

# NETTO ENERGIE VAN VOEDERMIDDELEN VOOR VARKENS

argumentatie en onderbouwing van de nieuwe  $NE_v$ -formule



centraal veevoederbureau  
runderweg 6  
8219 pk Ielystad  
telefoon 03200-93 211

CVB-documentatierapport nr. 7  
juni 1993

ISSN 0928-0618

© **centraal veevoederbureau 1993**

Overname van gegevens uit deze uitgave met als doel deze publiek te verspreiden is toegestaan onder voorwaarde van uitdrukkelijke bronvermelding

Het voorstel voor een aangepaste netto energiewaardering van voedermiddelen voor varkens is, in opdracht van de werkgroep Voeding Varkens, opgesteld door de projectgroep "Netto energiewaardering van voedermiddelen voor varkens". Het voorstel is door de werkgroep geaccordeerd. Onderstaand wordt de samenstelling van beide groepen gegeven.

#### **SAMENSTELLING VAN DE WERKGROEP "VOEDING VARKENS"**

prof.dr.ir.M.W.A. Verstegen (voorz.)	Landbouwuniversiteit, Vakgroep Veevoeding, Wageningen
dr. M. C. Blok (secr.)	Centraal Veevoederbureau (CVB), Lelystad
drs. A. J. van Dijk	Centrale Vereniging voor de Coöperatieve Industrie
dr. ir. A. W. Jongbloed	Instituut voor Veevoedingsonderzoek (IVVO-DLO), Lelystad
ing. J. Haaksma	Overleggroep Producenten Vochtrijke Veevoerders
dr. ing. J. Huisman	TNO-ITV, afd. ILOB, Wageningen
ing. P. B. J. Linders	Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (BLGG), Oosterbeek
ir. E. J. R. Maathuis	Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Afdeling Varkenshouderij (IKC-V), Rosmalen
ing. B. Maij	Nederlandse Vereniging van Mengvoederfabrikanten - FNM
mevr. ir. C. M. C. van der Peet-Schwering	Proefstation voor de Varkenshouderij (PV), Rosmalen
ing. Sj. Schaper	Centraal Veevoederbureau (CVB), Lelystad

#### **SAMENSTELLING VAN DE PROJECTGROEP "NETTO ENERGIEWAARDERING VAN VOEDERMIDDELEN VOOR VARKENS"**

mevr. ir. G. C. M. Bakker	Instituut voor Veevoedingsonderzoek (IVVO-DLO), Lelystad
dr. M. C. Blok (secr.)	Centraal Veevoederbureau (CVB), Lelystad
ir. G. J. Borggreve	CLO-Instituut voor de Veevoeding "De Schothorst", Lelystad
drs. H. Everts	Instituut voor Veevoedingsonderzoek (IVVO-DLO), Lelystad
dr. ir. A. W. Jongbloed	Instituut voor Veevoedingsonderzoek (IVVO-DLO), Lelystad
dr. ing. J. B. Schutte	TNO-ITV, afd. ILOB, Wageningen
ir. W. J. G. Thielen (voorz.)	ACV Controle, Rijswijk (tot juni 1992)



## INHOUDSOPGAVE

Blz.:

SAMENSTELLING VAN DE WERKGROEP "VOEDING VARKENS" .....	1
SAMENSTELLING VAN DE PROJECTGROEP "NETTO ENERGIEWAARDERING VAN VOEDERMIDDELEN VOOR VARKENS" .....	1
GEBRUIKTE AFKORTINGEN .....	5
1. INLEIDING .....	7
2. UITGANGSPUNTEN VOOR EEN AANGEPASTE NEv-WAARDERING .....	9
2.1 Wat is netto energie ? .....	9
2.2 De Rostock formule nader bekeken .....	10
2.3 Uitgangspunten voor een aangepaste netto energiewaardering .....	11
2.3.1 Energiebehoefte voor onderhoud .....	11
2.3.2 Energiebijdrage van verteerbaar Ruw eiwit en Ruw vet .....	12
2.3.3 NE-waarde van mengvoeders in relatie tot het zetmeelgehalte .....	12
2.3.4 Energiebijdrage van de koolhydraten .....	12
2.3.5 Zetmeelgehalte niet ongelimiteerd variëren .....	15
2.3.6 Analyse van zetmeel .....	16
2.3.7 De energetische bijdrage van fermentatieproducten in gefermenteer- de vochtrijke veevoeders .....	16
3. ENERGETISCHE BIJDRAGE VAN GEFERMENTEERDE NIET-ZETMEEL KOOLHY- DRATEN T.O.V. ZETMEEL .....	17
3.1 Energetische verliezen bij een fermentatieve afbraak van koolhydraten in vergelijking met een enzymatische vertering; een literatuuroverzicht .....	17
3.1.1 Theoretische inschatting van de NE-waarde van wel en niet gefer- menteerd glucose .....	17
3.1.2 Energetische benutting van VRES t.o.v. zetmeel (een literatuurover- zicht) .....	18
3.2.1 Algemene opmerkingen m.b.t. het gebruikte gegevensbestand .....	18
3.2.2 Resultaat van de uitgevoerde berekeningen .....	19
3.2.3 Evaluatie van de verschillende berekeningen .....	23
3.3 Keuze van een verhoudingsgetal voor NE(gefermenteerde koolhydraten) t.o.v. NE(ZET). .....	23
4. HET GEHALTE AAN RVET IN RELATIE TOT DE GELDIGHEID VAN DE FORMULE ...	27
4.1 Inleiding .....	27
4.2 Dragende zeugen .....	27
4.3 Lacterende zeugen .....	28
4.4 Vleesvarkens .....	29
4.4.1 Voerschema's .....	29
4.4.2 Recent onderzoek .....	30
4.4.3 Conclusie .....	30
5. VALIDATIE VAN DE NIEUWE FORMULE VOOR EEN AANGEPASTE NEv-WAARDE- RING VAN VOEDERMIDDELEN VOOR VARKENS .....	31
5.1. Validatie van de nieuwe NE-formule op het gegevensbestand van IVVO-project nr. 313. ....	31
5.1.1 Toelichting op het gegevensbestand dat voor de validatie is gebruikt. . .	31
5.1.2 Werkwijze .....	31

5.1.3 Conclusies .....	34
5.2. Vergelijking van de NEv-waarden, geschat volgens de Rostock formule en de nieuwe NEv-formule van het CVB, van enkele praktische mengvoeders. ....	34
6. REFERENTIES .....	37
Bijlage B: Energetische benutting van fermenteerbare koolhydraten t.o.v. zetmeel (een literatuuroverzicht) .....	41
Bijlage B: Procentuele samenstelling van de door Noblet e.a. (1989) gebruikte voeders. ....	44
Bijlage C: Chemische samenstelling en verteerbaarheid van de voeders uit IVVO- project 313, zoals die gebruikt zijn bij de validatie van de nieuwe NEv- formule. ....	46
Bijlage D: Schatting van de NE van de in Bijlage C vermelde voeders met verschillen- de formules .....	47

## GEBRUIKTE AFKORTINGEN

Afkorting	Eenheid	Omschrijving
ATP	mol	adenosine trifosfaat
DE	MJ	verteerbare energie ("digestible energy")
DS	g	droge stof
EW		energiewaarde varkens (per kg produkt: NEv/8,8)
g		gram
GE	MJ	bruto energie ("gross energy")
kg		kilogram
kJ		kilojoule (= $10^3$ joules)
LG <sup>0,75</sup> of LG <sup>0,60</sup>		metabolisch lichaamsgewicht
LG	g of kg	lichaamsgewicht
ME	MJ	beschikbare of metaboliseerbare energie
MJ		megajoule (= $10^6$ joules)
NEv	MJ	netto energie vetaanzet varkens
NSP	g	niet zetmeel koolhydraten
OK	g	overige koolhydraten (per kg DS: 1000 - RAS - RE - RVET - RC)
OS	g	organische stof
RAS	g	ruw as
RC	g	ruwe celstof
RE	g	ruw eiwit
RES	g	rest-fractie (Voorbeeld: RES(3) = OK + RC - ZET - SUIr)
RVET	g	ruw vet (PE 40 - 60)
sd		standaarddeviatie
SUI	g	suiker, in principe sacharose en lactose (= SUIr)
VC	%	verteringscoëfficiënt
VC-OK	%	verteringscoëfficiënt van de overige koolhydraten
VC-RC	%	verteringscoëfficiënt van de ruwe celstof
VC-RE	%	verteringscoëfficiënt van het ruw eiwit
VC-RVET	%	verteringscoëfficiënt van het ruw vet
VOK	g	verteerbare overige koolhydraten

Afkorting	Eenheid	Omschrijving
VRC	g	verteerbare ruwe celstof
VRE	g	verteerbaar ruw eiwit
VRES	g	"verteerbare" (= fermenteerbare) rest-fractie (Voorbeeld: $VRES(3) = VOK + VRC - ZET - SUIr$ )
VRVET	g	verteerbaar ruw vet
VVZ		vluchtige vetzuren
ZET	g	zetmeel



## 1. INLEIDING

Voor de schatting van de energie-waarde van een rantsoen en de energiebehoefte van varkens worden in verschillende landen diverse systemen gebruikt. Sinds 1970 is in Nederland een netto energie systeem van kracht. De berekening van de netto energie waarde van voedermiddelen is gebaseerd op de door Schiemann e.a. (1972) aangegeven methodiek. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de NEv-formule zoals die door Nehring e.a. is gepresenteerd tijdens het 4e Energie Symposium van de E.A.A.P. in Polen (september 1967):

$$\text{NEv (kcal)} = 2,59 * \text{VRE} + 8,63 * \text{VRVET} + 1,50 * \text{VRC} + 3,03 * \text{VOK} - 0,15 * \text{SUI}$$

ofwel

$$\text{NEv (MJ)} = (10,8 * \text{VRE} + 36,1 * \text{VRVET} + 6,3 * \text{VRC} + 12,7 * \text{VOK} - 0,63 * \text{SUI})/1000$$

(Tenzij expliciet vermeld, geldt in deze en alle volgende formules: NEv per kg produkt; gehalten aan -verteerbare- componenten in g/kg produkt)

De correctie van de netto energie voor suiker wordt alleen toegepast bij voedermiddelen waar het gehalte meer dan 80 g/kg luchtdroge stof bedraagt.

Zoals uit deze zg. Rostock formule blijkt, kan een berekening van de netto energie waarde van een voedermiddel slechts plaatsvinden, wanneer de verteerbaarheden van de "Weende componenten" (ruw eiwit, ruw vet, ruwe celstof en overige koolhydraten, resp. RE, RVET, RC en OK) bekend zijn. Van de voor varkens relevante voedermiddelen, zoals deze in de Veevoedertabel van het Centraal Veevoederbureau zijn opgenomen, zijn verreweg de meeste gegevens omtrent de verteerbaarheid afkomstig van het DLO-Instituut voor Veevoedingsonderzoek (IVVO-DLO) te Lelystad. De betreffende verteringsproeven zijn uitgevoerd bij vleesvarkens van 40 tot 110 kg.

Sinds de introductie van de Rostock formule is de kennis omtrent de energiebijdrage van de verschillende organische componenten in varkensvoerders sterk toegenomen. De nieuwere inzichten hebben geleid tot kritiek op de netto energieberekening volgens de methodiek van Schiemann e.a. (1972), met name voor wat betreft de waardering van de koolhydraatfractie. Op deze bezwaren zal in Hoofdstuk 2 dieper worden ingegaan.

De CVB-werkgroep Voeding Varkens heeft de legitimiteit van de kritiek op de Rostock formule onderkend, en in 1991 uitgesproken dat de energiewaardering van voeders voor varkens aanpassing behoeft.

De voorkeur van de werkgroep ging en gaat daarbij, mede met het oog op het actueel houden van systemen, uit naar een internationale actie met als inzet een breed geaccepteerd nieuw energiesysteem voor varkens. De werkgroep is van oordeel dat daarbij voorop moet staan hoe voor het doeldier "varken" de energiewaarde van de diverse voeders het meest adequaat kan worden geschat. Dit impliceert dat niet a priori gekozen hoeft te worden voor een netto energiesysteem. Door het IVVO-DLO zijn inmiddels initiatieven ontplooid om te komen tot internationaal overleg terzake.

De werkgroep Voeding Varkens heeft vervolgens onderkend dat het internationaal afstemmen van een nieuw energiesysteem voor varkens naar alle waarschijnlijkheid een langdurige aangelegenheid zal zijn. Vanuit de Nederlandse veevoedingssector bereikten de werkgroep echter signalen dat men in feite al op korte termijn over een betere waarderingmethodiek wenste te beschikken. De werkgroep Voeding Varkens heeft daarom een projectgroep "Netto energiewaardering van voedermiddelen voor varkens" (NEV) benoemd, die tot taak kreeg een onderzoek in te stellen naar de mogelijkheden om op korte termijn te komen tot een aangepaste energiewaardering.

De projectgroep heeft voorgesteld de netto energiewaarde van voeders voor varkens te schatten volgens onderstaande formule:

$$\text{NEv (MJ)} = (10,8 * \text{VRE} + 36,1 * \text{VRVET} + 13,5 * \text{ZET} + 12,7 * \text{SUI} + 9,5 * \text{VRES})/1000$$

$$(\text{VRES} = \text{VOK} + \text{VRC} - \text{ZET} - \text{SUI})$$

De werkgroep Voeding Varkens heeft in 1992 twee maal vergaderd over het voorstel van de projectgroep NEV, en daarbij bovenstaande formule geaccordeerd. In dit documentatierapport wordt beschreven op basis van welke gegevens en welke argumenten de projectgroep NEV tot haar voorstel is gekomen, en binnen welke randvoorwaarden de formule kan worden toegepast.

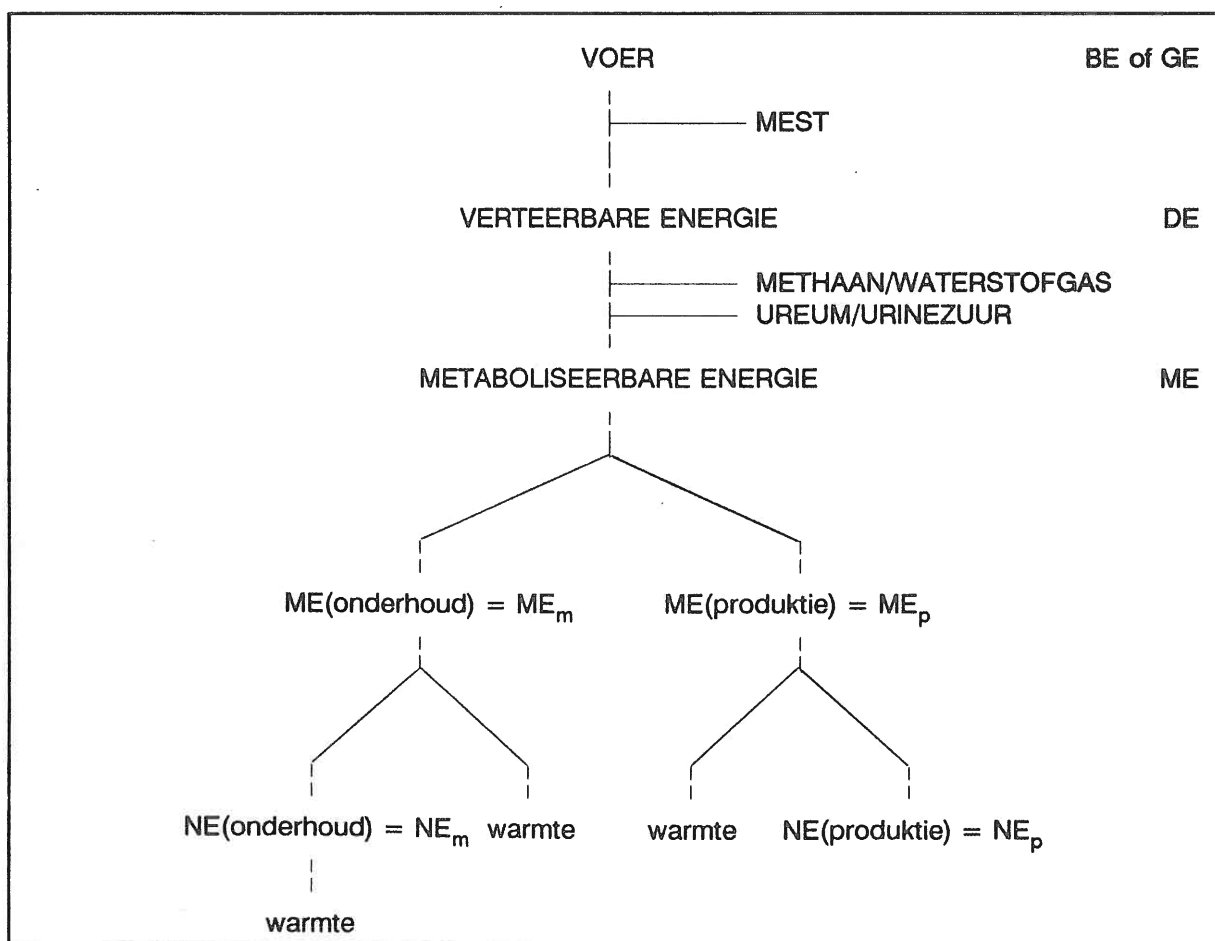
De CVB-werkgroep Veevoedertabel heeft, na goedkeuring van de nieuwe NEv-formule, zorg gedragen voor het opstellen van een nieuwe (voorlopige) NEv-tabel (CVB-reeks nr. 12, 1993).

## 2. UITGANGSPUNTEN VOOR EEN AANGEPASTE NEv-WAARDERING

### 2.1 Wat is netto energie ?

De totale energie, aanwezig in het voer dat door het dier wordt opgenomen, wordt de bruto energie (BE of GE = gross energy) genoemd (zie schema in Figuur 2.1). Dat deel van het voer dat niet verteerd wordt, verlaat het dier in de vorm van mest. De energie aanwezig in de verteerde nutriënten wordt de verteerbare energie (DE = "digestible energy") genoemd. Het gaat hier zowel om een enzymatische vertering als een fermentatieve afbraak. Van de verteerbare energie gaat een deel verloren doordat microben bij anaërobe fermentatie methaangas en waterstofgas produceren, en doordat de stikstof van aminozuren die niet voor eiwitbiosynthese worden benut in de vorm van ureum wordt uitgescheiden. De resterende energie wordt metaboliseerbare energie (ME) genoemd. Bij allerlei biochemische omzettingen komt warmte vrij, die als verliespost is te beschouwen. De resterende energie die voor onderhoud en produktie (vlees- en vetaanzet, vorming van foetaal weefsel, melkproduktie) kan worden gebruikt, wordt de netto energie genoemd.

Het in Nederland toegepaste energiesysteem is gebaseerd op onderzoek naar de energiebehoefte voor onderhoud en de energetische kosten voor produktie. De onderhoudsbehoefte en de energetische aanzet zijn in kostbare en tijdrovende respiratieproeven gemeten, en vervolgens vergeleken met de chemische samenstelling en de verteerbaarheid van het voer. Op grond van deze vergelijking is een zogenaamde netto-energieformule ontwikkeld, die de basis vormt voor de



Figuur 2.1. Energiebalans.

