl.zaadschroot, RE>305 g kg$^{-1}$ | 12,2 |
| Paardebonen, witbl 201 g DVE | 16,20 | | |

[1)] Grondstof niet beschikbaar
[2)] Bevat 50% sojahullen

Bij krachtvoer met 90 DVE nam het optimalisatieprogramma bij vrije keuze geen sojaschroot op. Daarom, en omdat sojahullen eenvoudig vervangen kunnen worden, was het weinig zinvol om het programma te verplichten om lupinezaden of veldbonen in al dan niet getoaste vorm op te nemen. Opties 2 en 3 zijn daarom niet doorgerekend bij krachtvoer met 90 DVE. In plaats daarvan is optie 4 geïntroduceerd en doorgerekend. Bij deze

optie zijn alle sojaproducten vervangen door overige grondstoffen (Tabel 8). In de discussie is deze optie ook doorgerekend voor de krachtvoerklassen 120 en 180 DVE.

**Tabel 8** Samenstelling (% van ds) en kostprijs (€/100 kg) van 90 DVE krachtvoer bij optie 1 en 4

| | 1 | 4 |
|---|---|---|
| Bietenpulp, import | - | 4,00 |
| Citruspulp | 13,8 | 22,5 |
| Krijt (fijn gemalen) | 0,76 | 0,60 |
| Lijnzaadschilfers | 10,0 | 10,0 |
| Maïsglutenvoermeel | 37,2 | 40,0 |
| Melasse, riet- | 3,00 | 3,00 |
| Mervit melkvee 31 | 0,75 | 0,75 |
| Palmpitschilfers | 15,0 | 15,0 |
| Sojahullen | 15,0 | - |
| Vet/olie plant hg VC | 0,50 | 0,09 |
| Vinasse, biet- | 3,86 | 4,00 |
| Zout | 0,11 | 0,05 |
| | | |
| Prijs (€/100 kg) | 9,8 | 9,9 |

Ook het samenstellen van een alternatief krachtvoer met 120 DVE gaf weinig problemen. Bij verplichte opname van 15% onbewerkte lupinezaden en 10% onbewerkte veldbonen waren de belangrijkste veranderingen, ten opzichte van de vrije keuze, de opname van maïsglutenmeel, een daling van het aandeel maïsglutenvoermeel en de opname van zonnebloemschroot (Tabel 9). De kostprijs steeg met 20%. Bij gebruik van de maximale hoeveelheid getoaste lupinezaden en veldbonen waren de belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de vrije keuze een daling van het aandeel maïsglutenvoermeel, opname van vinasse en opname van tarwegries. De kostprijs steeg met 3% ten opzichte van de vrije keuze.

**Tabel 9** Samenstelling (% van ds) en kostprijs (€/100 kg) van 120 DVE krachtvoer bij optie 1, 2 en 3

| | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| Citruspulp | 2,33 | - | |
| Krijt (fijn gemalen) | 1,39 | 1,57 | 1,78 |
| Lijnzaadschilfers | 10,0 | 10,0 | 4,66 |
| Lupinezaden RV<70 RE<335 | - | 15,0 | - |
| Lupinezaden RV<70 RE<335 DVE 234 | - | - | 15,0 |
| Maïsglutenmeel | - | 5,58 | - |
| Maïsglutenvoermeel | 40,0 | 24,5 | 33,3 |
| Melasse, riet- | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Mervit melkvee 31 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Paardebonen witbloeiend | - | 10,0 | - |
| Paardebonen, witbloeiend 201 DVE | - | - | 10,0 |
| Palmpitschilfers | 15,0 | 15,0 | 15,0 |
| Sojahullen | 15,0 | - | - |
| Sojaschroot, bestendig | 9,15 | - | - |
| Tarwegries | - | | 12,3 |
| Vet/olie plant hg VC | 0,50 | - | - |
| Vinasse, biet- | 2,74 | 4,00 | 4,00 |
| Zonnebl.zaadschroot, RE<305 g $kg^{-1}$ | - | 10,4 | - |
| Zout | 0,14 | 0,20 | 0,14 |
| | | | |
| Prijs (€/100 kg) | 11,0 | 13,2 | 11,3 |

Bij het samenstellen van alternatief krachtvoer is zeer eiwitrijk krachtvoer het meest kritische product. Uit Tabel 10 blijkt echter dat het goed mogelijk is om met maximaal 15% onbewerkte lupinezaden en 10% onbewerkte veldbonen een krachtvoer met 180 DVE samen te stellen. Vergeleken met de vrije keuze (1) werd maïsglutenvoermeel en zonnebloemschroot opgenomen en was het alternatieve krachtvoer 37% duurder.

**Tabel 10** Samenstelling (% van ds) en kostprijs (€/100 kg) van 180 DVE krachtvoer bij optie 1, 2 en 3

| | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| Krijt (fijn gemalen) | 1,55 | 3,40 | 1,56 |
| Lijnzaadschilfers | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| Lupinezaden RV<70 RE<335 | - | 15,0 | - |
| Lupinezaden RV<70 RE<335 DVE 234 | - | - | 15,0 |
| Magnesiumoxide | 0,01 | 0,14 | 0,06 |
| Maïsglutenmeel | - | 21,5 | 13,2 |
| Maïsglutenvoermeel | 9,02 | - | - |
| Melasse, riet- | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Mervit melkvee 31 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Monocalciumfosfaat | - | 0,36 | 0,16 |
| Paardebonen witbloeiend | - | 10,0 | - |
| Paardebonen, witbloeiend 201 DVE | - | - | 10,0 |
| Palmpitschilfers | 15,0 | 8,36 | 15,0 |
| Raapzaadschroot | 15,0 | 15,0 | 15,0 |
| Sojahullen | 1,65 | - | - |
| Sojaschroot, bestendig | 15,0 | - | - |
| Sojaschroot, RE<440 g $kg^{-1}$ | 25,7 | - | - |
| Vet/olie plant hg VC | 0,49 | - | - |
| Vinasse, biet- | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Zonnebl.zaadschroot, RE<305 g $kg^{-1}$ | - | 9,60 | 1,18 |
| Zonnebl.zaadschroot, RE>305 g $kg^{-1}$ | - | - | 12,2 |
| Zout | 0,81 | 0,88 | 0,88 |
| | | | |
| Prijs (€/100 kg) | 14,2 | 19,4 | 17,0 |

Bij optie 3 werd de DVE die lupinezaden en veldbonen niet konden leveren geleverd door opname van maïsglutenmeel en zonnebloemschroot. Het alternatieve krachtvoer was bij deze optie 20% duurder dan bij de vrije keuze.

Samenvattend kan gesteld worden dat vervanging van sojaproducten door de maximaal toegestane hoeveelheid getoaste lupinezaden+veldbonen in ieder geval goed haalbaar is bij krachtvoer met 90 en 120 DVE. Bij krachtvoer met 180 DVE wordt een wat zwaarder beroep gedaan op alternatieve DVE-rijke grondstoffen, maar ook dan stuit de formulering van dit krachtvoer op relatief weinig problemen. Een risico zou kunnen zijn dat bij volledige vervanging van sojaproducten in de Nederlandse melkveehouderij door de maximaal toegestane hoeveelheid getoaste lupinezaden+veldbonen en de rest alternatieve DVE-rijke grondstoffen, dit mogelijk een marktverstorend effect zou kunnen hebben. Van sommige producten zou mogelijk niet genoeg beschikbaar kunnen zijn, en een grotere vraag zou de prijzen op kunnen drijven. Daar tegenover staat dat een grotere vraag en een hogere prijs ook tot een groter aanbod van deze en andere grondstoffen zou kunnen leiden. Om het effect van de hogere kostprijs van alternatief krachtvoer optie 3 op bedrijfsniveau door te rekenen, is de krachtvoerbehoefte van drie bedrijfstypen berekend:

1. een ‘gemiddeld’ Nederlands melkveebedrijf, zelfvoorzienend
2. als 1, maar intensiever en daardoor niet meer zelfvoorzienend
3. als 2, maar zonder weidegang

Bedrijfstype 1 komt in Nederland het meest voor. Het achterwege laten van weidegang vindt de laatste jaren op 15-20% van de melkveebedrijven plaats (LEI, 2006).

Wat als samenstelling van alternatief krachtvoer met 180 DVE zonder sojaproducten maar beperkt mogelijk zou zijn vanwege beperkte beschikbaarheid van alternatieve DVE-rijke grondstoffen? Om de effecten van dit scenario te bestuderen, is ook een situatie met uitsluiting van 180 DVE krachtvoer doorgerekend voor de drie bedrijfstypen.

### *3.1.9 Doorrekenen van scenario's met een bedrijfsbegrotingsprogramma*

Het 'gemiddelde' melkveebedrijf is gebaseerd op uitgangspunten geformuleerd door Tamminga et al. (2004). De koeien produceren 7.500 kg melk per jaar en krijgen ongeveer 25% snijmaïs in het rantsoen, de rest bestaat uit weidegras en kuilgras. De omvang van dit basisbedrijf is vastgesteld op 600.000 kg melkquotum; bij een intensiteit van ruim 12.200 kg melk $ha^{-1}$ is hierbij 49 hectare grond nodig. Het aandeel maïs in het bouwplan is ongeveer 16%, de rest is grasland. Het bedrijf is wat betreft de ruwvoerbehoefte zelfvoorzienend. Per hectare grasland wordt netto ongeveer 10 ton ds geproduceerd en per hectare maïsland ongeveer 12,5 ton. Naast de basisversie is ook het alternatieve scenario opgenomen, waarin geen krachtvoer met meer dan 120 DVE gevoerd mag worden. Dit scenario kan een situatie representeren met eventuele tekorten aan alternatieve grondstoffen, waardoor het lastig wordt om krachtvoer met meer dan 120 DVE zonder sojaproducten samen te stellen. In Tabel 11 zijn de belangrijkste bedrijfskengetallen samengevat, met bij het alternatieve scenario (max. 120 DVE) de wijzigingen ten opzichte van de basissituatie (max. 180 DVE). De berekeningen zijn uitgevoerd met het BedrijfsBegrotingsPRogramma (BBPR) van de ASG (versie 1054-6, maart 2006).

