

EVALUATIE GEUR-EMISSIE MODEL DIERVOEDERINDUSTRIE.

Dr Ir Menno Thomas.

7 januari 2015

Principal:

Nevedi Nederlandse Vereniging Diervoederindustrie,
Braillelaan 9,
2289 CL Rijswijk.



Opdrachtnemer:

ζ-dec - Zetadec B.V.,
Agro Business Park 44,
6708 PW, Wageningen.
The Netherlands.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Achtergrond.	4
2.1	Model zoals beschreven in 'Herziening bijzondere regeling diervoederbedrijven (2007)'. . . .	4
2.2	Aanvullende gegevens / dataset.	4
3	Doelstellingen.	6
4	Herijking model.	7
4.1	Statistische methoden herijking model.	7
4.2	Resultaten herijking model.	8
5	Discussie en conclusies.	11
5.1	Herijking model.	11
5.2	Model vergelijking.	11
5.3	Procestechnologische achtergrond.	11
5.4	Conclusies & aanbevelingen.	13
6	Bibliografie	15
A	Dataset.	16
B	Plaatsing knopen t.b.v. splines.	18
C	Tabellen met modelschattingen van de Geurfactor voor pluimvee, varkens en rundvee als functie van eiwit gehalte en meeltemperatuur.	21
C.1	Model schatting Geurfactor voor pluimvee.	21
C.2	Model schatting Geurfactor voor rundvee.	22
C.3	Model schatting Geurfactor voor varkens.	23

1 Inleiding

Doelstelling is de evaluatie van het huidige geur-emissiemodel (de Bree, 2007), inclusief een herijking van dit model, zoals overeengekomen met het Ministerie van (destijds) VROM inzake geuremissie uit diervoederfabrieken. Deze rapportage is als volgt ingedeeld:

- Enige achtergrond informatie met betrekking tot het gebruikte geur-emissiemodel (de Bree, 2007) en de gegevens waarop dit model en het in deze rapportage besproken model zijn gebaseerd, worden besproken in hoofdstuk 2.
- De doelstellingen van de rapportage worden weergegeven in hoofdstuk 3.
- De herijking van het bestaande model, inclusief statistische methodiek en resultaten, wordt beschreven in hoofdstuk 4.
- Als laatste worden in hoofdstuk 5 de gevonden resultaten en aanbevelingen besproken.

2 Achtergrond.

2.1 Model zoals beschreven in 'Herziening bijzondere regeling diervoederbedrijven (2007)'.

In 2007 is een herzien geurmodel voor de diervoeder industrie gepubliceerd (de Bree, 2007). Dit betreft een herziening van een reeds eerder gepubliceerd model (Infomil, 2004; gerefereerd door de Bree (2007)). Dit model wordt door mengvoer fabrikanten gebruikt om een schatting te verkrijgen van de geur factor (GF; eenheid $Mou_E \cdot ton^{-1}$; Mega Europese geureenheden per ton voer). De geur-emissie of geur-factor (GF) vanuit een diervoeder productie locatie wordt verkregen, op basis van een drietal parameters; de categorie diervoeder (rundvee, pluimvee en varkens), de meeltemperatuur bij verlaten van de conditioner en het eiwit gehalte. De keuze voor deze variabelen is mede gebaseerd op de beschikbaarheid van gegevens uit fabrieken en het verwachte effect van temperatuur verhoging en uitstoot van geur als functie van het eiwit gehalte.

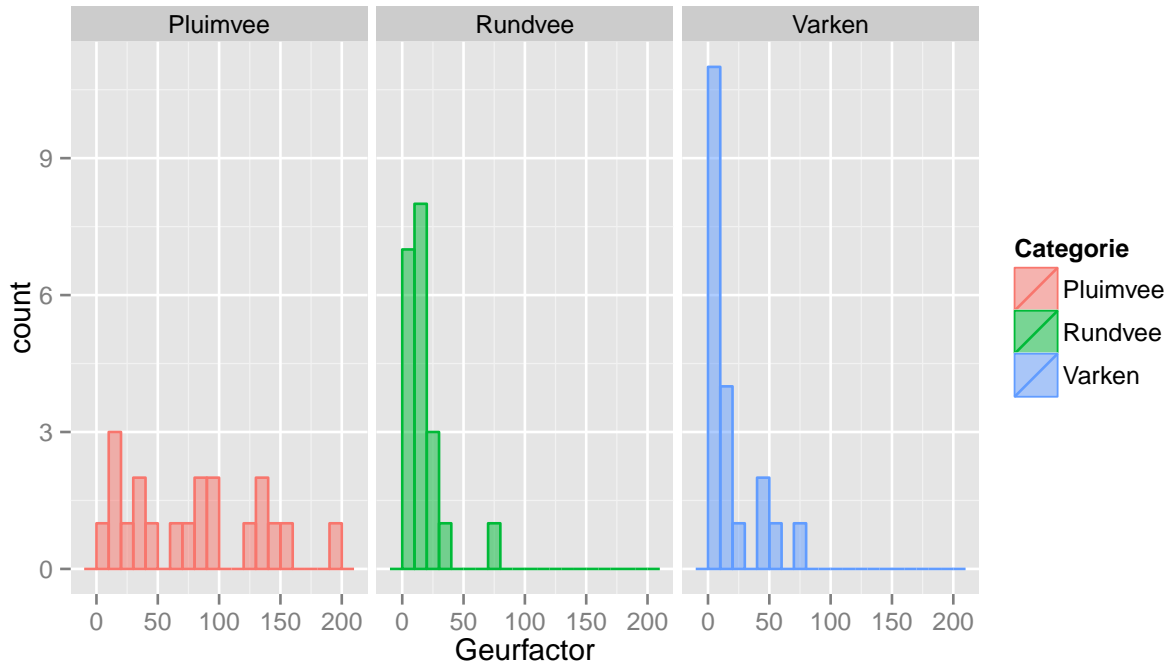
Hoewel in de dierwetenschappen veel aandacht is, en wordt, besteed aan geur-emissie als functie van de samenstelling van de voeding is dit onderzoek overwegend op boerderij niveau uitgevoerd (Ziemer et al., 2009; Borhan et al., 2013; Le et al., 2007; Lee and Lim, 2011). Onderzoek naar geur-emissie op fabrieksniveau is schaars en diffuus voor wat betreft de actoren die leiden tot geur-emissie in een diervoeder productie locatie (Heederik et al., 2007).

Bij het uitwerken van de eerder beschreven versies van het model is één van de uitgangspunten geweest dat in de samenstellingen van diervoeder rantsoenen, de destijds rond 2007, gebruikte maximale eiwitpercentages in de voeders de range van geuremissiewaarden voldoende afdekten. Echter, de laatste jaren wordt een deel van de gepelleteerde voeders als concentraat verwerkt, met aanmerkelijk hogere eiwit-gehaltenes, waarbij op het boerenbedrijf nog een deel grondstoffen wordt bijgemengd. Met name bij rundveevoeders is een ontwikkeling te zien waarbij melkveehouders overstappen op TMR (Total Mixed Ration) waarbij met behulp van een voermengwagen een veelheid aan grondstoffen en concentraten worden gemengd. Doordat hier half-fabrikaten worden gemengd tot een volledig voeder is de fysische kwaliteit van deze half-fabrikaten van minder commerciële belang, en derhalve wordt met minder mechanische en thermische input gepelleteerd dan bij volledige voeders. Doordat deze veranderende markt-factoren pas sinds 2007 een rol zijn gaan spelen, heeft dit er toe geleid dat voor de parameter 'eiwitgehalte' in het voer, schattingen worden gegenereerd van de geur-factor, welke ver buiten de meet-reeks vallen waarop het model is gebaseerd. Uit ervaringen van de verschillende mengvoederproductie bedrijven is gebleken dat hierdoor het huidige model, met name bij verhoogde eiwit-gehaltenes, onrealistisch hoge voorspellingen doet met betrekking tot de geur-factor welke niet overeenkomen met de gemeten GF.

2.2 Aanvullende gegevens / dataset.

De modellen welke beschreven zijn in de Bree (2007) zijn in bijna alle gevallen gebouwd met datasets bestaande uit minder dan 10 waarnemingen; pluimvee, $n=8$; varkensvoer, $n=9$ en rundveevoer, $n=10$. Dit heeft als consequentie dat dit model is gebouwd op (relatief) weinig waarnemingen. Eén van de doelstellingen van de her-evaluatie zoals weergegeven in dit rapport is de inmiddels verkregen grotere hoeveelheid gegevens met betrekking tot de GF, te gebruiken om een her-ijking van het model uit te voeren en daar waar nodig of mogelijk, een verbeterd model te genereren op basis van deze gegevens.