(in de Veevoedertabel van het CVB vermelde) energiewaardering van voedermiddelen voor varkens. In deze formule behoeven voor de schatting van de NEv-waarde van een voedermiddel alleen de verteringscoëfficiënten en de gehalten van de chemische componenten in een voeder(middel) te worden ingevuld. Sinds de zeventiger jaren wordt voor de schatting van de NEv-waarde de Rostock formule gebruikt.

## 2.2 De Rostock formule nader bekeken

Tijdens het 4e Energie Symposium van de E.A.A.P. in Polen (1967) is door Nehring e.a. de volgende formule (omgerekend naar MJ) voor de schatting van de netto energie (NEv) waarde van voedermiddelen gepresenteerd:

$$\text{NEv (MJ)} = (10,8 * \text{VRE} + 36,1 * \text{VRVET} + 6,3 * \text{VRC} + 12,7 * \text{VOK})/1000$$

In de Proceedings van dit symposium is het gegevensbestand, waarop bovenstaande formule is afgeleid, niet opgenomen. Dit is pas enkele jaren later gepubliceerd (in: "Energetische Futterbewertung und Energienormen", 1972). In laatstgenoemde publikatie is de zg. Rostock formule als zodanig niet terug te vinden.

De formule is ook niet zonder meer het resultaat van een multiple regressieberekening aan dit gegevensbestand (A. J. H. van Es, persoonlijke mededeling). Het RVET-gehalte in de getoetste voeders varieerde slechts in geringe mate. De energiebijdrage van verteerbaar ruw vet (36,1 MJ/kg VRVET) werd daarom op grond van theoretische overwegingen gekozen. De energetische bijdrage van VRC is evenmin het resultaat van een regressie-analyse. Op basis van rationele overwegingen is deze gesteld op 50 % van de energetische bijdrage van de VOK-fractie.

Met het schetsen van de totstandkoming van de formule is een eerste bezwaar ervan genoemd.

Bij een, door het Centraal Veevoederbureau uitgevoerde, multiple regressie-analyse van dit gegevensbestand werd de volgende formule verkregen:

$$\text{NEv (MJ)} = (10,8 * \text{VRE} + 34,7 * \text{VRVET} + 10,6 * \text{VRC} + 12,5 * \text{VOK})/1000$$

sd	1,4	6,4	3,4	0,3
----	-----	-----	-----	-----

De residuele fout (RSD) in de geschatte NEv is 0,38 MJ; de verklaarde variatie ( $R^2$ ): 0,69.

Wanneer in de regressie-analyse VRC en VOK werden gecombineerd tot ( $0,5 * \text{VRC} + \text{VOK}$ ) werd het volgende resultaat verkregen:

$$\text{NEv (MJ)} = (11,1 * \text{VRE} + 34,8 * \text{VRVET} + 12,6 * (0,5 * \text{VRC} + \text{VOK}))/1000$$

sd	1,4	6,5	0,3
----	-----	-----	-----

De residuele fout (RSD) in de geschatte NEv is in dit geval 0,38 MJ; de  $R^2$  is 0,68.

De verklaarde variatie van de experimentele gegevens door beide bovenstaande formules is voor een algemeen toe te passen formule als de Rostock formule niet hoog te noemen. Daarmee is een tweede punt van kritiek tegen de Rostock formule genoemd.

Het gegevensbestand waarop de Rostock formule is gebaseerd bestaat uit totaal 67 voeders. In alle gevallen was een hoog gehalte aan gerst (48 % of meer) aanwezig. Bij nadere beschouwing blijkt dat een groot aantal van de 67 voeders dezelfde samenstelling heeft. Zo komt een voer met 86 % gerst, 7 % lijnzaadschroot en 7 % vismeel 15 keer voor, en een voer met 65 % gerst, 23 % haver, 6 % sojaschroot en 6 % vismeel 7 keer. In een aantal voeders komen grondstoffen voor die, in ieder geval tegenwoordig, niet relevant zijn voor de Nederlandse situatie, terwijl ook voedermiddelen zijn verstrekt die in zijn algemeenheid discutabel zijn voor wat betreft hun toepassing bij varkens (zoals bijv. aardappels en aardappelprodukten met rauw zetmeel, diverse soorten bieten e.d.). De geringe variatie in de gebruikte voeders, het hoge aandeel granen daarin, en de vragen

m.b.t. de relevantie en toepasbaarheid van bepaalde voedermiddelen vormen een derde bezwaar tegen de methodiek van NEv-berekening m.b.v. de Rostock formule.

Een volgend bezwaar tegen de Rostock formule heeft te maken met het feit dat de respiratieproeven zijn uitgevoerd met oudere varkens, die voornamelijk vet aanzetten. De moderne vleesvarkens realiseren een hoge eiwitaanzet. De energetische efficiëntie voor de aanzet van eiwit is lager dan bij de aanzet van vet. Dit betekent dat in het algemeen de werkelijk aangezette energie voor moderne vleesvarkens enigszins wordt overschat.

Het belangrijkste bezwaar tegen de Rostock formule betreft het feit dat er, afgezien van het arbitraire verschil tussen VRC en VOK, geen onderscheid wordt gemaakt in de energiebijdrage van diverse koolhydraten. Men name voor de huidige Nederlandse situatie, waar een groot scala van bijprodukten beschikbaar is voor de verwerking in mengvoeders, is het van belang dat bij de energiewaardering onderscheid wordt gemaakt tussen de verschillende componenten waaruit de koolhydraten zijn opgebouwd, met name zetmeel en suikers enerzijds en niet-zetmeel koolhydraten (NSP) anderzijds.

In de Rostock formule zijn, naast VRE en VRVET, als energieleverende componenten VRC en VOK opgenomen. De beslissing VRC arbitrair 50 % lager te waarderen dan de VOK-fractie, is gebaseerd op de overweging dat RC niet enzymatisch wordt verteerd, maar fermentatief wordt afgebroken (A. H. J. van Es, persoonlijke mededeling). Terecht werd ervan uitgegaan dat fermentatief afgebroken koolhydraten voor het varken minder energie opleveren dan enzymatisch verteerde koolhydraten (zie ook Hoofdstuk 3). Er werd echter voorbijgegaan aan het feit dat de hoeveelheid fermentatief af te breken koolhydraten in de VOK-fractie in het algemeen een veelvoud is van de VRC-fractie.

Een adequate energiewaardering zal dus nadrukkelijk moeten ingaan op de vraag of de betreffende koolhydraat enzymatisch wordt verteerd dan wel fermentatief wordt afgebroken. Aangezien de OK-fractie zowel componenten omvat die uitsluitend kunnen worden gefermenteerd (NSP), als componenten die voornamelijk enzymatisch worden verteerd, is het onjuist aan de zeer diverse VOK-fractie een en dezelfde energetische bijdrage toe te kennen.

Dat de NEv-schatting m.b.v. de Rostock formule niet altijd tot correcte waarden leidt, is een probleem dat al een aantal jaren geleden, o.a. door het CLO-Instituut voor de Veevoeding "De Schothorst" (G. J. Borggreve e.a., 1975), is gesignaleerd. Het was één van de belangrijkste redenen om bij de formulering van mengvoeders een (aanvullende) zetmeelis te gaan hanteren, inhoudende dat een mengvoer voor vleesvarkens tenminste ca. 350 g zetmeel/kg moet bevatten.

## 2.3 Uitgangspunten voor een aangepaste netto energiewaardering

### 2.3.1 Energiebehoefte voor onderhoud

In het energiesysteem zoals dat is ontwikkeld door het Oskar Kellner Instituut te Rostock wordt een onderhoudsbehoefte van 69 kcal NE/kg  $LG^{0,75}$ , ofwel 0,280 MJ NE/kg  $LG^{0,75}$  aangehouden (Schiemann e.a., 1972), overeenkomend met 0,440 kJ ME/kg  $LG^{0,75}$ . In latere studies zijn door Just en medewerkers (1983a) en door Ewan en medewerkers (1982) onderhoudsbehoeften gerapporteerd van resp. 0,340 MJ NE/kg  $LG^{0,75}$  en 0,291 MJ NE/kg  $LG^{0,75}$ . Noblet e.a. (1989) vond in respiratieproeven met beren van 45 kg, die een gebalanceerd voer kregen om de eiwitaanzet te maximaliseren, een onderhoudsbehoefte van 0,750 MJ NE/kg  $LG^{0,60}$ . Hoewel een heroverweging van de energiebehoefte voor onderhoud in het kader van het in Hoofdstuk 1 bepleite internationale overleg zeker dient plaats te vinden, is bij de nu voorgestelde aangepaste energiewaardering uitgegaan van de onderhoudsbehoefte zoals deze door Schieman e.a. (1972) is gepubliceerd.

Verder moet worden bedacht dat de netto energie voor onderhoud ( $NE_m$ ) vooral van belang is als men is geïnteresseerd in absolute NE-waarden. Voor een onderlinge vergelijking van grondstoffen en voeders is de waarde van  $NE_m$  niet belangrijk, mits de waarnemingen maar worden uitgevoerd met dieren onder dezelfde condities.

De  $NE_m$  zoals door Schieman e.a. (1972) op grond van onderzoek met zwaardere dieren is voorgesteld, is in feite voor de huidige vleesvarkens ook niet correct. Daarom rekent men

bijvoorbeeld in het TMV (Technisch Model Vleesvarkens) met een andere onderhoudsbehoefte.

### 2.3.2 Energiebijdrage van verteerbaar Ruw eiwit en Ruw vet

Door Hoffmann en medewerkers (1985) zijn voor VRE en VRVET coëfficiënten voorgesteld van resp. 11,0 en 34,0 MJ/kg. Noblet e.a. (1989) geeft verschillende vergelijkingen ter voorspelling van de NEv; in twee ervan zijn VRE en VRVET als verklarende variabelen opgenomen. De coëfficiënt voor VRE is hierin resp. 10,4 en 10,96 MJ/kg en die voor VRVET resp. 37,0 en 37,15 MJ/kg. In het kader van de beoogde aanpassing zijn er geen zwaarwegende argumenten om de coëfficiënten voor VRE en VRVET in de Rostock formule aan te passen. Om die reden is besloten hiervoor de waarden van resp. 10,8 en 36,1 MJ/kg te handhaven.

### 2.3.3 NE-waarde van mengvoeders in relatie tot het zetmeelgehalte

Voeders met eenzelfde NEv (of EW), geschat volgens de huidige Rostock formule geven slechtere resultaten naarmate het ZET-gehalte lager is. Daarom is het gebruikelijk om voor voeders voor vleesvarkens een minimum ZET-gehalte van 350 g/kg te hanteren. Het wordt wenselijk geacht dat de NEv van het gangbare vleesvarkensvoer na de introductie van een aangepaste NEv-waardering niet verandert. Daarom is als uitgangspunt genomen dat de nieuwe NEv-formule zodanig dient te worden geformuleerd dat de NEv- of EW-waarde van het gemiddelde vleesvarkensvoer (EW 1,03) met 350 g ZET/kg niet verandert.

### 2.3.4 Energiebijdrage van de koolhydraten

Op grond van hun energetische voederwaarde voor het varken zijn de volgende categorieën koolhydraten te onderscheiden:

- de koolhydraten die in de dunne darm (geheel of grotendeels) enzymatisch (tot glucose) worden afgebroken. Hiertoe behoren zetmeel (= ZET) en de suikers sacharose, lactose en glucose (= SUI). In de meeste gevallen komen slechts geringe hoeveelheden van de genoemde suikers voor. Er is daarom voorgesteld om alleen bij grondstoffen die een substantiële hoeveelheid van deze suikers bevatten hiermee bij de NEv-schatting rekening te houden. Welke voedermiddelen dit precies zijn, zal door de CVB-werkgroep Veevoedertabel nader worden uitgewerkt.
- koolhydraten die uitsluitend fermentatief kunnen worden afgebroken door de bacteriën in het darmkanaal (= VRES). Hierbij ontstaan vluchtige vetzuren (azijnzuur, propionzuur en boterzuur) die door het varken kunnen worden benut. Een bepaalde gewichtshoeveelheid koolhydraten levert na fermentatie aanzienlijk minder netto energie voor het varken dan eenzelfde hoeveelheid koolhydraten die enzymatisch wordt verteerd.
- onverteerbare koolhydraten die in de mest terechtkomen.

#### *2.3.4.1 Enzymatische vertering of fermentatieve afbraak*

Voor alle ZET en SUI wordt, ongeacht de bron, ervan uitgegaan dat in het maagdarmkanaal een volledige afbraak plaatsvindt. Hoe (enzymatisch en/of fermentatief) en waar in het maagdarmkanaal deze afbraak, met name in het geval van ZET, plaatsvindt, is een punt van nadere beschouwing.

Gezien de verteringscapaciteit van het varken is het waarschijnlijk dat de meeste zetmelen en de genoemde suikers voornamelijk enzymatisch worden verteerd. De absorptie (als glucose) vindt plaats in de dunne darm. ZET en SUI die aan het einde van het ileum nog niet zijn afgebroken, kunnen door het varken nog slechts in de vorm van vluchtige vetzuren worden benut na fermentatie in de dikke darm.

De RES-fractie kan uitsluitend fermentatief worden afgebroken. Deze fermentatie vindt vooral plaats in de dikke darm. Het is echter niet per definitie tot dit gedeelte van het maag-darm kanaal beperkt. Zo kan o.a. fermentatie optreden in de maag (Clemens e.a., 1975). Afhankelijk van de

samenstelling van het rantsoen, en dan met name van het VRES-gehalte of de aanwezigheid van bepaalde zetmelen, kan in principe ook in de dunne darm al een aanzienlijke fermentatie plaatsvinden (Jongbloed e.a., 1992a). Bij een aanzienlijke fermentatie in het ileum zullen echter ook de gemakkelijker te fermenteren substraten ZET en SUI gedeeltelijk door de daar aanwezige microflora worden afgebroken. Een substantiële fermentatie van ZET en SUI in het ileum, ten koste van een enzymatische vertering, betekent dat de energetische benutting ervan door het dier lager is dan onder omstandigheden waarbij de ileale fermentatie beperkt is.

Over de mate van fermentatie in het ileum bij verstrekking van een gemiddeld rantsoen, d.w.z. met een zetmeelgehalte van ca. 350 g/kg en een relatief laag VRES-gehalte, is nog weinig bekend. De indruk bestaat dat de fermentatie in de dunne darm zodanig beperkt is dat slechts een geringe hoeveelheid ZET en SUI gefermenteerd wordt. In de aangepaste NEv-waardering wordt dit (stilzwijgend) verondersteld.

#### 2.3.4.2 Ileale verdwijning van zetmeel

Verder is ervan uitgegaan dat de verterings- en absorptiecapaciteit van het varken zo hoog is dat de meeste zetmelen aan het einde van de dunne darm (nagenoeg) volledig uit het lumen zijn verdwenen. Voor een aantal mengvoedergrondstoffen zijn inmiddels enkele gegevens beschikbaar gekomen die deze aanname ondersteunen (zie Tabel 2.1).

Tabel 2.1. Ileale verteerbaarheid van zetmeel door varkens

<u>Voedermiddel</u>	<u>VC-ZET(ileaal)</u>	<u>Referentie</u>
Mais	94 %	R. Jongbloed e.a. (1992a)
Mais	94 %	N. Lenis e.a. (1992)
Mais	98 % (sd 1 %)	P. van Leeuwen e.a. (pers. meded.)
Paardebonen	94 - 96 % <sup>a</sup>	A. F. B. van der Poel e.a. (1992)
Tarwevoerbloem	101 % (sd 1 %)	P. van Leeuwen e.a. (pers. meded.)
Tarwegries	97 % (sd 6 %)	P. van Leeuwen e.a. (pers. meded.)
Tarwezemelen	100 % (sd 5 %)	P. van Leeuwen e.a. (pers. meded.)
Tapioca	97 %	R. Jongbloed en B. Smits (1993)
Mengvoeders (10 x)	92 - 95 % <sup>b</sup>	S. Metz e.a. (pers. meded.)
Mengvoeders	91 - 96 % <sup>c</sup>	Graham e.a. (1989)

<sup>a</sup>: Bepaald bij varkens van 35 kg  
<sup>b</sup>: Het betrof hier (niet gepelleteerde) meelvoeders  
<sup>c</sup>: Basisvoer gepelleteerd; testgrondstoffen niet; de pelleteercondities (wel geen toevoeging van stoom) van het basisvoer worden niet gespecificeerd.

Uit de gegevens in Tabel 2.1 kan geconcludeerd worden dat de aanname van een (nagenoeg) volledige ileale "verdwijning" van zetmeel voor de meeste voedermiddelen een reële is, zeker wanneer daarbij het volgende in ogenschouw wordt genomen:

- in de genoemde experimenten is het voeder(middel), m.u.v. mogelijk het basisvoer in de studie van Graham e.a. (1989), niet onderworpen geweest aan een pelleteerproces bij hoge temperatuur en na toevoeging van stoom, zoals in de mengvoeder-industrie veelal gebeurt. Dit betekent dat de bij deze technologische behandeling optredende gedeeltelijke ontsluiting van zetmeel bij deze proefvoeders niet heeft plaatsgevonden.
- deze experimenten vonden in een aantal gevallen plaats om de ileale verteerbaarheid van het eiwit te bestuderen. Het zetmeelgehalte van het proefvoer lag daardoor in een aantal gevallen ver boven de in de praktijk gebruikelijke gehalten.

#### 2.3.4.3 Natief aardappelzetmeel een uitzondering

Op grond van de literatuurgegevens moet een uitzondering worden gemaakt voor natief (of: rauw) aardappelzetmeel. In Tabel 2.2 zijn enkele literatuurgegevens over de ileale verdwijning van aardappelzetmeel bij varkens bijeen gebracht.

Tabel 2.2. Gegevens over de ileale vertering van zetmeel in aardappelprodukten

<u>Referentie</u>	<u>Onderzocht aardappelprodukt</u>	<u>VC-ZET(ileaal) (%)</u>
<u>produkten met natief aardappelzetmeel</u>		
Wünsche e.a. (1987)	aardappelzetmeel	24
Jongbloed e.a. (1992a)	aardappelpersvezels	negatief
Kesting e.a. (1984)	aardappelen (50 % zetmeel uit aardappelen)	50 - 57 <sup>a</sup>
Kesting e.a. (1984)	aardappelen (33,3 % zetmeel uit aardappelen)	68 - 72 <sup>b</sup>
<u>produkten met ontsloten aardappelzetmeel</u>		
B. Smits en R. Jongbloed (1993)	aardappelpuree	97
Kesting e.a. (1984)	aardappelen, gestoomd (50 % zetmeel uit aardappelen)	88-94 <sup>a</sup>

a: is de VC-ZET van het rantsoen; bepaald bij varkens met een LG van 100 - 130 kg.  
b: is de VC-ZET van het rantsoen; bepaald bij zeugen met een LG van 130 - 160 kg.

