

# VARIATIE IN BUITENTEMPERATUUR

Correctieformule voor het directe energiegebruik  
in de intensieve veehouderij

Mei 1997



SIGN: L26-3.164  
EX. NO: B  
MLV:

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)

944233

## REFERAAT

### VARIATIE IN BUITENTEMPERatuur; CORRECTIEFORMULE VOOR HET DIRECTE ENERGIEGEBRUIK IN DE INTENSIEVE VEEHOUDERIJ

Hoste, R. en J.P.P.J. Welten

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), 1997

Publicatie 3.164

ISBN 90-5242-392-X

44 p., tab., fig.

De variatie in het energiegebruik door de intensieve-veehouderijbedrijven wordt voor een deel bepaald door de ontwikkeling van de buitentemperatuur. Lage buitentemperaturen verhogen het brandstofverbruik voor verwarming en hoge buitentemperaturen beïnvloeden het elektriciteitsverbruik ten behoeve van de ventilatie. Omdat deze jaarlijkse verstoringen het zicht op de werkelijke ontwikkeling in energiegebruik en -efficiency vertroebelen, zijn door LEI-DLO, in opdracht van Novem bv, formules ontwikkeld die voor de temperatuursontwikkeling corrigeren. Deze publicatie beschrijft de ontwikkelde methode evenals (gedeeltelijke) validatie en toepassing ervan.

Intensieve veehouderij/Directe energie/Temperatuurcorrectie/Energie-efficiency

---

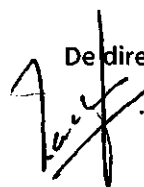
Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

# INHOUD

	Blz.
WOORD VOORAF	5
SAMENVATTING	7
1. INLEIDING	13
2. OPSTELLEN CORRECTIEFACTOREN	14
2.1 Algemeen	14
2.2 Diercategorieën	14
2.3 Stalklimaat	15
2.4 Referentie	17
2.4.1 Brandstoffen	17
2.4.2 Elektriciteit	18
2.4.3 Energiegebruikscijfers	19
2.5 Correctieformules	21
2.6 Uitgewerkt voorbeeld	21
2.7 Discussie	22
2.8 Conclusie	23
3. VALIDATIE	24
3.1 Stookgraaduren en ventilatiecapaciteitsuren	24
3.2 Validatie op bedrijfsniveau	25
3.3 Validatie op sectorniveau	27
3.3.1 Resultaten fokvarkens	27
3.3.2 Resultaten vleesvarkens	29
3.3.3 Resultaten legkippen	31
3.3.4 Resultaten vleeskuikens	32
3.4 Conclusies	34
4. TOEPASSING VAN TEMPERATUURCORRECTIEFACTOREN	35
4.1 Inleiding	35
4.2 Toepassing op fokvarkensbedrijven	35
4.3 Toepassing op vleeskuikenbedrijven	36
4.4 Conclusie	38
5. SLOTBESCHOUWING	39
LITERATUUR	41
BIJLAGE	43
1. Verklaring van gebruikte begrippen	44

## WOORD VOORAF

Door de Nederlandse onderneming voor energie en milieu bv (Novem) is aan LEI-DLO gevraagd een correctiemethode te ontwikkelen die het energiegebruik van intensieve-veehouderijbedrijven corrigeert voor de invloed van de temperatuurverschillen tussen jaren. Met behulp van een dergelijke correctiemethode kan meer helderheid verkregen worden over de daadwerkelijk gerealiseerde efficiencyverbeteringen bij het energiegebruik in de intensieve veehouderij. Deze helderheid is gewenst om een beoordeling mogelijk te maken van de mate waarin aan de doelstellingen uit de verschillende energiebesparingsnota's van het Ministerie van Economische Zaken wordt voldaan. Het onderzoek is uitgevoerd onder contract met de Novem in het kader van het programma Agrarische Sector, dat gefinancierd wordt door het Ministerie van Economische Zaken.

De directeur,  


L.C. Zachariasse

Den Haag, mei 1997

# SAMENVATTING

## 1. Inleiding

Het Ministerie van Economische Zaken heeft in de Vervolgnota Energiebesparing (1993) verwoord dat het energiegebruik in Nederland zich de komende jaren moet stabiliseren en dat de efficiëntie van energiegebruik sterk moet toenemen. Uit energiegebruikscijfers van de intensieve-veehouderijbedrijven in Nederland blijkt dat er een behoorlijke variatie is in energiegebruik tussen jaren. Het weer en dan met name de temperatuur vormt hier een gedeeltelijke verklaring voor. Omdat agrarische ondernemers geen invloed op het weer kunnen uitoefenen, wordt het wenselijk geacht het energiegebruik te corrigeren voor deze invloed. Op deze manier kunnen de werkelijke effecten van de in het kader van energiebesparing uitgevoerde maatregelen zichtbaar worden gemaakt. Novem bv heeft daarom aan LEI-DLO gevraagd na te gaan of er een correctieformule ontwikkeld kan worden om bij monitoring de invloed van klimatologische variatie op het energiegebruik te beperken.

Aan een correctie voor weersinvloeden is vooral behoefte op hokdierbedrijven, waar de leefomgeving verwarmd en geventileerd wordt. Bij de correctie zal onderscheid tussen verwarmen en ventileren gemaakt worden.

## 2. Opstellen correctiefactoren

Bij het opstellen van correctieformules is onderscheid gemaakt naar diersoort (zeugen, vleesvarkens en dergelijke) en deze diersoorten zijn weer opgesplitst naar diercategorie (zeugen in de kraamstal, zeugen in de drachtstal enzovoort). Voor de brandstofcorrectie is per diercategorie de "setpoint verwarmingstemperatuur" bepaald. Dit is de gewenste staltemperatuur. Vervolgens is vastgesteld bij welke buitentemperatuur een dergelijke staltemperatuur tot stand komt zonder bij te verwarmen. Deze buitentemperatuur wordt aangeduid als stookgrens. De vastgestelde waarden staan in tabel 1.

Hierna is de gemiddelde verhouding in aanwezigheid van diercategorieën binnen diergroepen bepaald. Voor het toepassen van de formules wordt gebruikgemaakt van een temperatuurfrequentietabel. Dit is een tabel met het aantal uren per jaar dat iedere buitentemperatuur (in graden Celsius) voor komt. Door sommatie van de vermenigvuldiging van alle uren dat buitentemperaturen beneden de stookgrens voorkomen met de verschillen tussen die

Tabel 1 *Klimaatsetpoints voor diverse diercategorieën (°C)*

Dier- cate- gorie	Binnen			Buiten		
	setpoint verwar- ming	P-band onder- grens (PBO)	P-band boven- grens (PBB)	stook- grens (SG)	P-band ondergrens buitentemp. (PBOB)	P-band bovengrens buitentemp. (PBBB)
Za	19	22	24	16	19	21
Zb	-	24	27	-	21	24
Zc	22	24	27	17	19	22
Va	27	29	32	22	24	27
Vb	20	25	28	12	17	20
Vc	-	22	25	-	14	17
L	-	22	26	-	7	11
Ka	31	33	37	16	18	22
Kb	24	26	30	9	11	15
Kc	-	22	26	-	8	11
Kd	-	-	-	-	-	-

N.B.: - betekent dat er niet wordt verwarmd, c.q. geventileerd.

Bron: setpoint verwarming en P-band voor varkens: Handboek Varkenshouderij, 1993; stookgrens varkens: op basis van Mouwen, persoonlijke mededeling, 1995; Pluimvee: Evers, persoonlijke mededeling, 1995.

buitentemperaturen en de stookgrens wordt het aantal stookgraaduren (sgu) verkregen. In formulevorm:

$$\text{als } BT < SG \quad SGU_x = \sum ((SG_x - BT_i) * TFU_i)$$

waarbij: x = diercategorie  
 SGU<sub>x</sub> = stookgraaduren  
 Sg<sub>x</sub> = stookgrens (°C)  
 Bt<sub>i</sub> = buitentemperatuur<sub>i</sub> (i = 1 .. n), Bt<sub>i</sub> < Sg<sub>x</sub> (°C)  
 TFU<sub>i</sub> = temperatuurfrequentie-uren

Uitgangspunten bij de opgestelde formules zijn dat beneden de stookgrens wordt bijverwarmd en erboven niet en dat het brandstofverbruik lineair toeneemt bij een afnemende buitentemperatuur.

Een correctie voor het effect van temperatuurschommelingen op het energiegebruik door ventilatie wordt op dezelfde wijze opgebouwd. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de P-band. De onder- en bovengrens van de P-band zijn in tabel 1 gegeven. De ondergrens van de P-band is die staltemperatuur waarbij de ventilator juist minimaal draait. Bij een temperatuur boven deze ondergrens van de P-band, neemt het ventilatiedebiet toe, tot het maximum is bereikt bij de bovengrens van de P-band. Het elektriciteitsverbruik bij de ondergrens bedraagt naar schatting circa 30% van het verbruik bij maximum debiet (Mouwen, persoonlijke mededeling, 1995).

als  $PBOB_x \leq BT_i \leq PBBB_x$   
 $VC_{xi} = 30 + (((100 - 30) / (PBBB_x - PBOB_x)) * (BT_i - PBOB_x))$   
als  $BT_i < PBOB_x$   
 $VC_{xi} = 30$   
als  $BT_i > PBBB_x$   
 $VC_{xi} = 100$

waarbij: x = diercategorie  
 $VC_{xi}$  = ventilatiecapaciteit  
 $BT_i$  = buitentemperatuur (i = 1 .. n) (°C)  
 $PBOB_x$  = buitentemperatuur bij P-band-ondergrens (°C)  
 $PBBB_x$  = buitentemperatuur bij P-band-bovengrens (°C)

Voor de berekening van het totaal aantal ventilatiecapaciteitsuren (VCU) geldt dan de volgende formule:

$$VCU_x = \sum ((VC_{xi} / 100) * TFU_i)$$

waarbij: x = diercategorie  
i = buitentemperatuur (i = 1 .. n) (°C)  
 $VCU_x$  = ventilatiecapaciteitsuren  
 $VC_{xi}$  = ventilatiecapaciteit  
 $TFU_i$  = temperatuurfrequentie-uren

Met behulp van de voorgaande formules kunnen de stookgraaduren en de ventilatiecapaciteitsuren per diercategorie van een jaar berekend worden. Omdat het energiegebruik over het algemeen per bedrijf gemeten wordt, is het nog wenselijk de sgu en vcu van de verschillende diercategorieën samen te voegen tot één waarde per diersoort. Dit gebeurt op basis van het aandeel van het energiegebruik van een diercategorie in dat van de diersoort.

### 3. Validatie

Met behulp van temperatuurfrequentietabellen van Meteo Consult zijn de stookgraaduren en ventilatiecapaciteitsuren per diersoort per jaar berekend (tabel 2).

In eerste instantie is getracht deze correctiefactoren te valideren op bedrijfsniveau. Dit wil zeggen dat de stookgraaduren en ventilatiecapaciteitsuren voor de diverse bedrijfstypen zijn gekoppeld aan de energiegebruikscijfers van individuele bedrijven die meerdere jaren in het Bedrijven-Informatienet van LEI-DLO aanwezig waren. Om diverse redenen leverde deze exercitie niet het gewenste resultaat.