Op basis van aanvullende gegevens verkregen via Buro Blauw en Nevedi is de bestaande dataset aangevuld. Op dit moment beslaat de dataset 61 records verdeeld over de periode van 19 februari 2002 tot en met 26 juni 2014. Twintig (20) metingen hebben betrekking op pluimveevoeders, 20 metingen hebben betrekking op rundveevoeders en 21 metingen hebben betrekking op varkensvoeders. Met betrekking tot de, in de industrie gebruikelijk voor conditioneringsmethoden, zijn de volgende conditioneringsmethodieken onderscheiden: enkelvoudig persen (Enkelvoudig), dubbel persen (Bovenpers), voorbehandelen m.b.v. een Boa Compactor (BOA) of voorbehandelen met behulp van een expander (Expander). Voor wat betreft het type filter dat wordt gebruikt in een diervoeder fabriek om een de lucht uit de fabriek te filteren is onderscheid gemaakt in doekfilter (Doek) of cyclonen (Cycloon). Verder zijn gegevens verzameld met betrekking tot het eiwit gehalte in het de formulering (Eiwit), het (totale) vetgehalte in de gefabriceerde formulering (Vet),



Figuur 1: Histogrammen van de geurfactor (GF), verdeeld over de dier-categoriën pluimvee, rundvee en varkens.

de meeltemperatuur na conditioneren (Meeltemp), de capaciteit van de installatie (Capaciteit) in tonnen per uur geperst mengvoer, de afgastemperatuur van de spui-lucht uit de koeler (Afgastemp), de hoeveelheid vocht (Vocht) aanwezig in de spui-lucht in grammen vocht per kubieke meter spui-lucht, de snelheid (Snelheid) van de afgasstream uit de koeler in meters per seconde, het debiet (Debiet) aan spuilucht in kubieke meters per uur, de geur-emissie (Geuremissie) uit de schoorsteen in Mou_E (standardised Mega Odour Units). In combinatie met debiet en capaciteit zijn deze omgerekend naar de GF met als eenheid $Mou_E \cdot ton^{-1}$ geproduceerd mengvoer.

Een samenvatting van de de numerieke gegevens uit de database is gegeven in Tabel 1. In appendix A wordt de volledige gebruikte set met gegevens weergegeven. 61 waarnemingen zijn beschikbaar, na controle bleek dat bij één meting niet de juiste meet-procedure kon worden gevolgd, derhalve is deze meting uit de gegevens verwijderd. Ten opzichte van de eerder gebruikte gegevens zijn met name meer gegevens toegevoegd van voeders met hogere eiwit gehalten. Een histogram van de verdeling van GF over de categorie diervoer is weergegeven in Figuur 1.

Tabel 1: Samenvatting numerieke gegevens van de dataset.

Statistic	N	Mean	St. Dev.	Min	Max	Unit
Eiwit	60	20.986	6.387	12.500	39.000	%
Vet	60	4.922	2.161	1.000	10.370	%
Meeltemp	60	65.693	14.315	18.500	89.000	°C
Capaciteit	60	10.570	9.123	2.300	54.000	$ton \cdot uur^{-1}$
Afgastemp	60	50.143	7.477	35.200	68.100	°C
Vocht	60	38.108	29.245	11.000	153.000	$gr \cdot m^{-3}$
Snelheid	60	13.772	4.678	4.300	24.100	m/s
Debiet	60	15,124.620	7,088.714	4,381	43,638	$m^3 \cdot uur^{-1}$
Geurfactor	60	38.265	45.073	1.600	197.500	$Mou_E \cdot ton^{-1}$

3 Doelstellingen.

De doelstellingen van deze rapportage zijn als volgt:

1. Aanvullen van het gegevensbestand met meer gegevens met betrekking tot geur-emissie als functie van proces- en voer-gegevens.
2. Herijken van het bestaande model
3. Vanuit procestechnologische achtergrond, het aanreiken van verklaringen van de waarnemingen.
4. Aanbevelingen genereren voor het verzamelen van gegevens voor gebruik in toekomstige evaluaties.

4 Herijking model.

4.1 Statistische methoden herijking model.

Voor de statistische evaluatie van de gegevens is gezocht naar een functionele beschrijving van de response GF, als een functie van meeltemperatuur, eiwitgehalte en diercategorie. Gekozen is voor een benadering waarbij de curve wordt gemodelleerd als een combinatie van categoriële variabelen (diervoeder categorie) en waarbij ‘natural splines’ (ns) worden gebruikt om niet-lineaire effecten in meeltemperatuur en eiwitgehalte te beschrijven. Voor een beschrijving van het gebruik van ‘natural splines’ zie James et al. (2013, hoofdstuk 7.).

Voor het bepalen van de plaatsing van de knopen (‘knots’) in de splines is een decision–tree analyse uitgevoerd van de numerieke factoren ‘meeltemperatuur’ en ‘eiwit gehalte’ op GF. Een decision–tree analyse verdeelt de (voorspellende) variabelen in een aantal regionen. De uit deze decision–tree analyse afkomstige split–punten zijn als knopen meegegeven bij het modelleren van het niet–lineaire deel van de curves m.b.v. natural splines (‘ns’). Voor verdere informatie zie James et al. (2013, hoofdstuk 8.). Een grafische weergave van deze analyse is weergegeven in Appendix B.

Voor de analyse is gebruik gemaakt van ‘R’ –The statistical programming language– (R Core Team, 2013). Verschillende pakketten zijn gebruikt bij de analyse: voor grafieken (Wickham, 2009), voor tabellen (Dahl, 2013; Hlavac, 2013), voor de tree analyse (Liaw and Wiener, 2002). Deze rapportage is gemaakt m.b.v. ‘knitr’ (Xie, 2014).

Als model voor de analyse is het volgende model gebruikt (vereenvoudigde weergave):

$$\log(\text{GF})_{ijkl} = \mu_0 + \text{Cat}_i + \text{ns}(\text{Meeltemp})_j + \text{ns}(\text{Eiwit})_k + (\text{Cat}_i \cdot \text{ns}(\text{Meeltemp}))_{ij} + (\text{Cat}_i \cdot \text{ns}(\text{Eiwit}))_{ik} + \epsilon_{ijkl}$$

Hierin is μ_0 het gemiddelde over alle waarnemingen, ‘Cat’ is categorie diervoeders met $i = 1..3$, ‘Meeltemp’ is de temperatuur van het persmeel na conditioneren met $j = 1..4$. Het aantal kolommen opgenomen in de model matrix voor meeltemperatuur, ‘Eiwit’ is het eiwitgehalte in het betreffende diervoeder met $k = 1..4$, het aantal kolommen opgenomen in de model matrix voor het eiwit gehalte en l zijn de individuele waarnemingen. Met de functie *ns* worden de basis–functies gegenereerd en als regressoren opgenomen in de model matrix voor de ‘natural splines’ regressie. Verder geldt dat de residuen ϵ normaal verdeeld worden verondersteld, met een gemiddelde van 0. Categorie is opgenomen als factor, eiwit gehalte en meeltemperatuur zijn opgenomen als regressoren. De log–getransformeerde GF–waarden worden gemodelleerd. De achtergrond hiervan is dat een stijging zichtbaar is van de variantie met het niveau, deze wordt door middel van een log–transformatie tegengegaan. In de grafieken van de resultaten zijn deze $\log(\text{GF})$ waarden weer teruggerekend naar oorspronkelijke waarden middels $\exp([\log(\text{GF})])$. Gerapporteerde overschrijdingskansen zijn op basis van de log–getransformeerde waarden. Voor de berekening van de geurfactor uit de verkregen gegevens zie de Bree (2007).

4.2 Resultaten herijking model.

Uit de regressie-tree analyse volgt dat de knopen voor gebruik in de natural splines op de volgende punten liggen:

Meeltemperatuur: knopen bij 67.5, 73.5, 78°C.

Eiwit gehalte: knopen bij 17.25, 21.75, 23.6% eiwit.

In appendix B wordt grafisch weergegeven hoe de verdeling van de knopen over de data-range tot stand is gekomen, voor zowel meeltemperatuur (pagina 19) als eiwit gehalte (pagina 20). Deze gegevens worden gebruikt in de verdere analyse.

De variantie analyse tabel (Tabel 2) geeft aan dat ‘Categorie’ voeder (varkens, pluimvee of rundvee) hoog significant is ($p < 0.001$). Ook eiwitgehalte is significant op $p < 0.01$. Meeltemperatuur is significant op $p < 0.05$ en de interactie tussen categorie en eiwitgehalte is significant op $p < 0.001$. Overige niet-significante effecten zijn verwijderd uit het model. Zie Figuur 2 voor de voorspelde waarden van het model als functie van het eiwit gehalte en Figuur 3 voor de door het model voorspelde waarden als functie van de meeltemperatuur. De lijnen in de grafieken geven de meeltemperatuur weer (Figuur 2) of het eiwitgehalte (Figuur 3). Dit zijn verschillende visuele weergaven van het hetzelfde model.