**Tabel 11** Bedrijfskengetallen per jaar bij maximaal 180 of 120 DVE in krachtvoer, bedrijfstypen 1, 2 en 3

| | Type 1 | | Type 2 | | Type 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | max. 180 | max. 120 | max. 180 | max. 120 | max. 180 | max. 120 |
| Quotum (kg) | 600000 | +0 | 800000 | +0 | 800000 | 0 |
| Melk per koe (kg) | 7500 | +0 | 8000 | +0 | 8000 | 0 |
| Aantal koeien (stuks) | 80 | +0 | 100 | +0 | 100 | 0 |
| Oppervlakte gras (ha) | 41 | +0 | 41 | +0 | 41 | 0 |
| Oppervlakte maïs (ha) | 8 | +0 | 8 | +0 | 8 | 0 |
| Intensiteit (kg melk/ha) | 12245 | +0 | 16327 | +0 | 16327 | 0 |
| Beweidingsysteem[1)] | B+6.0 | B+6.0 | B+8.0 | B+8.0 | S[2)] | S |
| N-jaargift (kg N/ha) | 310 | +0 | 296 | +1 | 301 | 0 |
| Zelfvoorzieningsgraad ruwvoer (%) | 104 | +0 | 78 | +0 | 87 | 0 |
| Netto ds opbrengst graskuil (kg ds/ha) | 10109 | +0 | 9895 | +6 | 10159 | 0 |
| Netto ds opbrengst maïskuil (kg ds/ha) | 12709 | +0 | 12709 | +0 | 12709 | 0 |
| Aankoop krachtvoer 90 DVE (kg) | 133500 | -12789 | 216379 | -14579 | 235918 | -31521 |
| Aankoop krachtvoer 120 DVE (kg) | 11147 | +22691 | 37738 | +26800 | 0 | 54255 |
| Aankoop krachtvoer 180 DVE (kg) | 9903 | -9903 | 12213 | -12213 | 22650 | -22650 |
| Mestproductie ($m^3$) | 2081 | -2 | 2657 | -3 | 3399 | -5 |
| Melkureumgetal (mg/100g) | 24 | +0 | 25 | +0 | 30 | +0 |

[1)] B+6.0=beweiding en dagelijkse krachtvoergift van 6 kg per dier
[2)] S=summerfeeding=zomerstalvoedering

Bij het alternatieve scenario komt de aankoop van krachtvoer met een DVE-gehalte van 180 te vervallen. Om voldoende DVE te voeren neemt de aankoop van krachtvoer met 90 DVE af en de aankoop van krachtvoer met 120 DVE toe. De totale aanvoer van krachtvoer verandert niet. Door het aangepaste rantsoen neemt de mestproductie op bedrijfsniveau bij alle bedrijfstypen marginaal af. Het ureumgetal van de melk wijzigt niet of nauwelijks (het ureumgetal is een maat voor de stikstofefficiëntie van de koe en de kans op stikstofverliezen door ammoniakvervluchtiging). Het ureumgetal bij bedrijfstype 3 is met 30 relatief hoog, maar wijzigt niet door krachtvoer met 180 DVE uit te sluiten. De verschuiving naar meer krachtvoer met 120 DVE en minder krachtvoer met 90 DVE is de belangrijkste wijziging in de rantsoensamenstelling van de alternatieve variant (Tabel 12).

**Tabel 12:** Rantsoensamenstelling per jaar bij maximaal 180 of 120 DVE in krachtvoer, bedrijfstypen 1, 2 en 3

| | Type 1 | | Type 2 | | Type 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | max. 180 | max. 120 | max. 180 | max. 120 | max. 180 | max. 120 |
| Ruwvoeropname koeien (%) | | | | | | |
| Aandeel vers gras | 28 | +0 | 18 | -0 | 0 | +0 |
| Aandeel graskuil | 49 | +0 | 48 | +0 | 83 | +0 |
| Aandeel maïskuil | 23 | +0 | 33 | -0 | 17 | +0 |
| Ruwvoeropname pinken (%) | | | | | | |
| Aandeel vers gras | 52 | +0 | 53 | -0 | 0 | +0 |
| Aandeel graskuil | 48 | +0 | 0 | +0 | 0 | +0 |
| Aandeel maïskuil | 0 | +0 | 47 | +0 | 100 | +0 |
| Ruwvoeropname kalveren (%) | | | | | | |
| Aandeel vers gras | 33 | +0 | 33 | +0 | 0 | +0 |
| Aandeel graskuil | 67 | +0 | 67 | +0 | 100 | +0 |
| Krachtvoeropname koeien (kg/koe) | | | | | | |
| Aandeel 90 DVE | 1548 | -153 | 2049 | -140 | 2236 | -304 |
| Aandeel 120 DVE | 133 | +266 | 366 | +251 | 0 | +515 |
| Aandeel 180 DVE | 112 | -112 | 110 | -110 | 210 | -210 |
| Krachtvoeropname pinken (kg/pink) | | | | | | |
| Krachtvoer 90 DVE | 40 | +0 | 0 | +0 | 0 | +0 |
| Krachtvoeropname kalveren (kg/kalf) | | | | | | |
| Aandeel 90 DVE | 176 | -7 | 176 | -7 | 185 | -10 |
| Aandeel 120 DVE | 8 | +30 | 8 | +30 | 0 | +40 |
| Aandeel 180 DVE | 23 | -23 | 23 | -23 | 30 | -30 |
| Voedingskengetallen koeien (kg/koe) | | | | | | |
| DVE aanbod | 512 | -2 | 551 | -3 | 547 | -4 |
| DVE tekort | 4 | +2 | 4 | +2 | 2 | +4 |
| DVE overschot | 23 | +0 | 15 | +0 | 6 | +0 |
| OEB balans | 143 | +2 | 104 | +3 | 171 | +4 |
| OEB overschot | 143 | +2 | 120 | +2 | 190 | +5 |
| OEB tekort | 0 | +0 | 15 | +0 | 20 | +0 |
| N-opname totaal | 168,4 | +0,0 | 171,4 | +0,0 | 185,2 | +0,3 |

In Tabel 13 zijn de economische gevolgen van het beperken van het DVE-gehalte in krachtvoer weergegeven, met als uitgangspunt dat de krachtvoerprijs per DVE-klasse niet verandert door sojaschroot te vervangen. De feitelijke veranderingen worden achteraf gecorrigeerd, zijnde de meest eenvoudige oplossing. Door geen krachtvoer van 180 DVE maar meer krachtvoer van 120 DVE en minder krachtvoer van 90 DVE te voeren, stijgt de arbeidsopbrengst bij alle bedrijfstypen marginaal. Uit de resultaten van de berekeningen in bedrijfsverband kan geconcludeerd worden dat uitsluiten van krachtvoer met 180 DVE geen grote of onoverkomelijke problemen geeft in de bedrijfsvoering. Verder leidt uitsluiten van krachtvoer met 180 DVE niet tot hogere indirecte kosten op bedrijfsniveau.

**Tabel 13:** Economische kengetallen per jaar bij maximaal 180 of 120 DVE in krachtvoer, bedrijfstypen 1, 2 en 3

| | max. 180 | max. 120 | max. 180 | max. 120 | max. 180 | max. 120 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Opbrengsten (€)** | 245399 | +0 | 324070 | -7 | 324137 | 0 |
| - Melk | 191049 | +0 | 256771 | -7 | 256838 | 0 |
| - Omzet en aanwas | 26412 | +0 | 33017 | +0 | 33017 | 0 |
| - Overig (o.a. premies) | 27938 | +0 | 34282 | +0 | 34282 | 0 |
| **Toegerekende kosten (€)** | 60947 | -175 | 93351 | -251 | 90376 | -379 |
| - Voerkosten | 25262 | -205 | 50520 | -349 | 47794 | -422 |
| - krachtvoer | 23122 | -205 | 39856 | -269 | 38738 | -420 |
| - Veekosten | 22444 | +0 | 28466 | +0 | 29696 | 0 |
| - Overige toegerekende kosten | 13241 | +30 | 14365 | +98 | 12886 | 43 |
| **Niet toegerekende kosten (€)** | 165908 | -13 | 190764 | -47 | 204901 | -38 |
| - Loonwerk | 26064 | -7 | 28905 | -35 | 36638 | -13 |
| - Werktuigen en installaties | 45429 | +0 | 50614 | +0 | 52259 | 0 |
| - Grond en gebouwen | 75736 | -6 | 84056 | -5 | 87440 | -9 |
| - Overige niet toegerekende kosten | 18679 | +0 | 27189 | -7 | 28564 | -16 |
| **Arbeidsopbrengst (€)** | 18544 | +188 | 39955 | +291 | 28860 | +417 |

Wat zijn nu de extra aankoopkosten voor krachtvoer als de in paragraaf 3.1.8 geformuleerde krachtvoeders (optie 3) worden ingezet in plaats van het standaardkrachtvoer? Om dit inzichtelijk te maken, zijn drie scenario's doorgerekend:

A. vervanging van regulier krachtvoer met max. 180 DVE door alternatief krachtvoer optie 3 met max. 180 DVE
B. vervanging van regulier krachtvoer met max. 120 DVE door alternatief krachtvoer optie 3 met max. 120 DVE
C. vervanging van regulier krachtvoer met max. 180 DVE door alternatief krachtvoer optie 3 met max. 120 DVE

Bij berekening van de extra aankoopkosten zijn de krachtvoerprijzen van optie 3 uit paragraaf 3.1.8 gebruikt. Deze prijzen zijn respectievelijk €9,9, €11,3 en €17,0 voor krachtvoer met 90, 120 en 180 DVE. Voor het reguliere krachtvoer zijn de krachtvoerprijzen van optie 1 gebruikt. Vervanging van regulier krachtvoer door alternatief krachtvoer optie 3 leidt dan tot meerkosten per jaar van €444, €672 en €870 bij bedrijfstypen 1, 2 en 3. De meerkosten per 100 kg melk zouden respectievelijk €0,07, €0,08 en €0,11 bedragen (Tabel 14).

**Tabel 14** Scenario A: vervanging van regulier krachtvoer door alternatief krachtvoer optie 3 op totale krachtvoerkosten per jaar en meerkosten per 100 kg melk bij bedrijfstypen 1, 2 en 3, krachtvoer met max. 180 DVE

| Type bedrijf | Krachtvoerklasse | | | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| | 90 DVE | 120 DVE | 180 DVE | |
| | **Aankoop krachtvoer (kg)** | | | |
| 1 | 133500 | 11147 | 9903 | 154550 |
| 2 | 216379 | 37738 | 12213 | 266330 |
| 3 | 235918 | 0 | 22650 | 258568 |
| | **Aankoopkosten (€) stand. krachtvoer** | | | |
| 1 | 13083 | 1226 | 1406 | 15715 |
| 2 | 21205 | 4151 | 1734 | 27091 |
| 3 | 23120 | 0 | 3216 | 26336 |
| | **Aankoopkosten (€) alt. krachtvoer** | | | |
| 1 | 13217 | 1260 | 1684 | 16160 |
| 2 | 21422 | 4264 | 2076 | 27762 |
| 3 | 23356 | 0 | 3851 | 27206 |
| | **Meerkosten (€) bij alt. krachtvoer** | | | |
| 1 | 134 | 33 | 277 | 444 |
| 2 | 216 | 113 | 342 | 672 |
| 3 | 236 | 0 | 634 | 870 |
| | **Meerkosten (€) per 100 kg melk** | | | |
| 1 | - | - | - | 0,07 |
| 2 | - | - | - | 0,08 |
| 3 | - | - | - | 0,11 |

Als er geen krachtvoer met meer dan 120 DVE gebruikt wordt, zou vervanging van regulier krachtvoer door alternatief krachtvoer optie 3 leiden tot meerkosten per jaar van €222, €395 en €367 bij bedrijfstypen 1, 2 en 3 (Tabel 15). De meerkosten per 100 kg melk zouden respectievelijk €0,04, €0,05 en €0,05 bedragen.