De gegevens tonen aan dat er een groot verschil is tussen de ileale verdwijning van natief en ontsloten aardappelzetmeel. Het laatste is aan het einde van het ileum grotendeels verdwenen. De interpretatie van de gegevens voor produkten met natief aardappelzetmeel vraagt enige toelichting. Voor natief aardappelzetmeel in aardappelpersvezels werd geen ileale verdwijning vastgesteld (Jongbloed e.a., 1992). Als bij de waarneming van Kesting e.a. (1984) met vleesvarkens, waar het zetmeel in het rantsoen voor 50 % afkomstig was van rauwe aardappelen, een volledige ileale verdwijning van het "niet-aardappel-zetmeel" wordt aangenomen (zie de gegevens over diverse voedermiddelen in tabel 2.1), dan is de afbraak van het rauwe aardappelzetmeel hier verwaarloosbaar klein. Voor de waarneming van Kesting e.a. (1984) met zeugen geldt dezelfde redenering; ook hier is, bij een volledige ileale verdwijning van het "niet-aardappel-zetmeel" aannemelijk dat de ileale verdwijning van natief zetmeel zeer beperkt is geweest. De gegevens voor aardappelpersvezels en rauwe aardappelen zijn dus goed met elkaar in overeenstemming. De waarneming van Wunsche e.a. (1987) met natief aardappelzetmeel lijkt hiervan af te wijken, maar dit hoeft niet zo te zijn. De gevonden ileale verdwijning kan allereerst beïnvloed zijn door de toegepaste techniek nl. ileale rectale anaestomose. Bij deze techniek kan het einde van de dunne darm de functie van de -weggenomen- dikke darm gedeeltelijk gaan overnemen. Daarnaast is het gevaar aanwezig dat bij de isolatie van aardappelzetmeel, als gevolg van beschadiging van de amyloplasten, toch ook een zekere ontsluiting en/of toegankelijkheid voor amylase optreedt.

Op dit moment zijn er geen andere voedermiddelen bekend waarvoor, gezien de lage ileale verdwijning van ZET, een soortgelijke uitzondering moet worden gemaakt als voor aardappelzetmeel.

In bovenstaande is nadrukkelijk naar voren gekomen dat geen "=" geplaatst mag worden tussen de "ileale verdwijning" en de "enzymatische vertering" van zetmeel. Hoe de verhouding tussen enzymatische vertering en fermentatieve afbraak van zetmeel in het ileum precies ligt, is onderwerp van inmiddels door het IVVO-DLO opgestart onderzoek. De coëfficiënt voor ZET in de te ontwikkelen NEV-formule zal derhalve gebaseerd zijn op enerzijds de bijdrage van enzymatisch verteerd zetmeel en anderzijds de (voor doorsnee voeders) vermoedelijk beperkte maar niet nader gekwantificeerde bijdrage van de ileaal gefermenteerde fractie van deze nutriënt.



#### 2.3.4.4 NEv-bijdrage van suikers t.o.v. zetmeel

Zoals reeds vermeld, dient SUI slechts in de formule voor de NEv-berekening te worden opgenomen voorzover het gaat om direct opneembare (bijv. glucose, fructose) of enzymatisch verteerbare suikers (sacharose, lactose). Bij de splitsing van een disaccharide-molecuul wordt slechts 1 watermolecuul gebonden, terwijl bij de splitsing van een zetmeelmolecuul bestaande uit n glucose-eenheden (n-1) watermoleculen worden gebonden. Daardoor is de hoeveelheid ATP die per gram disaccharide wordt gevormd kleiner dan die per gram (enzymatisch te splitsen) zetmeel. De verhouding tussen beide wordt gegeven door de verbrandingswaarde van deze verbindingen ten opzichte van elkaar (zie Tabel 2.3).

Tabel 2.3. Verbrandingswaarde van enkele koolhydraten

<u>Koolhydraat</u>	<u>Verbrandingswaarde<sup>a</sup></u>		<u>Relatief t.o.v. zetmeel</u>
	<u>kcal/kg</u>	<u>MJ/kg</u>	
zetmeel	4179	17,48	1,00
sacharose	3942	16,49	0,94
lactose	3947	16,52	0,94
glucose	3722	15,57	0,89

<sup>a</sup>: Ontleend aan CRC Handbook of Chemistry and Physics (1989).

#### 2.3.4.5 NEv-bijdrage van de fermenteerbare RES-fractie t.o.v. zetmeel

In de beoogde aanpassing van de NEv-waardering zal moeten worden vastgesteld welke NEv-bijdrage de fermentatief afgebroken RES-fractie heeft ten opzichte van ZET. In een volgend hoofdstuk worden de literatuurgegevens wat dit betreft geïnventariseerd, en worden berekeningen gepresenteerd die zijn uitgevoerd aan een gegevensbestand van Noblet e.a. (zie Hoofdstuk 3). Hoe groot in de verschillende studies de ileale fermentatie van ZET is geweest, is niet te zeggen. Het is mogelijk één van de oorzaken waarom de resultaten m.b.t. de netto energiebijdrage van de fermenteerbare RES-fractie t.o.v. die van ZET een flinke spreiding vertonen.

#### 2.3.5 Zetmeelgehalte niet ongelimiteerd variëren

Bij een goede energetische waardering van ZET, SUI en VRES behoeven, uit het oogpunt van de energetische waardering, in principe geen eisen meer te worden gesteld aan het zetmeelgehalte van het mengvoer. Voeders met minder ZET zullen meer VRES en meer koolhydraten bevatten. Als men desondanks de NEv-waarde op peil wil houden, zal extra vet toegevoegd moeten worden. Hoewel ook technologische motieven, zoals het produceren van een pellet van goede kwaliteit, en eisen t.a.v. de vleeskwaliteit (linolzuurgehalte in het depotvet) redenen zullen zijn om het RVET-gehalte niet ongelimiteerd te verhogen, zijn er ook andere -nutritieel zwaarwegende- argumenten om daarmee voorzichtig te zijn.

Een varken kan vet zowel benutten voor vetaanzet als voor onderhoud. Onder normale omstandigheden is de vetaanzet hoger dan de opname van verteerbaar vet via het voer. In de te ontwikkelen NEv-formule zal -net als in de Rostock formule- de coëfficiënt voor VRVET gebaseerd zijn op de benutting van verteerbaar vet voor de aanzet. Dit betekent dat de formule alleen een correcte NEv-schatting geeft als VRVET ook werkelijk alleen voor dit doel wordt benut. Bij te sterke verhoging van de vetopname via het voer, zal verteerd vet ook -en dan met een veel lagere benuttingsfactor- gedeeltelijk gebruikt worden voor onderhoud. Daarnaast kan door interacties tussen RVET en RC bij hoge gehalten aan deze componenten de verteerbaarheid van RVET negatief beïnvloed worden (Jongbloed e.a., 1992b).

In een volgend hoofdstuk zal nader worden ingegaan op de vraag tot welk RVET-gehalte in het voer en onder welke condities het vet voor aanzet wordt gebruikt (zie Hoofdstuk 4). Uiteraard is verwerking van hogere dan de daar genoemde RVET-gehalten mogelijk en toegestaan. Men dient

dan echter voor het boven de gestelde grenzen toegevoegde RVET een andere benuttingsfactor aan te houden voor het VRVET. Chudy en Schiemann (1969) vonden in een modelstudie met ratten een efficiëntie voor de benutting van vet voor vetaanzet van 36,5 MJ/kg verteerd vet en bij de benutting van vet voor onderhoud van 28,8 MJ/kg verteerd vet. Als deze gegevens ook van toepassing zijn op varkens, is de benutting van VRVET voor onderhoud dus ruim 20 % lager dan die van VRVET voor de aanzet van vet.

Men dient er bij dus bij verwerking van (zeer) hoge RVET-gehaltenes en hogere RC-gehaltenes (zie verder Hoofdstuk 4) op bedacht te zijn dat met de nieuwe NEv-formule voor RVET een te hoge NEv-bijdrage wordt berekend, enerzijds omdat onder deze condities de coëfficiënt voor VRVET te hoog is, en anderzijds omdat ook de VC-RVET in de Veevoedertabel te hoog is.

### 2.3.6 Analyse van zetmeel

Over de analyse van zetmeel wordt al vele jaren gediscussieerd. Bij de routinematige analyse van veevoedergrondstoffen wordt door de meeste landbouwkundige laboratoria de methode Ewers toegepast. Bij deze polarimetrische methode wordt in feite niet het zetmeel bepaald, maar de optische draaiing van het -uit het zetmeel vrijgemaakte- glucose. Afhankelijk of bij de behandelingen die voorafgaan aan deze feitelijke meting andere componenten met een optische draaiing worden meegenomen, kan de methode het feitelijke zetmeelgehalte meer of minder overschatten. Voor enkele produkten is, gelet op de aard van het produkt en de resultaten met andere methoden, het zetmeelgehalte bepaald volgens Ewers nadrukkelijk een artefact, waarmee bij de NEv-schatting duidelijk rekening moet worden gehouden. Een tweede nadeel van de methode is het feit dat deze tot op zekere hoogte analist-afhankelijk is.

Zetmeel kan specifiek bepaald worden m.b.v. een enzymatische methode. Lange tijd is hiervoor pancreatine gebruikt. Tegenwoordig wordt veelal amyloglucosidase toegepast. In het kader van het Nederlands Normalisatie Instituut (NNi) wordt gewerkt aan de normalisatie van een nieuwe methode voor de (enzymatische) bepaling van zetmeel.

In sommige gevallen is er een groot verschil tussen het polarimetrisch en het enzymatisch bepaalde ZET-gehalte, maar is het niet rationeel dit verschil toe te schrijven aan een artefact van de methode Ewers. In dergelijke gevallen lijkt de voorbehandeling van het monster essentieel: bij een bepaalde extractie-stap kunnen nl. polysachariden (dextrinen), en mogelijk ook oligosachariden, al dan niet van het zetmeel worden gescheiden. Vanwege het feit dat alle oligo- en polysachariden, opgebouwd uit glucose moleculen die via een  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  glucosidische bindingen aan elkaar gekoppeld zijn, eerst door een amylase moeten worden gesplitst, kan er vanuit nutritioneel oogpunt voor gepleit worden dat bij een toekomstige (enzymatische) analysemethode ook deze oligo- en polysachariden als zetmeel (mee-)geanalyseerd worden.

### 2.3.7 De energetische bijdrage van fermentatieprodukten in gefermenteerde vochtrijke veevoerders

Bij de fermentatie van vochtrijke veevoerders kunnen verschillende fermentatieprodukten ontstaan. In het algemeen is melkzuur het belangrijkste fermentatieprodukt.

De energetische waarde van organische zuren en alcohol wordt afgeleid uit het ATP-genererend vermogen van deze verbindingen relatief t.o.v. zetmeel. Op basis van deze benadering wordt de NEv van melkzuur in het aangepaste NEv-systeem 11,48 MJ/kg. Deze waarde ligt hoger dan de 9,5 MJ/kg voor de fermenteerbare residu-fractie (VRES). Wanneer geen rekening wordt gehouden met de aanwezigheid van fermentatieprodukten, worden deze bij de RES-fractie geteld. Dit betekent een (lichte) onderschatting van NEv-waarde van dergelijke produkten. Als melkzuur het voornaamste fermentatieprodukt is, bedraagt de onderschatting -afhankelijk van het melkzuurgehalte- ca. 1,5 - 2,5 %. In de werkgroep Voeding Varkens is de bereidheid uitgesproken om de fermentatieprodukten als variabele in de NEv-formule op te nemen, mits er een voor de praktijk hanteerbare methode voor het schatten van het gehalte aan fermentatieprodukten wordt ontwikkeld.

Vanwege het ontbreken van een dergelijke methode, worden de fermentatieprodukten voorshands bij de RES-fractie gerekend.

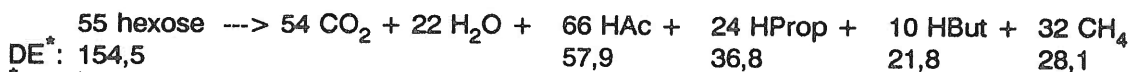
### 3. ENERGETISCHE BIJDRAGE VAN GEFERMENTEERDE NIET-ZETMEEL KOOLHYDRATEN T.O.V. ZETMEEL

#### 3.1 Energetische verliezen bij een fermentatieve afbraak van koolhydraten in vergelijking met een enzymatische vertering; een literatuuroverzicht

Bij de aanpassing van de netto energiewaardering van voedermiddelen voor varkens wordt beoogd onderscheid te maken tussen de energetische waarde van enzymatisch verteerbare koolhydraten (zetmeel en suiker) en de energetische waarde van uitsluitend fermentatief afbreekbare koolhydraten (VRES). In deze paragraaf wordt allereerst op theoretische gronden een schatting gemaakt van het verschil in de energetische waarde van gefermenteerd glucose ten opzichte van glucose als zodanig. Vervolgens wordt de literatuur m.b.t. de energetische benutting van VRES ten opzichte van ZET geïnventariseerd.

##### 3.1.1 Theoretische inschatting van de NE-waarde van wel en niet gefermenteerd glucose

Voor de fermentatie van glucose tot vluchtige vetzuren (VVZ) kan voor de geproduceerde VVZ de volgende verhouding worden aangehouden Azijnzuur (HAc) : Propionzuur (HProp) : Boterzuur (HBut) = 66 : 24 : 10 (Gädeken, 1989; Müller e.a., 1989). Volgens de stoichiometrie van Hungate (1966) kan, uitgaande van de door hem gegeven verhouding, voor de fermentatie van hexose de volgende vergelijking worden gemaakt:



\* : verteerbare energie in MJ

De totale energie van de reactieproducten is 144,5 MJ; dit betekent dat bij de fermentatie 6,5 % van de verteerbare energie verloren gaat als fermentatie warmte. De hoeveelheid fermentatie warmte zal echter hoger liggen dan 6,5 % vanwege het warmteverlies bij andere metabole processen in de bacteriën. Verder gaat 18 % van de verteerbare energie verloren in de vorm van methaan. De bij varkens gemeten methaanproductie is veel lager dan 18 % van de DE, en varieert van 1 tot ruim 10 % van de DE, afhankelijk van het substraat (Müller en Kirchgessner, 1982, Müller e.a., 1989). De theoretische waarde van 18 % is nog nooit gemeten. Men dient hierbij te bedenken dat in bovenstaande vergelijking is uitgegaan van hexose, terwijl bij de fermentatie in de dikke darm ook pentoses worden afgebroken.

Theoretisch is dus als gevolg van fermentatie volgens bovenstaand fermentatiepatroon een energieverlies te verwachten tot 25 % in vergelijking met een enzymatische vertering.

In het dier zullen het vooral de niet-zetmeel koolhydraten zijn die gefermenteerd worden. Daarvoor zal het bovenstaande fermentatiepatroon in veel gevallen niet representatief zijn. Daarom is de relatieve energetische efficiëntie voor een aantal fermentatiepatronen, uitgaande van de fermentatie van hexose, berekend (zie Tabel 3.1). In deze berekening is uitgegaan van de volgende energiewaarden per Mol: hexose 2,81 MJ, azijnzuur 0,88 MJ, propionzuur 1,53 MJ en boterzuur 2,18 MJ. Deze tabel laat zien dat variatie in het fermentatiepatroon slechts een geringe invloed heeft op de relatieve energetische efficiëntie. Het verlies varieert van 23 - 27 %.

Vervolgens is er een verschil in benutting door het varken van de vrijgekomen VVZ t.o.v. glucose. Berekend vanuit de hoeveelheid ATP die per molecuul substraat kan worden gevormd, is de benutting van de calorische waarde van de uit glucose gevormde VVZ ongeveer 10 % lager dan die van glucose. De totale energieverliezen als gevolg van fermentatie van koolhydraten tot VVZ en de lagere benutting van deze VVZ door het varken, bedragen ongeveer 35 % ten opzichte van de benutting van -door enzymatische vertering gevormd- glucose. Gezien het feit dat in werkelijkheid nooit methaanverliezen in de orde van grootte van 18 % zijn gemeten, moet geconcludeerd worden dat het baseren van een verhoudingsgetal voor de energetische benutting van VRES t.o.v. ZET op bovenstaande theoretische benadering onmogelijk is.

**Tabel 3.1.** Variatie in de relatieve energetische efficiëntie in afhankelijkheid van het bij de fermentatie van hexose ontstane fermentatiepatroon.

Fermentatiepatroon	Benodigde hexose-eenheden	Azijn-zuur	Propion-zuur	Boter-zuur	Relatieve energetische efficiëntie <sup>a)</sup>
a.	57	70	16	14	73
b.	53	60	24	6	75
c.	55	66	24	10	75 <sup>b</sup>
d.	60	60	20	20	75
e.	59	56	26	18	77

a): Bij deze efficiëntie is het verschil in benutting van vrijgekomen VVZ t.o.v. glucose voor ATP-synthese buiten beschouwing gelaten.  
b): Dit is het fermentatiepatroon waarvan op de vorige pagina de reactievergelijking is weergegeven.

### 3.1.2 Energetische benutting van VRES t.o.v. zetmeel (een literatuuroverzicht)

In Bijlage A (o.a. in Tabel A.1) zijn de literatuurgegevens m.b.t. de fermentatie van niet-zetmeel koolhydraten en (rauw) aardappelzetmeel op rij gezet. De conclusie is dat bij veel van de studies bepaalde bedenkingen aangevoerd kunnen worden m.b.t. de praktische toepasbaarheid van de daar gevonden benutting van de NE van gefermenteerde koolhydraten t.o.v. de NE van zetmeel (zie de opmerkingen in Tabel A.1). Een eenduidige interpretatie van de literatuurgegevens is daardoor gecompliceerd. De energetische benutting van gefermenteerde koolhydraten t.o.v. zetmeel varieert op ME-niveau van 34 - 89 %; het gemiddelde is 71 % (n = 8); na weglating van de hoogste en de laagste waarde is het gemiddelde over de resterende 6 waarnemingen 74 %. Aangezien de theoretische benadering volgens de stoichiometrie van Hungate (3.1.1) en het inventariseren van de literatuurwaarden onvoldoende basis gaven voor het gefundeerd kiezen van een verhoudingsgetal voor de energetische benutting van VRES t.o.v. ZET, zijn vervolgens berekeningen uitgevoerd aan een gegevensbestand van Noblet e.a. (1989).

## **3.2 Berekeningen aan het gegevensbestand van Noblet**

### 3.2.1 Algemene opmerkingen m.b.t. het gebruikte gegevensbestand

In een studie van Noblet e.a. (1989) worden gedetailleerde gegevens gerapporteerd over een groot aantal voeders (totaal 41) waarvan de verteerbaarheid en de energie-aanzet bij groeiende varkens is onderzocht. Naast een opgave van de gebruikte grondstoffen en een analyse van de Weende componenten worden ook de ZET-gehalten (gemeten volgens de methode Ewers) en de SUI-gehalten (gemeten volgens Luff-Schoorl) vermeld. RVET is zowel met als zonder voorafgaande zure hydrolyse bepaald. Verder worden de gemiddelde lichaamsgewichten van de dieren vermeld en de onderhoudsbehoefte. Het gegevensbestand is daarom goed geschikt om, naast de door Noblet e.a. zelf uitgevoerde berekeningen, een aantal aspecten door te rekenen.