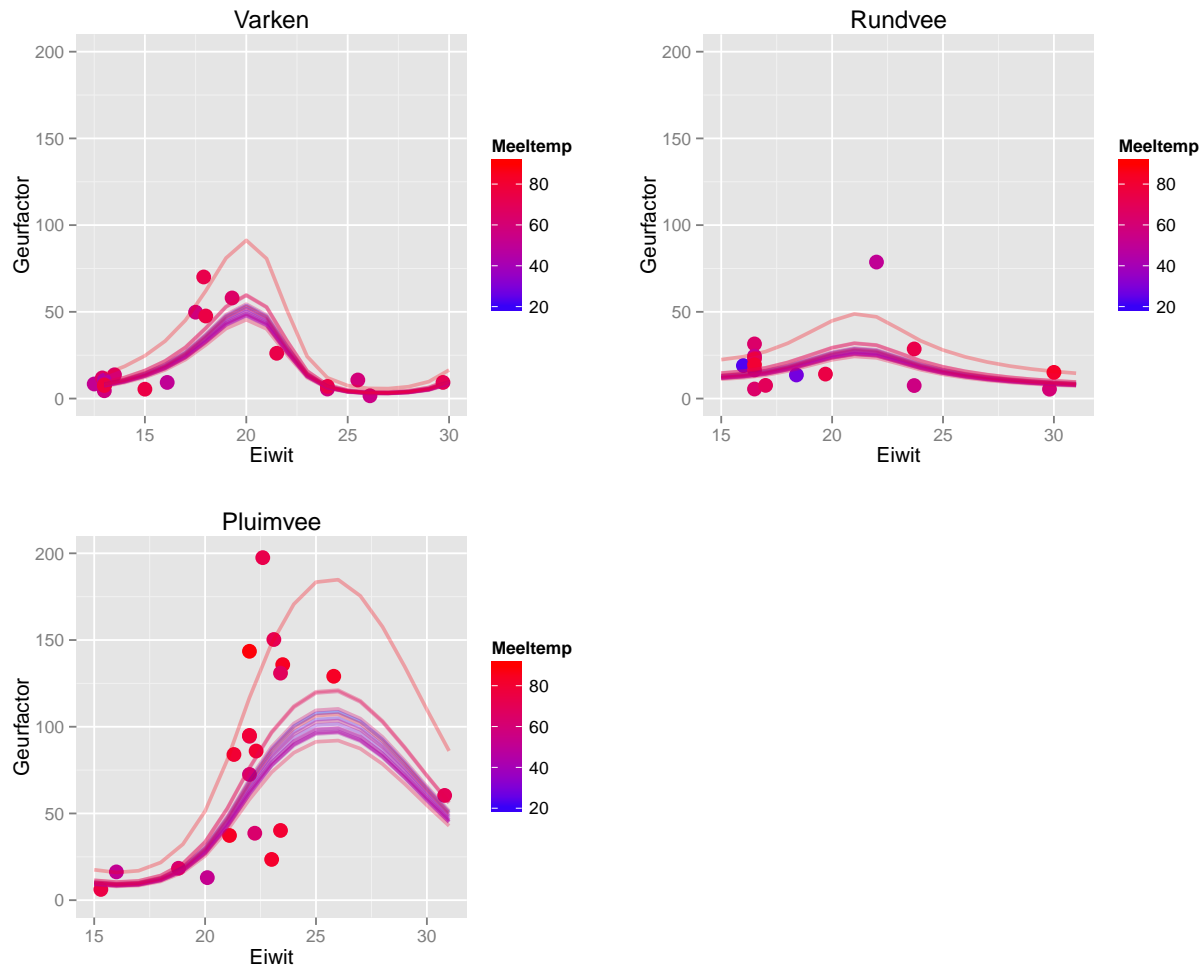
Eiwit gehalte. Bij een stijging van het eiwitgehalte in het voer neemt de GF eerst toe, waarna deze bij hogere eiwitgehalten weer daalt. Dit effect is zichtbaar voor alle diercategoriën, het ‘omslagpunt’ in eiwitgehalte waarbij de GF weer daalt is voor de categoriën diervoeder verschillend (Figuur 2), bij pluimvee ligt de top bij ongeveer 26% eiwit, bij rundvee bij 21% eiwit en bij varkens 20% eiwit.

Meeltemperatuur. Bij een stijging van de conditioneer temperatuur (°C) van het persmeel (Meeltemp) valt op dat bij rundvee een tweetal koud geperste voeders (zonder voorconditionering) aanwezig zijn (meeltemperatuur $< 30^\circ\text{C}$). Verder is een invloedrijk punt aanwezig op de GF bij 50°C . Bij hogere temperaturen lijken rundveevoeders minder gevoelig te zijn voor de conditioneer temperatuur dan pluimvee en varkensvoeders. Varkensvoeders vertonen een iets hogere gemiddelde GF dan rundveevoeders. Voor pluimveevoeders is een stijging te constateren in GF bij toenemende conditioneer temperatuur (Figuur 3).

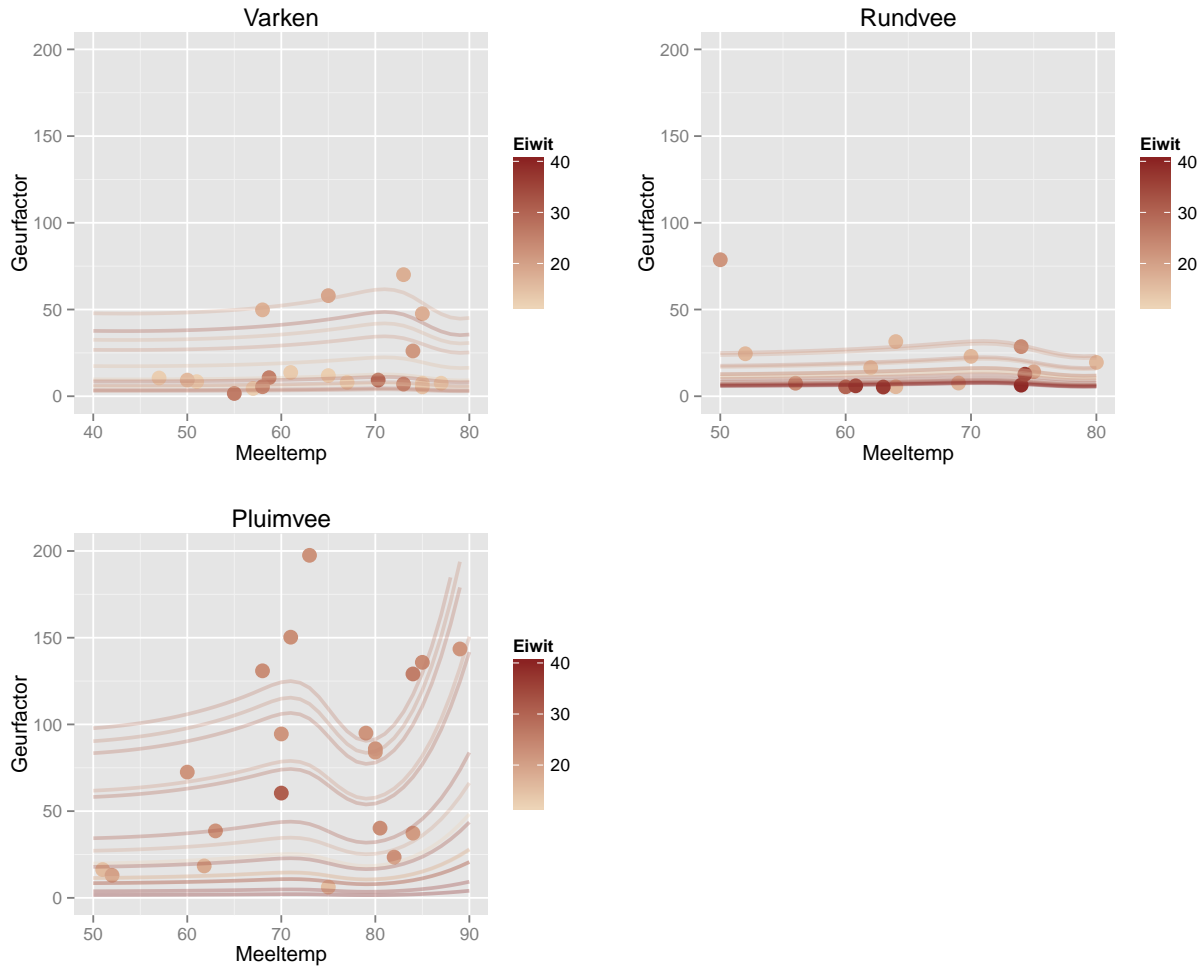
Tabel 2: Analysis of variance.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Categorie	2	30.22	15.11	36.17	0.0000
ns(Meeltemp, knots = knopen_meeltemperatuur)	4	4.46	1.11	2.67	0.0457
ns(Eiwit, knots = knopen_eiwit)	4	9.07	2.27	5.43	0.0013
Categorie:ns(Eiwit, knots = knopen_eiwit)	8	14.30	1.79	4.28	0.0008
Residuals	41	17.12	0.42		