Hierna is gepoogd de correctiefactoren te valideren met behulp van gemiddelde energiegebruikscijfers per bedrijfstype. Voor wat het brandstofverbruik op fokvarkens- en vleeskuikenbedrijven betreft, is dit gelukt. Met betrekking tot het brandstofverbruik op vleesvarkensbedrijven lijkt het erop alsof de

**Tabel 2** Overzicht van de berekende stookgraaduren en ventilatiecapaciteitsuren en de verschillen hierin ten opzichte van het basisjaar

	Jaartal	SGU	Vershil SGU t.o.v. 1989/90 (%)	VCU	Vershil VCU t.o.v. 1989/90 (%)
Zeugen	1989/90	51.111		3.119	
	1990/91	60.732	18,8	3.007	-3,6
	1991/92	61.078	19,5	2.990	-4,1
	1992/93	55.462	8,5	3.134	0,5
	1993/94	60.849	19,1	2.873	-7,9
Vleesvarkens	1994/95	53.535	4,7	3.091	-0,9
	1989/90	53.709		3.997	
	1990/91	63.198	17,7	3.755	-6,1
	1991/92	63.411	18,1	3.688	-7,7
	1992/93	58.257	8,5	4.044	1,2
Leghennen	1993/94	63.554	18,3	3.661	-8,4
	1994/95	55.618	3,6	3.828	-4,2
	1989/90	nvt		6.300	
	1990/91	nvt	nvt	5.996	-5,3
	1991/92	nvt	nvt	5.709	-9,4
Vleeskuikens	1992/93	nvt	nvt	6.080	-3,5
	1993/94	nvt	nvt	5.810	-7,8
	1994/95	nvt	nvt	6.209	-1,4
	1989/90	31.631		4.972	
	1990/91	39.965	26,3	4.732	-4,8
	1991/92	39.489	24,8	4.553	-8,4
	1992/93	35.886	13,5	4.893	-1,6
	1993/94	39.563	25,1	4.591	-7,7
	1994/95	33.118	4,7	4.850	-2,5

correctieformule wel in de juiste richting corrigeert, maar niet hard genoeg. De correctieformules voor het elektriciteitsverbruik ten behoeve van ventilatie konden niet worden gevalideerd. De belangrijkste oorzaak hiervoor is het feit dat er meer elektriciteitsverbruikers zijn dan alleen ventilatoren en dat de ontwikkeling in dit andere verbruik het onmogelijk maakt de gevolgen van verschillen in VCU vast te stellen.

#### 4. Toepassing van temperatuurcorrectiefactoren

Ter verhoging van het inzicht in de werking ervan, is de temperatuurcorrectie voor verwarming toegepast op fokvarkens- en vleeskuikenbedrijven. Correctie van het elektriciteitsgebruik is, gezien de magere resultaten bij de validatie, voorlopig achterwege gelaten. Uit de gecorrigeerde cijfers blijkt dat de grote pieken in de ongecorrigeerde energie-efficiëncijfers van 1990/91 en 1991/92 (vrijwel) volledig verklaard kunnen worden door verschillen in temperatuur tussen die jaren en het basisjaar 1989/90. Doordat het basisjaar warmer is geweest dan alle navolgende jaren pakt de gecorrigeerde energie-efficiency



in alle gevallen beter uit dan de ongecorrigeerde. Uit de nog steeds aanwezige fluctuatie blijkt ook dat er meer factoren een rol spelen bij energie-efficiency dan alleen temperatuursontwikkelingen.

## **5. Slotbeschouwing**

Het is mogelijk gebleken correctiefactoren voor verschillen in temperatuur vast te stellen voor zowel het brandstofverbruik voor verwarming als het elektriciteitsverbruik voor ventilatie. Validatie bleek maar beperkt mogelijk. Dit kan inhouden dat de correctieformules niet juist zijn of dat het datamateriaal om ze te valideren vertroebeld wordt door andere versturende aspecten. Omdat er vooralsnog geen direct aanwijsbare redenen zijn voor het eerste en wel voor het tweede lijkt het heel goed mogelijk de formules toch toe te passen.

# 1. INLEIDING

Het energiegebruik in Nederland moet zich de komende jaren stabiliseren en de efficiëntie van energiegebruik moet sterk toenemen. Dit is verwoord in de Vervolgnota Energiebesparing (1993) van het Ministerie van Economische Zaken. Om dit te kunnen monitoren, wordt door het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) jaarlijks berekend hoeveel energie er in de landbouw gebruikt wordt.

Er blijkt tussen jaren variatie te zijn in het totale energiegebruik. Dit wordt deels verklaard door het weer ("bij een koude winter wordt er veel gestookt"). Novem heeft daarom aan LEI-DLO gevraagd na te gaan of er een correctieformule ontwikkeld kan worden om bij monitoring de invloed van klimatologische variatie op het energiegebruik te beperken. Toepassing van een correctie voor toevallige invloeden leidt tot een betere vergelijking van jaarcijfers.

De correctieformule wordt gebaseerd op temperatuur. Variatie in relatieve luchtvochtigheid wordt buiten beschouwing gelaten. Volgens Van Ouwkerk (persoonlijke mededeling, 1995) heeft deze variatie nauwelijks invloed op een jaarlijkse variatie in behoefte aan verwarming of ventilatie.

Een correctie voor weersinvloeden is vooral van belang voor diersoorten waarbij de energiebehoefte sterk wordt beïnvloed door het weer. In de praktijk betreft dit de hokdieren, waarbij de leefomgeving verwarmd en geventileerd wordt. Deze publicatie richt zich op de meest omvangrijke diersectoren: zeugen, vleesvarkens, leghennen en vleeskuikens. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een correctie ten aanzien van brandstofverbruik voor verwarming en ten aanzien van elektriciteitsverbruik voor ventilatie.

In hoofdstuk 2 wordt de totstandkoming van de correctieformules beschreven. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 verslag gedaan van de validatie van deze formules. In hoofdstuk 4 worden twee formules losgelaten op de praktijkcijfers van de afgelopen jaren en tot slot wordt nog even terug- en vooruitgeblikt.

## 2. OPSTELLEN CORRECTIEFACTOREN

### 2.1 Algemeen

In de volgende paragrafen wordt een opsplitsing gemaakt naar diercategorie, met duidelijke verschillen in temperatuur- en ventilatiebehoefte. Vervolgens worden per categorie uit literatuur een normatief stalklimaat en een tweetal correctieformules bepaald: één formule voor energiebehoefte voor verwarming en één voor elektriciteitsbehoefte voor ventilatie. Het energiegebruik op intensieve-veehouderijbedrijven wordt hiermee vrijwel volledig gedekt.

Voor het toepassen van de formules wordt gebruikgemaakt van een temperatuurfrequentietabel. Een temperatuurfrequentietabel is een tabel met het aantal uren per jaar dat iedere buitentemperatuur (in graden Celsius) voor komt. Bijvoorbeeld:  $-10^{\circ}\text{C}$  komt 12 uur per jaar voor,  $-9^{\circ}\text{C}$  komt 15 uur per jaar voor enzovoort.

In het navolgende worden diverse begrippen gebruikt die verwarring zouden kunnen oproepen. In bijlage 1 worden de gebruikte termen omschreven.

### 2.2 Diercategorieën

In de studie is sprake van diersoorten (zeugen, vleesvarkens, leghennen en vleeskuikens) en van diercategorieën. Een diercategorie is een uitsplitsing van de diersoort.

Bij zeugen wordt onderscheid gemaakt tussen zeugen in de kraamstal (Za), zeugen in de drachtstal (Zb) en opfokbiggen vanaf spenen tot afleveren (Zc). Uitgegaan wordt van 0,23 kraamplaats, 0,77 drachtplaats voor de zeugen en 2,2 biggenplaatsen per zeug.

Bij vleesvarkens wordt onderscheid gemaakt in drie fasen in de mestering, die sterk samenhangen met de temperatuurbehoefte. Gegeven de temperatuurcurve zijn de volgende categorieën gedefinieerd: opgelegde mestbiggen gedurende de eerste week na opleg (Va), de tweede categorie is de groep gedurende week 2 tot en met 4 van de mesteringperiode (Vb), de derde categorie vleesvarkens beslaat de rest van de mestperiode (Vc). Uitgegaan wordt van 3,0 mestronden per jaar. Het aandeel van de categorieën bedraagt dan respectievelijk:  $3/52=0,058$  vleesvarkensplaats (Va),  $9/52=0,173$  vleesvarkensplaats (Vb) en 0,769 vleesvarkensplaats (Vc). Leegstand wordt verwaarloosd. Het energiegebruik in een afdeling wordt niet beïnvloed door het al dan niet leegstaan van enkele plaatsen. Bij leegstand tussen rondes wordt nog wel geventileerd,

om het reinigingsvocht weg te ventileren en soms wordt hiertoe ook nog verwarmd.

Bij leghennen wordt niet verwarmd, wel geventileerd. Uitgegaan wordt van één ongedeelde categorie hennen (L). Energiegebruik door mestbanddroging wordt niet meegerekend, omdat het niet op alle bedrijven met leghennen voorkomt.

Voor vleeskuikens is een opdeling in gewichtsgroepen wel wenselijk. Analoog aan de vleesvarkens wordt een indeling gebruikt afhankelijk van het temperatuurverloop. Dit zijn driemaal twee weken productie en twee weken leegstand per ronde. Dit betekent een aandeel van 25% van het aantal plaatsen per jaar per diercategorie (Ka-Kd). Tijdens de leegstand wordt het energiegebruik voor opwarmen van de stallen verwaarloosd. Er is gerekend met 6,5 ronden per jaar. In tabel 2.1 is een overzicht gegeven van de verschillende diercategorieën, met de gebruikte code.

Tabel 2.1 Overzicht van onderscheiden diercategorieën

Diergroep	Periode	Code	Plaatsverdeling per diergroep
Zeugen	kraamstal	Za	0,23
Zeugen	dracht + gust	Zb	0,77
Gespeende biggen	opfok	Zc	2,20
Vleesvarkens	1e week	Va	0,058
Vleesvarkens	week 2 - 4	Vb	0,173
Vleesvarkens	rest mesterij	Vc	0,769
Leghennen		L	1,00
Vleeskuikens	week 1+2	Ka	0,25
Vleeskuikens	week 3+4	Kb	0,25
Vleeskuikens	rest mesterij	Kc	0,25
Vleeskuikens	leegstand	Kd	0,25

## 2.3 Stalklimaat

Per diercategorie wordt een stookgrens vastgesteld. De stookgrens is in deze notitie gedefinieerd als die buitentemperatuur waaronder gestookt moet worden om de stal op temperatuur te houden. De tegelijkertijd optredende staltemperatuur wordt aangeduid als "setpoint verwarming".

Uit de literatuur zijn gegevens afgeleid over de setpoint verwarming, omdat klimaatinstellingen in stallen hiervan uitgaan. Vervolgens is door deskundigen het verschil tussen de setpoint verwarming en de stookgrens geschat, om zodoende een stookgrens te kunnen berekenen. De klimaatsetpoints voor verwarming en ventilatie zijn per diercategorie weergegeven in tabel 2.2. Voor een berekening op bedrijfsniveau zal deze veronderstelling niet nauwkeurig genoeg zijn, maar de correctiefactor heeft alleen betrekking op verschillen tus-

sen jaren voor de sector. Verondersteld is dat de stookgrens bij zeugen 3°C, bij gespeende biggen en vleesvarkens in de eerste week na opleg 5°C en bij vleesvarkens in de rest van de mestperiode 8°C onder het setpoint verwarming ligt (Mouwen, persoonlijke mededeling, 1995). Bij de vleeskuikens is een verschil verondersteld van 15°C tussen het setpoint verwarming en de gelijktijdig optredende buitentemperatuur (de stookgrens). Dit verschil is groter dan bij varkens, omdat stallen voor vleeskuikens in het algemeen beter geïsoleerd zijn dan die voor varkens (Evers, persoonlijke mededeling, 1995), en de warmteproductie per m<sup>2</sup> bij vleeskuikens groter is door een grotere dierdichtheid. Bij de leghennen is dat verschil niet van toepassing, omdat er niet verwarmd wordt. Wel is er een verschil verondersteld tussen stal- en buitentemperatuur van eveneens gemiddeld 15°C.