De voeders vertonen een redelijke variatie. De meeste onderzochte samenstellingen (zie Bijlage B) lijken bovendien relevant voor de in Nederland in de praktijk voorkomende varkensvoeders. Bij de uitvoering van de proeven is slechts één techniek toegepast en werd slechts één type dieren gebruikt.

Bij de studie dienen evenwel enkele kritische kanttekeningen te worden geplaatst. De proeven zijn uitgevoerd bij relatief jonge dieren (de gemiddelde gewichten per groep varieerden van 38 - 46,5 kg).

Verder werd tijdens de hoofdperiode van 8 dagen het voer op twee niveaus verstrekt: dag 0 - 5 op

een hoog voerniveau, dag 6 - 7 op een lager niveau, en op dag 8 weer op het hoge niveau. Het doel hiervan was een goede schatting te kunnen maken van de energiebehoefte voor onderhoud. De aanzet is evenwel gemeten over de totale duur van de hoofdperiode, dus 8 dagen. Het is niet duidelijk hoe het lage voerniveau op dag 6 - 7 in de hoofdperiode is verrekend; de gevolgen van het verlaagde voerniveau zijn daarom niet precies te overzien.

Vervolgens is gerekend met de netto energie gebaseerd op het respiratie quotiënt (RQ). Deze was gemiddeld 4 % lager dan gevonden werd op basis van de C&N balans. Op het IVVO-DLO wordt normaliter het gemiddelde van beide methodes genomen.

Tenslotte is er al op gewezen dat voor de berekening van het onderhoud gewerkt wordt met  $LG^{0,6}$ , hetgeen is gebaseerd op gegevens van dieren tot 105 kg. De consequenties van deze berekeningswijze zijn voor zware dieren (zeugen met  $LG > 250$  kg) vergaand. Mogelijk dat in de toekomst een variabele onderhoudsbehoefte kan worden ingevoerd. Noblet e.a. lijken hiervan ook voorstanders: bij het doorrekenen van de gegevens van Schiemann e.a. (1972) houdt hij een onderhoudsbehoefte aan van  $628 \text{ kJ/LG}^{0,6}$ , terwijl hij voor zijn eigen proeven met veel jongere dieren rekent met  $749 \text{ kJ/LG}^{0,6}$ .

### 3.2.2 Resultaat van de uitgevoerde berekeningen

Het gegevensbestand van Noblet e.a. (1989) is volgens verschillende regressiemodellen geanalyseerd. In dit rapport worden alleen de resultaten weergegeven, die zijn gebaseerd op RVET-analyses zonder zure hydrolyse. Ten eerste sluit dit het beste aan bij de tot voor kort door het IVVO-gehandeerde methodiek voor het uitvoeren van verteringsproeven, en ten tweede waren de resultaten van analoge modellen met RVET bepaald zonder of met zure hydrolyse, in de meeste gevallen zeer goed vergelijkbaar. In Tabel 3.2 worden de diverse regressie-formules weergegeven (met op de tweede regel per coëfficiënt de sd). In Tabel 3.3 worden de in de formules gebruikte termen verklaard.

Het model voor de afleiding van de coëfficiënten van formule 1 was:

$$NE(\text{bepaald}) (\text{MJ/kg OS}) = \{a \cdot VRE + b \cdot VRVET + c \cdot ZET + d \cdot VRC + e \cdot VRES(1)\} / 1000$$

De modellen, gebruikt voor de afleiding van de overige formules, zijn modificaties van dit model. In de formules 1, 2 en 3 werden alle coëfficiënten door multiple regressie berekend. Overeenkomstig het uitgangspunt dat in de aangepaste energiewaardering de coëfficiënten voor VRE en VRVET in de Rostock formule niet zullen veranderen werd in de formules 4, 5 en 6 de NE<sub>v</sub> eerst gecorrigeerd, door hiervan  $(0,0108 \cdot VRE + 0,0361 \cdot VRVET)$  af te trekken. Met de resterende NE<sub>v</sub>-gec. werden regressieberekeningen uitgevoerd met de in de diverse formules genoemde verklarende variabelen. Het model voor de afleiding van de coëfficiënten van formule 4 was dus:

$$NE_{v\text{-gec.}} (\text{MJ/kg OS}) =$$

$$NE(\text{bepaald}) - (10,8 \cdot VRE + 36,1 \cdot VRVET) / 1000 = \{a \cdot ZET + b \cdot VRC + c \cdot VRES(1)\} / 1000$$

Formule 4 is dus, behoudens het hanteren van dezelfde coëfficiënten voor VRE en VRVET als in de Rostock formule, qua model vergelijkbaar met formule 1. Hetzelfde geldt voor de formules 4 en 2, en 6 en 3.

De modellen 3 en 6 behoeven nadere toelichting. Doel van de aangepaste netto energiewaardering is een zo goed mogelijke inschatting te maken van de energiebijdrage van de verschillende koolhydraten. Van SUI, voor zover hieronder glucose, sacharose en lactose worden verstaan (in het vervolg SUI<sub>r</sub> genoemd), is een snelle enzymatische vertering aannemelijk. Dit impliceert dat SUI<sub>r</sub> niet tot de RES-fractie mag worden gerekend. Via de methode Luff-Schoorl wordt echter het bruto SUI-gehalte (d.w.z. ook andere sachariden dan glucose, sacharose en lactose) bepaald. Op grond van de door Noblet gegeven samenstellingen (zie Bijlage B) zijn de voeders gesplitst in twee groepen: groep 1, waarin grondstoffen zijn verwerkt met significante hoeveelheden SUI<sub>r</sub> (t.w. suiker, bietenpulp, bataten en melasse) en groep 2, waarin deze grondstoffen niet zijn verwerkt. In de voeders van groep 1 varieerde het bruto SUI-gehalte van 50 - 155 g/kg DS (n = 17); in de voeders van groep 2 van 17 - 51 g/kg DS (n = 24). Vervolgens is van de voeders van groep 2 het gemiddelde bruto SUI geschat; dit was 37 g/kg DS. Voor het SUI<sub>r</sub>-gehalte van de voeders van

Tabel 3.2. Resultaat van door het Centraal Veevoederbureau uitgevoerde berekeningen aan het databestand van Noblet e.a. (1989)

Formule	NE (MJ/kg OS * 1000) =						RSD(MJ)	R <sup>2</sup>
	VRE	VRVET	ZET	VRC	VRES-fractie			
1.	10,4	37,0	14,8	4,1	VRES(1) 11,9	0,24	0,95	
sd	1,2	1,7	0,4	3,3	0,9			
2.	11,3	35,9	14,5		VRES(2) 10,2	0,29	0,91	
sd	1,5	2,1	0,4		1,0			
3.	VRE	VRVET	ZET+SUIrc		VRES			
	10,6	37,3	14,7		VRES(3) 9,4	0,30	0,90	
sd	1,5	2,3	0,5		1,4			
4.	VRE	VRVET	ZET	VRC	VRES			
	10,8	36,1	14,6	1,2	VRES(1) 11,4	0,24	0,94	
sd			0,2	3,1	0,8			
5.	10,8	36,1	14,6		VRES(2) 10,4	0,29	0,92	
sd			0,3		0,8			
6.	VRE	VRVET	ZET+SUIrc		VRES			
	10,8	36,1	14,7		VRES(3) 9,6	0,30	0,91	
sd			0,3		1,1			

groep 1 is nu aangehouden (SUIr = bruto SUI - 37). Voor de regressie-analyse is SUIr bij het ZET-gehalte opgeteld. Dit is echter alleen geoorloofd wanneer gecorrigeerd wordt voor het verschil in energetische waarde tussen ZET en SUIr. In Tabel 1.3 is de verbrandingswaarde van enkele koolhydraten weergegeven. Het SUIr-gehalte moet, om samen met ZET als één factor in de regressie-analyse te mogen worden meegenomen, worden vermenigvuldigd met 16,49/17,49 = 0,94; SUIrc is dus 0,94\*SUIr.

Tabel 3.3. Verklaring van de in Tabel 3.2 gebruikte termen.

Variabele:	Verklaring:
VRVET	Verteerbaar ruw vet, waarbij RVET is bepaald zonder zure hydrolyse
VOK	Verteerbare OK-fractie, waarbij VOK = VOS - VRE - VRVET - VRC
VRES(1)	VOK - ZET
VRES(2)	VOK + VRC - ZET
VRES(3)	VOK + VRC - ZET - SUIr
SUIr	Geschat gehalte aan enzymatische verteerbare disachariden
SUIrc	0,94 * SUIr

De formules 3 en 6 kunnen ook als volgt worden geschreven:

Formule 3(a):

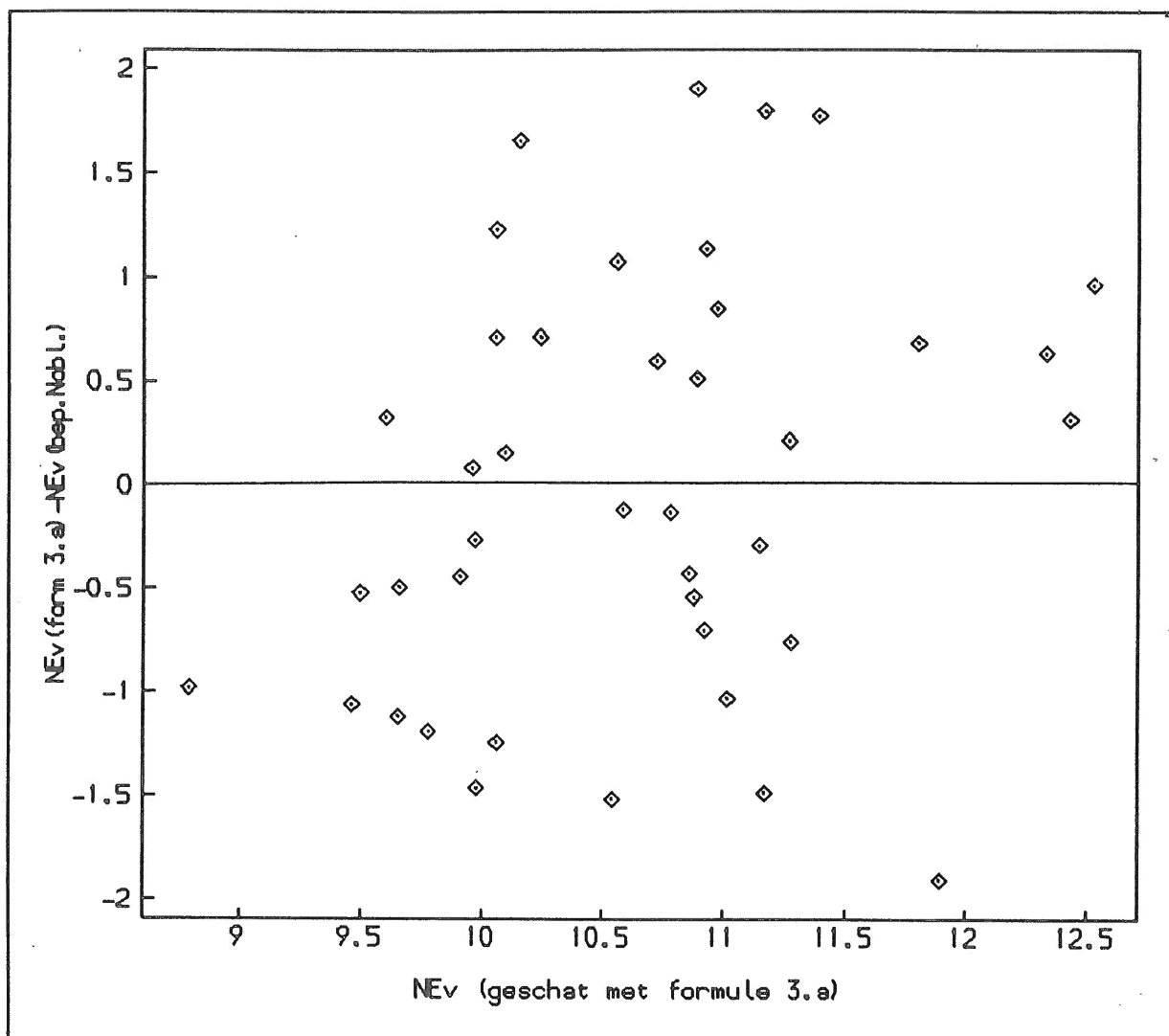
$$NE (MJ) = \{10,6 * VRE + 37,3 * VRVET + 14,7 * ZET + 13,8 * SUIr + 9,4 * VRES(3)\}/1000$$

Formule 6(a):

$$NE (MJ) = \{10,8 * VRE + 36,1 * VRVET + 14,7 * ZET + 13,8 * SUIr + 9,6 * VRES(3)\}/1000$$

In formule 3 en 6 is de verhouding NE(VRES) / NE(ZET) resp. 0,64 en 0,65.

M.b.v. GENSTAT is formule 3 nader geanalyseerd. De analyse van de residuen gaf een vrij



Figuur 3.1. Relatie tussen de NEv-residuen (= de NEv geschat volgens formule 3.a minus de NEv zoals bepaald door Noblet e.a.) en de NEv-waarde van de voeders, zoals geschat volgens formule 3.a.

homogene verdeling te zien zonder duidelijke uitbijters of patronen in de residuen (zie Figuur 3.1). Wel werden er 5 invloedrijke punten gevonden. Het om de beurt uitsluiten van deze punten leverde betrekkelijk kleine veranderingen op van de geschatte coëfficiënten en van de verhouding  $NE(VRES) / NE(ZET)$ . Het weglaten van alle vijf de punten had wel een aanzienlijk effect, evenals het opnemen van een intercept in het model (zie Tabel 3.4).

Daar echter ook de coëfficiënten voor VRE en VRVET mee veranderen geeft dit geen goed inzicht. Daarom is gekozen voor de volgende alternatieve berekeningswijze.

Aangenomen is dat de coëfficiënten voor VRE en VRVET in de Rostock formule juist zijn.

NEX =  $C + B \cdot \text{AANDEEL}$ , waarin:

NEX =  $(NEv - 0,0108 \cdot VRE - 0,0361 \cdot VRVET) / (ZET + SUlrc + VRES(3))$

AANDEEL =  $(ZET + SUlrc) / (ZET + SUlrc + VRES(3))$

Bij AANDEEL = 0 is C een schatting voor de coëfficiënt van VRES(3) en bij AANDEEL = 1 is (C + B) een schatting voor de coëfficiënt van (ZET + SUlrc). In het gegevensbestand van Noblet e.a. (1989) varieert de factor "AANDEEL" overigens slechts van 0,68 - 0,87.

Tabel 3.4. Effect van het selectief weglaten van bepaalde voeders uit het databestand van Noblet e.a. (1989) op de regressie-uitkomsten.

<u>Regressie</u>	<u>Databestand</u>	<u>Coëfficiënt</u> <u>(ZET+SUlrc)</u>	<u>Coëfficiënt</u> <u>VRES(3)</u>	<u>NE(VRES(3)) / NE(ZET)</u>
a	alle voeders	0,01472	0,00942	0,640
b	-/- nr. 1	0,01460	0,00926	0,634
c	-/- nr. 13	0,01483	0,00948	0,639
d	-/- nr. 14	0,01464	0,00989	0,676
e	-/- nr. 23	0,01467	0,00964	0,657
f	-/- nr. 25	0,01478	0,00952	0,644
g	-/- nr. 1, 13, 14, 23 en 25	0,01470	0,01073	0,729
h	alle voeders + intercept	0,01689	0,01411	0,835

Het resultaat van deze berekening geeft een significant verband tussen NEX en AANDEEL ( $p = 0,003$ ) en als coëfficiënten voor VRES(3) 0,00981 (sd 0,00117) en voor (ZET + SUlrc) 0,01458 (sd 0,00150) met een verhouding van 0,672. Er worden echter ook twee invloedrijke punten aangegeven, namelijk de rantsoenen nr. 14 en 23. Bij weglating van deze twee punten verdwijnt de significante relatie tussen NEX en AANDEEL ( $p = 0,066$ ). Ook verandert de schatting van de coëfficiënt voor VRES(3) aanzienlijk. Deze wordt 0,01066. Als gevolg hiervan verandert ook de verhouding NE(VRES) / NE(ZET) aanzienlijk; deze wordt 0,745. De coëfficiënt voor ZET bleef vrijwel ongewijzigd (resp. 0,01458 en 0,01431). De twee rantsoenen die deze verschuiving tot stand brengen hebben een bijzondere samenstelling:

rantsoen nr. 14: 40 % tarwe + 40,45 % maiszetmeel + 13,6 % soja isolaat  
 rantsoen nr. 23: 40 % tarwe + 10 % suiker + 28,95 % maiszetmeel + 15 % soja isolaat

Beide rantsoenen hadden hierdoor de hoogste gehalten aan (ZET + SUlrc). nl. 619 en 630 g/kg DS.