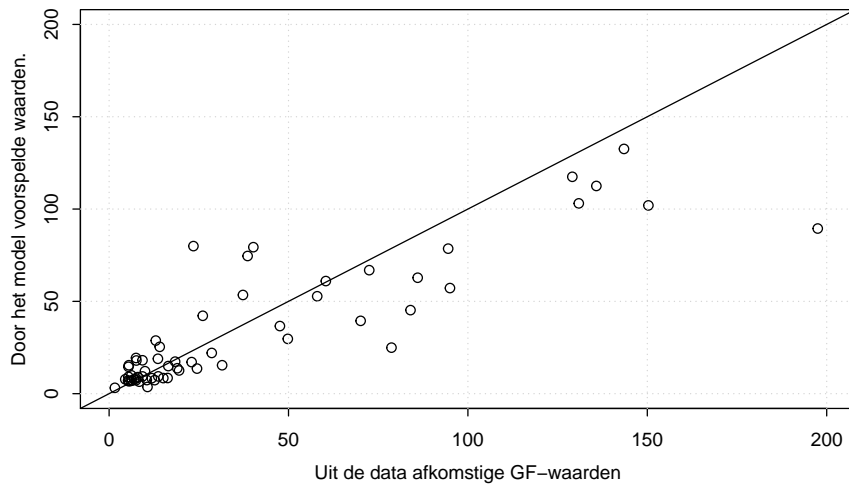
In Figuur 4 worden de waargenomen geur-factoren uitgezet tegen de door het model voorspelde geurfactoren. De adjusted R^2 is 0.6721528, de standard error van de residuen is 1.908425 met 41 vrijheidsgraden voor de residuën. Het model is significant op $p < 0.001$. Het punt (198, 89) in deze grafiek is aan een nader onderzoek onderworpen, er zijn echter geen aanwijzingen gevonden welke tot verwijdering van dit punt aanleiding geven, derhalve is het punt in de dataset gelaten.



Figuur 2: Door het model voorspelde waarden GF-waarden gesuperponeerd op de data. op de x-as wordt het percentage eiwit in de samenstelling weergegeven.



Figuur 3: Door het model voorspelde waarden GF-waarden gesuperponeerd op de data. Op de x-as wordt meeltemperatuur (°C) weergegeven.



Figuur 4: Door het model voorspelde waarden GF-waarden, ten opzichte van de waarden uit de dataset ('Observed vs Predicted').

5 Discussie en conclusies.

5.1 Herijking model.

Het gekozen model bevat zgn ‘natural splines’(ns), het voordeel van deze splines ten opzichte van bijvoorbeeld hoger dimensie polynomen is het verbeterde gedrag bij de eindpunten. Voorbij de data-range van het model is een natural spline een rechte lijn. Uit Figuur 2 komt naar voren dat voor pluimvee en rundvee dit niet leidt tot een exponentiële vergroting van de voorspelde GF-waarden. Bij varkens wordt een sterk verhoging voorspeld voorbij het meetbereik op basis van eiwitgehalte. Bij eiwit-gehalten in het voer bij varkens boven de 30% leidt dit tot hoge voorspelde GF-waarden. Indien de komende jaren de eiwit-gehalten in varkensvoeder stijgen tot boven deze waarde, dan zal dit leiden tot onrealistisch hoge schattingen van de GF bij gebruik van dit model.

In Figuur 3 komt naar voren dat voor alle categorieën diervoeder een aantal lokale minima en maxima aanwezig is. Het eerste minimum wordt gevonden bij een meeltemperatuur juist boven de 40°C, een lokaal maximum wordt gevonden bij 79°C, met een tweede lokaal minimum juist voor de 80°C. Bij hogere temperaturen neemt de GF daarna toe.

Uit de curves weergegeven in Figuur 3 blijkt dat verschillende gebieden van conditionering kunnen worden aangegeven. Tot ongeveer 70°C is het niveau van GF relatief constant, onafhankelijk van de meeltemperatuur. Daarna volgt een dip in GF als functie van meeltemperatuur, waarna na 80°C een stijging van de GF wordt waargenomen. Er is geen significante interactie tussen categorie en meeltemperatuur noch tussen eiwitgehalte en meeltemperatuur. Hierdoor wordt een deel van de voorspellingen voor een bepaalde categorie, waarin voor deze categorie géén gegevens beschikbaar zijn, bepaald door de aanwezigheid van gegevens in een andere categorie. Bijvoorbeeld: voor meeltemperatuur zijn voor de categorie varkensvoerders geen meeltemperaturen beschikbaar boven de 77°C. Hierdoor wordt een voorspelling voor het effect van meeltemperatuur boven de 77°C beïnvloed door het effect van meeltemperatuur op GF voor die categorie waarvoor wel gegevens van meeltemperatuur aanwezig zijn; in dit geval m.n. pluimvee waarvoor meeltemperaturen tot 89°C aanwezig zijn. Een sterke stijging in GF bij varkensvoerders boven de 30% eiwit (Figuur 2) is dan ook een artefact van het model en ontstaat door de hoge meeltemperaturen bij de categorie pluimvee voeders. Hoewel hier model matig voor verdisconteerd kan worden door de interactie op te nemen tussen categorie*meeltemperatuur, blijkt uit de analyse dat deze niet als significant wordt aangemerkt en derhalve is deze verwijderd uit het model.

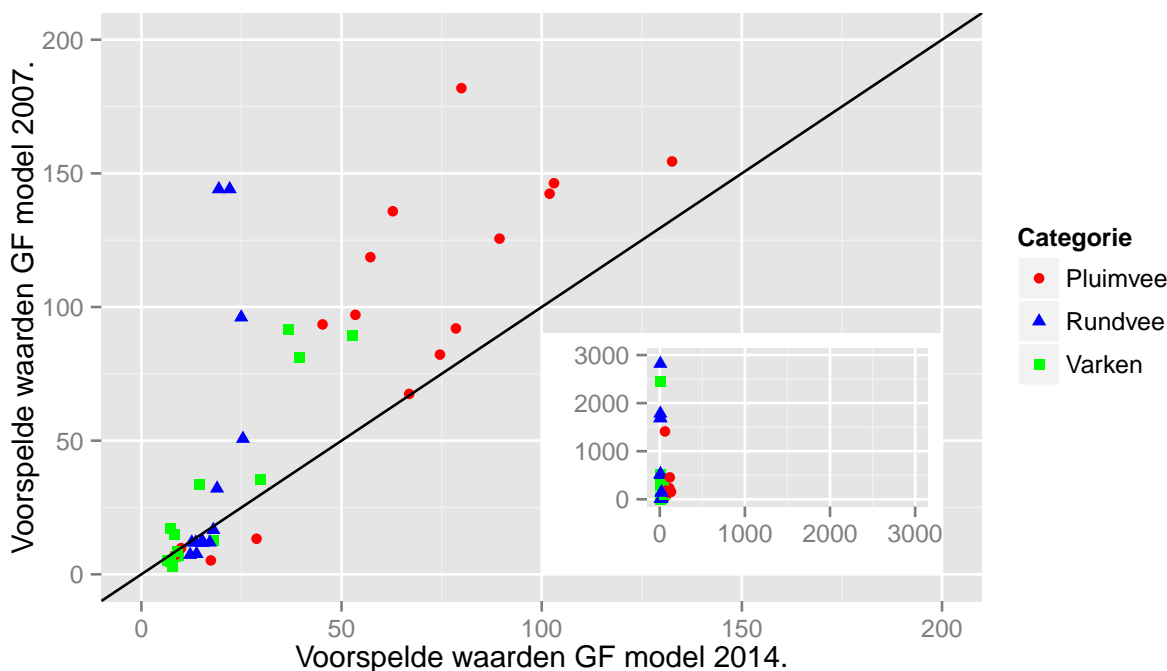
Op basis van de gegevens en het nieuwe (herijkte) model wordt duidelijk dat GF niet monotoon stijgt met een stijging van het eiwitgehalte in diervoeders. Uit de gegevens blijkt duidelijk dat een maximum in GF wordt bereikt, waarna een verdere stijging van het eiwitgehalte in het diervoeder leidt tot een *daling* van de GF-waarde.