**Tabel 15** Scenario B: effect inzet alternatieve krachtvoeders optie 3 op totale krachtvoerkosten per jaar en meerkosten per 100 kg melk bij bedrijfstypen 1, 2 en 3, krachtvoer met max. 120 DVE

| Type bedrijf | Krachtvoerklasse | | | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| | 90 DVE | 120 DVE | 180 DVE | |
| | **Aankoop krachtvoer (kg)** | | | |
| 1 | 120711 | 33838 | 0 | 154549 |
| 2 | 201800 | 64538 | 0 | 266338 |
| 3 | 204397 | 54255 | 0 | 258652 |
| | **Aankoopkosten (€) stand. krachtvoer** | | | |
| 1 | 11830 | 3722 | 0 | 15552 |
| 2 | 19776 | 7099 | 0 | 26876 |
| 3 | 20031 | 5968 | 0 | 25999 |
| | **Aankoopkosten (€) alt. krachtvoer** | | | |
| 1 | 11950 | 3824 | 0 | 15774 |
| 2 | 19978 | 7293 | 0 | 27271 |
| 3 | 20235 | 6131 | 0 | 26366 |
| | **Meerkosten (€) bij alt. krachtvoer** | | | |
| 1 | 121 | 102 | 0 | 222 |
| 2 | 202 | 194 | 0 | 395 |
| 3 | 204 | 163 | 0 | 367 |
| | **Meerkosten (€) per 100 kg melk** | | | |
| 1 | - | - | - | 0,04 |
| 2 | - | - | - | 0,05 |
| 3 | - | - | - | 0,05 |

Uit samenvoeging van gegevens uit Tabel 14 en Tabel 15 blijkt dat door het voeren van alternatief krachtvoer optie 3 met max. 120 DVE in plaats van regulier krachtvoer met max. 180 DVE, de meerkosten van €444, €672

en €870 dalen naar meerkosten per jaar van €59, €180 en €30 (Tabel 16). Inclusief de hogere arbeidsopbrengsten (Tabel 13) is er sprake van meeropbrengsten van €129, €111 en €387. De meeropbrengsten per 100 kg melk bedragen respectievelijk €0,02, €0,01 en €0,05.

**Tabel 16** Scenario C: effect inzet alternatieve krachtvoeders optie 3 op totale krachtvoerkosten per jaar en meerkosten per 100 kg melk bij bedrijfstypen 1, 2 en 3 en uitsluiting van krachtvoer met meer dan 120 DVE, vergeleken met de basissituatie

| Type bedrijf | Krachtvoerklasse | | | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| | 90 DVE | 120 DVE | 180 DVE | |
| | **Aankoopkosten (€) stand. krachtvoer, max. 180 DVE** | | | |
| 1 | 13083 | 1226 | 1406 | 15715 |
| 2 | 21205 | 4151 | 1734 | 27091 |
| 3 | 23120 | 0 | 3216 | 26336 |
| | **Aankoopkosten (€) alt. krachtvoer, max. 120 DVE** | | | |
| 1 | 11950 | 3824 | 0 | 15774 |
| 2 | 19978 | 7293 | 0 | 27271 |
| 3 | 20235 | 6131 | 0 | 26366 |
| | **Meerkosten (€) alt. krachtvoer, max. 120 DVE** | | | |
| 1 | -1133 | 2598 | -1406 | 59 |
| 2 | -1227 | 3142 | -1734 | 180 |
| 3 | -2885 | 6131 | -3216 | 30 |
| | **Extra arbeidsopbrengst (€)** | | | |
| 1 | - | - | - | 188 |
| 2 | - | - | - | 291 |
| 3 | - | - | - | 417 |
| | **Totale meerkosten (€)** | | | |
| 1 | - | - | - | -129 |
| 2 | - | - | - | -111 |
| 3 | - | - | - | -387 |
| | **Meerkosten (€) per 100 kg melk** | | | |
| 1 | - | - | - | -0,02 |
| 2 | - | - | - | -0,01 |
| 3 | - | - | - | -0,05 |

De conclusie is dat de inzet van alternatieve krachtvoeders, zoals geformuleerd in paragraaf 3.1.8, wat betreft de aankoopkosten op bedrijfsniveau kostenneutraal tot licht positief kan verlopen, mits het gebruik van krachtvoer met 180 DVE wordt uitgesloten. Wordt krachtvoer met 180 DVE niet uitgesloten, dan bedragen de meerkosten op bedrijfsniveau €444 tot €870 voor de drie bedrijfstypen. Hierbij moet opgemerkt worden dat deze meerkosten berekend zijn op basis van de marktprijzen voor lupinezaden, veldbonen en erwten. De kostprijs van deze alternatieve krachtvoercomponenten, indien geteeld op het eigen bedrijf, kan echter aanzienlijk hoger liggen dan de marktprijs. Hierdoor kunnen de totale meerkosten op bedrijfsniveau ook aanzienlijk hoger liggen (zie paragrafen 3.2.7 en 4.2).

### *3.1.10 Effect van vervanging op melkproductie, melkkwaliteit en overige aspecten*

Omdat krachtvoer en het totale rantsoen (ruwvoer en krachtvoer) voor melkvee worden geoptimaliseerd op basis van rantsoeneisen, heeft vervanging van sojaproducten in krachtvoer door alternatieve grondstoffen geen effecten op de melkproductie, de melkkwaliteit, het gehalte melkureum, de mestproductie of de samenstelling van de mest.

Nu vervanging van sojaproducten door alternatieve krachtvoeders voertechnisch mogelijk blijkt te zijn, en de gevolgen voor de kostprijs op bedrijfsniveau deels in beeld zijn gebracht, is de vervolgvraag of de drie alternatieve krachtvoeders op een Nederlands melkveebedrijf verbouwd kunnen worden en wat daarbij de knelpunten en teeltkosten zijn. Om die vragen te kunnen beantwoorden, wordt allereerst de teelt van de drie gewassen kort beschreven, en worden de gewassen onderling vergeleken op teeltaspecten. De gebruikte informatie is grotendeels afkomstig uit de Boer et al. (2003).

## 3.2 Teeltaspecten en knelpunten bij de verbouw van lupinezaden, veldbonen en erwten

### *3.2.1 Eisen aan standplaats*

Erwten en veldbonen kunnen op de meeste gronden geteeld worden, mits de bodemstructuur goed is en de pH niet lager is dan 5 (6 op klei). Bij lupinen mag de pH niet hoger zijn dan 6,5. Bij een hogere pH kan de teelt mislukken door het optreden van kalkchlorose. In de praktijk kan dit betekenen dat lupine niet op alle kleigronden verbouwd kan worden. Van de drie gewassen is lupine het minst droogtegevoelig, gevolgd door erwten en tenslotte veldbonen.

### *3.2.2 Effecten op bodemkwaliteit*

Erwten en veldbonen wortelen relatief ondiep (1 m); lupine kan op een diep doorwortelbare bodem tot 2,5 m diep wortelen en heeft daarbij meer wortels op grotere diepte. Volggewassen kunnen de wortelgangen gebruiken om zelf dieper te wortelen. Lupinen kunnen door hun diepere beworteling en grotere wortelmassa een gunstiger effect op de bodemkwaliteit hebben dan erwten of veldbonen. Erwten kunnen niet vaker dan eens in de zes jaar op hetzelfde perceel verbouwd worden vanwege de relatief grote gevoeligheid voor aantasting door bodemschimmels en aaltjes. Veldbonen kunnen eens in de vijf jaar verbouwd worden, lupinen eens in de vier jaar. Wat betreft bodemkwaliteitsaspecten lijkt lupine het meest gunstige gewas.

### *3.2.3 Vruchtwisseling*

De drie peulvruchten zijn redelijk tot goede voorvruchten voor andere gewassen. Niet alleen laten ze een redelijk (erwten, veldbonen) tot goed (lupine) doorwortelde bodem achter, maar ze leveren daarbij ook stikstof aan een volgend gewas (tot ruim 100 kg $ha^{-1}$). Voorvruchten die veel stikstof in de bodem achterlaten, of waarvan de teelt een negatief effect heeft op de bodemstructuur, zijn slechte voorvruchten voor alle drie gewassen. Snijmaïs zal niet altijd een goede voorvrucht zijn, omdat na de teelt van snijmaïs relatief veel stikstof kan achterblijven in de bodem (kleigronden), en bij de oogst structuurschade op kan treden. Gras is een goede voorvrucht, mits de ondergrond niet sterk verdicht is. In een vruchtwisseling van gras met snijmaïs zou één van de peulvruchten het best geteeld kunnen worden ná de snijmaïs en vóór het inzaaien van het grasland. De stikstof die de peulvrucht nalevert, kan goed door het nieuwe gras benut worden, omdat dit gras meteen na de oogst (augustus/september) ingezaaid kan worden. Teelt van één van de peulvruchten ná het scheuren van grasland lijkt een minder goed idee. Een aanzienlijke nalevering van stikstof uit de gescheurde graszode kan dan nadelig uitpakken voor het volggewas. Verder is er na het scheuren van grasland een grotere kans op vraat aan het gewas door emelten of ritnaalden.

### *3.2.4 Bemesting*

Evenals soja zijn de drie gewassen vlinderbloemigen, wat wil zeggen dat ze het vermogen hebben om in hun stikstofbehoefte te voorzien door het binden van stikstof uit de lucht. Dit betekent dat de gewassen niet met kunstmeststikstof bemest hoeven worden, behalve soms een kleine startgift van 30 kg stikstof $ha^{-1}$.

Erwten hebben een ruime fosfaatgift nodig, zeker omdat de beginontwikkeling van het gewas sterk reageert op fosfaat. De onttrekking door het gewas van fosfaat en kali wordt geschat op respectievelijk 60 kg $P_2O_5$ $ha^{-1}$ en 180 kg $K_2O$ $ha^{-1}$. De behoefte aan fosfaat en kali van veldbonen is ongeveer vergelijkbaar met die van erwten. Lupine heeft op normale landbouwgrond een zeer lage fosfaat- en kalibehoefte, en hoeft daarom doorgaans niet bemest te worden. De onttrekking door het gewas van fosfaat en kali wordt geschat op respectievelijk 30-40 en 40-60 kg $ha^{-1}$. Omdat lupine diep wortelt, kunnen al ‘uitgespoelde’ nutriënten weer uit de ondergrond opgenomen worden.

Een drijfmestgift is voor erwten en veldbonen niet aan te raden en voor lupinen af te raden. De stikstof in de drijfmest kan een negatief effect hebben op de begingroei van lupinen; daarnaast heeft het gewas de nutriënten in de drijfmest in principe niet nodig. Voor alle drie gewassen geldt dat structuurschade bij het uitrijden van de drijfmest een negatief effect kan hebben op de gewasgroei en opbrengst. Wordt er toch drijfmest gegeven, dan dient de hoeveelheid werkzame stikstof in de drijfmest (vergelijkbaar met stikstof uit kunstmest) niet hoger te zijn dan 30 kg $ha^{-1}$. De gift blijft dan beperkt tot ongeveer 15 ton runderdrijfmest.