Tot slot is de regressievergelijking met model

$$NEv = b_1 * VRE + b_2 * VRVET + b_3 * (ZET + SUlrc) + b_4 * RES(3)$$

nog berekend met weglating van de rantsoenen 14 en 23. Het resultaat is de volgende relatie:

$$NEv \text{ (MJ)} = \{10,3 * VRE + 36,9 * VRVET + 14,5 * (ZET + SUlrc) + 10,5 * VRES(3)\} / 1000$$

sd                      1,6                      2,4                      0,6                      1,9

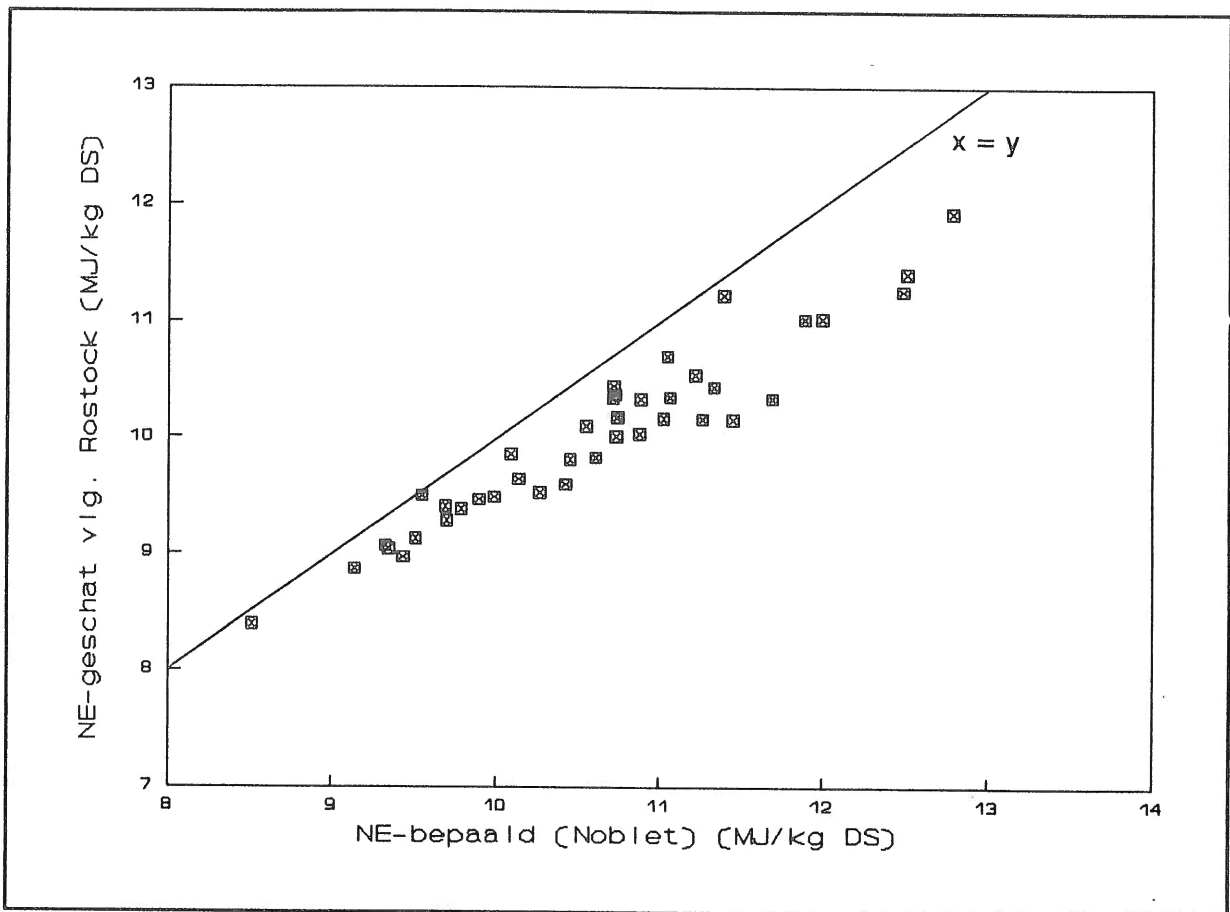
( $R^2$ : 0,88; RSD: 0,31 MJ)

Het blijkt dat de coëfficiënten voor VRE en VRVET goed overeenkomen met de "Rostock-coëfficiënten" en dat met name voor VRES(3) een hogere coëfficiënt wordt gevonden dan bij gebruik van het totale bestand. De verhouding NE(VRES(3)) / NE(ZET) komt in dit geval op 0,720.

Een laatste aspect waaraan in dit verband aandacht is besteed betreft het effect van de analyse-methode voor zetmeel. In veel mengvoeders wordt, bij een ZET-niveau van ca. 350 g/kg met de enzymatische methode ca. 20 g ZET/kg minder gevonden dan met de methode Ewers. Om na te gaan in hoeverre een dergelijk verschil wezenlijke invloed heeft op de verhouding NE(VRES(3)) / NE(ZET) is van alle voeders in het gegevensbestand van Noblet het (volgens Ewers bepaalde) ZET-gehalte met 20 g/kg verminderd, en werd de VRES(3) fractie met eenzelfde waarde verhoogd. Bij regressie-analyse volgens hetzelfde model als gebruikt voor de afleiding van formule 6 in Tabel 3.2, werd de volgende relatie gevonden:







Figuur 3.2. NE-waarde van de door Noblet e.a. (1989) onderzochte voeders: relatie tussen de NE geschat volgens de Rostock formule en de door Noblet e.a. bepaalde NE-waarde.

koolhydraten bestaan in de meeste rantsoenen uit een scala aan niet-zetmeel koolhydraten (NSP). Ook rauw aardappelzetmeel is te beschouwen als een koolhydraat die uitsluitend kan worden gefermenteerd.

In het in Bijlage A gepresenteerde literatuuroverzicht zijn zowel studies weergegeven met rauw aardappelzetmeel als met diverse NSP-bronnen. Zoals in paragraaf 3.1.2 is aangegeven, is het moeilijk om (alleen) op grond van deze literatuurgegevens een voor de praktijk hanteerbaar verhoudingsgetal voor NE(gefermenteerde koolhydraten) / NE(ZET) te baseren. Bij de berekeningen aan het gegevensbestand van Noblet e.a. (1989) (zie paragraaf 3.2) wordt eveneens een variërend verhoudingsgetal gevonden. De verhouding NE(VRES(3)) / NE(ZET) varieert, afhankelijk van het regressiemodel, en het al dan niet weglaten van een of meer rantsoenen (zie o.a. Tabel 3.2 en Tabel 3.4), van 0,634 tot 0,835. Bij de regressie van NEX tegen AANDEEL werden verhoudingsgetallen van 0,672 - 0,745 gevonden. Bij de laatste waarde moet worden opgemerkt dat in dit geval 2 (invloedrijke) rantsoenen niet in de regressie-analyse waren meegenomen, en dat het verband tussen NEX en AANDEEL in dit geval ook niet significant is. Uit deze berekeningen kan de conclusie worden getrokken dat voor een gefundeerde keuze van het verhoudingsgetal NE(gefermenteerde koolhydraten) / NE(ZET) het gewenst is waarnemingen te krijgen in het gebied met een laag aandeel (ZET + SU)rc en een hoog aandeel VRES(3) in het rantsoen. Bij het IVVO-DLO is inmiddels onderzoek hiernaar van start gegaan. Voorshands lijkt op grond van de thans beschikbare gegevens een waarde van NE(gefermenteerde koolhydraten) / NE(ZET) \* 100 % van 70 % het minst onaantrekkelijk.

Alle thans beschikbare gegevens combinerend heeft de werkgroep Voeding Varkens besloten dat in de te ontwikkelen NEv-formule de relatieve verhouding tussen de coëfficiënten voor ZET en

VRES in de formule 70 % dient te zijn.

Op grond van de in Hoofdstuk 2 beschreven uitgangspunten, t.w.:

- voor VRE en VRVET coëfficiënten van 10,8 en 3,61 MJ/kg;
- een gelijkblijvende NEv voor een vleesvarkensvoeder met een EW van 1,03 en een zetmeelgehalte van 350 g/kg;
- een verhouding voor de coëfficiënt van SUI t.o.v. ZET van 0,94;

en bovenstaande verhouding voor NE(gefermenteerde koolhydraten) / NE(ZET) van 0,70 is, uitgaande van een gemiddeld vleesvarkensvoer met

- 65 g RC per kg met een gemiddelde VC-RC van 38 % (ofwel 25 g VRC)
- 540 g OK per kg met een gemiddelde VC-OK van 91 % (ofwel 491 g VOK) en
- 350 g ZET per kg en 25 g SUIr per kg

een voorlopige nieuwe formule ontwikkeld.

Volgens de huidige Rostock formule is de NEv-waarde van bovengenoemd VRC en VOK gehalte:

- VRC: 0,0063*25	= 0,1575 MJ
- VOK: 0,0127*491	= <u>6,2357 MJ</u>
Totaal	: 6,3932 MJ

Het gehalte aan VRES is:  $VOK + VRC - ZET - SUIr = 491 + 25 - 350 - 25 = 141$  g.

Volgens de te ontwikkelen nieuwe formule moet 6,3932 MJ geleverd worden door

$a * ZET + 0,94 * a * SUIr + 0,70 * a * VRES$ , ofwel:

$$a * 350 + 0,94 * a * 25 + 0,70 * a * 141 = 6,3932$$

Dit resulteert in een waarde voor a van  $6,3932/472,2 = 13,54 = 13,5$ .

De aangepaste formule voor de netto energiewaardering van voedermiddelen voor varkens wordt dan als volgt:

$$NEv (MJ) = (10,8 * VRE + 36,1 * VRVET + 13,5 * ZET + 12,7 * SUIr + 9,5 * VRES) / 1000$$

waarbij onder SUIr wordt verstaan glucose, sacharose en lactose, en waarbij voor VRES geldt

$$VRES = VOK + VRC - ZET - SUIr.$$



## 4 HET GEHALTE AAN RVET IN RELATIE TOT DE GELDIGHEID VAN DE FORMULE

### 4.1 Inleiding

Varkens kunnen het vet uit hun rantsoen benutten voor de aanzet van vet en/of voor onderhoud. Onder normale omstandigheden is de vetaanzet van varkens hoger dan de opname van verteerbaar vet via het voer. In de nieuwe NEv-formule wordt, net als in de Rostock formule, voor VRVET gerekend met een netto energie van 36,1 MJ/kg. Deze factor is, zoals reeds in paragraaf 2.1 is aangegeven, op theoretische overwegingen gekozen, omdat in het gegevensbestand van Schiemann e.a. (1972) het RVET-gehalte (op één uitzondering na) < 41 g/kg was, terwijl ook de variatie in RVET beperkt was. De factor voor VRVET geldt nadrukkelijk alleen onder condities waarbij het verteerbare vet uit het voer benut wordt voor vetaanzet.

Bij toepassing van de aangepaste NEv-formule is het voor een correcte inschatting van de NEv van een rantsoen niet meer nodig een aanvullende ZET-eis te hanteren. Er moet echter voorkomen worden dat bij de samenstelling van een rantsoen een verlaging van het ZET-gehalte wordt gecompenseerd door een zodanige sterke verhoging van het RVET-gehalte dat de dagelijkse opname van verteerbaar vet groter wordt dan de vetaanzet. Daartoe wordt onderstaand voor een aantal produktiestadia aangegeven tot welk RVET-gehalte de nieuwe NEv-formule van toepassing is.

### 4.2 Dragende zeugen

Tijdens de dracht vindt vetaanzet plaats als aanvulling van de eigen lichaamsreserves, in de biggen en in de baarmoeder. De gewichtstoename in de dracht bestaat uit:

- gewicht toom biggen 15 kg
- gewicht nageboorte 5 kg
- groei van de zeug (lichaamsreserve) 20 - 25 kg

Pasgeboren biggen bestaan voor 1,2 % uit vet. De meeste aanzet van vet vindt plaats in het lichaam van de zeug. Volgens Verstegen (pers. meded.) zetten dragende zeugen 8 - 10 kg vet aan tijdens de dracht in de vorm van lichaamsreserves.

De vetaanzet tijdens de dracht is in principe ook te berekenen met het model van Close (1989). De berekeningen kunnen worden uitgevoerd voor zeugen met verschillende gewichten bij de aanvang van de dracht. Het is niet mogelijk met dit model de consequenties van een oplopende hoeveelheid voer gedurende de dracht door te rekenen. Daarom is gekozen voor een constante voergift in de gehele drachtperiode van resp. 2,6, 2,7 en 2,8 kg voer met een EW van 0,97 (12,81 MJ DE/kg). Deze voergiften zijn vergelijkbaar met hetgeen wordt geadviseerd in het CVB-schema (Verkorte Tabel, CVB, 1992).

Uit het model van Close (1989) kan worden berekend dat de vetaanzet tijdens de gehele drachtperiode voor zeugen van 180 - 200 kg varieert van 8 tot 16 kg/zeug/dracht.

Het vervangingspercentage van zeugen bedraagt in Nederland momenteel ca. 40 %. Dit betekent dat een groot deel van de zeugenstapel tijdens de dracht groeit. Bij een gemiddelde EW-opname tijdens de dracht van 2,8 EW/dag (hetgeen t.o.v. het CVB-schema enigszins aan de hoge kant is) en een groei van jonge zeugen, kan de gemiddelde vetaanzet tijdens de dracht gesteld worden op 13 kg. Als de zeug deze vetaanzet geheel wil realiseren met verteerbaar vet (VRVET), dient de zeug per dag  $13000/115 = 113$  g vet aan te zetten. In deze situatie moet het voer dus  $113/2,8 = 40$  g VRVET per EW bevatten. Uitgaande van een gemiddelde VC-RVET van 80 % zou dit overeenkomen met een vetpercentage van 50 g/kg voer voor dragende zeugen bij een EW van het voer van 1,0.

Het RVET-gehalte in voeders voor dragende zeugen met een EW van 0,97 varieert tussen de 40 en 55 g/kg. Het gemiddelde is ca. 45 g RVET/kg. Gezien de onnauwkeurigheden bij het schatten van de vetaanzet tijdens de dracht, en de op grond daarvan aan te houden RVET-gehalten in het voer, kan worden aangenomen dat bij een voer met een EW van 0,97 er tot een RVET-gehalte van 50 à 60 g/kg niet of nauwelijks RVET (met een lagere efficiëntie) voor onderhoud wordt gebruikt.

Tabel 4.1. Totale vetaanzet van zeugen tijdens de dracht met verschillende begingewichten en voergiften, berekend volgens het model van Close (1989).

lichaamsgewicht bij begin van de dracht (kg)	vetaanzet (kg/drachtperiode) bij een voergift <sup>a)</sup> van		
	2,6 kg/dag	2,7 kg/dag	2,8 kg/dag
140	16,5	19,0	21,5
160	13,7	16,2	18,7
180	11,0	13,5	16,0
200	8,3	10,8	13,3
220	nvt 8,2	10,7	

<sup>a)</sup>: bij een EW-waarde van het voer van 0,97.

#### 4.3 Lacterende zeugen

Lacterende zeugen leggen alleen vet vast in de melk. Normaliter wordt ook vet uit de lichaamsreserves gemobiliseerd voor de vorming van melkvet. De vetmobilisatie is sterk afhankelijk van de voeropname. Daarnaast spelen ook andere factoren een rol.

Tabel 4.2. Berekening van het benodigde VRVET-gehalte in voeders van lacterende zeugen met een variërende melkgift.

	Melkproductie (kg/dag):		
	7	9	11
Aangenomen voeropname (kg/dag; EW van het voer 1,03)	4,5	5,5	6,5
Vorming melkvet (g/dag)	525	675	825
Aangenomen vetmobilisatie (g/dag)	300	400	500
Benodigde opname aan VRVET via de voeding (g/dag)	225	275	325
Benodigd VRVET in het voer (g/kg)	50	50	50

Aan de hand van recent bij het IVO-DLO uitgevoerde experimenten heeft Everts (1992) een vetbalans voor lacterende zeugen berekend. Er zijn drie situaties doorgerekend met een verschillende melkproductie, namelijk 7, 9 of 11 kg melk per dag. Verder zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- het vetgehalte van de zeugenmelk is 7,5 %;
- de verteerbaarheid van RVET in het voer is 80 %;
- de benutting van gemobiliseerd vet is 100 %.

Uit de proeven van Everts (1992) bleek dat de vetmobilisatie bij hogere voeropnames niet afnam maar zelfs toenam. Voor alle voeropnames geldt dat er een berekend evenwicht was tussen vetopname en mobilisatie enerzijds en melkvetvorming anderzijds bij een VRVET-gehalte van 50 g/kg. Dit betekent dat op grond van deze berekeningen kan worden aangehouden dat RVET door

lacterende zeugen niet voor onderhoud wordt gebruikt zolang het RVET-gehalte beneden ca 64 g/kg blijft. Uitgaande van een EW van lactozeugenvoer van 1,03 betekent dit een maximum RVET-gehalte voor lacterende zeugenvoeders van 60 g per EW.

#### 4.4 Vleesvarkens

##### 4.4.1 Voerschema's

Om inzicht te krijgen in de vetaanzet van optimaal groeiende vleesvarkens zijn praktijkcijfers (W. J. G. Thielen, persoonlijke mededeling) van een koppel groeiende dieren genomen:

Groeitraject (gemiddeld): 26 kg levend gew. - 83,4 kg geslacht gew.  
 Groei per dag: 845 gram  
 Voerconversie: 2,46 kg voer/kg groei  
 EW-conversie (1,09 EW): 2,68 EW/kg groei  
 Aantal dagen: 97  
 % mager vlees: 51,1 + 1,6 = 52,7 %

Uit deze koppelgegevens is met het Technisch Model Vleesvarkens (1991) de vetaanzet per dier per dag berekend uit de voeropname en de groei. Door de vetaanzet per dag vervolgens te delen door respectievelijk de voer- en EW-opname per dag kan het evenwicht van de opname aan verteerbaar vet en de vetaanzet worden berekend.

Tabel 4.3. Vetaanzet (g/dag) per kg voer en per EW, in het geval dat er een evenwicht is tussen de opname van verteerbaar vet en de vetaanzet, berekend met het Technisch Model Varkensvoeding.

Week	Voeropname (kg/dag)	Vetaanzet (g/dag)	% benodigd VRVET (per kg voer of per EW) om een evenwicht te bereiken tussen vetaanzet en de opname van VRVET:	
			per kg voer (bij 1,09 EW)	per EW
1	1,17	95	8,1	7,4
2	1,36	114	8,4	7,7
3	1,44	119	8,3	7,6
4	1,60	134	8,4	7,7
5	1,76	148	8,4	7,7
6	1,86	159	8,5	7,8
7	2,09	206	9,8	9,0
8	2,34	258	11,0	10,1
9	2,40	262	10,9	10,0
10	2,47	259	10,5	9,6
11	2,56	280	10,9	10,0
12	2,65	293	11,1	10,2
13	2,73	303	11,1	10,2
14	2,79	309	11,1	10,2

Aangezien de NEv-formule alleen mag worden toegepast onder condities dat vet in het voer enkel wordt gebruikt voor vetvorming, dient te worden aangegeven wanneer de opname van verteerbaar vet hoger wordt dan de aanzet. Op basis van Tabel 4.3 mag het maximale aandeel verteerbaar vet per EW op basis van deze gegevens in startvoer 73 g/kg en in afmestvoer 90 g/kg verteerbaar vet zijn. Gelet op het gehalte aan vet in het voer, mag worden gerekend met een VC-RVET van 90 %. Dit betekent voor startvoeders maximaal 80 g/kg en voor afmestvoeders maximaal 100 g/kg RVET per EW.

#### 4.4.2 Recent onderzoek

Uit onderzoek van Jongbloed e.a. (1992b) komt naar voren dat er een interactie optreedt tussen de verteerbaarheid van RVET en het gehalte aan RC als het RVET-gehalte stijgt van 35 naar 70 of meer g/kg. Door deze interactie is het werkelijke VRVET-gehalte in het voer bij een vetgehalte  $\geq 70$  g/kg en hogere RC-gehalten (RC > 100 g/kg) lager dan berekend wordt op basis van de tabelwaarden voor VC-RVET.

In eerder genoemd onderzoek van Jongbloed e.a. is via de slacht- en respiratietechniek aangetoond dat de benutting van VRVET daalt als het vetgehalte toeneemt van 80 naar 110 g/kg. In een specifiek deelexperiment waarin RVET op 4 niveaus iso-energetisch was uitgewisseld met maiszetmeel, daalde de benutting van RVET als het RVET-gehalte per EW-waarde steeg van 70 naar 110 g/kg.

#### 4.4.3 Conclusie

Uit het onder 4.4.2 genoemde onderzoek blijkt dat de vertering en benutting van RVET dalen als er meer dan 70 g RVET per EW in een voer aanwezig is. Hieruit volgt dat de NE-schatting met de aangepaste NEv-formule in te hoge waarden resulteert wanneer het RVET-gehalte hoger is dan 70 g per EW. Deze waarde is wat lager dan uit de voerschema's en berekeningen m.b.v. het TMV-model (zie 4.4.1) naar voren kwam. Wanneer voor vleesvarkens als grens voor een correcte toepasbaarheid van de nieuwe NEv-formule een RVET-gehalte van 70 g/EW wordt aangehouden, zit men in elk geval aan de veilige kant.