5.2 Model vergelijking.

In deze paragraaf wordt een vergelijking gemaakt tussen de voorspellingen welke gegenereerd worden door het model welke in 2007 is gebouwd en het model zoals beschreven in deze rapportage. Uit Figuur 5 komt naar voren dat het nieuwe 2014 model GF-waarden voorspeld die in overeenstemming zijn met de gemeten range in GF waarden (1.6 — 197.5 $Mou_E \cdot ton^{-1}$). Het 2007 model voorspelt daarentegen waarden tussen de 2.9 en meer dan 2800 $Mou_E \cdot ton^{-1}$ (zie insert figuur 5 waarin het hele voorspelde bereik wordt weergegeven). Dit is ver buiten de in de praktijk gemeten GF-waarden.

5.3 Procestechnologische achtergrond.

Het geschetste model geeft een beschrijving weer van de aanvullende gegevens met betrekking tot geur-factor zoals deze de afgelopen jaren zijn verzameld. Eén van de meest opmerkelijke feiten die uit deze gegevens naar voren komt is dat bij toenemend eiwit gehalte de GF niet monotoon stijgend groter wordt, maar dat een door de data gesuggereerd maximum aanwezig is in eiwit gehalte, waarna de GF weer daalt.



Figuur 5: Uit de dataset voorspelde waarden van het model uit 2014 (huidige rapportage) versus de voorspelde waarden van het model uit 2007 (de Bree, 2007) op het bereik (0,200). De inset graph laat de voorspelde waarden zien over het hele voorspelde bereik. Het model uit 2007 laat waarden zien welke kunnen oplopen tot GF>2800.

Zijn er gegronde redenen om te veronderstellen dat voorbij een zekere drempelwaarde voor eiwitgehalte de GF weer daalt?

Bij de vervaardiging van diervoeders wordt, in Nederland, overwegend gebruik gemaakt van voor conditionering van persmeel met stoom. Voor de niveaus van stoom en daarmee de hoeveelheid water en warmte welke worden toegevoegd zijn in de literatuur een aantal aanbevelingen gedaan met betrekking tot de beste voor-conditionerings instellingen. Maier and Gardecki (1992) en Payne (1978) geven voor verschillende typen voersamenstellingen richtlijnen om te komen tot een goede fysieke kwaliteit van de pellets (hardheid & slijtvastheid) met een zo hoog mogelijk doorzet in de fabriek. In Tabel 3 worden deze aanbevelingen weergegeven. Stoom wordt toegevoegd in het conditionerings proces en weer onttrokken aan het voer in de koeler. Als ‘rule-of-thumb’ geldt: 16°C temperatuurverhoging bij conditioneren levert 1% extra water uit stoom op (afhankelijk kwaliteit stoom en in minder mate type voer.) Bij een meeltemperatuur boven de 76°C (aannemende dat temperatuur persmeel voor conditioneren 30°C is) levert dat een vocht toevoeging op van $(76^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C})/16$ is 2.9% vrij vocht op, gegeven een ‘standaard’ stoom kwaliteit.

De warmte inhoud van stoom is afhankelijk van de stoom druk. Op een kg-voor-kg basis heeft een kg stoom met een druk van 10 bar een warmte inhoud van 2776 kJ, bij een stoomdruk van 3 bar is dit 2725 kJ; het verschil kan worden gebruikt om vrij water weer te herverdampen en, afhankelijk van de installatie, daarmee de kwaliteit van de stoom en de toegevoerde hoeveelheid warmte aan het persmeel te veranderen (Thomas, 1998, zie blz 52). Een hoge stoomdruk (reduceerdruk van de conditioneer installatie) levert meer warmte dan water, lage stoom druk levert meer water dan warmte (relatief). Voor eiwit is een hoge temperatuur nodig, hiervoor dient hoge druk stoom (relatief droog) te worden gebruikt. Voor eiwit-rijke voeders zijn derhalve andere voor-conditioneer vereisten benodigd dan voor voor voeders rijk in zetmeel en/of granen welke voor ontsluiting of het vergroten van de pellet kwaliteit een groter aandeel water nodig hebben (zie Tabel 3).

Reeds eerder is al aangegeven dat de markt voor eiwitrijke voeders (concentraten) is veranderd. Met name bij rundvee wordt inmiddels veelvuldig gebruikt gemaakt van eiwitconcentraten welke in een TMR-voersysteem worden gebruikt. De noodzaak voor een hoge slijtvastheid van de pellet verdwijnt daarmee

Tabel 3: Conditionerings condities voor enige typen voersamenstellingen (Maier and Gardecki, 1992; Payne, 1978).

Type formulering	Belangrijkste component	Aanbevolen stoom druk (kPa)	Meel temperatuur (C)
Hoog zetmeel	50-80% zetmeel van granen of tapioca	102	80-85C
Rundvee samenstellingen	hoog vezel, 12-16% RE	442	60-65C
Hoog eiwit, supplementen en concentraten	25-45% RE,	442	80C
Warmte gevoelig	5-25% melkpoeder, suikers en/of wei	102	<55
Ureum bevattende samenstellingen	Ureum 6-30%	442	-

voor een groot deel, en in deze gevallen kan worden afgeweken van de richtlijnen voor de vervaardiging van slijtvaste en harde pellets zoals beschreven in Tabel 3. De gemeten gegevens laten zien dat bij rundveevoeders met een hoger eiwitgehalte er geen sprake is van een exponentieel stijgende GF.

Het nieuwe (herijkte) model verdisconteert deze daling in GF-waarden bij hoge eiwit gehalten binnen de reeks van gemeten gegevens. Indien, met behulp van het model, voorspellingen worden gegenereerd (ver) buiten het gemeten bereik dient altijd enige voorzichtigheid in acht worden genomen.

5.4 Conclusies & aanbevelingen.

Op basis van de resultaten uit deze rapportage kan geconcludeerd worden dat:

1. GF niet monotoon stijgend samenhangt met eiwit gehalte in het diervoer.
2. Er een maximum waarde is in eiwitgehalte voor de gemeten GF, waarna de GF weer daalt.
3. Dat dit voor alle categorieën diervoeder geldt welke zijn meegenomen in de analyse (rundvee, pluimvee en varkens).
4. Categorie diervoeder, eiwit gehalte en meeltemperatuur relevant zijn voor de gemeten GF.
5. Er is een interactie tussen categorie diervoeder en eiwitgehalte. Tussen categorie diervoeder en meeltemperatuur en tussen eiwitgehalte en meeltemperatuur is geen interactie gevonden.

Vanuit procestechnologische achtergrond wordt het effect van het stijgen en, voorbij een zekere drempelwaarde, dalen van de GF als functie van eiwitgehalte en meeltemperatuur toegeschreven aan de verschillende conditioneer- en pers condities welke voor hoog-eiwit formuleringen anders zijn dan voor laag-eiwit formuleringen (Tabel 3). Een verdere versterking van dit effect wordt veroorzaakt door de veranderende marktvraag, waarbij hoog-eiwit formuleringen (concentraten) aan minder stringente eisen worden onderworpen voor wat betreft de fysische eigenschappen waaronder deze worden afgeleverd ten opzichte van complete voeders (met lagere eiwit gehalten). Hierdoor kan met verminderd thermische en mechanische energie input worden gewerkt per ton geperst diervoeder. De gegevens die benodigd zijn om deze systeem variabelen te kunnen berekenen zijn echter niet in de huidige gegevens set aanwezig.

Het verdient aanbeveling om:

- In toekomstige datasets ook vocht verlies en/of de vochtbalans over het fabricage proces mee te nemen.
- Om de kwaliteit van de data, waarop voorspellende modellen zijn gebaseerd, te vergroten verdient het aanbeveling om de data-sets zo in te richten dat systeem-variabelen kunnen worden berekend als functie van de nu gelogde proces-variabelen, preferabel over opeenvolgende unit-operations. Hierdoor ontstaan additionele checks op de kwaliteit van de data.

- Om deze systeem variabelen te kunnen berekenen zijn gegevens met betrekking tot hoeveelheid toegevoerd vermogen aan voor conditioneer inrichting en persen benodigd. Het verdient aanbeveling om deze waarden in toekomstige gegevensverzamelingen mee te nemen.