### *3.2.5 Aantasting door ziekten en plagen*

Als vlinderbloemigen zijn de drie gewassen relatief gevoelig voor aantasting door ziekten en plagen. Veldbonen zijn het minst gevoelig en erwten het meest. Vanwege deze gevoeligheid vereist de teelt van deze gewassen een goed kennisniveau van ziekten en plagen en hun bestrijding. Deze specialistische kennis is bij melkveehouders doorgaans onvoldoende tot niet aanwezig, wat een belangrijk knelpunt vormt voor een succesvolle teelt op het melkveebedrijf. Daarnaast hebben melkveehouders meestal ook de benodigde (spuit)apparatuur niet tot hun beschikking.

### *3.2.6 Opbrengst, verwerking en opslag*

De opbrengsten van de drie gewassen zijn sterk variabel, afhankelijk van factoren als ziektedruk en weersomstandigheden. Lupinen kunnen bij een geslaagde teelt 3,5 tot 4 ton zaden per hectare opbrengen. Voor erwten en veldbonen kan gerekend worden met een opbrengst van 4,5 tot 5 ton zaden per hectare. De zaden kunnen na oogst (en eventueel nadrogen) droog worden opgeslagen. Ze kunnen echter na vermaling en toevoeging van zuur ook worden ingekuild. Deze laatste optie zou voor een melkveehouder waarschijnlijk het handigst zijn, omdat een melkveehouder meestal, in tegenstelling tot een akkerbouwer, geen geschikte ruimte voor droge opslag heeft. Bij vermalen en inkuilen is wel een investering in maalapparatuur en eventueel extra kuilplaatoppervlak nodig. Het ingekuilde product kan eenvoudig worden toegevoegd aan het dagelijkse rantsoen. Bij het openen en voeren van de kuil bestaat de kans dat de kuil gaat broeien, waardoor het product veel voedingswaarde verliest en bedorven kan raken door schimmel- en bacteriegroei. Het is echter geen groot probleem om dit adequaat op te lossen. Bij droge opslag kunnen de zaden gevoerd worden na breken of vermalen. Wel een probleem is het toasten van de zaden; dit dient óf op een professioneel bedrijf plaats te vinden of op het bedrijf zelf. De laatste oplossing is waarschijnlijk te kostbaar, afgezien van de vraag of het mogelijk is. Transport naar en van het bedrijf waar het toasten plaats vindt, zal de kosten verhogen. Verder is de vraag of het getoaste product wel succesvol ingekuild kan worden. Wat verder nog een knelpunt zou kunnen zijn, is hoe het maximaal toegestane aandeel van het product (15+10%) in het rantsoen geborgd zou kunnen worden.

Los van de geschetste knelpunten, welk krachtvoergewas is het meest aantrekkelijk om te telen vanuit het oogpunt van DVE-vervanging? Bij beantwoording van deze vraag is niet alleen het DVE-gehalte van het zaad maar ook de DVE-opbrengst per hectare van belang. Het DVE-gehalte van lupinezaden is aanzienlijk hoger dan het DVE-gehalte van veldbonen of erwten, maar de hectareopbrengst is aanzienlijk lager. Uit Tabel 17 blijkt dat lupinen en veldbonen elkaar niet veel ontlopen wat betreft de DVE-opbrengst per hectare. Erwten blijven ten opzichte van veldbonen en lupinen wat achter in DVE-opbrengst. Op basis van DVE-opbrengst zijn lupinen en veldbonen het aantrekkelijkst. Op basis van gehalten in het product zijn lupinen het aantrekkelijkst, gevolgd door veldbonen en tenslotte erwten. Deze aantrekkelijkheid ontstaat vanwege de maximering van het aandeel van de diverse producten in het krachtvoer; hoe lager het DVE-gehalte in het product is, des te minder sojaproduct in het krachtvoer vervangen kan worden (paragraaf 3.1.7).

**Tabel 17** Jaaropbrengsten en samenstelling van de drie gewassen geteeld als krachtvoer

| Parameter | Lupinen | Erwten | Veldbonen |
|---|---|---|---|
| Opbrengst (kg product $ha^{-1}$) | 3,5 | 4,5 | 4,5 |
| DVE (g $kg^{-1}$ product) | 133 | 96 | 105 |
| DVE-opbrengst (kg $ha^{-1}$) | 466 | 432 | 473 |

Alles overziend lijken, op basis van DVE-gehalte, DVE-opbrengst en diverse teeltaspecten, lupinen het meest aantrekkelijke gewas te zijn, gevolgd door veldbonen en tenslotte erwten. Het overzicht van diverse teeltaspecten heeft al laten zien dat er bij teelt op het melkveebedrijf diverse knelpunten optreden die teelt van de alternatieve gewassen weinig aantrekkelijk maken. Ter volledigheid dient echter ook nog de vraag beantwoordt te worden in hoeverre de teelt van een alternatief gewas inpasbaar is in de bedrijfsvoering.

### *3.2.7 Haalbaarheid van de teelt van alternatieve krachtvoeders op het Nederlandse melkveebedrijf*

Vragen die hierbij een rol spelen zijn:
- wat is de vraag in kg product en areaal per bedrijf?
- welk effect zou de teelt hebben in het kader van de derogatie?
- wat is kostprijs van zelf verbouwd alternatief krachtvoer?

Om de behoefte aan kg product op bedrijfsniveau vast te stellen, kan gebruik gemaakt worden van de eerder gedefinieerde bedrijfstypen. Bij bedrijfstype 1 is, bij de maximaal toegestane vervanging van sojaproducten door 15% lupinezaden en 10% veldbonen, de behoefte aan lupinezaden (11.147+9.903)*0,15=3.158 kg en aan veldbonen (11.147+9.903)*0,1=2.105 kg veldbonen. Dit is, bij hectareopbrengsten van respectievelijk 3,5 en 4,5 ton product, equivalent met 0,9 ha lupinen en 0,5 ha veldbonen. Bij bedrijfstype 2 en 3 is deze behoefte respectievelijk 2,1 ha lupinen en 1,1 ha veldbonen en 1,0 ha lupinen en 0,5 ha veldbonen. Deze areaalbehoefte levert een ander knelpunt op; dergelijke arealen gewas zijn eigenlijk te klein om efficiënt op het eigen bedrijf te telen. Verder zou de teelt meestal ten koste gaan van het areaal gras of snijmaïs, waardoor deze producten op de markt aangekocht zouden moeten worden. In deze situatie zou het logischer zijn om de alternatieve krachtvoeders, in getoaste vorm, op de markt aan te kopen.

Een ander aspect bij inpassing in de bedrijfsvoering zijn de derogatienormen. Sinds 2006 moet op een melkveebedrijf minimaal 70% van het totale areaal uit gras bestaan, wil een bedrijf onder de derogatie van de Europese mestwetgeving vallen. Deze derogatie houdt in, dat in plaats van maximaal 170 kg N $ha^{-1}$ met dierlijke mest er maximaal 250 kg N $ha^{-1}$ met dierlijke mest toegediend mag worden. De meeste melkveehouders geven hieraan de voorkeur. Bij de voorbeeldbedrijven is het areaal snijmaïs 16% van het totaal. Bij 1,4 tot 3,3 ha alternatief voedergewas zou het aandeel gras nog steeds meer dan 70% zijn. In dat opzicht hoeft de teelt van alternatieve voedergewassen geen knelpunt te zijn.

Een belangrijk knelpunt bij de teelt van een alternatief krachtvoer is de kostprijs van dat krachtvoer. Deze zal fors hoger zijn dan de prijs van alternatief krachtvoer dat op de wereldmarkt wordt aangekocht, onder andere vanwege de hoge grondprijs en hoge arbeidskosten in Nederland. Het is niet eenvoudig te berekenen wat de kostprijs van alternatieve krachtvoeders op een melkveebedrijf zou zijn. Berekening van de kostprijs op een akkerbouwbedrijf is eenvoudiger, omdat meer gegevens voorhanden zijn. Deze kostprijs wordt in paragraaf 4.2 berekent.

Een laatste knelpunt wat betreft inpassing van de teelt van alternatieve krachtvoeders kan de prioritering van een melkveehouder zijn. Veel melkveehouders zullen weinig geïnteresseerd zijn in de verbouw van eigen krachtvoer; hun prioriteiten liggen bij het pure melkveebedrijf.

Samenvattend kunnen de volgende knelpunten geformuleerd worden:
1. melkveehouders hebben niet de benodigde specifieke kennis voor de teelt van de alternatieve gewassen;
2. melkveehouders hebben niet de beschikking over de juiste apparatuur voor teelt en verwerking, aanschaf is (te) kostbaar;
3. verwerking van het geoogste product (toasten, inkuilen, bewaren) en rantsoenering kan problematisch zijn;
4. de areaalbehoefte is te klein om op het eigen bedrijf efficiënt in te vullen;
5. zelf verbouwd krachtvoer zal veel duurder zijn dan op de wereldmarkt;
6. veel melkveehouders zullen aan de teelt van het alternatieve krachtvoer een lage prioriteit toekennen.

Knelpunten 1, 2 en 4 zijn op te lossen wanneer in een samenwerkingsverband met een akkerbouwer de teelt en verwerking van meerdere melkveebedrijven op één bedrijf geconcentreerd wordt.

### *3.2.8 Benodigd areaal vervangende krachtvoergewassen op nationaal niveau*

Op basis van het totaalverbruik van sojaproducten in de Nederlandse melkveehouderij kan berekend worden hoe groot het areaal alternatieve krachtvoergewassen zou moeten zijn. Bij standaardisatie van alle gebruikte sojaproducten op onbewerkt sojaschroot, bedraagt de totale hoeveelheid onbewerkt sojaschroot 270.072 ton per jaar (paragraaf 3.1.3). Als het aandeel gestandaardiseerd sojaschroot in krachtvoeders niet hoger zou zijn dan 23%, dan zou deze gehele hoeveelheid vervangen kunnen worden door alternatief krachtvoer (paragraaf 3.1.7). De nationale behoefte aan lupinezaden en veldbonen zou daarmee jaarlijks respectievelijk (15/25)*270.072*(235/234)=162.736 ton en (10/25)*270.072*(235/201)=126.302 ton bedragen. De

opbrengsten van de twee gewassen zijn respectievelijk 3,5 en 4,5 ton $ha^{-1}$. Hiermee komt het benodigde maximale areaal op 46.496 ha voor lupinen en 28.067 ha voor veldbonen, in totaal 74.563 ha.

Echter, het gehalte aan lupinezaden en veldbonen in krachtvoer is gemaximeerd (paragraaf 3.1.7). Bij samenstelling van een alternatief krachtvoer zal daarom een deel van de DVE-vervanging uit andere DVE-rijke grondstoffen moeten komen. Hierdoor zal het totaal benodigde areaal lager zijn dan 74.563 ha.

Stel dat het gemiddelde eiwitrijke tot zeer eiwitrijke krachtvoer 30% onbewerkt sojaschroot bevat. Hiervan kan 23% vervangen worden door de combinatie getoaste lupinezaden+veldbonen. Vervangen wordt dan een hoeveelheid van 23/30*270.072=207.055 ton gestandaardiseerd onbewerkt sojaschroot. Het benodigde areaal lupinen is dan (15/25)*207.055*(235/234)=124.764 ton=35.647 ha en het benodigde areaal veldbonen (10/25)*207.055*(235/201)=96.832 ton=21.518 ha. In Nederland zou dan ongeveer 57.000 ha landbouwgrond beschikbaar moeten komen voor de teelt van de alternatieve krachtvoeders.