Tabel 2.2 Klimaatsetpoints voor diverse diercategorieën (°C)

Dier- cate- gorie	Binnen			Buiten		
	setpoint verwar- ming	P-band onder- grens (PBO)	P-band boven- grens (PBB)	stook- grens (SG)	P-band ondergrens buitentemp. (PBOB)	P-band bovengrens buitentemp. (PBBB)
Za	19	22	24	16	19	21
Zb	-	24	27	-	21	24
Zc	22	24	27	17	19	22
Va	27	29	32	22	24	27
Vb	20	25	28	12	17	20
Vc	-	22	25	-	14	17
L	-	22	26	-	7	11
Ka	31	33	37	16	18	22
Kb	24	26	30	9	11	15
Kc	-	22	26	-	8	11
Kd	-	-	-	-	-	-

N.B.: - betekent dat er niet wordt verwarmd, c.q. geventileerd;

Bron: setpoint verwarming en P-band voor varkens: Handboek Varkenshouderij, 1993; stookgrens varkens: op basis van Mouwen, persoonlijke mededeling, 1995; Pluimvee: Evers, persoonlijke mededeling, 1995.

Een correctie voor het effect van temperatuurschommelingen op het energiegebruik door ventilatie wordt op dezelfde wijze opgebouwd. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de P-band. De onder- en bovengrens van de P-band zijn in tabel 2.2 gegeven. De ondergrens van de P-band is die staltemperatuur waarbij de ventilator juist minimaal draait. Bij een temperatuur boven deze ondergrens van de P-band, neemt het ventilatiedebiet toe, tot het maximum is bereikt bij de bovengrens van de P-band. De ondergrens van de P-band ligt 2 - 5°C boven het setpoint verwarming in de stal (Mouwen, persoonlijke mededeling, 1995; Evers, persoonlijke mededeling, 1995). Bij minimumventilatie draagt het debiet circa 20-25% van het maximum, afhankelijk van de diercate-

gorie. Het elektriciteitsverbruik bedraagt hierbij naar schatting circa 30% van het verbruik bij maximum debiet (Mouwen, persoonlijke mededeling, 1995).

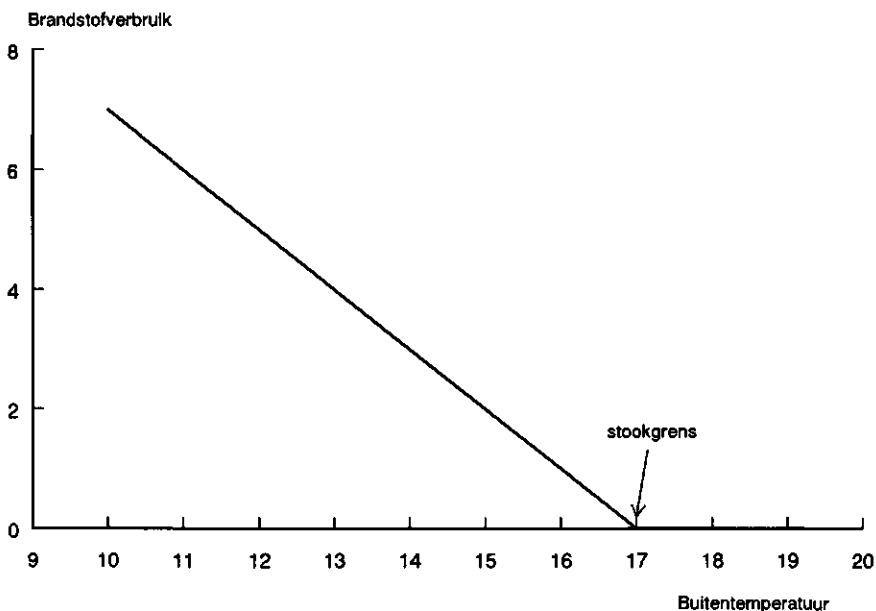
Van het totale directe energiegebruik komt circa 90% voor rekening van verwarming. Energiegebruik door ventilatie bedraagt gemiddeld circa 7 à 8% van het totale energiegebruik (Van Horne, 1994, 1995; Hoste, 1995). Een correctie voor temperatuurschommelingen op energiegebruik door ventilatie heeft dus veel minder invloed op het totale energiegebruik dan een correctie op brandstofverbruik voor verwarming.

## 2.4 Referentie

Er wordt een referentie bepaald voor energiegebruik uit brandstoffen voor verwarming en uit elektriciteit voor ventilatie. Verder is voor het bepalen van het verband tussen temperatuur en energiegebruik een referentie temperatuurfrequentietabel nodig.

### 2.4.1 Brandstoffen

Gegeven het verbruik aan brandstoffen, wordt er een logisch verband gedefinieerd tussen temperatuur en brandstofverbruik voor verwarming. Op een



*Figuur 2.1 Verband tussen buitentemperatuur en brandstofverbruik bij een temperatuur onder de stookgrens (fictieve waarden)*

bedrijf wordt alleen gestookt onder de stookgrens. Naarmate de temperatuur lager ligt dan de stookgrens wordt meer gestookt. Gezien de lineaire fysische effecten van warmteoverdracht is uitgegaan van een lineair verband tussen het brandstofverbruik en het verschil tussen BT (buitentemperatuur) en SG (stookgrens). Deze veronderstelling is afgestemd met Kooiman (Gastec NV) en Knol (TNO-Bouw). Als de stookgrens (SG) 17°C is en de werkelijke buitentemperatuur (BT) bedraagt 16°C, is er een zeker brandstofverbruik. Als de buitentemperatuur dus 15°C bedraagt, is het brandstofverbruik tweemaal zo hoog. In figuur 2.1 is dit verband weergegeven.

Er wordt een nieuw begrip geïntroduceerd: stookgraaduren (SGU). Dit is een vermenigvuldiging van enerzijds het temperatuurverschil (BT - SG) met anderzijds het aantal temperatuurfrequentie-uren (TFU) van een jaar, met als voorwaarde dat alleen temperaturen onder de SG meetellen. De stookgraadurenmethode is analoog aan de graaddagenmethode die ook in de civiele techniek wordt toegepast, maar is gebaseerd op gemiddelde temperaturen per uur. Voor berekening van het totaal aantal SGU van een diercategorie geldt de volgende formule (1):

(1) als  $BT < SG$

$$SGU_x = \sum ((SG_x - BT_i) * TFU_i)$$

waarbij: x = diercategorie

$SGU_x$  = stookgraaduren

$Sg_x$  = stookgrens (°C)

$Bt_i$  = buitentemperatuur, ( $i = 1 \dots n$ ),  $BT_i < SG_x$  (°C)

$TFU_i$  = temperatuurfrequentie-uren

Het totale brandstofverbruik per dier(plaats) per jaar wordt gedeeld door het aantal stookgraaduren en zo ontstaat een brandstofverbruik per stookgraaduur, bijvoorbeeld uitgedrukt in MJ/SGU. Dit getal zal tussen de diercategorieën kunnen variëren.

#### 2.4.2 Elektriciteit

Analoog aan de werkwijze bij brandstoffen wordt ook gewerkt bij elektriciteit. Hier wordt ook een nieuw begrip geïntroduceerd: "ventilatiecapaciteitsuren" (VCU). Dit begrip is opgebouwd uit twee variabelen: de ventilatiecapaciteit (VC) en de TFU (temperatuurfrequentie-uren). De ventilatiecapaciteit is in deze notitie niet het technisch geïnstalleerde debiet, maar het percentage elektriciteitsverbruik van de ventilator ten opzichte van het verbruik bij maximum debiet. Tot aan de ondergrens van de P-band bedraagt de ventilatiecapaciteit 30%. Vanaf de bovengrens van de P-band bedraagt het verbruik 100%. Tussen onder- en bovengrens wordt verondersteld dat het verbruik lineair toeneemt. Er is hier dus slechts beperkt sprake van een temperatuursinvloed: alleen binnen de P-band wordt de ventilatiecapaciteit beïnvloed door temperatuurwijzigingen. Boven de P-band kan het nog zo warm worden: de ventilator draait toch al maximaal. De ventilatiecapaciteit wordt berekend met de formules 2a, 2b en 2c.

$$(2a) \text{ als } PBOB_x \leq BT_i \leq PBBB_x$$

$$VC_{xi} = 30 + (((100 - 30) / (PBBB_x - PBOB_x)) * (BT_i - PBOB_x))$$

$$(2b) \text{ als } BT_i < PBOB_x$$

$$VC_{xi} = 30$$

$$(2c) \text{ als } BT_i > PBBB_x$$

$$VC_{xi} = 100$$

waarbij: x = diercategorie  
 VC<sub>xi</sub> = ventilatiecapaciteit  
 BT<sub>i</sub> = buitentemperatuur (i = 1 .. n) (°C)  
 PBOB<sub>x</sub> = buitentemperatuur bij P-band-ondergrens (°C)  
 PBBB<sub>x</sub> = buitentemperatuur bij P-band-bovengrens (°C)

Voor berekening van het totaal aantal VCU geldt dan formule 3.

$$(3) VCU_x = \sum ((VC_{xi} / 100) * TFU_i)$$

waarbij: x = diercategorie  
 i = buitentemperatuur (i = 1 .. n) (°C)  
 VCU<sub>x</sub> = ventilatiecapaciteitsuren  
 VC<sub>xi</sub> = ventilatiecapaciteit  
 TFU<sub>i</sub> = temperatuurfrequentie-uren

Het totale elektriciteitsverbruik voor ventilatie voor deze diercategorie wordt gedeeld door het aantal ventilatiecapaciteitsuren en zo ontstaat het elektriciteitsverbruik door ventilatie per VCU, bijvoorbeeld uitgedrukt in MJ/VCU. Dit bedrag zal tussen diercategorieën kunnen variëren.

### 2.4.3 Energiegebruikscijfers

Het werkelijke energiegebruik is in de literatuur bekend per diergroep (zeugen, vleesvarkens enzovoort), maar niet opgesplitst naar diercategorie, zoals die in deze notitie gebruikt worden. In tabel 2.3 is een overzicht gegeven van gebruikscijfers uit de literatuur.

Tabel 2.3 Gemiddeld energiegebruik bij diverse diersoorten (varkens: MJ/gemiddeld aanwezig dier/jaar; pluimvee: MJ/dierplaats/jaar)

Diergroep	Brandstof (verwarming)	Elektriciteit		Boekjaar	Literatuur
		totaal	w.v. ventilatie		
Zeugen	4.100	688	399	1992/93	Hoste, 1995
Vleesvarkens	415	130	118	1992/93	Hoste, 1995
Leghennen	0	5,9	1,4	1991/92	Van Horne, 1994
Vleeskuikens	29,2	3,7	2,6	1992/93	Van Horne, 1995



Het energiegebruik is in tabel 2.3 zowel per gemiddeld aanwezig dier als per dierplaats uitgedrukt. Dit hangt samen met de literatuurbron en heeft, mits consequent toegepast, geen enkele invloed op de te berekenen correctiefactoren.

Er is een schatting gemaakt van de opdeling van het energiegebruik naar diercategorieën, voor zowel brandstoffen als elektriciteit op basis van Boot et al. (1994). Gezien het niveau van brandstofverbruik waarmee Boot et al. hebben gerekend, is vervolgens voor zeugen en vleesvarkens een aanpassing gemaakt, mede gebaseerd op een meer praktijkgericht situatie. Dit laatste houdt in dat bij dragende en guste zeugen de mate van verwarming naar beneden is bijgesteld en dat bij vleesvarkens na vier weken geen verwarming is verondersteld. In tabel 2.4 is een overzicht gegeven van de verdeling van het energiegebruik over de diercategorieën.

*Tabel 2.4 Aandeel van het energiegebruik van diercategorieën in het totale gebruik van de diersoort (%), voor zowel brandstof- als elektriciteitsverbruik*

Dier-groep	Dier-categorie	Brandstof	Elektriciteit
Zeugen	Za	32	32
	Zb	10	42
	Zc	58	26
Totaal		100	100
Vleesvarkens	Va	37	5
	Vb	63	15
	Vc	0	80
Totaal		100	100
Leghennen	L	nvt	100
Totaal		nvt	100
Vleeskuikens	Ka	47	28
	Kb	44	29
	Kc	9	43
	Kd	0	0
Totaal		100	100

De in tabel 2.4 gegeven verdeling van energiegebruik over de diercategorieën geeft een redelijk goede schatting. Eventuele afwijkingen zullen naar verwachting geen grote invloed hebben op de waarde van de correctiefactor. Dit hangt samen met het volgende: de stookgrens varieert tussen de diercategorieën ruwweg tussen 10 en 20°C. Deze verschillen zijn echter relatief klein, omdat temperatuurverschillen in deze range een veel kleinere invloed hebben op het energiegebruik door verwarming en daarmee op de correctiefactor dan extreme temperaturen van bijvoorbeeld -10°C.