6 Bibliografie

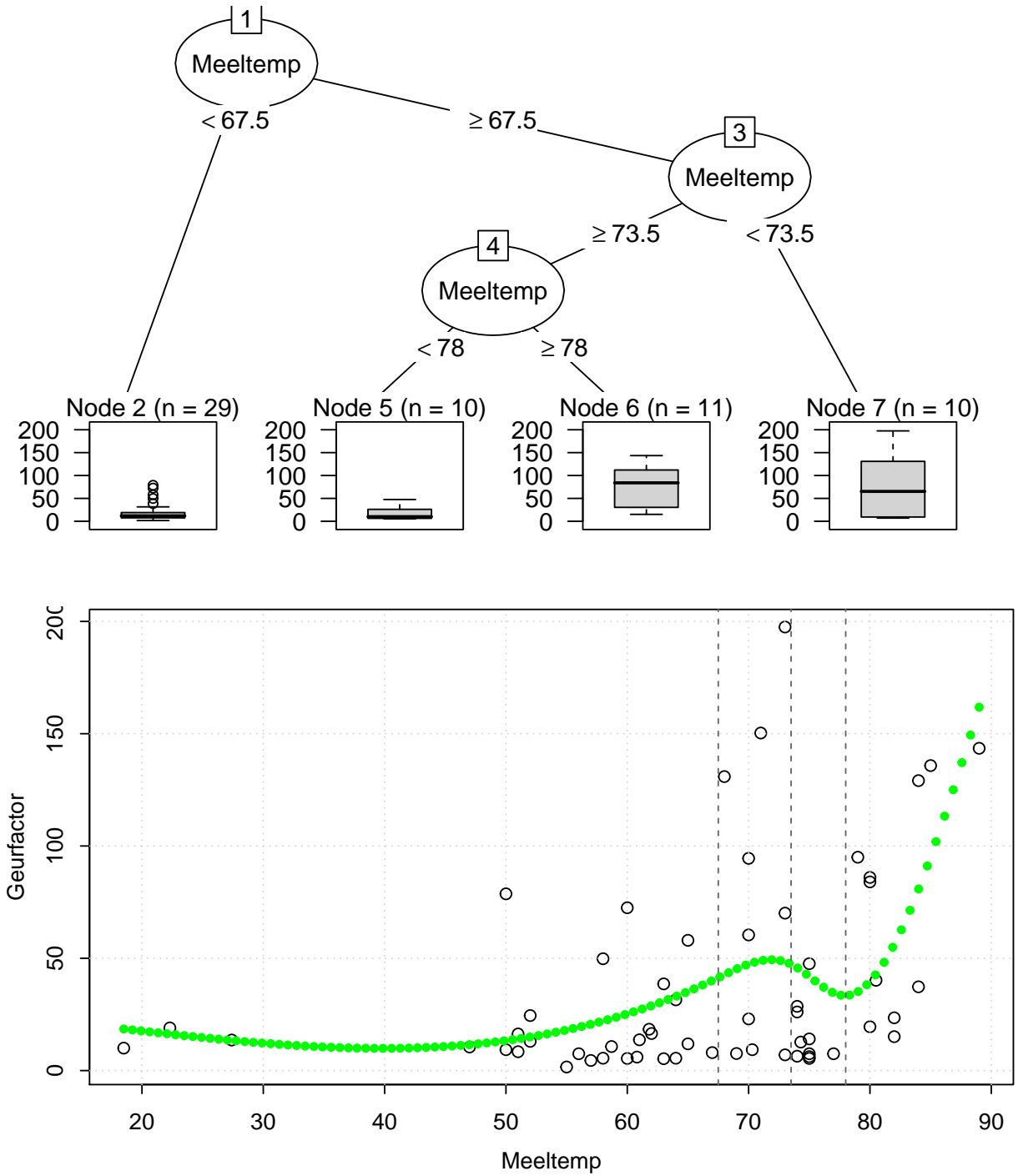
- M.S. Borhan, D.P. Gautam, C. Engel, V.L. Anderson, and S. Rahman. Effects of pen bedding and feeding high crude protein diets on manure composition and greenhouse gas emissions from a feedlot pen surface. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 63(12):1457–1468, 2013.
- David B. Dahl. *xtable: Export tables to LaTeX or HTML*, 2013. R package version 1.7-1.
- F.B.H. de Bree. Herziening bijzondere regeling diervoederbedrijven. Technical Report BL2007.2994.01, Buro Blauw B.V., Nude 54A, 6702 DN, Wageningen, December 2007.
- D. Heederik, T. Sigsgaard, P.S. Thorne, J.N. Kline, R. Avery, J.H. Bonlkke, E.A. Chrischilles, J.A. Dosman, C. Duchaine, S.R. Kirkhorn, K. Kulhankova, and J.A. Merchant. Health effects of airborne exposures from concentrated animal feeding operations. *Environmental Health Perspectives.*, 115 (2):298, 2007.
- Marek Hlavac. *stargazer: LaTeX code for well-formatted regression and summary statistics tables*, 2013. R package version 2.0.1.
- G. James, D. Witten, T. Hastie, and R. Tibshirani. *An Introduction to Statistical learning*. Springer texts in statistics, 2013.
- P.D. Le, A.J.A. Aarnink, A.W. Jongbloed, C.M.C. Van Der Peet-Schwering, N.W.M. Ogink, and M.W.A. Verstegen. Effects of dietary crude protein level on odour from pig manure. *Animal*, 1(5):734–744, 2007.
- E.-Y. Lee and J.S. Lim. Effective feeding methods for the reduction of malodor and an increase in productivity in livestock. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, 39(3):200–209, 2011.
- Andy Liaw and Matthew Wiener. Classification and regression by randomforest. *R News*, 2(3):18–22, 2002.
- D.E. Maier and J Gardecki. Feed mash conditioning field case studies. Number 92–1541 in ASAE, International Winter Meeting., December 1992.
- J.D. Payne. Improving quality of pellet feeds. *Milling Feed Fertil*, 162:34–41, 1978.
- R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013.
- M. Thomas. *Physical Quality of Pelleted Animal Feeds - A Feed Model Study*-. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, 1998.
- Hadley Wickham. *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer New York, 2009.
- Yihui Xie. *knitr: A Comprehensive Tool for Reproducible Research in R*. Implementing Reproducible Computational Research. Chapman and Hall/CRC., 2014.
- C.J. Ziemer, B.J. Kerr, S.L. Trabue, H. Stein, D.A. Stahl, and S.K. Davidson. Dietary protein and cellulose effects on chemical and microbial characteristics of swine feces and stored manure. *Journal of Environmental Quality*, 38(5):2138–2146, 2009.

A Dataset.

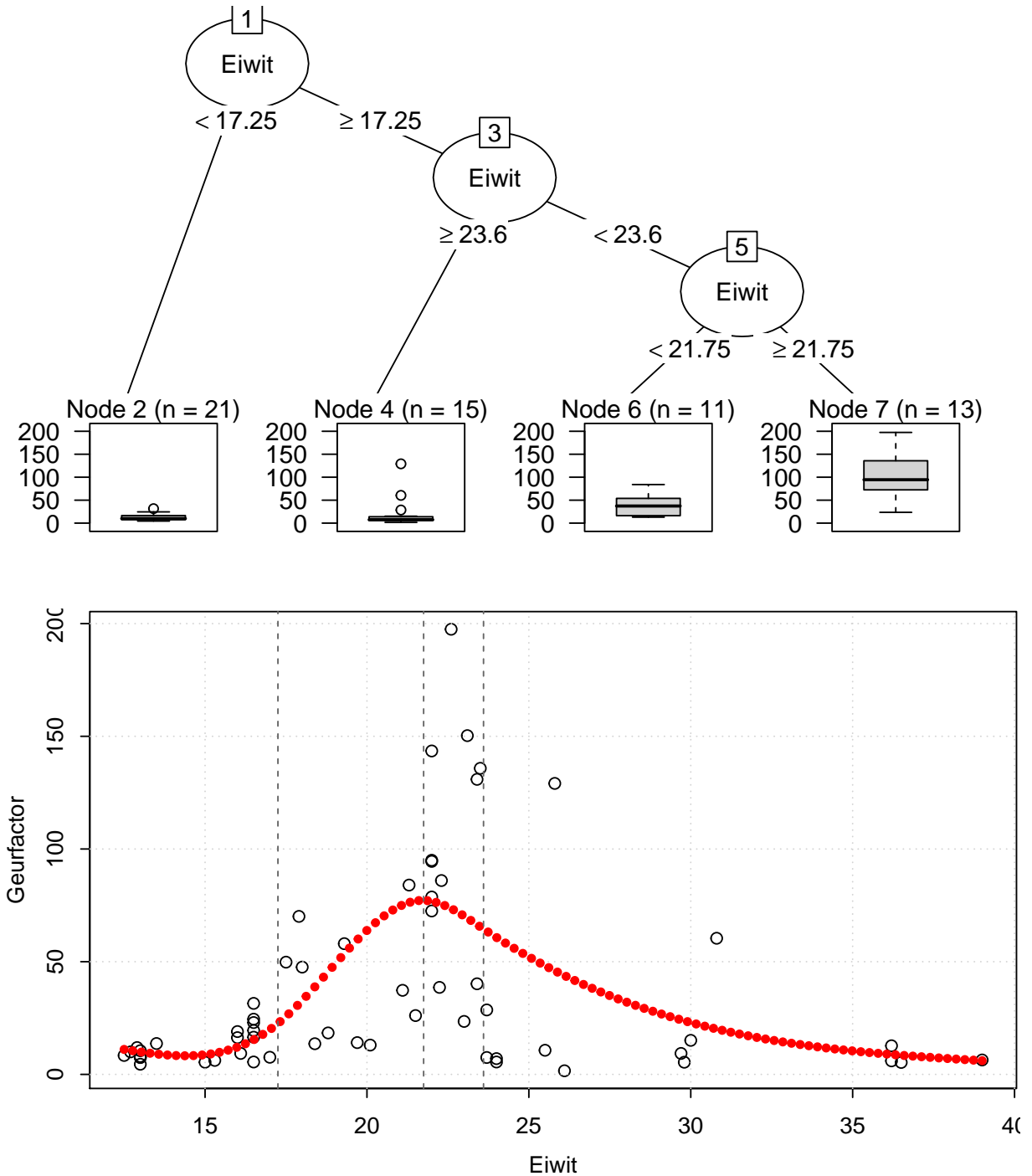
Tabel 4: Gebruikte dataset.