# 4 Discussie

## 4.1 Andere mogelijkheden om het gebruik van gangbare sojaproducten terug te dringen

Naast vervanging van sojaproducten door lokaal geteeld DVE-rijk krachtvoer zijn er nog andere opties om het sojaverbruik zoveel mogelijk terug te dringen. Een eenvoudige oplossing is om al het onbehandelde sojaschroot bestendiger te maken. Hierdoor zou het gebruik maximaal met 235/387=39% teruggedrongen kunnen worden. Momenteel is circa 24% van het gebruikte sojaschroot in Nederland al bestendiger gemaakt (paragraaf 3.1.3). Het bestendiger maken van het overige schroot zou kunnen leiden tot een afname van (150.268-(150.268*235/387)=59.020 ton onbewerkt sojaschroot of 59.020/198.226=30% van het nationale gebruik in de rundveehouderij. Een andere optie zou kunnen zijn om sojaproducten volledig te vervangen door andere DVE-rijke grondstoffen, zoals maïsglutenvoermeel, raapzaadschroot en zonnebloemschroot. Om te kijken of deze twee opties mogelijk zijn en tot welke meerkosten ze leiden, zijn met dezelfde uitgangspunten als in paragraaf 3.1.8 alternatieve krachtvoeders geformuleerd met 120 en 180 DVE. De opties hierbij waren:

4. krachtvoer zonder sojaproducten (was eerder al berekend voor krachtvoer met 90 DVE)
5. krachtvoer met zoveel mogelijk onbewerkt sojaschroot en hullen
6. krachtvoer met zoveel mogelijk bestendig gemaakt sojaschroot

Om onderling te kunnen vergelijken, zijn de eerder samengestelde opties 1, 2 en 3 ook in de tabellen opgenomen. Vervanging van onbewerkt door bestendig sojaschroot (6) bleek bij krachtvoer met 120 DVE goed mogelijk, en had een neutraal effect op de kostprijs vergeleken met de vrije keuze (1). Vergeleken met de optie met zoveel mogelijk onbewerkt sojaschroot (5) daalde de kostprijs licht (Tabel 18). Het uitsluiten van sojaproducten (4) was eveneens mogelijk, maar leidde tot een stijging van de kostprijs met 12% vergeleken met de vrije keuze (1).

**Tabel 18** Samenstelling (% van ds) en kostprijs (€/100 kg) van 120 DVE krachtvoer bij optie 1-6

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bietenpulp | - | - | - | 9,29 | - | - |
| Citruspulp | 2,33 | - | - | - | - | 10,8 |
| Krijt (fijn gemalen) | 1,39 | 1,57 | 1,78 | 1,52 | 1,48 | 1,32 |
| Lijnzaadschilfers | 10,0 | 10,0 | 4,66 | 10,0 | 10,0 | 8,56 |
| Lupinezaden RV<70 RE<335 | - | 15,0 | - | 6,14 | - | - |
| Lupinezaden RV<70 RE<335 DVE 234 | - | - | 15,0 | - | - | - |
| Magnesiumoxide | - | - | - | - | - | - |
| Maïsglutenmeel | - | 5,58 | - | 4,94 | - | - |
| Maïsglutenvoermeel | 40,0 | 24,5 | 33,3 | 32,2 | 32,6 | 40,0 |
| Melasse, riet- | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Mervit melkvee 31 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Monocalciumfosfaat | - | - | - | - | - | - |
| Paardebonen witbloeiend | - | 10,0 | - | - | - | - |
| Paardebonen, witbloeiend 201 DVE | - | - | 10,0 | - | - | - |
| Palmpitschilfers | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 |
| Protapec | - | - | - | - | - | 6,01 |
| Raapzaadschroot | - | - | - | 15,0 | - | - |
| Sojahullen | 15,0 | - | - | - | 15,0 | - |
| Sojaschroot, bestendig | 9,15 | - | - | - | - | 10,0 |
| Sojaschroot, RE<440 g $kg^{-1}$ | - | - | - | - | 19,8 | - |
| Tarwegries | - | | 12,3 | - | - | - |
| Ureum | - | - | - | - | - | - |
| Vet/olie plant hg VC | 0,50 | - | - | - | 0,19 | 0,50 |
| Vinasse, biet- | 2,74 | 4,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | 4,00 |
| Zonnebl.zaadschroot, RE<305 g $kg^{-1}$ | - | 10,4 | - | - | - | - |
| Zonnebl.zaadschroot, RE>305 g $kg^{-1}$ | - | - | - | - | - | - |
| Zout | 0,14 | 0,20 | 0,14 | 0,18 | 0,23 | 0,06 |
| Prijs (€/100 kg) | 11,0 | 13,2 | 11,3 | 12,3 | 11,5 | 11,0 |

Ook bij krachtvoer met 180 DVE bleek het goed mogelijk het gebruik van sojaschroot in krachtvoer terug te dringen door maximaal gebruik te maken van bestendig sojaschroot (Tabel 19). Het OEB dat het bestendige sojaschroot niet leveren kon, werd aangevuld door onder andere 0,63% ureum in het krachtvoer op te nemen. Maximale opname van bestendig sojaschroot leidde tot een daling van de kostprijs met 4% vergeleken met de vrije keuze (1) en met 12% vergeleken met de optie met zoveel mogelijk onbewerkt sojaschroot (5). Het uitsluiten van sojaproducten (4) bleek geen probleem, maar leidde tot een toename van de kostprijs van 30% vergeleken met de vrije keuze (1).

**Tabel 19** Samenstelling (% van ds) en kostprijs (€/100 kg) van 180 DVE krachtvoer bij optie 1-6

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Krijt (fijn gemalen) | 1,55 | 3,40 | 1,56 | 1,80 | 1,88 | 1,81 |
| Lijnzaadschilfers | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| Lupinezaden RV<70 RE<335 | - | 15,0 | - | - | - | - |
| Lupinezaden RV<70 RE<335 DVE 234 | - | - | 15,0 | - | - | - |
| Magnesiumoxide | 0,01 | 0,14 | 0,06 | 0,07 | 0,03 | - |
| Maïsglutenmeel | - | 21,5 | 13,2 | 23,1 | - | - |
| Maïsglutenvoermeel | 9,02 | - | - | 20,9 | - | 36,0 |
| Melasse, riet- | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Mervit melkvee 31 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Monocalciumfosfaat | - | 0,36 | 0,16 | - | - | - |
| Paardebonen witbloeiend | - | 10,0 | - | - | - | - |
| Paardebonen, witbloeiend 201 DVE | - | - | 10,0 | - | - | - |
| Palmpitschilfers | 15,0 | 8,36 | 15,0 | 15,0 | 10,2 | 15,0 |
| Protapec | - | - | - | - | - | - |
| Raapzaadschroot | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 10,3 | - |
| Sojahullen | 1,65 | - | - | - | - | - |
| Sojaschroot, bestendig | 15,0 | - | - | - | - | 28,8 |
| Sojaschroot, RE<440 g $kg^{-1}$ | 25,7 | - | - | - | 61,0 | - |
| Ureum | - | - | - | - | - | 0,63 |
| Vet/olie plant hg VC | 0,49 | - | - | - | - | 0,50 |
| Vinasse, biet- | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 2,00 | 2,97 |
| Zonnebl.zaadschroot, RE<305 g $kg^{-1}$ | - | 9,60 | 1,18 | 5,79 | - | - |
| Zonnebl.zaadschroot, RE>305 g $kg^{-1}$ | - | - | 12,2 | - | - | - |
| Zout | 0,81 | 0,88 | 0,88 | 0,63 | 0,89 | 0,57 |
| Prijs (€/100 kg) | 14,2 | 19,4 | 17,0 | 18,5 | 15,4 | 13,6 |

De meerkosten van optie 4 per jaar op bedrijfsniveau zijn doorgerekend met de drie bedrijfstypen uit paragraaf 3.1.9. Voor het reguliere krachtvoer en het alternatieve krachtvoer zijn de krachtvoerprijzen van optie 1 en optie 4 uit Tabel 8, Tabel 18 en Tabel 19 gebruikt. Bij gebruik van krachtvoer met max. 180 DVE zou vervanging van regulier krachtvoer door krachtvoer optie 4 leiden tot meerkosten van €705, €1232 en €1210 per jaar bij bedrijfstypen 1, 2 en 3 (Tabel 20). De meerkosten per 100 kg melk zouden respectievelijk €0,12, €0,15 en €0,15 zijn. Vergeleken met de meerkosten per jaar bij inzet van alternatief krachtvoer optie 3 (15% lupinezaden+10% veldbonen) van respectievelijk €444, €672 en €870 (Tabel 14) waren de meerkosten bij inzet van alternatief krachtvoer optie 4 hoger.

**Tabel 20** Effect inzet alternatieve krachtvoeders optie 4 op totale krachtvoerkosten per jaar en meerkosten per 100 kg melk bij bedrijfstypen 1, 2 en 3, krachtvoer met max. 180 DVE

| Type bedrijf | Krachtvoerklasse | | | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| | 90 DVE | 120 DVE | 180 DVE | |
| | **Aankoopkosten (€) stand. krachtvoer** | | | |
| 1 | 13083 | 1226 | 1406 | 15715 |
| 2 | 21205 | 4151 | 1734 | 27091 |
| 3 | 23120 | 0 | 3216 | 26336 |
| | **Aankoopkosten (€) alt. krachtvoer** | | | |
| 1 | 13217 | 1371 | 1832 | 16420 |
| 2 | 21422 | 4642 | 2259 | 28323 |
| 3 | 23356 | 0 | 4190 | 27546 |
| | **Meerkosten (€) bij alt. krachtvoer** | | | |
| 1 | 134 | 145 | 426 | 705 |
| 2 | 217 | 491 | 525 | 1232 |
| 3 | 236 | 0 | 974 | 1210 |
| | **Meerkosten (€) per 100 kg melk** | | | |
| 1 | - | - | - | 0,12 |
| 2 | - | - | - | 0,15 |
| 3 | - | - | - | 0,15 |

Bij uitsluiting van krachtvoer met meer dan 120 DVE daalden de meerkosten bij gebruik van krachtvoer optie 4 van €705, €1232 en €1210 tot €209, €534 en €156 (Tabel 21). Dit is inclusief de eerder berekende extra arbeidsopbrengsten bij uitsluiting van krachtvoer met 180 DVE (Tabel 13). Per 100 kg melk waren de meerkosten €0,03, €0,07 en €0,02. Gebruik van alternatief krachtvoer kan in deze situatie daarom het best gecombineerd worden met gebruik van zo weinig mogelijk krachtvoer met 180 DVE.