## 2.5 Correctieformules

In paragraaf 2.4 is een referentie opgesteld voor de energiebehoefte van een stookgraaduur (SGU) en van een ventilatiecapaciteitsuur (VCU). De energiebehoefte per SGU en per VCU is specifiek per diercategorie en vormt de referentie voor berekeningen in andere jaren. Als deze cijfers gekoppeld worden aan een actuele tabel met temperatuurfrequentie-uren, wordt een alternatief totaal energiegebruik berekend (zowel voor brandstof als elektriciteit).

Het energiegebruik in de vorm van elektriciteit is een (weliswaar substantieel) deel van het totale elektriciteitsverbruik. De correctie heeft dus alleen betrekking op het gedeelte elektriciteitsgebruik dat samenhangt met ventilatie.

De correctiefactoren dienen gewogen te worden per diercategorie, volgens de verdeling in tabel 2.4. Bijvoorbeeld kraamzeugen, drachtzeugen en gespeende biggen worden tot een correctiefactor voor zeugen geaggregeerd en zo ontstaat één correctiefactor per diergroep (in dit geval de zeugen).

## 2.6 Uitgewerkt voorbeeld

In deze paragraaf wordt een berekening uitgevoerd om de beschreven werkwijze inzichtelijk te maken. De in dit voorbeeld gebruikte uitgangspunten zijn fictief en gemerkt met (f), de rekengang is wel kloppend gemaakt.

Stel dat het energiegebruik in het referentiejaar voor een bepaalde diercategorie in totaal 4.000 MJ (f) brandstoffen en 1.000 MJ (f) elektriciteit per dierplaats bedraagt. Gegeven de referentie-TFU-tabel is met de formules in paragraaf 2.4 becijferd dat deze diersoort 3.810 SGU (f) en 5.000 VCU (f) zou hebben. Omgerekend komt dit neer op 1,05 MJ per SGU en 0,2 MJ per VCU. Deze cijfers worden voor deze diersoort als uitgangspunt genomen voor volgende berekeningen.

In een nieuw verbruiksjaar (bijvoorbeeld 1995/96) bedraagt het gemeten gebruik per dier 4.100 MJ (f) brandstoffen en 1.010 MJ (f) elektriciteit. Gegeven een actuele tabel met temperatuurfrequentie-uren (dus voor het jaar 1995/96) is met de in paragraaf 2.4 gegeven formules het aantal SGU becijferd op 3.619 en het aantal VCU bedraagt 4.975.

De volgende rekengang is nu noodzakelijk:

$$\frac{MJ \text{ nieuw}}{4.100} / \left( \frac{SGU \text{ nieuw}}{3.619} / \frac{SGU \text{ basis}}{3.810} \right) = \frac{MJ \text{ gecorrigeerd}}{4.316} / \frac{MJ \text{ basis}}{4.000} = \text{reële stijging} = 1,079 - 1 = 7,9\%$$

- De eerste stap is het delen van het aantal SGU's in het nieuwe jaar (hier 3.619) door het aantal SGU's in het basisjaar (3.810). Dit bedraagt afgerond 0,95. Gegeven de weersomstandigheden zou er dus een daling mogelijk moeten zijn van 5,0%.
- Het werkelijke energiegebruik in het nieuwe jaar moet worden gedeeld door de uitkomst in de vorige stap = 4.316.
- Dit bedrag moet worden gedeeld door het energiegebruik in het basisjaar (4.000 MJ). De uitkomst verminderen met 1 en delen door 100. Deze

waarde is de gecorrigeerde stijging van het energiegebruik in het nieuwe jaar. Samengevat: ongecorrigeerd is er een stijging te zien van  $4.100/4.000 = 2,5\%$ . Gegeven de weersomstandigheden had een daling bereikt kunnen worden van  $5,0\%$ . Gecorrigeerd is er een stijging van  $7,9\%$  van het energiegebruik.

- Eenzelfde rekeningang is ook uit te voeren voor elektriciteit. De correctie voor elektriciteit moet worden omgerekend naar het totale elektriciteitsgebruik. Vervolgens worden beide uitkomsten gewogen gemiddeld op basis van MJ. In dit voorbeeld zijn geen reële cijfers gebruikt.

Het energiegebruik in het basisjaar moet worden gebaseerd op het jaar 1989, omdat besparingsdoelstellingen hierop zijn gebaseerd. Het gebruik dat in tabel 2.3 is gegeven, moet dus eerst worden gecorrigeerd naar dat jaar.

## 2.7 Discussie

De referentie wordt berekend op basis van verhoudingen van energiegebruik binnen diercategorieën in 1993. Door verschuivingen op de bedrijven is het denkbaar dat de waarden van parameters in de correctieformule na verloop van tijd aangepast moeten worden. Hierbij kan gedacht worden aan de volgende verschuivingen.

- Door toenemende productie (meer biggen) of verschuiving in opleg- of aflevergewicht van vleesvarkens kan er een verschuiving ontstaan in aantallen dierplaatsen en de onderlinge verhouding hiervan.
- Er is een verschuiving van eenvoudige deur- of klepventilatie naar meer plafondventilatie. Ook zijn er nieuwe technieken waarmee de reële minimumventilatie teruggebracht kan worden van circa  $25\%$  tot  $10\%$ . Dit heeft invloed op het totale elektriciteitsverbruik door de ventilatoren. Door deze verschuiving wordt de correctiefactor wel in beperkte mate beïnvloed. Vermindering van de ventilatie heeft ook een drukkend effect op het energiegebruik voor verwarming, maar dit beïnvloedt niet de correctieformule, alleen het werkelijke gebruik.

Een temperatuurfrequentietabel is niet geheel gelijk aan een graadurentabel. In een graadurentabel wordt het aantal uren geaccumuleerd op of onder een bepaalde temperatuur, terwijl een temperatuurfrequentietabel alleen het aantal uren weergeeft dat voorkomt bij een bepaalde temperatuur. Er wordt op enkele punten afgeweken van de werkwijze in de civiele techniek. Voor correctie op energiegebruik van huishoudens wordt gerekend met gewogen graaddagen. Hierbij worden de graaddagen in de maanden november tot en met februari vermenigvuldigd met  $1,1$ , in de beide maanden maart en oktober met  $1,0$  en in de maanden april tot en met september met  $0,9$ . Op grond van veel praktijkcijfers blijkt dit een goede correlatie op te leveren met het energiegebruik. Hierbij is vooral de windinvloed van belang. (Energiened, z.j.; Kooiman, persoonlijke mededeling, 1995). In de graaddagentelling wordt de variatie binnen dagen uitgesloten door uit te gaan van gemiddelde dagtemperaturen. De temperatuur in woonhuizen wordt veel minder snel beïnvloed dan in stallen. In stallen wordt de luchtinhoud doorgaans meerdere malen per uur

ververst door geforceerde ventilatie. Temperatuurcorrectie in stallen kan daarom niet op dagbasis gebeuren, maar op uurbasis.

In de agrarische sector wordt het begrip stookgrens gebruikt om de staltemperatuur aan te duiden, waaronder verwarmd moet worden. De in deze notitie beschreven stookgrens is gebaseerd op de civiele techniek. De stookgrens is hierbij de buitentemperatuur waaronder gestookt moet worden om de warmteverliezen uit de stal te compenseren. Voor de duidelijkheid, in deze notitie wordt het begrip "setpoint verwarming" gebruikt voor de agrarische definitie van de stookgrens.

## **2.8 Conclusie**

Uit het voorgaande lijkt een correctieformule voor het energiegebruik in de veehouderij mogelijk. Hierbij moet wel worden aangetekend dat de formule na een aantal jaren wellicht bijgesteld moet worden.

### 3. VALIDATIE

#### 3.1 Stookgraaduren en ventilatiecapaciteitsuren

De temperatuurfrequentietabellen van Meteo Consult zijn via een spreadsheet verwerkt tot stookgraaduren en ventilatiecapaciteitsuren per bedrijfstype per jaar (tabel 3.1). Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde van de graaduren van Volkel, Deelen en Eindhoven. Voor deze drie stations is gekozen om een representatief beeld te verkrijgen van het weer in de regio's met de meeste intensieve veehouderij. Bij de berekening van de stookgraaduren en de ventilatiecapaciteitsuren is rekening gehouden met de verdeling van de diverse diercategorieën binnen de bedrijven (tabel 2.1) en de bijhorende klimaatgegevens (tabel 2.2).

Tabel 3.1 *Overzicht van de berekende Stookgraaduren en Ventilatiecapaciteitsuren en de verschillen hierin ten opzichte van het basisjaar*

	Jaartal	SGU	Vershil SGU t.o.v. 1989/90 (%)	VCU	Vershil VCU t.o.v. 1989/90 (%)
Zeugen	1989/90	51.111		3.119	
	1990/91	60.732	18,8	3.007	-3,6
	1991/92	61.078	19,5	2.990	-4,1
	1992/93	55.462	8,5	3.134	0,5
	1993/94	60.849	19,1	2.873	-7,9
	1994/95	53.535	4,7	3.091	-0,9
Vleesvarkens	1989/90	53.709		3.997	
	1990/91	63.198	17,7	3.755	-6,1
	1991/92	63.411	18,1	3.688	-7,7
	1992/93	58.257	8,5	4.044	1,2
	1993/94	63.554	18,3	3.661	-8,4
	1994/95	55.618	3,6	3.828	-4,2
Leghennen	1989/90	nvt		6.300	
	1990/91	nvt	nvt	5.996	-5,3
	1991/92	nvt	nvt	5.709	-9,4
	1992/93	nvt	nvt	6.080	-3,5
	1993/94	nvt	nvt	5.810	-7,8
	1994/95	nvt	nvt	6.209	-1,4
Vleeskuikens	1989/90	31.631		4.972	
	1990/91	39.965	26,3	4.732	-4,8
	1991/92	39.489	24,8	4.553	-8,4
	1992/93	35.886	13,5	4.893	-1,6
	1993/94	39.563	25,1	4.591	-7,7
	1994/95	33.118	4,7	4.850	-2,5

### 3.2 Validatie op bedrijfsniveau

In eerste instantie is getracht deze correctiefactoren te valideren op bedrijfsniveau. Dit wil zeggen dat de stookgraaduren en ventilatiecapaciteitsuren voor de diverse bedrijfstypen zijn gekoppeld aan de energiegebruikscijfers van de individuele bedrijven. Hiervoor zijn bedrijven genomen die over meerdere jaren in het Bedrijven-Informatienet van LEI-DLO te volgen zijn. Verondersteld werd dat de bedrijven nauwelijks energiebesparende maatregelen hebben genomen, zodat het brandstofverbruik per eenheid product alleen afhankelijk zou zijn van het aantal stookgraaduren. Deze veronderstelling werd alleen bij leghennen weersproken door de resultaten. In formulevorm werd dit:

$$(a) \quad (\text{Brandstofverbruik/Productie})_{\text{Bedrijf } x} = \alpha \text{ SGU} + \gamma$$

Deze formule leverde echter zeer teleurstellende resultaten op, zodat de hypothese niet gevalideerd kon worden. Een tweede poging met als veronderstelling dat het energiegebruik niet rechtevenredig hoeft te fluctueren met de productie (formule b) leverde weliswaar een iets beter resultaat, maar was nog steeds niet bevredigend.

$$(b) \quad \text{Brandstofverbruik}_{\text{Bedrijf } x} = \alpha \text{ SGU} + \beta \text{ Productie}_{\text{Bedrijf } x} + \gamma$$