Categorie	Voorverd	Filter	Eiwit	Vet	Meeltemp	Capaciteit	Afgesamp	Vocht	Snelheid	Debiet	Geuremissie	Geurfactor
1	Varken	Doek	12.500	3	51	24	53.400	53.800	13.900	22.397	202	8.400
2	Expander	Doek	15.900	3.200	65	8.500	42.100	20.300	13.900	17.568	102	11.900
3	Bovempers	Cyclon	13.500	4	61	11.500	53.200	22.700	23.300	19.120	158	13.700
4	BOA	Doek	13	6.700	75	8	56.600	17	8.100	11.300	60	7.500
5	Varken	Doek	15	3.250	75	10	52.800	44	12.500	17.900	54	5.400
6	Varken	Doek	16.100	5.100	50	12	43.300	51.300	14.500	9.634	112	9.300
7	Varken	Doek	17.500	3.500	58	10	53.100	29.300	24.100	19.804	498	49.800
8	Varken	Expander	17.900	4.600	73	10.200	53.600	46.600	12.244	12.244	716	70.100
9	Varken	Doek	18	3.500	75	10.200	58.500	21.800	13.200	11.200	334	47.600
10	Rundvee	Cyclon	16.500	4.100	64	6	41.400	23.400	14.400	13.500	189	31.500
11	Rundvee	BOA	16	4.300	22.300	6.100	35.200	13.700	11.700	23.507	117	19
12	Rundvee	BOA	16.500	4.100	64	5	42.400	15.700	12.800	11.919	28	5.500
13	Rundvee	Expander	17	3.900	69	22	38.700	17.600	9.500	22.111	167	7.600
14	Rundvee	BOA	12.700	3.900	64	4.100	44.700	18.900	8	7.401	42	10
15	Rundvee	BOA	19.700	3.600	75	8	47.500	13.600	14.600	13.400	113	14.100
16	Rundvee	Expander	36.500	4.090	22	14	55.100	41.200	4.300	9.842	472	78.700
17	Rundvee	BOA	18.390	3.400	63	4.500	39.500	14.500	13.400	12.213	24	5.300
18	Rundvee	BOA	39	4.040	74	10.500	42.600	22.200	8.700	20.097	67	6.400
19	Rundvee	Cyclon	10.500	4.200	52	5	44.400	15.600	11.400	21.765	80	13.600
20	Rundvee	BOA	15.300	6.900	75	8	43	15.600	13.400	22.700	50	6.200
21	Pluimvee	Doek	16	4.700	51	10.900	39.600	36.600	13.800	14.762	178	16.300
22	Pluimvee	BOA	18.800	10	61.800	8.500	50.700	43.800	16.800	8.660	157	18.400
23	Pluimvee	BOA	21.300	7.500	80	52	43.500	92.500	15.800	43.638	4.369	84
24	Pluimvee	Doek	22.300	7.600	80	54	51.500	107.900	15.700	42.317	4.642	86
25	Pluimvee	Doek	23.500	10	85	10	54.100	39.900	8.300	17.270	1.358	135.800
26	Pluimvee	BOA	20.100	4.200	52	5	44.400	56.200	8.600	4.381	65	13
27	Pluimvee	Cyclon	22.240	10.370	63	9	45.400	29.670	14.900	13.506	347	38.600
28	Varken	Cyclon	13	4.600	47	5.400	39	12	23	19.600	57	10.500
29	Varken	BOA	13	4.600	57	8	49	16	23.100	19.300	35.500	4.500
30	Varken	BOA	13	4.600	67	8	49	20	23.500	19.500	62.500	8
31	Varken	Cyclon	13	4.600	77	9	52	25	24.100	19.800	68	7.500
32	Pluimvee	Doek	22	6	70	11.400	55	90	8.500	8.400	826	72.500
33	Pluimvee	Doek	22	6	70	11.400	57	102	8.300	8.100	1.080	94.500
34	Pluimvee	BOA	22	6	79	11.400	59	104	8.700	8.900	1.084	95
35	Pluimvee	BOA	22	6	89	12	59	104	8.900	8.600	1.272	143.500
36	Rundvee	Cyclon	16.500	3.900	52	3	39	12	13.900	12.971	74	24.500
37	Rundvee	Cyclon	16.500	3.900	62	5	46	16	13.700	12.559	82.500	16.500
38	Rundvee	Cyclon	16.500	3.900	70	5.500	48	19	13.300	12.061	126.500	23
39	Rundvee	Cyclon	16.500	3.900	80	5.100	49	20	12.900	11.698	99.500	19.500
40	Varken	Doek	25.500	4.500	58.700	7	54.500	31.900	8.600	9.846	75	10.700
41	Varken	Enkelvoudig	26.100	6.100	55	12	59.800	30.900	16.800	14.791	12	1.600
42	Pluimvee	Expander	29.700	3.500	70.300	10	47.300	24.500	15.400	15.054	93	9.300
43	Pluimvee	Cyclon	23.400	7.960	80.500	20	61.500	73.900	12.800	23.588	803	40.200
44	Pluimvee	BOA	22.600	6.300	73	11.500	68.100	37.800	12.600	12.807	2.271	197.500
45	Pluimvee	Doek	21.100	6.700	84	15	61.600	63.900	20.200	16.868	559	37.300
46	Varken	Expander	19.300	2	65	5	46	28	16.300	10.339	290	58
47	Varken	Enkelvoudig	21.500	1	74	11.100	61.100	153	21.300	18.324	290	26.100
48	Varken	Expander	24	1.400	58	6.500	53.900	27	10.100	11.750	35	5.500
49	Varken	Expander	24	1.400	73	7.100	57.800	28	10.400	11.993	50	7
50	Varken	Expander	24	1.400	68	11.900	60.100	26	21.800	18.773	1.557	130.900
51	Pluimvee	BOA	23.400	6	71	10	48	46	11.300	10.122	1.503	150.300
52	Pluimvee	BOA	30.800	4.550	70	10	50.500	53	11.300	11.880	1.503	150.300
53	Pluimvee	BOA	23	3.200	82	20	35	46	10.500	10.122	604	60.400
54	Pluimvee	Expander	23.700	3.200	56	3	48.800	22	11.100	6.936	22	7.500
55	Rundvee	Enkelvoudig	23.700	3.700	74	3.300	55.900	28	10.900	18.328	95	23.500
56	Rundvee	Enkelvoudig	29.800	4.200	60	4	53.800	17	11.100	6.936	22	7.500
57	Rundvee	Enkelvoudig	30	3.600	82	2.300	38.100	18	13.600	12.221	22	5.400
58	Rundvee	Enkelvoudig	36.200	3.600	80	6	51.800	25	13.700	10.015	35	15.100
59	Rundvee	BOA	36.200	8.900	74.300	6	53.200	27	13.500	11.560	36	6
60	Rundvee	BOA	25.800	9.900	84	12.600	62	55	18.100	11.934	76	12.700
61	Pluimvee	Doek	25.800	9.900	84	12.600	62	55	18.100	18.424	1.626	129.100

B Plaatsing knopen t.b.v. splines.



Figuur 6: Plaatsing knopen bij variabele meeltemperatuur.



Figuur 7: Plaatsing knopen bij variabele eiwitgehalte.

C Tabellen met modelschattingen van de Geurfactor voor pluimvee, varkens en rundvee als functie van eiwit gehalte en meeltemperatuur.