**Tabel 21** Effect inzet alternatieve krachtvoeders optie 4 op totale krachtvoerkosten per jaar en meerkosten per 100 kg melk bij bedrijfstypen 1, 2 en 3 en scenario uitsluiting van krachtvoer met meer dan 120 DVE, vergeleken met de basissituatie (krachtvoer optie 1, krachtvoer met max. 180 DVE)

| Type bedrijf | Krachtvoerklasse | | | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| | 90 DVE | 120 DVE | 180 DVE | |
| | **Aankoopkosten (€) stand. krachtvoer, max. 180 DVE** | | | |
| 1 | 13083 | 1226 | 1406 | 15715 |
| 2 | 21205 | 4151 | 1734 | 27091 |
| 3 | 23120 | 0 | 3216 | 26336 |
| | **Aankoopkosten (€) alt. krachtvoer, max. 120 DVE** | | | |
| 1 | 11950 | 4162 | 0 | 16112 |
| 2 | 19978 | 7938 | 0 | 27916 |
| 3 | 20235 | 6673 | 0 | 26909 |
| | **Meerkosten (€) alt. krachtvoer, max. 120 DVE** | | | |
| 1 | -1133 | 2936 | -1406 | 397 |
| 2 | -1227 | 3787 | -1734 | 825 |
| 3 | -2885 | 6673 | -3216 | 573 |
| | **Extra arbeidsopbrengst (€)** | | | |
| 1 | - | - | - | 188 |
| 2 | - | - | - | 291 |
| 3 | - | - | - | 417 |
| | **Totale meerkosten (€)** | | | |
| 1 | - | - | - | 209 |
| 2 | - | - | - | 534 |
| 3 | - | - | - | 156 |
| | **Meerkosten (€) per 100 kg melk** | | | |
| 1 | - | - | - | 0,03 |
| 2 | - | - | - | 0,07 |
| 3 | - | - | - | 0,02 |

Vervanging van krachtvoer optie 5 door krachtvoer optie 6 leidde tot meeropbrengsten per jaar van €234, €408 en €408 voor bedrijfstypen 1, 2 en 3 (Tabel 22). De meeropbrengsten per 100 kg melk waren respectievelijk €0,04, €0,05 en €0,05. Bij berekening van de meeropbrengsten is gebruik gemaakt van de krachtvoerprijzen van optie 5 en 6 in Tabel 18 en Tabel 19.

**Tabel 22** Effect inzet alternatieve krachtvoeders optie 6 op totale krachtvoerkosten per jaar en meerkosten per 100 kg melk bij bedrijfstypen 1, 2 en 3, vergeleken met krachtvoeders optie 5, krachtvoer met max. 180 DVE

| Type bedrijf | Krachtvoerklasse | | | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| | 90 DVE | 120 DVE | 180 DVE | |
| | **Aankoopkosten (€) krachtvoer optie 5** | | | |
| 1 | 13217 | 1282 | 1525 | 16023 |
| 2 | 21422 | 4340 | 1881 | 27642 |
| 3 | 23356 | 0 | 3488 | 26844 |
| | **Aankoopkosten (€) krachtvoer optie 6** | | | |
| 1 | 13217 | 1226 | 1347 | 15789 |
| 2 | 21422 | 4151 | 1661 | 27234 |
| 3 | 23356 | 0 | 3080 | 26436 |
| | **Meerkosten (€) bij krachtvoer optie 6** | | | |
| 1 | 0 | -56 | -178 | -234 |
| 2 | 0 | -189 | -220 | -408 |
| 3 | 0 | 0 | -408 | -408 |
| | **Meerkosten (€) per 100 kg melk** | | | |
| 1 | - | - | - | -0,04 |
| 2 | - | - | - | -0,05 |
| 3 | - | - | - | -0,05 |

Samenvattend kan gesteld worden dat vervanging van sojaproducten door andere DVE-rijke grondstoffen zonder problemen gerealiseerd kan worden, maar wel leidt tot meerkosten van €705-€1210 op bedrijfsniveau. Uitsluiting van krachtvoer met meer dan 120 DVE kan de meerkosten echter aanzienlijk verlagen tot €156-€534. Vervanging van alle onbewerkte sojaschroot door zoveel mogelijk bestendig sojaschroot is eenvoudig te realiseren en leidt tot financiële meeropbrengsten van €234-€408.

De opdrachtgever van deze studie heeft voornamelijk problemen met de import van sojaschroot dat niet voldoet aan bepaalde minimumcriteria op het gebied van milieu, mensenrechten en aanwezigheid van GG-materiaal. Momenteel is er soja op de markt die wel voldoet aan bepaalde minimumcriteria, bijvoorbeeld soja die geproduceerd is binnen de zogenaamde 'Basel Criteria'. De 'Basel Criteria' zijn in detail uitgewerkt in Anonymus (2004) en omvatten aspecten als het GG-vrij zijn (maximaal 0,9%, EU-limiet), verbod op gebruik van land dat na 31 juli 2004 ontbost is, behoud van lange termijn bodemvruchtbaarheid, minimaal gebruik van chemicaliën en irrigatie en aandacht voor sociale aspecten zoals het gebruik van kinderarbeid en dergelijke. IMCOPA, een Braziliaanse producent, heeft op een werkgroep in Zurich (1 september 2005) aangegeven dat het aan Europa sojabonen kan leveren die in Brazilië geteeld zijn binnen de genoemde 'Basel Criteria'. Deze hoeveelheid zou in 2006 ongeveer 2,5 miljoen ton kunnen bedragen, tegen een meerprijs van $3 per ton sojabonen (exclusief volledige traceerbaarheid). Inmiddels levert IMCOPA soja die gecertificeerd is met het ProTerra$^{sm}$ label. Deze soja voldoet niet alleen aan de 'Basel Criteria', maar ook aan criteria als SA8000, de Universele Verklaring van de Rechten van de Mens, het Verdrag over de Rechten van het Kind, het Internationale Arbeidsrecht en andere verdragen. IMCOPA kan sojaschroot met deze certificering, inclusief volledige traceerbaarheid, afleveren in de haven van Rotterdam tegen een premie van $16 per ton (JK, 2006). Op een gemiddelde sojaprijs van circa $200 per ton is dat een meerprijs van 8%. Bij een euro- : dollarkoers van €1,27 is de meerprijs omgerekend €12,6 per ton. Gegeven de krachtvoerbehoeften van de drie eerder geformuleerde bedrijfstypen (paragraaf 3.1.9) en het gestandaardiseerde sojaschrootgehalte (inclusief sojahullen) van de eerder geformuleerde krachtvoeders bij vrije keuze (optie 1, paragraaf 3.1.8), blijken de meerkosten bij gebruik van sojaschroot met ProTerra$^{sm}$ certificering respectievelijk €200, €375 en €312 op bedrijfsniveau te zijn (Tabel 23). Per 100 kg melk is dat respectievelijk €0,03, €0,05 en €0,04. Bij uitsluiting van krachtvoer met meer dan 120 DVE zijn de meerkosten bij deze vervanging vrijwel gelijk als bij gebruik van krachtvoer met max. 180 DVE (Tabel 24). Vergeleken met de basissituatie (krachtvoer met 180 DVE) nemen bij uitsluiting van krachtvoer met 120 DVE de kosten toe met (214-200)=€14, (389-375)=€14 en (351-312)=€39. Worden echter de extra arbeidsopbrengsten (Tabel 13) ook in de berekening meegenomen, dan dalen de meerkosten tot respectievelijk €26, €98 en -€66 per jaar.

**Tabel 23** Berekening van de meerkosten per jaar en per 100 kg melk voor de drie typen bedrijven bij gebruik van soja geproduceerd binnen de 'Basel Criteria', krachtvoer met max. 180 DVE

| Type bedrijf | Krachtvoerklasse | | | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| | 90 DVE | 120 DVE | 180 DVE | |
| | **Aankoop krachtvoer (kg)** | | | |
| 1 | 133500 | 11147 | 9903 | 154550 |
| 2 | 216379 | 37738 | 12213 | 266330 |
| 3 | 235918 | 0 | 22650 | 258568 |
| | **% soja[1)]** | | | |
| 1 | 5,6 | 30,3 | 51,0 | - |
| 2 | 5,6 | 30,3 | 51,0 | - |
| 3 | 5,6 | 30,3 | 51,0 | - |
| | **Aankoop soja met krachtvoer (kg)** | | | |
| 1 | 7476 | 3378 | 5051 | 15904 |
| 2 | 12117 | 11435 | 6229 | 29780 |
| 3 | 13211 | 0 | 11552 | 24763 |
| | **Meerkosten soja 'Basel Criteria' (€)** | | | |
| 1 | 94 | 43 | 64 | 200 |
| 2 | 153 | 144 | 78 | 375 |
| 3 | 166 | 0 | 146 | 312 |
| | **Meerkosten (€) per 100 kg melk** | | | |
| 1 | - | - | - | 0,03 |
| 2 | - | - | - | 0,05 |
| 3 | - | - | - | 0,04 |

[1)] gestandaardiseerd op onbewerkt sojaschroot (235 DVE), inclusief sojahullen

**Tabel 24** Berekening van de meerkosten per jaar en per 100 kg melk voor de drie typen bedrijven bij gebruik van soja geproduceerd binnen de 'Basel Criteria', krachtvoer met max. 120 DVE

| Type bedrijf | Krachtvoerklasse | | | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| | 90 DVE | 120 DVE | 180 DVE | |
| | **Aankoop krachtvoer (kg)** | | | |
| 1 | 120711 | 33838 | 0 | 154549 |
| 2 | 201800 | 64538 | 0 | 266338 |
| 3 | 204397 | 54255 | 0 | 258652 |
| | **% soja[1)]** | | | |
| 1 | 5,6 | 30,3 | 51,0 | - |
| 2 | 5,6 | 30,3 | 51,0 | - |
| 3 | 5,6 | 30,3 | 51,0 | - |
| | **Aankoop soja met krachtvoer (kg)** | | | |
| 1 | 6760 | 10253 | 0 | 17013 |
| 2 | 11301 | 19555 | 0 | 30856 |
| 3 | 11446 | 16439 | 0 | 27885 |
| | **Meerkosten soja 'Basel Criteria' (€)** | | | |
| 1 | 85 | 129 | 0 | 214 |
| 2 | 142 | 246 | 0 | 389 |
| 3 | 144 | 207 | 0 | 351 |
| | **Meerkosten (€) per 100 kg melk** | | | |
| 1 | - | - | - | 0,04 |
| 2 | - | - | - | 0,05 |
| 3 | - | - | - | 0,04 |

[1)] gestandaardiseerd op onbewerkt sojaschroot (235 DVE), inclusief sojahullen

Naast de geschetste alternatieve oplossingsrichtingen zijn er ook algemene strategieën te bedenken om het krachtvoerverbruik van melkvee te verminderen, en zo het gebruik van sojaproducten te beperken. Te denken valt aan strategieën als:

1. het beperken van DVE-verliezen tijdens de voederwinning en het inkuilen van gras
2. het voeren van meer vers materiaal (vermijden DVE-verliezen bij voederwinning en conservering) door meer te weiden of door het toepassen van zomerstalvoedering (mits het gras smakelijk genoeg is)
3. het optimaliseren van de krachtvoergift per individueel dier door toepassing van een dynamische voermodel, momenteel in ontwikkeling bij de ASG