Hierna zijn nog diverse pogingen ondernomen met verschillende factoren als mogelijke verklarende variabelen, te weten brandstofverbruik inclusief of exclusief dieselvebruik, toevoeging van de factor tijd (bijvoorbeeld efficiencyverbetering) als verklarende variabele en het schrappen van bedrijven met een te grote ontwikkeling in productieomvang. Al deze exercities hebben echter niet tot het gewenste resultaat geleid zodat vervolgens de vraag gesteld moest worden of de correctieformules wel juist zijn, of dat er andere redenen zijn waarom de validatie van de formules niet uit de verf kwam. Aangezien er vanuit theoretisch oogpunt geen twijfel aan de correctieformules is, zijn de verstoringe aspecten eens op een rijtje gezet. De volgende mogelijke probleempunten werden gesignaleerd:

1. individuele bedrijven hanteren ieder hun eigen stookgrenzen; met name onder de vleesvarkensbedrijven zijn er een enkele die bij normale omstandigheden zelden of helemaal niet stoken, maar bij extremen dit wel doen (bijvoorbeeld opleggen van biggen bij vorst);
2. isolatiegraden van bedrijven verschillen;
3. de verdeling van de diergroepen tussen de diercategorieën verschilt per bedrijf, maar kan ook nog binnen een bedrijf verschillen per jaar (bijvoorbeeld door een hoger of lager aflevergewicht bij vleesvarkens na te streven);
4. voor het individuele bedrijf kan de periode van leegstand net heel gunstig of ongunstig liggen qua energiegebruik;
5. de fluctuatie in de productie heeft een verstoringe invloed. Deze invloed is niet eenduidig. Wanneer er iets meer dieren in hetzelfde hok worden

gehouden, kan dit leiden tot een lager energiegebruik door de warmteproductie van de dieren zelf. Wanneer het aantal dieren substantieel toeneemt, zullen ze in een leegstaand en afgeschermd deel van hetzelfde hok of in een ander hok geplaatst worden. Het energiegebruik zal nu wel toenemen, maar niet noodzakelijkerwijs evenredig met het aantal dieren. Bij vermindering van het aantal dieren treden uiteraard omgekeerde effecten op;

6. een hiermee samenhangend punt is het optreden van de ziekte PPRS ("Abortus Blauw") in 1991, met een per bedrijf verschillende nasleep in daaropvolgende jaren. Dit heeft niet alleen de productie op de varkensbedrijven beïnvloed, maar mogelijk ook tot een ander stookgedrag geleid. Zieke dieren zijn waarschijnlijk extra verwarmd om de uitval te beperken;
7. bedrijven kunnen energiebesparende maatregelen hebben toegepast. Dit dient uiteraard toegejuicht te worden, maar betekent wel dat bij de validatie van de temperatuurcorrectie geen gebruik meer gemaakt kan worden van het feit dat na temperatuurcorrectie de verwachte energieefficiency-index ongeveer op 100 zou moeten zitten;
8. niet alle brandstofgebruik wordt aangewend voor verwarming van de hokken. Dit blijkt duidelijk bij legkippen. Deze dieren hoeven helemaal niet verwarmd te worden en toch is er een substantieel brandstofverbruik waar te nemen (bijvoorbeeld voor algemene doeleinden). Iets soortgelijks doet zich voor bij het dieselgebruik. Wanneer dit voor de trekkers wordt gebruikt, kan het buiten beschouwing blijven en hoeft het niet voor temperatuur gecorrigeerd te worden. Het kan echter ook voor hetsluchtkanonnen gebruikt worden (met name bij vleesvarkens en vleeskui-kens) en dan is een temperatuurscorrectie wel weer op zijn plaats;
9. een vergelijkbaar probleem doet zich in verhevigde mate voor bij het elektriciteitsverbruik. Elektriciteit wordt nooit alleen voor ventilatie gebruikt. Wanneer de rest van het elektriciteitsgebruik constant zou zijn of zich vergelijkbaar met het elektriciteitsverbruik voor ventilatie zou ontwikkelen, dan zou er geen probleem zijn. Maar met name bij legkippenbedrijven neemt dit overige elektriciteitsgebruik als gevolg van onder andere mestbanddroging jaarlijks toe. Het is hierdoor niet te bepalen hoe het elektriciteitsverbruik ten behoeve van ventilatie zich ontwikkelt.

Deze punten leiden samen tot de conclusie dat validatie op bedrijfsniveau in ieder geval onmogelijk is omdat het aantal aspecten waar rekening mee gehouden moet worden groter is dan het aantal beschikbare waarnemingen per bedrijf. Dit leidt dan weer tot de vraag of validatie op geaggregeerd niveau wel mogelijk is en zo nee of hiermee dan ook de formules in twijfel getrokken moeten worden.

Voor beantwoording van de eerste vraag moet bekeken worden in hoeverre probleempunten op bedrijfsniveau, op een hoger geaggregeerd niveau statistisch tegen elkaar kunnen wegvallen. De verwachting is dat dit voor de eerste 4 punten waarschijnlijk wel het geval zal zijn. Dit betekent dat punten 5 tot 8 als mogelijke extra verklarende variabelen voor de ontwikkeling van het

energiegebruik overblijven. Wanneer nodig zal voor punt 5 in eerste instantie een lineaire relatie worden verondersteld. Punten 6, 7 en 8 worden vooralsnog niet in de validatie betrokken. Validatie van de elektriciteitscorrectiefactoren lijkt gezien punt 9 een moeilijke aangelegenheid te worden.

### 3.3 Validatie op sectorniveau

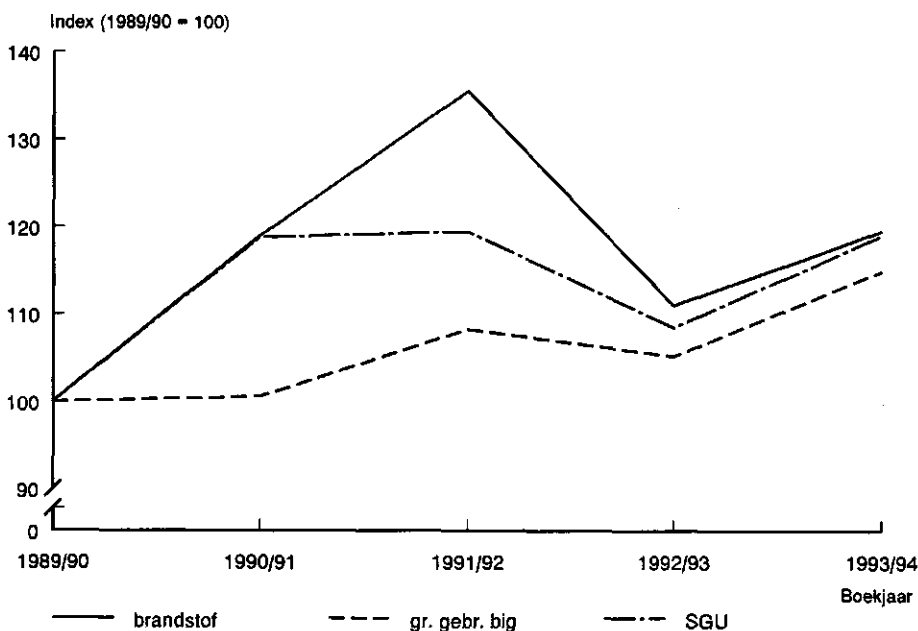
#### 3.3.1 Resultaten fokvarkens

Bij validatie op sectorniveau blijkt het brandstofverbruik van de fokvarkensbedrijven behoorlijk samen te hangen met het aantal stookgraaduren van het betreffende jaar. Dit blijkt ook uit het resultaat van de regressievergelijking:

$$\text{GJ brandstofverbruik per bedrijf} = 0.0154 * \text{SGU} - 189.38$$

(stf. 0.005)                      (stf. 287.75)  
(t-waarde 3.104)                  (t-waarde -.659)

De gecorrigeerde  $R^2$  van de geschatte relatie bedraagt 68,3 (de  $R^2$  is een maatstaf voor de verklaarde variantie van de geschatte variabele en ligt tussen 0 en 100). Dit houdt in dat correctie op basis van stookgraaduren op fokvarkensbedrijven goed mogelijk is.

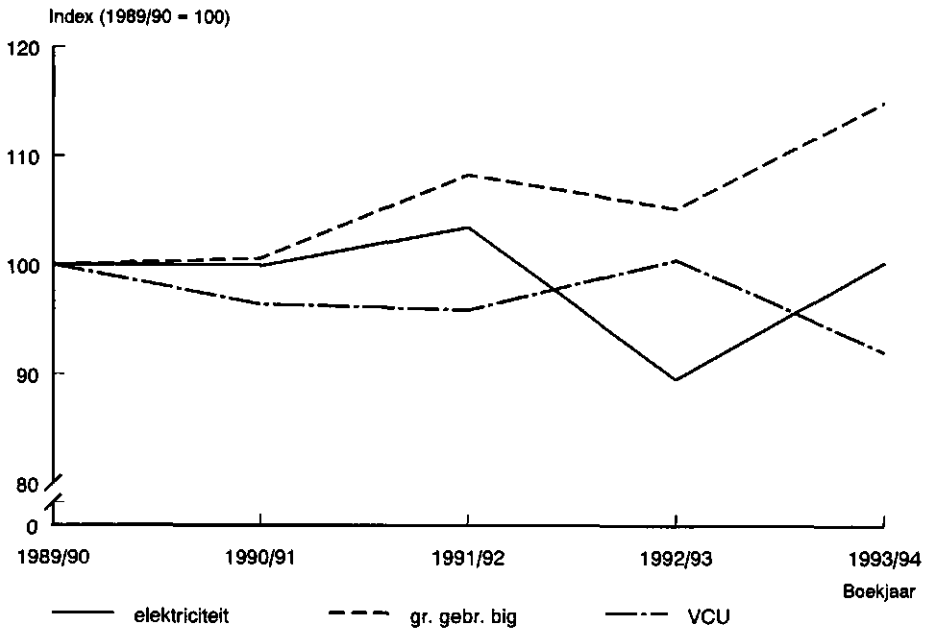


**Figuur 3.1** Ontwikkeling van het brandstofgebruik per bedrijf op fokvarkensbedrijven in relatie tot de ontwikkeling van de productie (gemeten in aantallen grootgebrachte biggen per bedrijf) en de stookgraaduren, periode 1989/90-1993/94



Hoewel figuur 3.1 dit wel suggereert blijkt toevoeging van de productie-omvang als extra verklarende variabele voor het brandstofverbruik geen significante verbetering van de verklarende waarde op te leveren. Op zich is dit vreemd, want het zou betekenen dat vergroting van de productie op de bedrijven niet tot meer energiegebruik per bedrijf zou leiden, wat automatische efficiencyverbetering in zou houden. Bij kleine productietoenames is dit denkbaar (meer dieren per hok leidt niet tot meer brandstofverbruik), maar bij forse uitbreiding van de productie lijkt dit onwaarschijnlijk. Vermoedelijk moet de oorzaak dan ook in het datamateriaal gezocht worden. Te denken valt dan aan de versturende invloed van het optreden in 1991 van de ziekte PPRS en de mogelijkheid dat de effecten van de invoering van energiebesparende maatregelen redelijk samenvallen met de ontwikkeling in productieomvang op de bedrijven.

Toevoeging van het dieselverbruik aan het totale brandstofverbruik verslechtert het resultaat, wat bevestigt dat het dieselverbruik op fokvarkensbedrijven niet voor temperatuur gecorrigeerd dient te worden.