## 5. VALIDATIE VAN DE NIEUWE FORMULE VOOR EEN AANGEPASTE NEv-WAARDERING VAN VOEDERMIDDELEN VOOR VARKENS

### 5.1. Validatie van de nieuwe NE-formule op het gegevensbestand van IVVO-project nr. 313.

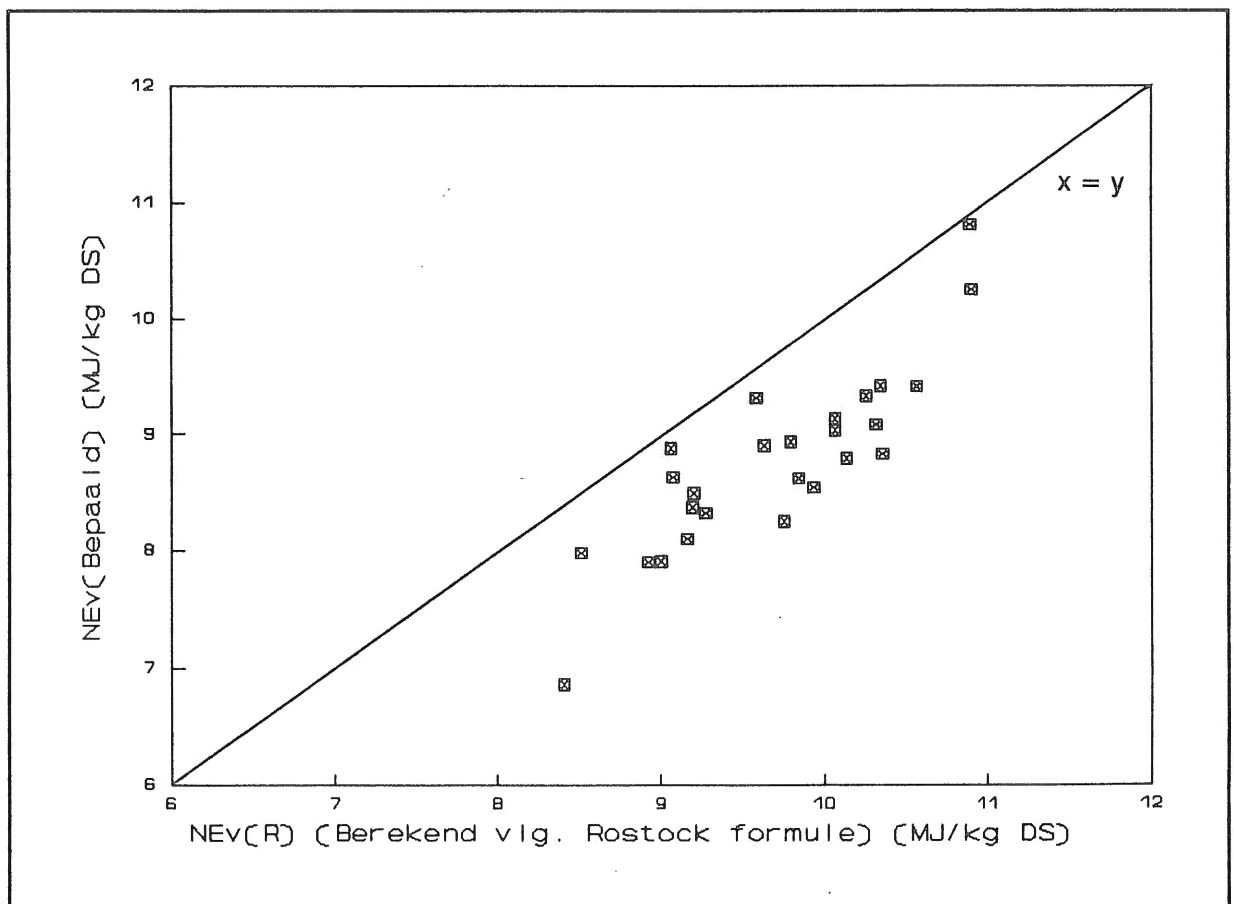
#### 5.1.1 Toelichting op het gegevensbestand dat voor de validatie is gebruikt.

Om de voorspellingsnauwkeurigheid van de nieuwe NEv-formule te toetsen is deze gevalideerd op het gegevensbestand van IVVO-DLO project nr. 313 dat in de jaren 1979 - 1984 is uitgevoerd (Van der Honing e.a., 1984).

Het gegevensbestand omvatte 33 onderzochte proefvoerders. Om de in 4.4.2 bediscussieerde redenen zijn de mengsels met extreem hoge RVET-gehalten verwijderd. Er bleven 26 voeders over; in Bijlage C wordt de chemische samenstelling van deze voeders en de verteerbaarheid van de Weende componenten gegeven. De voeders zijn ingedeeld in twee groepen:

- type G: hoofdzakelijk op granen (incl. tapioca) gebaseerde voeders;
- type B: hoofdzakelijk op bijprodukten gebaseerde voeders.

De variatie in "AANDEEL" (zie paragraaf 3.2.2.) is in deze dataset duidelijk groter dan in die van Noblet e.a. (1989). "AANDEEL" varieert van 0,636 - 0,904.



Figuur 5.1. Relatie tussen NEv (de bepaalde netto energie) en NEv(R) (de volgens de Rostock formule geschatte netto energie)

#### 5.1.2 Werkwijze

Op basis van de gemeten vastgelegde energie (RE) en het gemiddelde lichaamsgewicht van de dieren kan de NEv op twee manieren berekend worden:

- traditioneel:  $NEv (MJ) = (RE + 0,279 * LG^{0,75})/DS\text{-opname}$

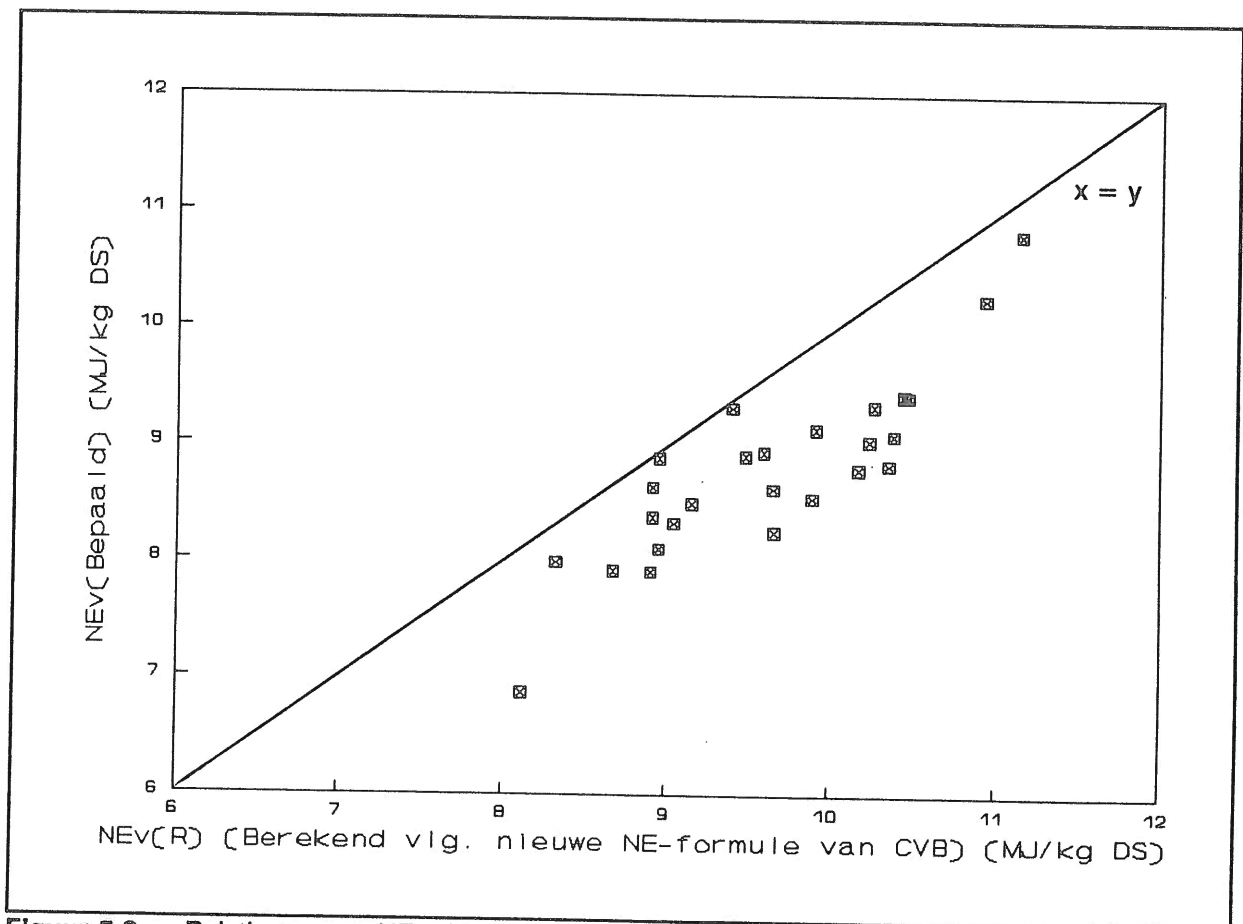
- volgens Noblet e.a.:  $NEv(N) \text{ (MJ)} = (RE + 0,749 * LG^{0,60})/DS\text{-opname}$

Deze NEv-waarden kunnen worden vergeleken met de waarden zoals ze geschat worden via de Rostock formule, NEv(R) en via de nieuwe, in hoofdstuk 3 voorgestelde formule, NEv(CVB).

Bij de nieuwe formule wordt aangenomen dat een SUI-gehalte tot 37 g/kg DS berust op een artefact (zie paragraaf 3.2.2). Daarom is eerst een gecorrigeerd SUI-gehalte berekend ( $SUI_c = \text{bruto SUI} - 37$ ). Het verteerbare residu (VRES) is berekend als  $VRES = VOK + VRC - ZET - SUI_c$  onder de voorwaarde dat  $SUI_c > 0$ . Op deze wijze is het als artefact beschouwde SUI bij de VRES-fractie geteld.

De waarden voor NEv(bepaald), NEv(N), NEv(R) en NEv(CVB) worden samen met enkele andere verhoudingsgetallen gegeven in Bijlage D.

In Figuur 5.1 is de relatie tussen NEv(bepaald) en (geschatte) NEv(R) grafisch weergegeven. De NEv(bepaald) is systematisch lager dan geschat via de Rostock formule. In Figuur 5.2 is de relatie tussen NEv(bepaald) en NEv(CVB) weergegeven. De NEv(bepaald) is systematisch lager dan berekend via de nieuwe formule. Wel is er een tendens dat de punten iets dichterbij de lijn  $x = y$  liggen dan in Figuur 5.1. Wanneer de relatie tussen NEv(N) en NEv(R) óf tussen NEv(N) en NEv(CVB) grafisch wordt weergegeven (figuren niet opgenomen), dan blijkt de NEv(N) (= NEv berekend met de door Noblet voorgestelde onderhoudsbehoefte) systematisch hoger te liggen dan de geschatte NEv(R) of NEv(CVB).

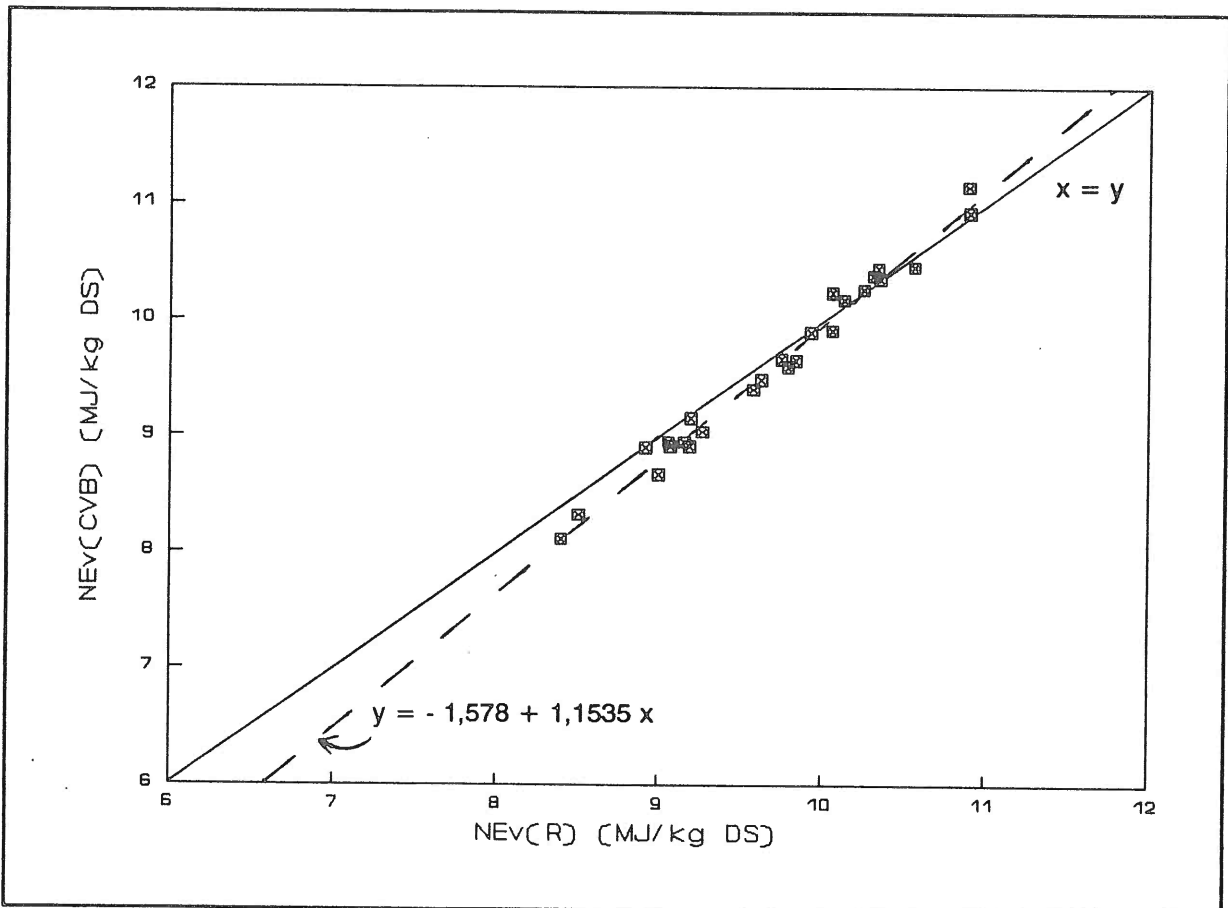


**Figuur 5.2.** Relatie tussen NEv (de bepaalde netto energie) en NEv(CVB) (de netto energie, geschat volgens de nieuwe NE-formule van het CVB)

Bij schatting van de NEv-waarden m.b.v. de nieuwe formule verandert er, in vergelijking met de NEv-schatting volgens de Rostock formule, niet veel aan de relatie tussen de gemeten en geschatte NEv-waarden. Het blijkt dat er, afhankelijk van de manier waarop het onderhoud wordt berekend, een over- of een onderschatting plaatsvindt. Het is daarom zinvoller bij de mengsels zoals gebruikt in IVVO-project 313, na te gaan welk effect de nieuwe formule heeft ten opzichte

van de Rostock formule. Hiertoe is in Figuur 5.3 de NEv(CVB) uitgezet tegen de NEv(R). Bij regressie-analyse werd het volgende verband gevonden tussen NEv(CVB) en NEv(R):

$$\begin{aligned} \text{NEv(CVB)} &= -1,578 + 1,1535 * \text{NEv(R)} \\ \text{sd} & \quad \quad 0,295 \quad \quad 0,0303 \\ \text{Verklaarde variatie (R}^2\text{)} &: 0,983. \end{aligned}$$



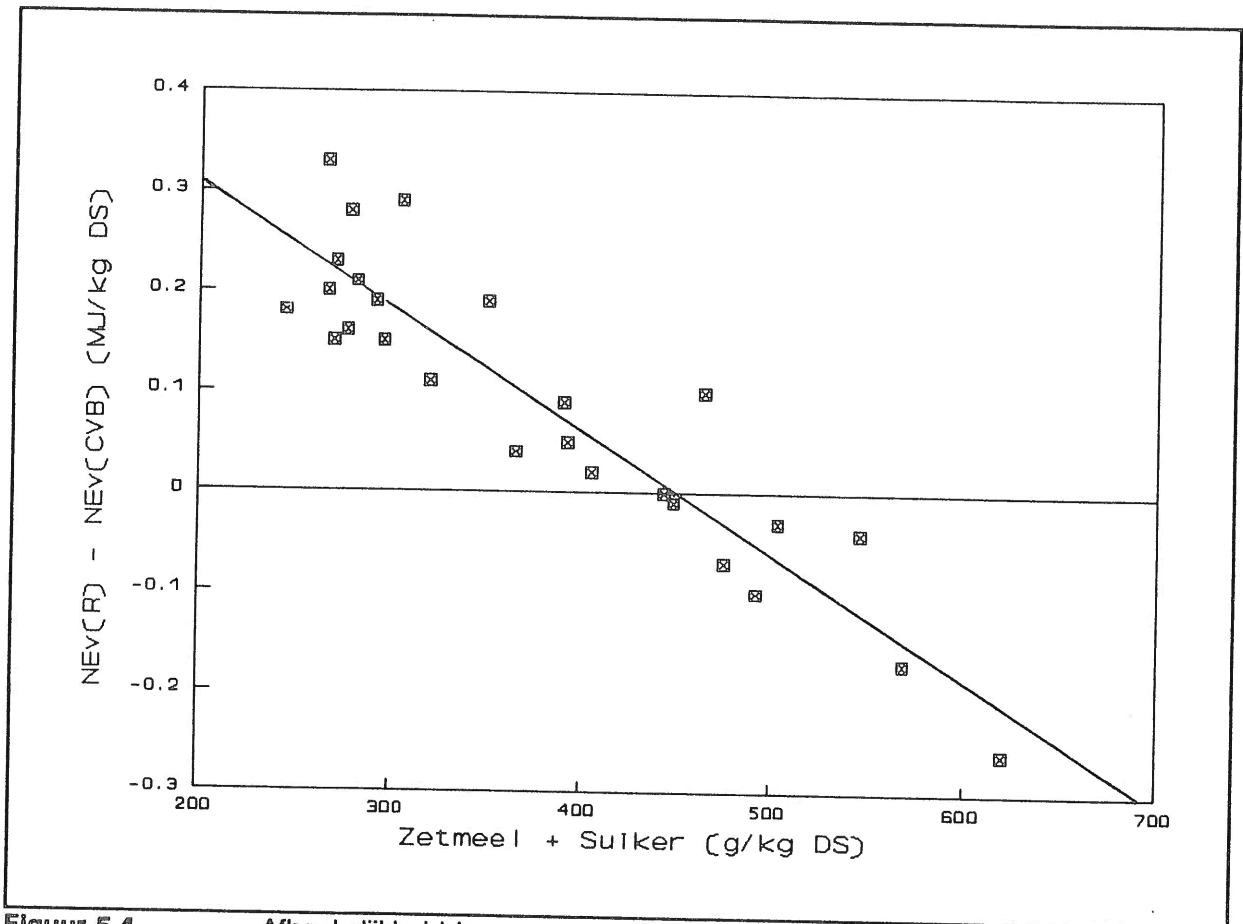
**Figuur 5.3.** Relatie tussen NEv(CVB), de netto energie geschat volgens de nieuwe NE-formule van het CVB, en NEv(R), de netto energie geschat volgens de Rostock formule.