## 4.2 Kostprijs van alternatief krachtvoer geteeld door Nederlandse akkerbouwers

Geconstateerd is dat verbouw van alternatief krachtvoer op het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf geen reële optie is. Een alternatief zou de teelt door Nederlandse akkerbouwers kunnen zijn. Een eerste vraag hierbij is hoeveel van het Nederlandse akkerbouwareaal beschikbaar zou kunnen zijn voor de teelt van krachtvoer. Het zuivere areaal akkerbouwgewassen (exclusief maïs) bedroeg in de periode 2001-2005 gemiddeld 567.000 ha (CBS, 2006). Lupinen en veldbonen mogen, vanwege de opbouw van populaties schimmels en aaltjes in de bodem, niet vaker dan eens in de respectievelijk vier en vijf jaar geteeld worden. Als alle akkerbouwers in Nederland deze gewassen in hun vruchtwisseling zouden opnemen, dan bedraagt het maximale beschikbare areaal ongeveer 567.000/5=113.400 ha. Eerder is berekend dat er ongeveer behoefte is aan 57.000 ha alternatieve krachtvoergewassen om de maximaal toegestane vervanging te kunnen realiseren (paragraaf 3.2.8). Dit zou betekenen dat de behoefte van de Nederlandse melkveehouderij in theorie door verbouw op akkerbouwbedrijven ingevuld zou kunnen worden. Of akkerbouwers op grote schaal overgaan op de verbouw van deze leguminosen, zal afhangen van niveau van het saldo (bruto geldopbrengst - toegerekende kosten) van het gewas. Dit saldo zal minimaal gelijk moeten zijn aan het saldo van het gewas dat vervangen wordt. Om enig inzicht te krijgen in het saldo dat een ha krachtvoergewas op zou moeten brengen, is de volgende rekenmethode gehanteerd. Aangenomen is dat het areaal krachtvoergewassen over alle akkerbouwgewassen heen wordt ingevuld. Voor een ha krachtvoergewas zal dan het gemiddelde saldo van een akkerbouwgewas betaald moeten worden. Met behulp van de saldo's per akkerbouwgewas (KWIN-A, 2003) van de grootste akkerbouwgewassen (exclusief maïs) en een weging van het areaal van deze gewassen in het totale areaal akkerbouwgewassen (CBS, 2006) kon een berekening gemaakt worden van het saldo van een gemiddeld akkerbouwgewas. Dit saldo bedroeg ongeveer €1927 per hectare op basis van het prijspeil 2002. De toegerekende kosten bedroegen, gemiddeld over groene erwten en veldbonen, €491 per hectare in 2002. De bruto geldopbrengst zou dan in 2002 ongeveer €1927+€491=€2418 geweest zijn. Gecorrigeerd voor een jaarlijkse inflatie van 1,9% in de periode 2002-2005 (CBS, 2006) zou de bruto geldopbrengst in 2006 ongeveer €2607 moeten bedragen. Bij een lupineopbrengst van 3500 kg product $ha^{-1}$ betekent dit een marktprijs van €745 per ton. De gemiddelde marktprijs was in de periode april 2005 - maart 2006 €161 per ton (paragraaf 3.1.8). Teelt van lupine op een akkerbouwbedrijf zou daarmee bijna een vervijfvoudiging (4,6) ten opzichte van de marktprijs tot gevolg hebben. De kostprijs van veldbonen of erwten zou bij een opbrengst van 4500 kg product $ha^{-1}$ ongeveer €579 per ton moeten zijn, een verviervoudiging (4,1) van de prijs van veldbonen of erwten ten opzichte van de marktprijs in de periode april 2005 - maart 2006 (€141/ton).

Op basis van de eerder berekende meerkosten bij inzet van de alternatieve krachtvoeders met maximale aandelen getoaste lupinezaden+veldbonen (Tabel 14) en de extra kosten indien deze krachtvoeders op een Nederlands akkerbouwbedrijf worden verbouwd, werden de totale meerkosten op bedrijfsniveau en per 100 kg melk berekend. Deze bedroegen respectievelijk €3210, €7236 en €3847 en respectievelijk €0,54, €0,90 en €0,48 voor de drie bedrijfstypen (Tabel 25).

**Tabel 25** Berekening van de meerkosten per jaar en per 100 kg melk voor de drie typen bedrijven bij gebruik max. aandeel getoaste lupinezaden+veldbonen geproduceerd op een NL akkerbouwbedrijf, krachtvoer met max. 180 DVE

| | Type melkveebedrijf | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Aankoop krachtvoer met 120 DVE (kg) | 11147 | 37738 | 0 |
| Aankoop krachtvoer met 180 DVE (kg) | 9903 | 12213 | 22650 |
| | | | |
| Lupinezaden in krachtvoer met 120 of 180 DVE (%) | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Veldbonen in krachtvoer met 120 of 180 DVE (%) | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| | | | |
| Hoeveelheid lupine in krachtvoer (kg) | 3158 | 7493 | 3398 |
| Hoeveelheid veldbonen in krachtvoer (kg) | 2105 | 4995 | 2265 |
| | | | |
| Meerprijs lupine van NL akkerbouwbedrijf t.o.v. markt (€/ton) | 584 | 584 | 584 |
| Meerprijs veldbonen van NL akkerbouwbedrijf t.o.v. markt (€/ton) | 438 | 438 | 438 |
| | | | |
| Meerkosten bij inzet van alternatief krachtvoer (Tabel 14) | 444 | 672 | 870 |
| Extra kosten lupine+veldbonen van NL akkerbouwbedrijf (€) | 2766 | 6564 | 2977 |
| Totale meerkosten (€) | 3210 | 7236 | 3847 |
| | | | |
| Totale meerkosten per 100 kg melk (€) | 0,54 | 0,90 | 0,48 |

Vergeleken met de basissituatie (krachtvoer met 180 DVE) nemen bij uitsluiting van krachtvoer met 120 DVE de extra kosten, inclusief de extra arbeidsopbrengsten, toe met (4318-3210)=€1108, (8370-7236)=€1134 en (6742-3847)=€2895. Uitsluiting van krachtvoer met meer dan 120 DVE is in dit scenario dus niet interessant. Dit komt omdat er bij krachtvoer met 180 DVE, vanwege de maximering van het aandeel lupinezaden en veldbonen, relatief veel andere DVE-rijke grondstoffen worden opgenomen ter vervanging van sojaproducten. Omdat deze grondstoffen veel goedkoper zijn dan lupinen of veldbonen verbouwd op een Nederlands akkerbouwbedrijf, is dit scenario goedkoper.

**Tabel 26** Berekening van de meerkosten per jaar en per 100 kg melk voor de drie typen bedrijven bij gebruik max. aandeel getoaste lupinezaden+veldbonen geproduceerd op een NL akkerbouwbedrijf, uitsluiting van krachtvoer met meer dan 120 DVE, vergeleken met de basissituatie

| | Type melkveebedrijf | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| | | | |
| Aankoop krachtvoer met 120 DVE (kg) | 33838 | 64538 | 54255 |
| Aankoop krachtvoer met 180 DVE (kg) | 0 | 0 | 0 |
| | | | |
| Lupinezaden in krachtvoer met 120 DVE (%) | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Veldbonen in krachtvoer met 120 DVE (%) | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| | | | |
| Hoeveelheid lupine in krachtvoer (kg) | 5076 | 9681 | 8138 |
| Hoeveelheid veldbonen in krachtvoer (kg) | 3384 | 6454 | 5426 |
| | | | |
| Meerprijs lupine van NL akkerbouwbedrijf t.o.v. markt (€/ton) | 584 | 584 | 584 |
| Meerprijs veldbonen van NL akkerbouwbedrijf t.o.v. markt (€/ton) | 438 | 438 | 438 |
| | | | |
| Meerkosten bij inzet van alternatief krachtvoer met max. 120 DVE (Tabel 16) | -129 | -111 | -387 |
| Extra kosten lupine+veldbonen van NL akkerbouwbedrijf (€) | 4447 | 8481 | 7129 |
| Totale meerkosten (€) | 4318 | 8370 | 6742 |
| | | | |
| Totale meerkosten per 100 kg melk (€) | 0,72 | 1,05 | 0,84 |

### 4.3 Overige discussiepunten

Een belangrijk knelpunt bij vervanging van sojaproducten zijn de gehalten aan ANF in lupinezaden, veldbonen en erwten (paragraaf 3.1.7). De vraag is echter of, vanwege het beschikbaar komen van nieuwe rassen met lagere gehalten aan ANF, deze advisering nog actueel is of mogelijk bijstelling behoeft. Dit laatste zou kunnen betekenen dat het aandeel lupinezaden, veldbonen of erwten in alternatief krachtvoer zou kunnen stijgen, en dat een groter percentage sojaproducten vervangen kan worden. Ook nieuwe technologische ontwikkelingen, waardoor bijvoorbeeld ANF uit zaden verwijderd kunnen worden, zouden tot een hoger vervangingspercentage kunnen leiden.

Technologische ontwikkelingen zouden in de toekomst ook kunnen leiden tot beschikbaarheid van DVE uit andere bronnen. De netwerkprogramma's InnovatieNetwerk en Courage hebben onlangs een inventarisatiestudie gedaan naar de perspectieven van grasraffinage en susteïneproductie. Bij grasraffinage wordt (afval)gras gesplitst in drie productstromen: eiwitrijke koek, persvezel en restsap. De eiwitrijke koek zou in aanmerking kunnen komen als hoogwaardige sojavervanger. Bij susteïneproductie wordt hoogwaardig eiwit geproduceerd uit bacteriën die met methaangas gevoed worden. Beide vormen van eiwitproductie lijken op basis van de inventarisatie perspectiefvol.

De gerapporteerde stijgingen in kostprijs van de melk bij diverse opties om het gebruik van gangbare sojaproducten in het rantsoen terug te dringen of uit te sluiten, dienen voor een juiste beoordeling gerelateerd te worden aan het niveau van de melkprijs. De melkprijs was gemiddeld over de laatste vijf jaar €30,14 per 100 kg en vertoont een dalende trend (Anonymus, 2006b). Tussen 2001 en 2005 is de melkprijs gedaald van €32,19 tot €28,65 per 100 kg. Meerkosten per 100 kg melk van €0,03 tot €1,05 betekenen dat de gemiddelde melkprijs zou moeten stijgen met 0,1 tot 3,7% om de extra kosten van de diverse opties goed te maken. Zonder een stijging van de melkprijs, zouden de meerkosten ten laste komen van het inkomen van melkveehouders. Bij bedragen hoger dan enkele honderden euro's zal dit voor de meeste melkveehouders niet acceptabel zijn, omdat de discussie over de herkomst en aard van sojaproducten als een maatschappelijke discussie gezien wordt, en het inkomen van melkveehouders door de steeds verder dalende melkprijs danig onder druk staat.