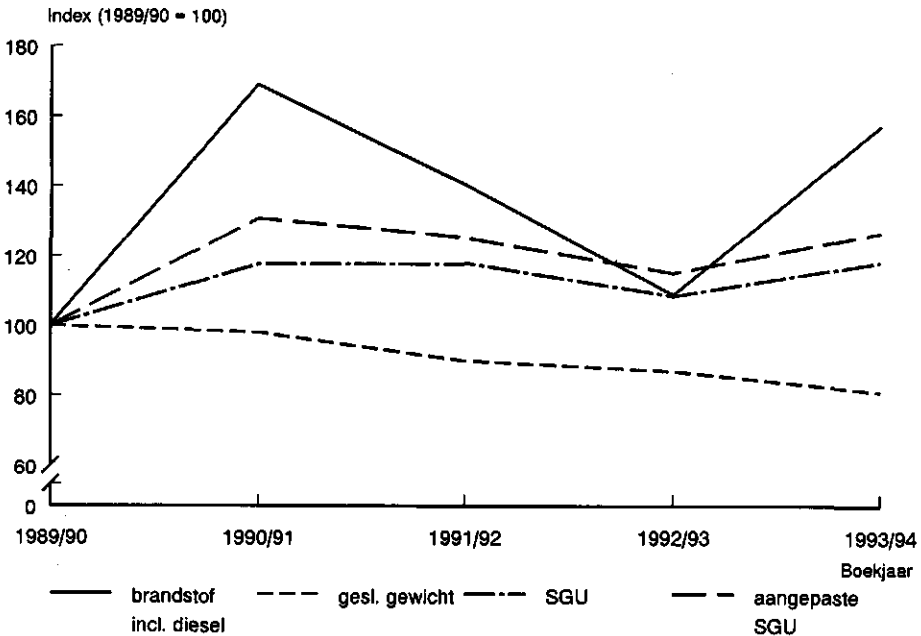
*Figuur 3.2 Ontwikkeling van het elektriciteitsgebruik per bedrijf op fokvarkensbedrijven in relatie tot de ontwikkeling van de productie (gemeten in aantallen grootgebrachte biggen per bedrijf) en de ventilatiecapaciteitsuren, periode 1989/90-1993/94*

De ontwikkeling in het elektriciteitsverbruik op fokvarkensbedrijven (figuur 3.2) vertoont enige overeenkomst met de ontwikkeling in de productie-

omvang. Een dergelijke samenhang met de ventilatiecapaciteitsuren is uit figuur 3.2 echter niet op te maken. Dit kan mogelijk verklaard worden doordat het elektriciteitsverbruik ten behoeve van ventilatie maar 58% van het totale elektriciteitsverbruik uitmaakt (Hoste, 1995). Het betekent wel dat validatie van deze correctiefactor niet mogelijk is. Ook zijn er geen directe aanwijzingen, behalve de logica van de correctiefactor, dat een dergelijke correctie toch zinvol is.

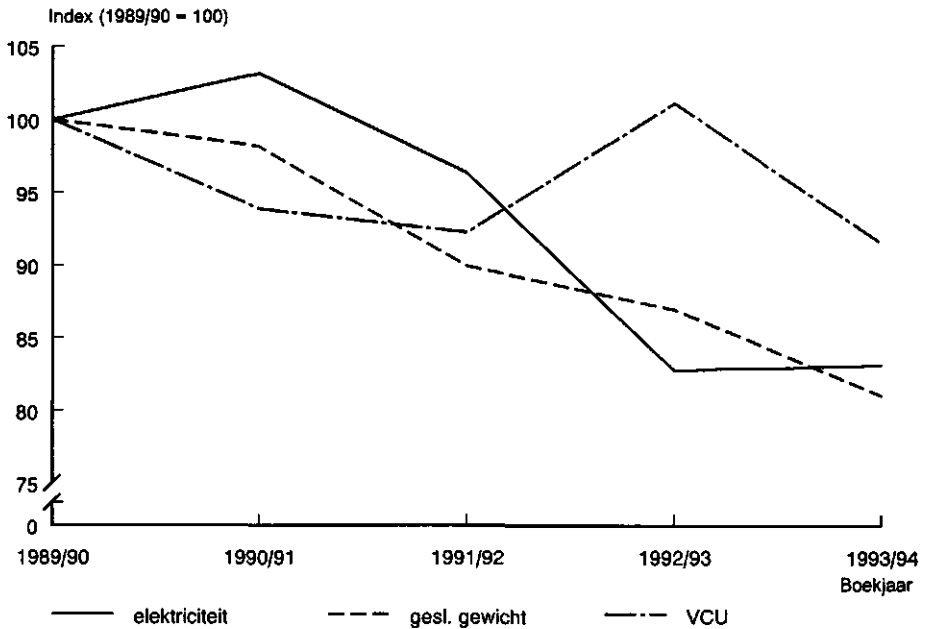
### 3.3.2 Resultaten vleesvarkens

Op vleesvarkensbedrijven worden over het algemeen wel dieselgestookte heteluchtkanonnen gebruikt voor de verwarming van de hokken. Diesel is daarom hier ook meegenomen in het brandstofverbruik. Het patroon van dit verbruik (figuur 3.3) lijkt op dat van de stookgraaduren, maar is veel heftiger. Een deel van de verklaring hiervoor is weer gelegen in de ziekte PPRS, waardoor in 1990/91 en 1991/92 veel meer is gestookt dan dat op grond van de stookgraaduren zou worden verwacht. Een andere mogelijke verklaring is dat een aantal bedrijven dat normaal niet stookt, in heel koude jaren wel gaat stoken. Dit laatste zou betekenen dat de stookgraadurenformule aanpassing zou



**Figuur 3.3** Ontwikkeling van het brandstofverbruik per bedrijf (inclusief het verbruik aan diesel) op vleesvarkensbedrijven in relatie tot de ontwikkeling van de productie (gemeten in geslacht gewicht per bedrijf) en de stookgraaduren, periode 1989/90-1993/94

behoeven. Een versimpelde poging daartoe is gedaan door de stookgrensbuitemperaturen met 6 graden te verlagen. Het effect hiervan is zichtbaar in figuur 3.3 door middel van de curve "Aangepaste SGU". Deze curve komt inderdaad dichterbij de ontwikkeling van het brandstofverbruik. De werkelijke aanpassing aan de stookgraadformule zou echter niet een simpele verlaging van de stookgrens moeten zijn, maar een combinatie van twee verschillende stookgrenzen. Eén voor de bedrijven die normaal wel stoken en één voor de bedrijven die dat niet doen. De op deze manier berekende stookgraaduren moeten vervolgens weer tot één stookgraadurtafel samengevoegd worden door gebruik te maken van het voor beide stookgrenzen geldende aantal bedrijven als wegingsfactor.



*Figuur 3.4 Ontwikkeling van het elektriciteitsverbruik per bedrijf op vleesvarkensbedrijven in relatie tot de ontwikkeling van de productie (gemeten in geslacht gewicht per bedrijf) en de ventilatiecapaciteitsuren, periode 1989/90-1993/94*

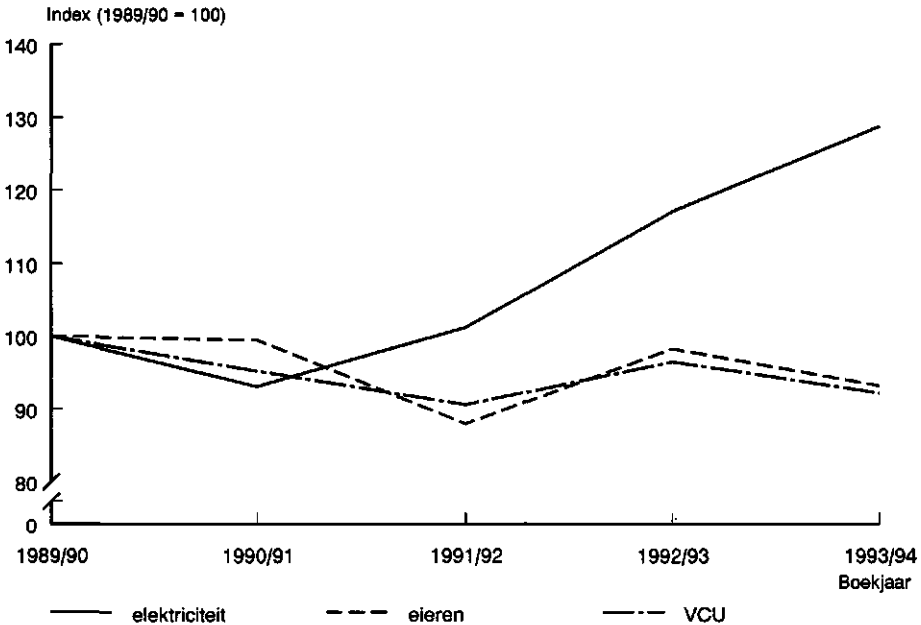
Het elektriciteitsverbruik op vleesvarkensbedrijven lijkt in grote mate samen te hangen met de omvang van de productie. Een relatie met de ventilatiecapaciteitsuren kan helaas niet gevalideerd worden. De vergelijking:

$$\text{Elektriciteit (GJ/bedrijf)} = \alpha \text{ Ventilatiecapaciteitsuren} + \beta \text{ Productie (in duizenden kilogrammen geslacht gewicht)} + \gamma$$

levert weliswaar de zeer hoge gecorrigeerde  $R^2$  op van 98,1%, maar de negatieve waarde voor  $\alpha$  (-0,02784) betekent dat deze vergelijking niet zinvol is. Er zijn geen argumenten te bedenken waarom het elektriciteitsverbruik zou dalen als de ventilatiebehoefte zou stijgen en andersom.

### 3.3.3 Resultaten legkippen

Op legkippenbedrijven is geen correctiefactor nodig voor de ontwikkeling in het brandstofverbruik als gevolg van temperatuurschommelingen omdat de legkippen niet verwarmd worden.



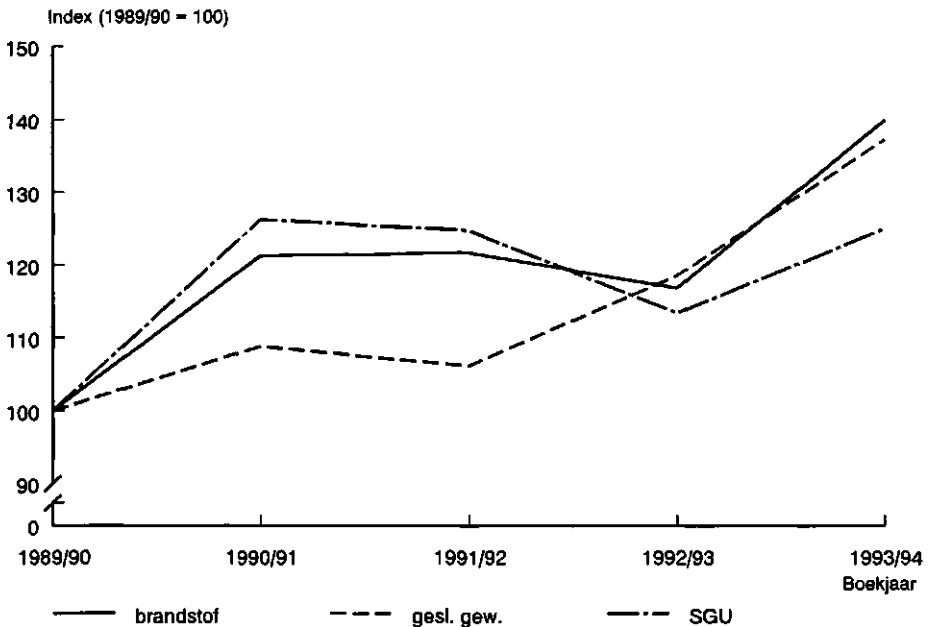
*Figuur 3.5 Ontwikkeling van het elektriciteitsgebruik per bedrijf op legkippenbedrijven in relatie tot de ontwikkeling van de productie (gemeten in geproduceerde eieren per bedrijf) en de ventilatiecapaciteitsuren, periode 1989/90-1993/94*

Validatie van de ventilatiecapaciteitsuren als correctiefactor voor het elektriciteitsgebruik op legkippenbedrijven is zoals al eerder vermeld niet mogelijk. De oorzaak hiervan ligt in de stijging van het elektriciteitsgebruik, met name ten behoeve van mestbanddroging op deze bedrijven. Of en zo ja, hoe een correctie dan plaats moet vinden, is onderwerp van nader overleg met de opdrachtgever en eventuele andere betrokkenen. Om hier toch vast een voorshot op te nemen, kan wel gesteld worden dat de ontwikkeling tussen 1989/90 en 1990/91, toen mestbanddroging nog niet werd toegepast, er toch op

duidt dat een correctie voor temperatuursinvloeden volgens de methode van de ventilatiecapaciteitsuren, na correctie voor elektriciteitsverbruik voor mestbewerking, zinvol kan zijn.