In het lage gebied is  $\text{NEv(R)} > \text{NEv(CVB)}$  en in het hoge gebied is dit juist andersom. Met beide formules wordt eenzelfde energiewaarde geschat als de lijn volgens bovenstaand verband de lijn  $x = y$  snijdt. Dit is bij een energiewaarde van 10,28 MJ NE/kg DS.

In Figuur 5.4 is weergegeven dat het verschil tussen NEv(R) en NEv(CVB),  $\{\text{NEv(R)} - \text{NEv(CVB)}\}$ , gerelateerd is aan het gehalte (ZET + SUI<sub>c</sub>) in het voer. Dit resultaat is, gezien de beoogde aanpassing, conform de verwachting. De relatie tussen  $\{\text{NEv(R)} - \text{NEv(CVB)}\}$  en (ZET + SUI<sub>c</sub>) is als volgt:

$$\begin{aligned} \{\text{NEv(R)} - \text{NEv(CVB)}\} \text{ (MJ)} &= 0,5552 - 0,001238 * (\text{ZET} + \text{SUI}_c) \\ \text{sd} & \quad \quad 0,0424 \quad \quad 0,000108 \\ \text{Verklaarde variatie (R}^2\text{)} &: 0,838. \end{aligned}$$

$\{\text{NEv(R)} - \text{NEv(CVB)}\} = 0$  bij een gehalte (ZET + SUI<sub>c</sub>) van 448 g/kg DS. Het gemiddelde SUI<sub>c</sub>-gehalte in praktijkvoeders is ca 35 g/kg DS. Wanneer dit gehalte wordt aangehouden is  $\{\text{NEv(R)} - \text{NEv(CVB)}\} = 0$  bij een ZET-gehalte van 413 g/kg DS, ofwel (bij een DS-gehalte van 880 g/kg) 363 g/kg product.



Figuur 5.4. Afhankelijkheid het verschil tussen NEv(R) en NEv(CVB) van het gehalte aan (zetmeel + suiker).

### 5.1.3 Conclusies

Uit deze validatie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De NEv-waarde is sterk afhankelijk van de schatting van de onderhoudsbehoefte (vergelijk NEv en NEv(N) in Bijlage D). Een goede validatie van de nieuwe formule is pas mogelijk wanneer de onderhoudsbehoefte voor de betreffende dieren goed ingeschat kan worden. Daarom is bij de validatie het accent gelegd op de relatie tussen de NEv(R) en de NEv(CVB) zoals die in de onderzochte mengsels kan worden waargenomen.
- De nieuwe formule komt bij een niveau van 10,3 MJ NE/kg DS goed overeen met de Rostock formule.
- De nieuwe formule geeft bij mengsels met lage gehalten aan (ZET + SUI<sub>o</sub>) een lagere NEv dan de Rostock formule. Bij hoge gehalten wordt het omgekeerde beeld gevonden. Bij een gehalte van 448 g (ZET + SUI<sub>o</sub>) per kg DS zijn de schattingen van beide formules gelijk.
- Rekening houdend met een gemiddeld SUI<sub>c</sub>-gehalte in praktijkvoerders van 35 g/kg DS (vnl. afkomstig van melasse) zijn de schattingen van beide formules gelijk bij 363 g ZET per kg produkt. Dit komt goed overeen met het uitgangspunt dat bij een ZET-gehalte van 350 g/kg voer de NEv-waarde gelijk dient te blijven.

### 5.2. Vergelijking van de NEv-waarden, geschat volgens de Rostock formule en de nieuwe NEv-formule van het CVB, van enkele praktische mengvoerders.

Bij de validatie van de aangepaste NEv-formule op het gegevensbestand van IVVO-project nr. 313 bleek dat deze voldoet aan het uitgangspunt dat de NEv-waarde bij 350 g ZET/kg voer gelijk dient

te blijven. Of de formule aan dit uitgangspunt voldoet is nader onderzocht door voor een aantal mengvoeders, zoals deze door het IVVO-DLO in enkele experimenten met vleesvarkens zijn gebruikt, de NEv(R)-waarde (= NEv geschat volgens de Rostock formule) te vergelijken met de NEvCVB-waarde (= NEv geschat volgens de nieuwe formule). De samenstellingen van de doorgerekende mengvoeders, het berekende zetmeelgehalte en de NEv(R)- en (NEv(CVB)-waarden zijn weergegeven in Tabel 5.1. Voor de berekening van het zetmeelgehalte en de schatting van de NEv-waarden is uitgegaan van de samenstelling van de grondstoffen, zoals deze in de actuele Veevoedertabel is vermeld, d.w.z. in de Veevoedertabel 1991 of in de daarna verschenen aanvullingen (1992, 1993). Uit de gegevens blijkt dat de NEv(CVB) en de NEv(R) bij een ZET-gehalte van 350 g/kg aan elkaar gelijk zijn. Bij lagere ZET-gehalten NEv(R) hoger is dan NEv(CVB), terwijl dit bij ZET-gehalten boven 350 g/kg precies andersom is. Geconcludeerd kan worden dat ook deze berekeningen aantonen dat het uitgangspunt dat de nieuwe NEv-formule bij 350 g ZET/kg eenzelfde NEv-schatting zou moeten geven als de Rostock formule, is gerealiseerd.

Tabel 5.1. Vergelijking van de NEv(R)- en NEv(CVB)-waarden van enkele mengvoeders.

Grondstof	NEv(CVB)	NEv(R)	Code van de IVVO-DLO proef waarin het mengvoer is onderzocht.				
			VV821	VV821a	VV863	VV864	VV868
Gerst	9,50	9,35	366	-	227	-	-
Tarwe	10,10	9,75	350	-	390	-	-
Mais	10,50	10,25	-	-	-	271	-
Sojaschroot, RC 35-70 g/kg	8,05	8,45	193	193	174	149	-
Maisglutenvoer, RE > 210 g/kg	6,40	6,65	-	145	-	272	138
Maisvoermeel	9,95	9,85	-	217	-	267	-
Rietmelasse	6,65	6,70	20	20	20	20	20
Tarwegries	6,95	6,90	50	-	171	-	-
Kokosschifers	9,05	9,45	-	126	-	-	-
Tapioca, ZET 625-675 g/kg	9,80	9,45	-	271	-	-	380
Lupinen (RE 260 g/kg)	8,40	8,95	-	-	-	-	249
Erwten (RE 240 g/kg)	9,65	9,40	-	-	-	-	200
Krijt	-	-	13,5	19	13,6	17,5	8,7
Dicalciumfosfaat	-	-	3,5	5	-	-	-
Pre-mix en zout	-	-	4	4	4,3	4,3	4,3
	NEv(CVB)		9,05	8,57	8,82	8,58	8,76
	NEv(R)		8,94	8,62	8,71	8,61	8,75
	ZET		408	302	382	333	357
	SUI		72	54	47	42	39

NEv(CVB) en NEv(R) in MJ/kg voer; ZET en SUI in g/kg voer.



## 6. REFERENTIES

- Borggreve, G.J., Van Kempen, G. J. M. Cornelissen, J.P. en Grimbergen, A. H. M. (1975).  
The net energy content of pig feeds according to the Rostock formula; the value of starch in the feed. *Z. Tierphysiol., Tiernährg. u. Futtermittelk.* 34, 199 - 204.
- CVB, 1991.  
Veevoedertabel; gegevens over chemische samenstelling, verteerbaarheid en voederwaarde van voedermiddelen. Centraal Veevoederbureau, Lelystad.
- CVB, 1992.  
Verkorte Tabel 1992. CVB-reeks nr. 11, december 1992. Centraal Veevoederbureau, Lelystad.
- CVB, 1993.  
Voorlopige, nieuwe NEv-tabel. CVB-reeks nr. 12, juni 1993. Centraal Veevoederbureau, Lelystad.
- Chudy, A. en Schiemann, R. (1969).  
Utilization of dietary fat for maintenance and fat deposition in model studies with rats. In: *Energy metabolism of farm animals; Proceedings of the 4th Symposium held at Warsaw, Poland*; eds. K. L. Blaxter, J. Kielanowski en G. Thorbek. E.A.A.P. Publication No. 12. Oriol Press Limited, Newcastle, England. p. 161 - 167..
- Clemens, E. T., Stevens, C. E. en Souttworth, M. (1975).  
Sites of organic acid production and pattern of digesta movement in the gastrointestinal tract of swine. *J. Nutr.* 105, 759 - 768.
- Close, W. H. (1989),  
ROSA, The Sinifiels Sow Model, versie 1.1.
- CRC Handbook of Chemistry and Physics, 70th edition (1989).
- Drochner, W., Meyer, H. J. en Rensing, W. (1988).  
"Prececal and postileal digestibility of cooked and raw potatoes, a model for the energetic value of nutrients absorbed in the colon of the pig ?" *Proc. 4th Int. Seminar on Digestive Physiology in the Pig*, p. 140 - 147.
- Everts, H. (1992). Persoonlijke mededeling.
- Ewan, R. C. (1982).  
Energy metabolism of young pigs. In: *Energy metabolism of farm animals*; eds. A. Ekern en F. Sundstol. Agricultural University Norway: Aas. p. 194 - 197.
- Gädeken, D., Breves, G. en Oslage, H. J. (1989).  
"Efficiency of energy utilization of intracaecally infused volatile fatty acids in pigs." *Energy metabolism of Farm Animals*; eds. Y. van der Honing en W. H. Close, EAAP-publicatie 43, p. 115 - 118.
- Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (1987).  
Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 4, Schweine. DLG-Verlag, Frankfurt (Main), 153 p.
- Graham, H., Löwgren, W. en Aman, P. (1989).  
An in vitro method for studying digestion in the pig 2. Comparison with in vivo ileal and faecal digestibilities. *Brit. J. Nutr.* 61, 689 - 698.
- Herrmann, U., Jentsch, W., Hennig, U., Schiemann, R. en Wünsche, J. (1989).  
"Results of comparative energy metabolism investigations in intact and ileorectomized pigs." *Energy Metabolism of Farm Animals*; eds. Y. van der Honing en W. H. Close, EAAP-publicatie 43, p. 183 - 186.
- Hoffmann, L. en Schiemann, R. (1985).  
Zur weiterentwicklung der energetischen Futterbewertung. *Archiv für Tierernährung* 35, 439 - 460.
- Hungate, R. E. (1966).  
The rumen and its microbes. Academic Press Inc., New York. 533 p.

- Jentsch, W., Schiemann, R. en Hoffmann, L. (1988).  
About the utilization of metabolizable energy in pigs when nutrients are digested precaecally or postileally. Proc. 4th International Seminar on Digestive Physiology in the Pig, p. 140 - 147.
- Jentsch, W., Hoffmann, L., Beyer, M. en Herrmann, U. (1991).  
Comparison of energy deposition and utilization of metabolizable energy of feedstuffs and different composed rations between adult and growing pigs. Energy Metabolism of Farm Animals; eds. C. Wenk en M. Boessinger, EAAP-publicatie 58, p. 166 - 169.
- Just, A., Jorgensen, H. en Fernández, J. A. (1983a).  
Maintenance requirement and the net energy value of different diets for growth in pigs. Livestock Production Science 10, 487 - 506.
- Just, A., Jorgensen, H. en Fernández, J. A. (1983b).  
The net energy value of diets for growth in pigs in relation to the fermentative processes in the digestive tract and the site of absorption of the nutrients. Livest. Prod. Sci. 10, 171 - 186.
- Jongbloed, R., Smits, B. en Kroonsberg, C. (1992a).  
Ileale en faecale verteerbaarheid en voederwaarde van een partij bietenperspulsilage voor varkens). Rapport IVVO-DLO no. 242. IVVO-DLO, Lelystad.
- Jongbloed, R., Bakker, G. C. M. en Kappers, I. E. (1992b).  
Het effect van soort koolhydraat en hoeveelheid vet op de technische resultaten en verteerbaarheid bij mestvarkens. Rapport IVVO-DLO no. 340. IVVO-DLO, Lelystad.
- Jongbloed, R. en Smits, B. (1993).  
Schatting van de energetische voederwaarde (NEv) van tapioca voor mestvarkens m.b.v. lineaire regressie-analyse. Intern Rapport IVVO-DLO no. 368, in voorbereiding.
- Kesting, U., Wünsche, J., Boldau, G., Hennig, U., Borgmann, E. en Bock, H. D. (1984).  
Zu den Ursachen der unterschiedlichen Verwertung roher und gedämpfter Karoffeln beim Schwein. Tierzucht 39, 420 - 422.
- Kirchgessner, M. en Müller, H. L. (1991).  
Energy utilization via hindgut fermentation in pigs. In: Digestive physiology of the hindgut. Advances in Animal Physiology and Animal Nutrition 22, 41 - 49.
- Lenis, N. P., Van Diepen, J. Th. M. en Coppoolse, J. (1992).  
Ileale aminozuurverteerbaarheid en voederwaarde van aardappelleiwit en mais. Rapport IVVO-DLO no. 232. IVVO-DLO, Lelystad.
- Longland, C., Close, W. H. en Low, A. G. (1989).  
The role of the large intestine in influencing the use of fibrous feeds in pigs. Energy metabolism of Farm Animals; eds. Y. van de Honing en W. H. Close, EAAP-publicatie 43, p. 111 - 114.
- Longland, A. C., Close, W. H., Sharpe, C. E. en Low, A. G. (1991).  
The efficiency of energy utilization by pigs fed diets containing varying proportions of non-starch polysaccharides. Energy Metabolism of Farm Animals; eds. C. Wenk en M. Boessinger, EAAP-publicatie 58, p. 154 - 157.
- Müller, H. L. en Kirchgessner, M. (1983).  
Energetische Verwertung von Cellulose beim Schwein. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 49, 127 - 133.
- Müller, H. L., Kirchgessner, M. en Roth, F. X. (1989).  
Energy utilization of intracaecally infused carbohydrates and casein in sows. Energy Metabolism of Farm Animals; eds. Y. van der Honing en W. H. Close, EAAP-publicatie 43, p. 123 - 126.
- Müller, H. L. en Kirchgessner, M. (1991).  
Further studies on energy utilization via hindgut fermentation. Energy metabolism of Farm Animals; eds. C. Wenk en M. Boessinger, EAAP-publicatie 58, p. 134 - 137.
- Nehring, K., Schiemann, R. en Hoffmann, L. (1969).  
A new system of energetic evaluation of food on the basis of net energy for fattening. In: Energy metabolism of farm animals; Proceedings of the 4th Symposium held at Warsaw, Poland; eds. K. L. Blaxter, J. Kielanowski en G. Thorbek. Oriel Press Limited, Newcastle, England. p. 41 - 50.



- Noblet, J., Fortune, H., Dubois, S. en Henry, Y. (1989).  
Nouvelles bases d'estimation des teneurs en energie digestible, metabolisable en nette des aliments pour le porc. INRA, Paris. 106 p.
- Schiemann, R., Nehring, K., Hoffmann, L., Jentsch, W. en Chudy, A. (1972).  
Energetische Futterbewertung und Energienormen. Publ. VEB, Berlin.
- Schiemann, R., Hoffmann, L., Jentsch, W. en Beyer, M. (1989).  
Investigations on the energetic utilization of rations with a high variation in the content of different carbohydrate fractions in adult pigs. In: Energy Metabolism of Farm Animals; eds. Y. van der Honing en W. H. Close, EAAP-publicatie 43, p. 316 - 319.
- Smits, B. en Jongbloed, R. (1993).  
Persoonlijke mededeling.
- Van der Honing, Y., Jongbloed, A. W., Wieman, B. J. en Van Es, A. J. H. (1984).  
Verslag van de studie naar benutting van beschikbare energie van rantsoenen overwegend bestaande uit granen of bijprodukten door snelgroeiende mestvarkens. Rapport IVVO-DLO No. 164. IVVO-DLO, Lelystad.
- Van der Poel, A. F. B., Gravendeel, S., Van Kleef, D. J., Jansman, A. J. M. en Kemp, B. (1992),  
Tannin containing faba beans (*vicia faba* L.): effects of methods of processing on ileal digestibility of protein and starch for growing pigs. Anim. Feed Sci. and Techn. 36, 205 - 214.
- Vervaeke, I. J., N. . Dierick, D. I. Demeyer en J. A. Decuypere (1989),  
Approach to the Energetic Importance of Fibre Digestions in Pigs. II. An experimental Approach to Hindgut Digestion. Anim. Feed Sci. and Techn. 23, 169 - 196.
- Wünsche, J., Meini, M., Hennig, U., Borgmann, E., Kreienberg, F. en Bock, H. H. (1987).  
Einfluss einer thermische Behandlung von Kartoffelprodukten auf den Nährstoffabbau im Verdauungstrakt des Schweines. 1. Mitteilung: Passage und Verdaulichkeit der Nährstoffe in den verschiedenen Darmabschnitten. Arch. Anim. Nutr. 37, 169 - 188.



**Bijlage B: Energetische benutting van fermenteerbare koolhydraten t.o.v. zetmeel (een literatuuroverzicht)**

In onderstaand overzicht zijn alleen die artikelen opgenomen waarin de energiebalans is gemeten én waarbij het mogelijk was de benuttingsfactor van VRES afzonderlijk te destilleren. In het hierna volgende overzicht wordt met *benutting(-sfactor)* bedoeld de verhouding van de aanzet (RE) ten opzichte van de metaboliseerbare energie (ME), dus  $RE/ME \cdot 100$  %. Met de *efficiëntie* wordt bedoeld de relatieve efficiëntie van de (energetische bijdrage) van gefermenteerde koolhydraten ten opzichte van zetmeel ( $E_{\text{ferm}}/E_{\text{zetmeel}} \cdot 100$  %).

Noblet e.a. (1989) hebben aan de hand van verschillende verteerbare bestanddelen regressieformules ontwikkeld om de netto energie van voeders te kunnen schatten. In het kader van bovenstaande doelstelling zijn de twee volgende formules de belangrijkste:

$$NE_2 \text{ (MJ)} = \{10,96 \cdot VRE + 37,15 \cdot VRVET + 14,72 \cdot ZET + 11,84 \cdot SUI + 8,41 \cdot VRES\}/1000$$

$$NE_6 \text{ (MJ)} = \{10,4 \cdot VRE + 37,0 \cdot VRVET + 14,8 \cdot ZET - 4,1 \cdot VRC + 11,8 \cdot VRES\}/1000$$

In beide formules wordt uitgegaan van een ileale verdwijning van ZET van 100 %. Dit hoeft niet altijd zo te zijn. Vervaeke e.a. (1989) vinden bij 8 voeders met verschillende zetmeelgehalten (37 - 51 %) afkomstig van voornamelijk granen, een vrijwel constante ileale verteerbaarheid van 98 %. De proeven van Jentsch e.a. (1991) en van Drochner e.a. (1988) geven echter aan dat een deel van het zetmeel ook kan worden gefermenteerd, waardoor de energetische waarde lager wordt (zie ook Hoofdstuk 2).