Een risico bij vervanging van sojaproducten door andere DVE-rijke grondstoffen is dat een volledige vervanging op nationaal niveau kan leiden tot een tekort aan grondstoffen en mogelijk prijsstijgingen. Alternatieve DVE-rijke grondstoffen, zoals maïsglutenmeel, raapzaadschroot en palmpitschilfers kunnen daarnaast evenals soja genetisch gemodificeerd materiaal bevatten. Daarbij kan de teelt van de gewassen, waar deze producten van gemaakt worden, evenals de teelt van soja vanuit milieuoogpunt als problematisch ervaren worden. Zo worden in Indonesië de laatste jaren ook aanzienlijke oppervlakten oerbos gekapt voor de aanleg van palmpitplantages, de teelt waarvan palmpitschilfers een bijproduct zijn. Vervanging van sojaproducten in krachtvoeders door alternatieve DVE-rijke grondstoffen zal het probleem vanuit de vraagstelling dus niet altijd oplossen. Daarom lijkt vervanging van gangbare sojaproducten door binnen de 'Basel Criteria' geproduceerde sojaproducten de meest structurele en effectieve oplossing. Een belangrijk bijkomend voordeel is dat bij deze optie de kosten beperkt kunnen blijven tot enkele honderden euro's per bedrijf per jaar of €0,03-0,05 per 100 kg melk.

# 5 Conclusies

De belangrijkste rol van sojaproducten (voornamelijk sojaschroot) in krachtvoer voor Nederlands melkvee is het leveren van darmverteerbaar eiwit (DVE); het product heeft een hoog gehalte en is relatief goedkoop

Van alle ruwvoeders is gras superieur in DVE-productie, zowel in gehalte per kg drogestof als in opbrengst per hectare; teelt van andere ruwvoeders (dan gras) ter vervanging van DVE uit soja is daarom niet relevant

Lupinezaden (133 g $kg^{-1}$ ds), veldbonen (105 g $kg^{-1}$ ds) en erwten (96 g $kg^{-1}$ ds) zijn vanwege hun DVE-gehalte de enige interessante alternatieve DVE-rijke krachtvoeders die onder Nederlandse omstandigheden geteeld kunnen worden ter vervanging van sojaproducten

Om maximale vervanging van sojaproducten te kunnen realiseren, dient het DVE-gehalte in de alternatieve krachtvoeders door technologische bewerking (bijvoorbeeld toasten) verhoogd te worden

Verschillen in overige samenstelling tussen sojaschroot en de alternatieve krachtvoeders zijn geen beperking bij de vervanging, omdat krachtvoer en rantsoenen geoptimaliseerd worden

Lupinezaden, veldbonen of erwten mogen vanwege het gehalte aan anti-nutritionele factoren (ANF) in de zaden afzonderlijk niet meer dan 15% en gecombineerd niet meer dan 25% van krachtvoer uitmaken

De combinatie van 15% lupinezaden en 10% veldbonen kan in getoaste vorm iets meer soja vervangen dan de combinatie 15% lupinezaden en 10% erwten

In krachtvoer met maximaal 22-23% onbewerkt sojaschroot of maximaal 14% bestendig sojaschroot kan alle soja vervangen worden door de combinatie van lupinezaden en veldbonen of erwten in getoaste vorm

In krachtvoer met 120 DVE kunnen alle sojaproducten vervangen worden door de combinatie van getoaste zaden; in krachtvoer met 180 DVE is volledige vervanging niet mogelijk

Geschat wordt dat de combinatie van getoaste zaden ongeveer 75% van de sojaproducten in het in Nederland gebruikte krachtvoer kunnen vervangen

Vervanging van sojaproducten in regulier krachtvoer met 90, 120 en 180 DVE door de combinatie van 15+10% getoaste lupinezaden+veldbonen (optie 3) leidt tot een stijging van de kostprijs met 1, 3 en 20%

Omdat krachtvoer en rantsoenen geoptimaliseerd worden, heeft vervanging van soja door alternatieven geen effecten op ketenaspecten als het milieu, de melkgift, de melkkwaliteit, de diergezondheid en het dierwelzijn

Bij drie typen bedrijven had maximale vervanging van regulier krachtvoer optie 1 door alternatief krachtvoer optie 3 een stijging van de kostprijs per 100 kg melk van achtereenvolgens €0,07, €0,08 en €0,11 tot gevolg. Hierbij werden de lupinezaden en veldbonen tegen marktprijzen opgenomen in het krachtvoer

Teelt van lupinezaden en veldbonen op een Nederlands akkerbouwbedrijf zou voor de drie typen bedrijven leiden tot meerkosten per 100 kg melk van €0,54, €0,90 en €0,48 vergeleken met regulier krachtvoer

Op basis van teeltaspecten, DVE-opbrengst en -gehalte is lupine het meest aantrekkelijke gewas, gevolgd door veldbonen en daarna erwten

Knelpunten bij teelt van de alternatieve krachtvoeders op een Nederlands melkveebedrijf zijn:
1. melkveehouders hebben niet de benodigde specifieke kennis voor de teelt van de alternatieve gewassen
2. melkveehouders hebben niet de beschikking over de juiste apparatuur voor teelt en verwerking; aanschaf is (te) kostbaar
3. verwerking van het geoogste product (toasten, inkuilen, bewaren) en rantsoenering kan problematisch zijn
4. de areaalbehoefte (1,4-3,3 ha) is te klein om op het eigen bedrijf efficiënt in te vullen
5. zelf verbouwd krachtvoer is veel duurder dan op de wereldmarkt
6. veel melkveehouders hebben andere prioriteiten dan de teelt van eigen krachtvoer

Het totaal benodigde nationale areaal alternatieve krachtvoergewassen, bij maximaal toegestane vervanging, wordt geschat op 57.000 ha, 50% van het areaal akkerbouwgrond wat theoretisch beschikbaar zou kunnen zijn

Alternatieve oplossingsrichtingen om minder gangbaar sojaschroot te gebruiken zijn:
1. alle gangbare, onbewerkte sojaschroot bestendiger maken
2. alle sojaschroot vervangen door alternatieve DVE-rijke grondstoffen
3. gangbaar sojaschroot vervangen door sojaschroot geproduceerd onder de 'Basel Criteria'

Oplossing 1 kan tot 30% op het nationale gebruik van sojaschroot besparen en leidt voor de drie bedrijfstypen tot meeropbrengsten van €0,04, €0,05 en €0,05 per 100 kg melk

Oplossing 2 leidt voor de drie bedrijfstypen tot meerkosten van €0,12, €0,15 en €0,15 per 100 kg melk

Oplossing 3 leidt voor de drie bedrijfstypen tot meerkosten van €0,03, €0,05 en €0,04 per 100 kg melk

Strategieën om het krachtvoergebruik in algemene zin terug te dringen zijn:
1. het beperken van de verliezen aan DVE tijdens de voederwinning en het inkuilen van gras
2. het voeren van meer vers materiaal (vermijden DVE verliezen bij voederwinning en conservering) door zoveel mogelijk te beweiden of gebruik te maken van zomerstalvoedering (mits het gras smakelijk genoeg is)
3. het optimaliseren van de krachtvoergift per individueel dier door toepassing van een dynamische voermodel, momenteel in ontwikkeling bij de ASG

Gebruik van minder krachtvoer met 90 en 180 DVE en van meer krachtvoer met 120 DVE kan in bepaalde situaties de (krachtvoer)kosten op bedrijfsniveau verlagen en daardoor vervanging goedkoper maken

Het beschikbaar komen van nieuwe rassen met lagere gehalten aan ANF, of technologische ontwikkelingen die verwijdering van ANF mogelijk maken, kunnen het vervangingspercentage van sojaproducten door lupinezaden en veldbonen verhogen

Vervanging van sojaproducten door alternatieve DVE-rijke grondstoffen is geen structurele oplossing; het aanbod van deze producten is begrensd en de producten kunnen ook GG-materiaal bevatten of op ongewenste wijze geproduceerd zijn

Vervanging van gangbare sojaproducten door sojaproducten geproduceerd onder de 'Basel criteria' kan een structurele oplossing bieden voor de Nederlandse melkveehouderij, tegen relatief geringe meerkosten

Door toepassing van één of meerdere oplossingsrichtingen is het mogelijk om het gebruik van gangbare sojaproducten in de Nederlandse melkveehouderij sterk terug te dringen tot volledig af te schaffen. Of en welke meerkosten daarbij acceptabel zijn, is aan de betrokken partijen om te beslissen.

## Literatuur

Anonymus, 2004. The Basel criteria for responsible soy production. Proforest (prepared for Coop Switzerland in cooperation with WWF Switzerland), Oxford, United Kingdom: 33 pp.

Anonymus, 2006a. Soja doorgelicht - de schaduwzijde van een wonderboon. De Nederlandse Sojacoalitie en AIDEnvironement, PrimaveraQuint, Amsterdam: 62 pp.

Anonymus, 2006b. LTO - Internationale melkprijsvergelijking. LTO Nederland, Vakgroep Rundveehouderij, den Haag: 17 pp. (www.milkprices.nl).

CBS, 2006. Statline database, Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg (www.cbs.nl).

CVBa, 2005. Tabellenboek Veevoeding 2005. Centraal Veevoederbureau, Lelystad: 120 pp.

CVBb, 2006. Handleiding Voederwaardeberekening Ruwvoeders. Centraal Veevoederbureau, Lelystad.

CVBc, 2004. Veevoedertabel 2004. Centraal Veevoederbureau, Lelystad.

De Boer H.C., van Duinkerken G., Philipsen A.P. en van Schooten H.A. 2003. Alternatieve voedergewassen. Praktijkrapport Rundvee 27, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad: 100 pp.

Goeleman J.O. 1999. Processing of legume seeds: effects on digestive behaviour in dairy cows. Thesis Wageningen Agricultural University, Wageningen: 221 pp.

JK, 2006. Persoonlijke medeling Jochen Koester, IMCOPA Europe, Geneve, Zwitserland.

LEI, 2006. Database Binternet, Landbouw Economisch Instituut, den Haag (www.lei.wur.nl).

PDV, 2006. Productschap Diervoeder, den Haag (www.pdv.nl).

Peterson D.G., Matitasvili E.A. and Bauman D.E. 2004. The inhibitory effect of trans-10, cis-12 CLA on lipid synthesis in bovine mammary epithelial cells involves reduced proteolytic activation of the transcription factor SREBP-1. Journal of Nutrition 134: 2523-2527.

Schils R.L.M., Baars T. en Snijders P.J.M. 1997. Witte klaver in grasland - Teelt, gebruik en bedrijfsvoering. Themaboek Juni 1997, Louis Bolk Instituut, Driebergen: 59 pp.

Subnel A.P.J. 1997. Handboek voor de Rundveevoeding. Provimi BV, Rotterdam: 281 pp.

Tamminga S., van Straalen W. M., Subnel A. P. J., Meijer R. G. M., Steg A., Wever C. J. G., and Blok M. C.. 1994. The Dutch protein evaluation system: the DVE/OEB system. Livestock Production Science 40: 139–155.

Tamminga, S., Aarts F., Bannink A., Oenema O. en Monteny G.J. 2004. Actualisering van geschatte N en P excreties door rundvee. Wageningen, Milieu en Landelijk gebied 25: 48 pp.