### 3.3.4 Resultaten vleeskuikens

De ontwikkeling in het brandstofverbruik op vleeskuikenbedrijven (figuur 3.6) verloopt heel mooi volgens het patroon dat verwacht zou mogen worden op basis van de stookgraadurenontwikkeling en de toename in productie op de bedrijven. Deze twee variabelen blijken dan volgens de onderstaande formule ook verantwoordelijk voor een belangrijk deel van de verklaring van de ontwikkeling in het brandstofverbruik.



Figuur 3.6 Ontwikkeling van het brandstofverbruik per bedrijf op vleeskuikenbedrijven in relatie tot de ontwikkeling van de productie (gemeten in kilogrammen geslacht gewicht per bedrijf) en de stookgraaduren, periode 1989/90-1993/94

$$\begin{aligned} \text{GJ brandstofverbruik per bedrijf} &= 0.0232 * \text{SGU} & + 1.154 & + \text{productie per bedrijf 1)} \\ &(\text{stf. } 0.004) & (\text{stf. } 0.332) & \\ &(\text{t-waarde } 5.211) & (\text{t-waarde } 3.482) & \\ & & - 191.44 & \\ & & (\text{stf. } 160.83) & \\ & & (\text{t-waarde } -1.190) & \end{aligned}$$

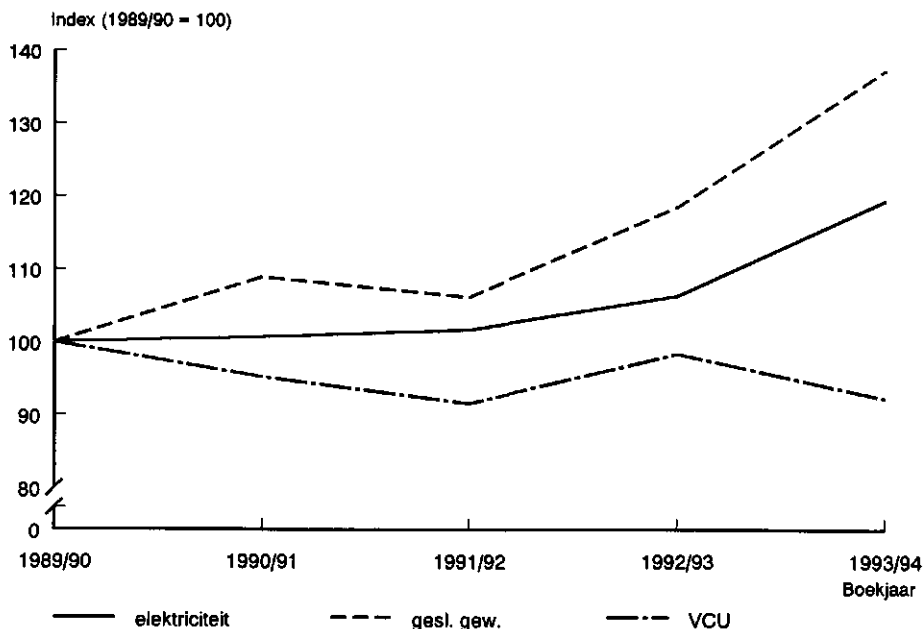
1) Gemeten in duizenden kilogrammen geslacht gewicht.

Gezien de hoogte van de t-waarden en een gecorrigeerde  $R^2$  van 94,6, kan gesteld worden dat de SGU-correctie voor vleeskuikenbedrijven terecht is.

De stijging in het elektriciteitsgebruik op vleeskuikenbedrijven (figuur 3.7) blijkt nagenoeg volledig verklaarbaar door de productiegroei op de bedrijven. In eerste instantie is gekeken naar de invloed van de productie en de ventilatiecapaciteitsuren samen. Dit leverde een gecorrigeerde  $R^2$  op van 91,2%. De verwaarloosbare significantie van de ventilatiecapaciteitsuren vroeg echter om een vergelijking met alleen de productie als verklarende factor:

$$\begin{aligned} \text{GJ elektriciteitsverbruik per bedrijf} &= 0,128 * \text{productie} + 62,21 \\ &\quad \text{per bedrijf 1)} \\ &\quad (\text{stf. } 0,002) \quad (\text{stf. } 6,83) \\ &\quad (\text{t-waarde } 7,965) \quad (\text{t-waarde } 9,396) \end{aligned}$$

Deze vergelijking bleek met een gecorrigeerde  $R^2$  van 94,0 inderdaad een aanzienlijk deel van de variantie in het elektriciteitsverbruik te verklaren. Dit houdt in dat er geen relatie gelegd kan worden tussen ventilatiecapaciteitsuren en het elektriciteitsverbruik.



Figuur 3.7 Ontwikkeling van het elektriciteitsverbruik per bedrijf op vleeskuikenbedrijven in relatie tot de ontwikkeling van de productie (gemeten in kilogrammen geslacht gewicht per bedrijf) en de ventilatiecapaciteitsuren, periode 1989/90-1993/94

1) Gemeten in duizenden kilogrammen geslacht gewicht.

### **3.4 Conclusies**

Validatie van deze cijfers als mogelijke correctiefactoren voor het brandstof- en elektriciteitsgebruik op intensieve-veehouderijbedrijven bleek niet mogelijk op individueel bedrijfsniveau. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn divers.

Validatie op sectorniveau leverde wisselende resultaten op. De correctiefactoren voor het brandstofverbruik op fokvarkens- en vleeskuikenbedrijven lijken gezien de resultaten betrouwbaar. Voor de correctie van het brandstofverbruik op vleesvarkensbedrijven is nader overleg nodig. De richting van de correctie lijkt wel te sporen, maar de absolute hoogte ervan staat nog niet vast. Validatie van de correctiefactoren voor elektriciteitsgebruik leidt bij alle diersoorten tot vraagtekens. Bij de legkippen en vleeskuikens zijn er plausibele redenen waarom dit niet mogelijk is, terwijl de formules toch valide zijn. Voor wat betreft de fokvarkens en de vleesvarkens zijn dergelijke redeneringen niet direct voorhanden. Toepassing van deze formules kan daardoor alleen theoretisch verantwoord worden en is niet empirisch vast te stellen.

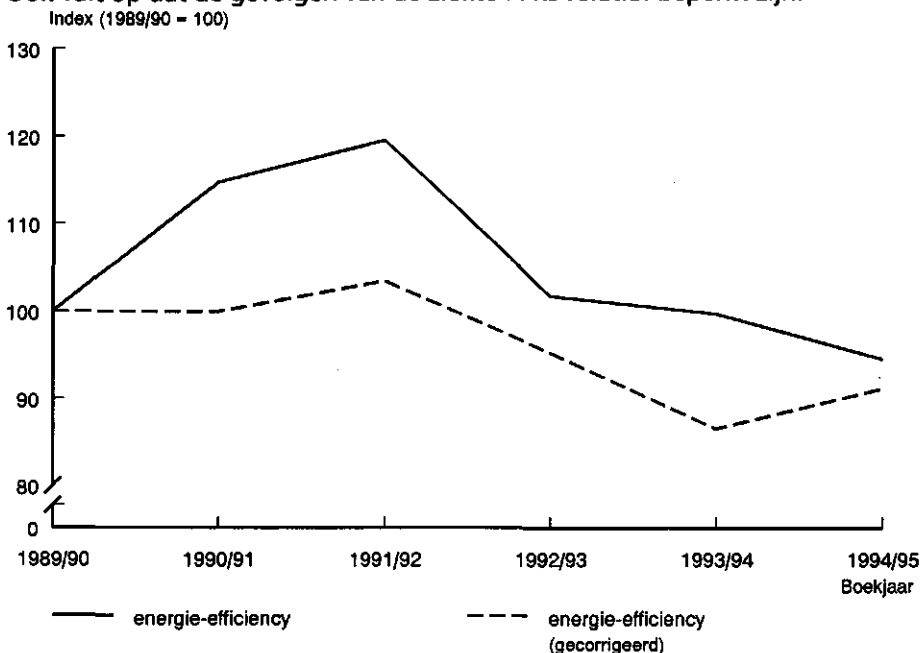
## 4. TOEPASSING VAN TEMPERATUURCORRECTIEFACTOREN

### 4.1 Inleiding

In aansluiting op de in de vorige hoofdstukken beschreven resultaten is met opdrachtgever afgesproken om ter verhoging van het inzicht de temperatuurcorrectie voor verwarming toe te passen op fokvarkens- en vleeskuikenbedrijven. Correctie van het elektriciteitsgebruik wordt, gezien de magere resultaten bij de validatie, voorlopig achterwege gelaten.

### 4.2 Toepassing op fokvarkensbedrijven

Wanneer de in de vorige hoofdstukken gevonden temperatuurcorrectiefactoren worden gebruikt ter correctie van het energiegebruik op fokvarkensbedrijven, dan blijkt dat de bedrijven de laatste jaren wel degelijk een efficiëntiewinst ten opzichte van het basisjaar 1989/90 weten te behalen (figuur 4.1). Ook valt op dat de gevolgen van de ziekte PPRS relatief beperkt zijn.



Figuur 4.1 Ontwikkeling van de energie-efficiency op fokvarkensbedrijven, zowel ongecorrigeerd als gecorrigeerd voor de veranderingen in brandstofgebruik als gevolg van temperatuurverschillen tussen jaren, periode 1989/90-1993/94



De stijging van de gecorrigeerde energie-efficiency in 1994/95 wordt deels veroorzaakt door een toename van het, niet gecorrigeerde, dieselverbruik tussen beide jaren. Ook het ongecorrigeerde elektriciteitsgebruik neemt tussen beide jaren sneller toe dan de productie. Beide aspecten verklaren echter nog niet volledig de toename van het energiegebruik per eenheid product. Het is mogelijk dat de financiële situatie op de bedrijven in deze ook een rol speelt. In 1993/94 was het gemiddelde gezinsinkomen uit bedrijf op de fokvarkensbedrijven negatief. Dit kan aanleiding zijn geweest om tijdelijk extra aandacht te besteden aan alle direct beïnvloedbare uitgavenposten, waaronder het energiegebruik. Hierdoor is mogelijk een uitschieter in de energie-efficiency opgetreden. In tabel 4.1 zijn alle cijfers op een rijtje gezet.