In de  $NE_2$ -formule van Noblet is de relatieve efficiëntie van de NE-bijdrage van gefermenteerde NSP (VRES) ten opzichte van verteerd zetmeel 57 %. In de (voorheen West-)Duitse energiewaardering (DLG, 1987) wordt uitgegaan van een relatieve efficiëntie van 60 % voor VRES t.o.v. ZET. Met dit verschil is een correctiefactor berekend (BFS = Bacteriel Fermentierbare Substanz = "onze" VRES), waarmee een aftrek plaatsvindt om te corrigeren voor de lagere energiewaarde (in ME !) van BFS. De aftrek wordt overigens alleen toegepast bij een BFS-gehalte  $\geq 100$  g/kg.

Jentsch e.a. (1991) vinden bij groeiende dieren (LG < 80 kg) met rauwe versus gestoomde aardappelen netto energiewaarden van resp. 6,4 en 12,0 MJ/kg DS (relatief 53 %) en voor oudere dieren (LG > 120 kg) resp. 8,6 en 11,5 MJ/kg DS (relatief 75 %). Schiemann e.a. (1989) rapporteren op grond van regressie-analyses bij dieren tussen 90 en 180 kg netto-energetische waarden voor ZET en fermenteerbare NSP van resp. 12,9 en 10,4 MJ/kg (relatief 80 %). Müller e.a. (1983) vinden voor cellulose gevoerd aan zeugen een benutting van RE/DE van cellulose van 65 %. Dit betekent een relatieve efficiëntie ten opzichte van ZET (uitgaande van 75 %) van 85 %. Uit deze waarden blijkt dat er verschillen zijn tussen levenstadia. Bij groeiende dieren tot ca. 90 kg bestaat de aanzet uit eiwit en vet; boven dit gewicht bestaat de aanzet voornamelijk uit vet. Bij volwassen dieren is er nauwelijks sprake van aanzet. Dit zijn energetisch totaal verschillende omstandigheden. De gevonden benuttingsfactoren en efficiënties kunnen daardoor moeilijk met elkaar vergeleken worden.

Longland e.a. (1989 en 1991) berekenen met suikerbietenpulp bij groeiende dieren relatief hoge efficiënties voor VRES t.o.v. ZET van 71 tot 100 %. Daarnaast vinden zij bij een toenemende hoeveelheid pulp in het voer een stijgende onderhoudsbehoefte, die overigens op het basisniveau al hoog was in vergelijking tot literatuurwaarden. Mogelijk is deze efficiëntie verstrengeld met de onderhoudsfactor. In de berekening van de benutting wordt de totale metaboliseerbare energie (ME) namelijk verminderd met de ME voor onderhoud ( $ME_m$ ). De resterende ME wordt geacht aangewend te worden voor produktie ( $ME_p$ ). Hoe kleiner deze  $ME_p$  (of hoe hoger de  $ME_m$ ), hoe efficiënter het proces van aanzet ( $RE/ME_p$ ). Onderhoud en efficiëntie zijn dus sterk gecorreleerd. Daarom is in Tabel A.1 de efficiëntie berekend met een voor ons gebruikelijke waarde voor onderhoud.

In de problematiek van de berekening van de onderhoudsbehoefte speelt ook een rol de berekening van het metabolisch gewicht ( $LG^p$ , waarbij p kan variëren van 0,6 - 0,75). Dit metabolisch gewicht ( $LG^p$ ) wordt vermenigvuldigd met een bepaalde hoeveelheid energie, nodig voor onderhoud (MJ/ $LG^p$ ). Deze energiebehoefte voor onderhoud en de energie die wordt aangezet (RE) worden samen de netto energie (NE) genoemd. Meestal wordt voor het metabolisch lichaamsgewicht aangehouden het lichaamsgewicht verheven tot de macht 0,75 ( $LG^{0,75}$ ). Noblet

(1989) gebruikt echter de factor 0,62. In een aantal Duitse studies vindt dit navolging. Daarnaast wordt er met verschillende hoeveelheden energie per kg metabolisch gewicht (MJ/LG<sup>P</sup>) gerekend. Deels wordt dit verklaard wegens de compensatie voor de verschillende machten voor de berekening van het metabolisch gewicht, deels wegens een andere filosofie over netto energie (Just e.a., 1983b).

Herrmann e.a. (1989) vinden met "IRA-dieren" (IRA = ileale rectale anaestomose) ten opzichte van intacte dieren met rauwe versus gestoomde aardappelen (resp. 40 en 50 % van het rantsoen uitmakend) en suikerbieten (40 %) efficiënties van 61 tot 79 %. Het is echter discutabel om met de IRA-techniek de ileale (= vnl. enzymatische) vertering te vergelijken met de ileale plus faecale (= enzymatische plus fermentatieve) vertering. Er zijn aanwijzingen dat met de IRA-techniek het laatste gedeelte van het ileum de functie van de dikke darm gaat overnemen, waardoor in het ileum van "IRA-dieren" een grotere fermentatie optreedt dan bij intacte dieren. Daarnaast zouden "IRA-dieren" een verstoorde mineralenbalans hebben, waardoor de vergelijking met intacte dieren onzuiver wordt.

De benutting van vluchtige vetzuren (VVZ) bedraagt 67 - 70 % (Gädeken e.a., 1989; Müller en Kirchgessner, 1991; Müller e.a., 1989). Deze waarden zijn bepaald middels de infusietechniek, waarbij een bepaalde hoeveelheid substraat in het caecum wordt gebracht. Dit gaat echter gepaard van de toediening van grote hoeveelheden fysiologisch zout ( $\geq 10$  liter per dag; Gädeken e.a., 1989). Hoewel de resultaten zijn vergeleken met een blanco behandeling (infusie van alleen fysiologisch zout) blijft de vraag in hoeverre deze methode de werkelijkheid benadert.

### 3.1.3 Discussie

Voor het berekenen en meten van efficiënties en benutting is gebruik gemaakt van verschillende technieken: canuleringstechnieken (o.a. IRA) infusie van VVZ, meten van VVZ-concentraties in de chymus. Vervolgens zijn varkens gebruikt in geheel verschillende levenstadia: groeiende dieren (LG < 100 kg) die vlees (eiwit en vet) aanzetten, oudere dieren (LG > 100 kg) die hoofdzakelijk vet aanzetten, en volwassen dieren zonder aanzet, mits ze op onderhoudsniveau worden gevoerd (zeugen). Hierdoor is het heel moeilijk één factor te berekenen. Bovendien worden verschillende hoeveelheden en bronnen van NSP en ZET gebruikt, waarvan de waarden mogelijk ook verschillen. Tenslotte is niet duidelijk in welke mate een hoge dosis NSP in het rantsoen effect heeft op de vertering en benutting van andere nutriënten als gevolg van het optreden van interacties.

Tabel A.1

Samenvatting van literatuurwaarden m.b.t. de benutting van fermentatief verteerde koolhydraten (vnl. NSP) t.o.v. enzymatisch verteerde koolhydraten.

Referentie	Benutting		E(ferm.)/E(ZET)*100		Netto Energie- waarde (MJ/kg) zetmeel VRES	Opmerkingen
	ME tov DE	RE tov ME	op ME niveau	op DE niveau		
Drochner e.a. (1988)				60-76 %		aardappelen met verschillende behandelingen
Gädeken e.a. (1989)		67 %				infusie van VFA's bij groeiende varkens
Ges.Ernähr.Phys. (1987)		60 %	80 %	60 %	10,3	theoretische benadering
Herrmann e.a. (1989)	95 %		61 - 79 % <sup>a</sup>			12 voeders; IRA-dieren versus intacte dieren
Jentsch e.a. (1991)		58 %	80 %		6,4	7 voeders, o.a. rauwe versus gestoomde aardappelen
Jentsch e.a. (1988)				77 % <sup>b</sup>		24 voeders; bij BW 90 - 180 kg
Just e.a. (1983)			34 % <sup>b</sup>			6 semi-synthetische voeders
Kirchgessner e.a. (1991)		68 %		70 %		review van voornamelijk eigen proeven
Longland e.a. (1989)			73 %			suikerbietenpulp vs. granen; intacte dieren
Longland e.a. (1991)			71 %			idem; IRA-dieren
Müller e.a. (1983)	95 %	68 %	77 % <sup>c</sup>			3 doses suikerbietenpulp; hoge ME <sub>m</sub>
Müller e.a. (1991)		70 %				cellulose; zeugen op onderhoud gevoerd
Müller e.a. (1989)		67 %	75 %			infusie van VFA's en tarwezemelen bij zeugen
Schiemann e.a. (1989)				70 %	10,4	infusie van 6 substraten bij zeugen 25 voeders; bij BW 90 - 180 kg

a: herberekend met dRE/dME

b: herberekend door in gegeven formule 100 % dikke darm vertering te veronderstellen

**Bijlage B: Procentuele samenstelling van de door Noblet e.a. (1989) gebruikte voeders.**

-> Voer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tarwe						83.25	74.60	66.15	75.90	68.6	61.10	45.50	40.00	
Gerst	95.70	81.40	72.45	63.3	73.25	65.1								
Tarwezemelgrint		2.50	5.00	2.80	5.60		1.10	2.20	1.60	3.20		1.80		
Kristalsuiker											10.00	10.00		
Maiszetmeel														40.45
Dierlijk vet			3.50	7.00				3.50	7.00					
Maisolie												1.40	0.70	
Sojaschroot	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	12.40	12.40	12.40	12.40	12.40	24.40	24.40		
Soja-isolaat														13.60
Maisglutenmeel			6.50	13.20	1.80	3.60		7.60	15.00	2.20	4.40		13.80	
Lysine-HCl	0.20	0.10	0.05		0.15	0.20	0.25	0.20	0.15	0.30	0.30			0.05
Vit./Min.premix	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	4.50	4.50	4.50

-> Voer	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Tarwe	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00		40.00	40.00	22.00	21.90	59.20	23.00	
Gerst										23.00	16.00		22.00	48.60
Mais													20.00	
Tarwegries	22.00				19.00	16.00	4.00			20.00				14.60
Bietenpulp		16.00			14.00		4.00				4.00			
Sojahullen			19.00				20.00	19.00				20.00		
Tarwestro				22.00		16.00				10.50				
Kristalsuiker								10.00	10.00					
Maiszetmeel	23.20	26.35	24.25	21.30	12.45	13.85	55.01	14.65	28.95		15.00			
Rietmelasse												3.90	4.10	7.80
Dierlijk vet											9.00	1.20	3.80	4.30
Maisolie	0.70	1.40	1.20	1.60	0.80	1.10		1.20	1.50					
Sojaschroot												11.90	22.50	0.80
Raapzaadschr.												4.90		4.60
Soja-isolaat	9.50	11.70	11.00	10.60	9.20	8.50	12.00	10.60	15.00	8.00	9.00			
Maisglutenmeel										12.00				
Erwten												14.80		10.00
Vleesb.meel														4.90
Lysine-HCl	0.10	0.05	0.05		0.05	0.05	0.13	0.05	0.05		0.30		0.10	0.20
Tryptofaan							0.03				0.04			0.02
DL-Methionine							0.18				0.13			0.04
Threonine							0.15				0.13			0.04
Vit./Min.premix	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.10	4.50	4.10

-> Voer	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Tarwe	42.80	12.00			25.00	12.00	27.00			25.00			17.00
Gerst				22.00			27.00		18.98			13.49	
Mais			14.00	19.00	28.00						20.47	18.00	
Tapioca		17.00	14.00			11.00			24.00	21.50	20.00		18.50
Bataten		17.00	14.00			10.50		35.00	7.00	4.00		11.00	
Tarwegries	14.80												
Bietenpulp	1.00												
Rietmelasse	7.80		6.00	4.30						6.00			6.99
Dierlijk vet	1.00	6.00	2.00	5.00	4.85	6.00							
Sojaschroot	8.80	22.00	18.50	11.00	11.50	15.00		23.98	23.00	13.75	21.00		
Raapzaadschr.	4.90	14.50	12.00		10.00		15.00		11.00			11.50	13.00
Zonnebl.zd.schr.		7.00		15.00	6.00	15.00					4.00	11.50	13.00
Erwten	14.80					26.00	17.00	26.50			20.00	30.00	27.00
Maisdistillers			15.00	9.00			9.38			15.00	10.00		
Maisglutenvoer				10.00	10.00			10.00	11.50	10.00			
Lysine HCl				0.20	0.15		0.10			0.20			
Tryptophaan							0.02			0.02		0.01	0.01
DL-Methionine								0.02	0.02	0.03	0.03		
Vit./Min.premix	4.10	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50

## Bijlage C:

Chemische samenstelling en verteerbaarheid van de voeders uit IVO-project 313, zoals die gebruikt zijn bij de validatie van de nieuwe NEV-formule.<sup>a)</sup>

Voer	Type <sup>b</sup>	RAS	RE	RVET	RC	OK	ZET	SUI	VC-RE	VC-RVET	VC-RC	VC-OK
6	G	58,1	187,1	41,0	36,6	677,2	441,0	60,0	85,5	65,3	30,3	90,6
7	B	89,8	212,5	38,7	69,4	589,6	276,0	53,0	75,6	73,0	30,3	75,1
8	B	120,8	210,6	66,8	81,1	520,7	266,0	53,0	74,9	77,9	19,9	82,8
9	B	94,1	206,1	52,3	81,0	566,5	218,0	85,0	74,0	69,6	42,6	80,9
11	G	64,5	203,8	47,8	46,2	637,7	434,0	51,0	81,6	65,6	35,6	89,1
12	B	76,7	188,8	59,4	95,2	579,9	230,0	84,0	67,0	75,6	67,1	77,2
13	B	97,0	206,2	51,0	85,0	560,8	228,0	87,0	71,0	77,5	50,7	83,0
14	G	52,5	178,8	45,1	34,5	689,1	496,0	44,0	85,2	77,8	24,8	90,
15	B	65,2	197,5	79,2	87,0	570,9	214,0	68,0	73,1	86,2	63,7	71,8
16	B	95,0	203,8	83,2	67,6	550,4	264,0	69,0	75,3	76,7	38,2	78,8
17	G	61,3	175,6	15,8	26,2	721,1	546,0	32,0	80,5	14,1	0,7	93,0
19	B	68,1	181,9	35,8	61,8	652,4	373,0	56,0	72,8	61,9	52,1	81,7
21	G	52,5	179,4	14,3	30,6	723,2	569,0	36,0	80,1	6,9	16,1	91,9
23	B	64,2	192,5	26,3	75,7	641,3	377,0	65,0	72,4	60,9	30,0	82,2
25	G	61,1	210,6	54,6	45,8	627,8	433,0	47,0	80,6	67,1	22,7	89,4
27	B	69,3	228,8	72,7	71,6	557,6	233,0	75,0	68,9	73,7	40,1	77,0
29	G	55,1	190,6	33,6	49,0	671,6	444,0	68,0	82,6	74,2	59,7	88,2
31	B	73,6	230,0	91,9	73,2	531,3	209,0	98,0	78,0	83,5	47,8	76,1
33	B	82,5	199,9	33,3	80,8	603,5	241,0	101,0	64,8	58,9	33,4	79,9
37	G	81,4	183,1	52,2	64,6	618,6	346,0	81,0	77,6	69,9	41,2	85,7
38	G	68,0	191,9	62,3	67,4	610,4	316,0	71,0	76,7	70,0	40,0	83,9
39	G	50,7	183,8	33,5	47,7	684,3	492,0	33,0	84,4	80,3	31,3	87,5
40	B	71,7	183,1	38,2	98,6	608,3	257,0	100,0	71,1	76,7	68,3	79,8
41	B	86,5	175,0	73,4	64,8	600,3	337,0	65,0	74,3	82,3	40,9	81,0
42	B	82,2	225,6	72,2	85,7	534,2	225,0	79,0	75,8	83,5	54,3	80,7
43	G	43,0	153,8	14,1	25,4	763,7	620,0	32,0	87,7	69,8	52,0	92,7

<sup>a)</sup>: Dit gegevensbestand is niet geheel identiek aan het bestand dat is gepubliceerd in Rapport IVO nr. 164. De verschillen hebben vooral betrekking op de VC-OK.

<sup>b)</sup>: G = voer hoofdzakelijk gebaseerd op granen; B = voer hoofdzakelijk gebaseerd op bijprodukten.



**Bijlage D: Schatting van de NE van de in Bijlage C vermelde voeders met verschillende formules**

Type	NEv(bep)	NEv(N)	NEv(R)	NEv(CVB)	NEv(bep)/NEv(R)	NEv(bep)/NEv(N)	NEv(bep)/NEv(CVB)
G	9,41	10,81	10,56	10,46	0,891	0,871	0,899
B	7,98	9,31	8,51	8,32	0,937	0,857	0,959
B	8,10	9,39	9,16	8,95	0,884	0,862	0,905
B	7,91	9,28	9,00	8,67	0,879	0,853	0,913
G	9,33	10,63	10,25	10,26	0,910	0,878	0,909
B	8,63	9,87	9,07	8,91	0,952	0,875	0,969
B	8,37	9,58	9,19	8,91	0,911	0,874	0,940
G	10,25	11,69	10,9	10,93	0,940	0,877	0,938
B	9,31	10,63	9,58	9,40	0,971	0,876	0,990
B	8,90	10,24	9,63	9,48	0,924	0,869	0,938
G	8,79	10,17	10,13	10,17	0,867	0,864	0,864
B	8,49	9,79	9,20	9,15	0,923	0,867	0,928
G	9,03	10,37	10,06	10,23	0,897	0,871	0,883
B	7,90	9,17	8,92	8,90	0,886	0,862	0,888
G	8,83	10,37	10,35	10,35	0,853	0,851	9,853
B	8,32	9,68	9,27	9,04	0,898	0,860	0,921
G	9,08	10,34	10,31	10,38	0,881	0,878	0,875
B	9,13	10,35	10,06	9,91	0,907	0,882	0,921
B	6,86	8,17	8,40	8,11	0,817	0,840	0,846
G	8,25	9,43	9,75	9,66	0,846	0,875	0,854
G	8,62	9,82	9,84	9,65	0,876	0,878	0,893
G	9,42	10,98	10,34	10,44	0,911	0,858	0,902
B	8,88	10,31	9,06	8,95	0,980	0,861	0,993
B	8,54	10,06	9,93	9,89	0,861	0,849	0,864
B	8,93	10,46	9,79	9,59	0,911	0,853	0,930
G	10,81	12,07	10,89	11,15	0,993	0,896	0,970