Tabel 4.1 Ontwikkeling van de stookgraaduren, het energiegebruik, de productie en de energie-efficiency op fokvarkensbedrijven, periode 1989/90-1994/95

	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
Stookgraaduren	51.111	60.732	61.078	55.462	60.849	53.535
Grootgebrachte biggen	3.541	3.563	3.834	3.727	4.071	4.457
Brandstof excl. diesel (GJ)	599	713	813	665	717	720
Diesel (GJ)	29	33	35	31	23	34
Elektriciteit (GJ)	132	132	137	119	133	151
Totaal ongecorrigeerd (GJ)	760	878	985	815	872	905
Correctie brandstoffen	0	-113 a)	-133	-52	-115	-33
Totaal gecorrigeerd (GJ)	760	765	852	763	757	873
Energie-efficiency (ongecorr.)	100	115 b)	120	102	100	95
Energie-efficiency (gecorr.)	100	100 c)	104	95	87	91

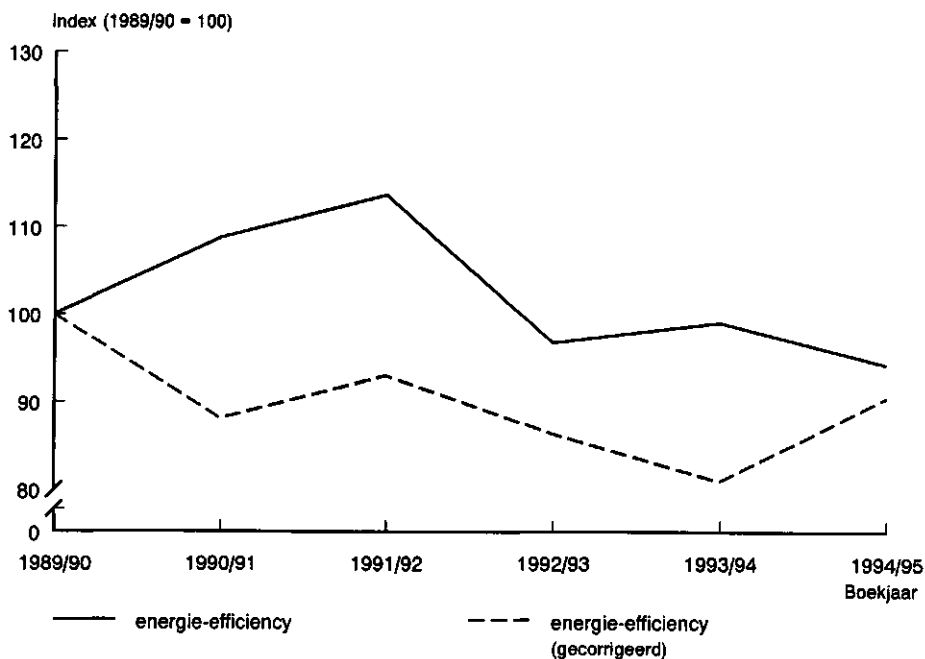
a)  $-113 = ((51.111 / 60.732) - 1) * 713$ ; b)  $115 = 100 * (878 / 3.563) / (760 / 3.541)$ ;

c)  $100 = 100 * (765 / 3.563) / (760 / 3.541)$ .

Bron: Bedrijven-Informatienet van LEI-DLO.

### 4.3 Toepassing op vleeskuikenbedrijven

Het toepassen van de correctiefactor voor het brandstofverbruik op vleeskuikenbedrijven levert een soortgelijk plaatje op als bij de fokvarkensbedrijven (figuur 4.2). Ook op deze bedrijven is er een duidelijke daling in de energie-efficiency waar te nemen. Een verklaring voor de stijging in 1994/95 is echter vooralsnog niet voorhanden. Een probleem hierbij is dat er nog geen ervaring is in "gecorrigeerd" denken. De gewoonte om voor een verklaring direct naar de absolute gebruikscijfers en productiecijfers te kijken, levert in de gecorrigeerde situatie niet voldoende resultaat meer op. In tabel 4.2 zijn ook voor de vleeskuikenbedrijven alle cijfers op een rijtje gezet.



**Figuur 4.2** Ontwikkeling van de energie-efficiency op vleesvarkensbedrijven, zowel ongecorrigeerd als gecorrigeerd voor de veranderingen in brandstofgebruik als gevolg van temperatuurverschillen tussen jaren, periode 1989/90-1993/94

**Tabel 4.2** Ontwikkeling van de stookgraaduren, het energiegebruik, de productie en de energie-efficiency op vleeskuikenbedrijven, periode 1989/90-1994/95

	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
Stookgraaduren	31.631	39.965	39.489	35.886	39.563	33.118
Afgeleverd gewicht (*1.000 kg)	374	407	397	443	497	529
Brandstof (GJ)	981	1.182	1.206	1.135	1.313	1.317
Elektriciteit (GJ)	113	114	115	121	128	144
Totaal ongecorrigeerd (GJ)	1.094	1.296	1.321	1.256	1.441	1.461
Correctie brandstoffen	0	-247	-240	-135	-263	-59
Totaal gecorrigeerd (GJ)	1.094	1.050	1.081	1.121	1.178	1.402
Energie-efficiency (ongecorr.)	100	109	114	97	99	94
Energie-efficiency (gecorrigeerd)	100	88	93	86	81	91

Bron: Bedrijven-Informatienet van LEI-DLO.

#### **4.4 Conclusie**

Na temperatuurcorrectie gloort er enig optimisme over de efficiency-ontwikkeling op fokvarkens- en vleeskuikenbedrijven. Temperatuurcorrectie maakt daarnaast echter ook meteen duidelijk dat er bij de ontwikkeling in energie-efficiency meer factoren een rol spelen dan alleen de temperatuur.

## 5. SLOTBESCHOUWING

Op basis van de resultaten van dit onderzoek kan worden gesteld dat het vaststellen van correctiefactoren voor de variatie in brandstof- en elektriciteitsverbruik als gevolg van temperatuurverschillen tussen jaren theoretisch mogelijk is. Praktische invulling ervan is met behulp van temperatuurfrequentietabellen, geleverd door Meteo-Consult, ook gelukt. Validatie van de gevonden correctiefactoren bleek daarentegen slechts voor een beperkt aantal mogelijk. Dit leidt tot de vraag in hoeverre de gevonden correctiefactoren daadwerkelijk toepasbaar zijn en wat de toekomst er dus van is.

Globaal gesproken zijn er drie opties. Allereerst kan besloten worden om, bij gebrek aan validatie, alle correctiefactoren maar weer te vergeten en volgens de oude methode verder te gaan. Enerzijds is een dergelijke keuze begrijpelijk omdat het toepassen van niet te valideren correctieformules verbazing op zal roepen bij betrokkenen. Anderzijds wordt op deze manier voorbijgegaan aan de resultaten die er wel zijn en zal er van agrarische zijde het onbevredigende gevoel blijven bestaan dat er afgerekend wordt op een energie-efficiency die in sterke mate afhangt van het weer.

Een tweede optie is om alleen die correctieformules toe te passen die te valideren zijn en de rest van het energiegebruik niet te corrigeren. Voor fokvarkens- en vleeskuikenbedrijven is dit een goede optie. Het elektriciteitsverbruik op deze bedrijven vormt maar een beperkt deel van het totale energiegebruik, de elektriciteitsbehoefte voor ventilatie vormt maar een deel van het totale elektriciteitsverbruik en de temperatuursinvloed hierop is ook nog eens beperkt. Het maakt voor deze bedrijven dus helemaal niet zoveel uit of er al dan niet gecorrigeerd wordt voor elektriciteit. Voor legkippenbedrijven ligt de situatie iets anders. Weliswaar vormt ook bij hen het elektriciteitsverbruik voor ventilatie maar een beperkt onderdeel van het totale elektriciteitsverbruik, maar aangezien de kippen niet verwarmd hoeven te worden heeft het wel degelijk invloed op de energie-efficiency van deze bedrijven. Vooralsnog lijkt de prioriteit voor deze bedrijven echter te liggen bij een correctieformule voor milieu-investeringen en dan met name mestbanddroging. Wanneer een dergelijke correctie voorhanden is, kan mogelijk de correctieformule voor ventilatie ook gevalideerd worden. Omdat op vleesvarkensbedrijven zowel de brandstofcorrectie als de elektriciteitscorrectie niet te valideren waren, komt voor deze bedrijven optie twee overeen met de eerste en zal deze optie voor de betreffende bedrijven, zeker gezien de wel degelijk vermoedde samenhang tussen de energie-efficiency en de temperatuur, niet acceptabel zijn. Het niet corrigeren van het elektriciteitsgebruik zal op deze bedrijven, om dezelfde redenen als op de fokvarkens- en overige varkensbedrijven, tot minder bezwaren leiden. Een algemeen nadeel van optie twee is dat het aan de buitenwereld moeilijk te verkopen is om het een wel te corrigeren en het ander niet, al is het

niet corrigeren van het elektriciteitsverbruik nog redelijk te verdedigen met het geringe belang ervan.

De derde mogelijkheid is om alle correctieformules gewoon toe te passen. Dit lijkt gezien het niet mogelijk zijn van een aantal validaties wat vreemd. Het staat partijen bij het maken van afspraken echter vrij om de methode van resultaatsbepaling te kiezen. Aangezien er vooralsnog geen theoretische bezwaren tegen de geformuleerde correctiefactoren zijn, is het heel goed mogelijk om in gezamenlijk overleg toch voor deze formules te kiezen.

# LITERATUUR

- Boot, H., P. Knies en E.N.J. van Ouwerkerk (1994)  
*Energiebesparingsmogelijkheden in de veehouderij*; Apeldoorn, TNO-ME en IMAG-DLO; Referentienummer 94-101
- Energiened (zonder jaar)  
*De jaarlijkse gasnota*
- Evers, E. (1995)  
Beekbergen, IKC-Landbouw, afdeling Pluimveehouderij; Persoonlijke mededeling
- Handboek voor de Varkenshouderij 1993 (1993)  
Rosmalen, IKC-Veehouderij, afdeling Varkenshouderij; Publikatie 37
- Horne, P.L.M. van (1994)  
*Oorzaken van verschillen in energieverbruik op leghennenbedrijven*;  
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Publikatie 3.156
- Horne, P.L.M. van (1995)  
*Oorzaken van verschillen in energieverbruik op vleeskuikenbedrijven*;  
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Publikatie 3.160
- Hoste, R. (1995)  
*Oorzaken van verschillen in energieverbruik op varkensbedrijven*;  
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Publikatie 3.161
- Knol, B. (1995)  
TNO-Bouw, Delft; Persoonlijke mededeling
- Kooiman, A.J. (1995)  
*Gastoepassingen Zakelijke Markt*; GASTEC NV, Apeldoorn; Persoonlijke mededeling
- Mouwen, I.A.A.C. (1995)  
Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen; Persoonlijke mededeling
- Ouwerkerk, E.N.J. van (1995)  
IMAG-DLO, Wageningen; Persoonlijke mededeling
- Vervolgnota Energiebesparing (1993)  
Ministerie van Economische Zaken, Den Haag, SDU Uitgeverij; Kamerstukken 23561

## BIJLAGE

## Bijlage 1 Verklaring van gebruikte begrippen

- \* *P-band*  
Temperatuurrange waarbinnen de capaciteit van de ventilator toeneemt van minimaal tot maximaal.
- \* *P-band-bovengrens (PBB)*  
Temperatuur in de stal (°C) waarboven de ventilator maximaal draait.
- \* *P-band-ondergrens (PBO)*  
Temperatuur in de stal (°C) waaronder de ventilator minimaal draait.
- \* *P-band-bovengrens-buitentemperatuur (PBBB)*  
Buitentemperatuur (°C) bij een staltemperatuur op het niveau van de P-band-bovengrens.
- \* *P-band-ondergrens-buitentemperatuur (PBOB)*  
Buitentemperatuur (°C) bij een staltemperatuur op het niveau van de P-band-ondergrens.
- \* *Setpoint verwarming*  
Temperatuur in de stal (°C) waaronder verwarmd moet worden. Dit begrip wordt in de stallenbouw vaak weergegeven als de stookgrens.
- \* *Stookgraaduren (SGU)*  
Rekeneenheid samengesteld uit het aantal uren en de verwarmingsintensiteit (MJ/uur). De verwarmingsintensiteit neemt toe naarmate het verschil tussen actuele buitentemperatuur en de stookgrens groter is (en het dus "kouder" is).
- \* *Stookgrens (SG)*  
Buitentemperatuur (°C) waaronder in een stal verwarmd moet worden. Dit is de civiele definitie van stookgrens, zie setpoint verwarming.
- \* *Temperatuurfrequentietabel*  
Tabel met een overzicht van het aantal uren dat een bepaalde temperatuur (°C) in een tijdvak van een jaar is voorgekomen.
- \* *Temperatuurfrequentie-uren (TFU)*  
Het aantal uren dat een bepaalde temperatuur (°C) in een tijdvak van een jaar is voorgekomen.
- \* *Ventilatiecapaciteit (VC)*  
Deel van het elektriciteitsverbruik van een ventilator ten opzichte van het verbruik bij maximaal debiet. De VC kan variëren tussen 30 en 100%.
- \* *Ventilatiecapaciteitsuren (VCU)*  
Rekeneenheid, zijnde de vermenigvuldiging van het aantal uren in een jaar en de gemiddelde ventilatiecapaciteit.