C.1 Model schatting Geurfactor voor pluimvee.

Tabel 5: Model schatting GF voor pluimvee. Van 18°C tot 88°C in stappen van 5°C meeltemperatuur. Het eiwit gehalte loopt van 12% tot 39.5% in stappen van 2.5% eiwit.

	Eiwit	Meeltemp	GF	Eiwit	Meeltemp	GF	Eiwit	Meeltemp	GF
1	12.00	18.00	22.00	22.00	18.00	68.60	32.00	18.00	38.20
2	12.00	23.00	21.20	22.00	23.00	66.30	32.00	23.00	36.90
3	12.00	28.00	20.60	22.00	28.00	64.20	32.00	28.00	35.70
4	12.00	33.00	20.00	22.00	33.00	62.60	32.00	33.00	34.80
5	12.00	38.00	19.70	22.00	38.00	61.40	32.00	38.00	34.20
6	12.00	43.00	19.50	22.00	43.00	61.00	32.00	43.00	33.90
7	12.00	48.00	19.70	22.00	48.00	61.40	32.00	48.00	34.10
8	12.00	53.00	20.10	22.00	53.00	62.80	32.00	53.00	34.90
9	12.00	58.00	21.00	22.00	58.00	65.40	32.00	58.00	36.40
10	12.00	63.00	22.30	22.00	63.00	69.70	32.00	63.00	38.80
11	12.00	68.00	24.40	22.00	68.00	76.10	32.00	68.00	42.30
12	12.00	73.00	24.50	22.00	73.00	76.50	32.00	73.00	42.60
13	12.00	78.00	18.60	22.00	78.00	58.10	32.00	78.00	32.40
14	12.00	83.00	21.70	22.00	83.00	67.70	32.00	83.00	37.70
15	12.00	88.00	37.40	22.00	88.00	116.70	32.00	88.00	65.00
16	14.50	18.00	11.30	24.50	18.00	104.80	34.50	18.00	16.60
17	14.50	23.00	10.90	24.50	23.00	101.30	34.50	23.00	16.00
18	14.50	28.00	10.50	24.50	28.00	98.20	34.50	28.00	15.50
19	14.50	33.00	10.30	24.50	33.00	95.60	34.50	33.00	15.10
20	14.50	38.00	10.10	24.50	38.00	93.90	34.50	38.00	14.90
21	14.50	43.00	10.00	24.50	43.00	93.20	34.50	43.00	14.80
22	14.50	48.00	10.10	24.50	48.00	93.80	34.50	48.00	14.80
23	14.50	53.00	10.30	24.50	53.00	95.90	34.50	53.00	15.20
24	14.50	58.00	10.70	24.50	58.00	99.90	34.50	58.00	15.80
25	14.50	63.00	11.40	24.50	63.00	106.50	34.50	63.00	16.80
26	14.50	68.00	12.50	24.50	68.00	116.20	34.50	68.00	18.40
27	14.50	73.00	12.60	24.50	73.00	116.90	34.50	73.00	18.50
28	14.50	78.00	9.50	24.50	78.00	88.80	34.50	78.00	14.10
29	14.50	83.00	11.10	24.50	83.00	103.50	34.50	83.00	16.40
30	14.50	88.00	19.20	24.50	88.00	178.40	34.50	88.00	28.20
31	17.00	18.00	10.00	27.00	18.00	103.00	37.00	18.00	6.30
32	17.00	23.00	9.60	27.00	23.00	99.60	37.00	23.00	6.10
33	17.00	28.00	9.30	27.00	28.00	96.50	37.00	28.00	5.90
34	17.00	33.00	9.10	27.00	33.00	94.00	37.00	33.00	5.80
35	17.00	38.00	8.90	27.00	38.00	92.30	37.00	38.00	5.70
36	17.00	43.00	8.90	27.00	43.00	91.70	37.00	43.00	5.60
37	17.00	48.00	8.90	27.00	48.00	92.20	37.00	48.00	5.70
38	17.00	53.00	9.10	27.00	53.00	94.30	37.00	53.00	5.80
39	17.00	58.00	9.50	27.00	58.00	98.30	37.00	58.00	6.00
40	17.00	63.00	10.10	27.00	63.00	104.70	37.00	63.00	6.40
41	17.00	68.00	11.10	27.00	68.00	114.30	37.00	68.00	7.00
42	17.00	73.00	11.10	27.00	73.00	114.90	37.00	73.00	7.10
43	17.00	78.00	8.40	27.00	78.00	87.40	37.00	78.00	5.40
44	17.00	83.00	9.80	27.00	83.00	101.80	37.00	83.00	6.30
45	17.00	88.00	17.00	27.00	88.00	175.40	37.00	88.00	10.80
46	19.50	18.00	23.80	29.50	18.00	71.90	39.50	18.00	2.30
47	19.50	23.00	23.00	29.50	23.00	69.50	39.50	23.00	2.20
48	19.50	28.00	22.30	29.50	28.00	67.30	39.50	28.00	2.10
49	19.50	33.00	21.70	29.50	33.00	65.60	39.50	33.00	2.10
50	19.50	38.00	21.30	29.50	38.00	64.40	39.50	38.00	2.00
51	19.50	43.00	21.20	29.50	43.00	63.90	39.50	43.00	2.00
52	19.50	48.00	21.30	29.50	48.00	64.30	39.50	48.00	2.00
53	19.50	53.00	21.80	29.50	53.00	65.80	39.50	53.00	2.10
54	19.50	58.00	22.70	29.50	58.00	68.50	39.50	58.00	2.20
55	19.50	63.00	24.20	29.50	63.00	73.00	39.50	63.00	2.30
56	19.50	68.00	26.40	29.50	68.00	79.70	39.50	68.00	2.50
57	19.50	73.00	26.60	29.50	73.00	80.10	39.50	73.00	2.50
58	19.50	78.00	20.20	29.50	78.00	60.90	39.50	78.00	1.90
59	19.50	83.00	23.50	29.50	83.00	71.00	39.50	83.00	2.30
60	19.50	88.00	40.60	29.50	88.00	122.30	39.50	88.00	3.90

C.2 Model schatting Geurfactor voor rundvee.

Tabel 6: Model schatting GF voor rundvee voeders. Van 18°C tot 78°C in stappen van 5°C meeltemperatuur. Het eiwit gehalte loopt van 12% tot 39.5% in stappen van 2.5% eiwit.

	Eiwit	Meeltemp	GF	Eiwit	Meeltemp	GF	Eiwit	Meeltemp	GF
1	12.00	18.00	12.00	22.00	18.00	27.70	32.00	18.00	8.10
2	12.00	23.00	11.60	22.00	23.00	26.80	32.00	23.00	7.80
3	12.00	28.00	11.30	22.00	28.00	25.90	32.00	28.00	7.60
4	12.00	33.00	11.00	22.00	33.00	25.30	32.00	33.00	7.40
5	12.00	38.00	10.80	22.00	38.00	24.80	32.00	38.00	7.20
6	12.00	43.00	10.70	22.00	43.00	24.60	32.00	43.00	7.20
7	12.00	48.00	10.80	22.00	48.00	24.80	32.00	48.00	7.20
8	12.00	53.00	11.00	22.00	53.00	25.30	32.00	53.00	7.40
9	12.00	58.00	11.50	22.00	58.00	26.40	32.00	58.00	7.70
10	12.00	63.00	12.20	22.00	63.00	28.10	32.00	63.00	8.20
11	12.00	68.00	13.40	22.00	68.00	30.70	32.00	68.00	9.00
12	12.00	73.00	13.40	22.00	73.00	30.90	32.00	73.00	9.00
13	12.00	78.00	10.20	22.00	78.00	23.50	32.00	78.00	6.90
14	14.50	18.00	12.90	24.50	18.00	17.90	34.50	18.00	7.30
15	14.50	23.00	12.40	24.50	23.00	17.30	34.50	23.00	7.10
16	14.50	28.00	12.00	24.50	28.00	16.70	34.50	28.00	6.80
17	14.50	33.00	11.70	24.50	33.00	16.30	34.50	33.00	6.70
18	14.50	38.00	11.50	24.50	38.00	16.00	34.50	38.00	6.50
19	14.50	43.00	11.40	24.50	43.00	15.90	34.50	43.00	6.50
20	14.50	48.00	11.50	24.50	48.00	16.00	34.50	48.00	6.50
21	14.50	53.00	11.80	24.50	53.00	16.40	34.50	53.00	6.70
22	14.50	58.00	12.30	24.50	58.00	17.00	34.50	58.00	7.00
23	14.50	63.00	13.10	24.50	63.00	18.20	34.50	63.00	7.40
24	14.50	68.00	14.30	24.50	68.00	19.80	34.50	68.00	8.10
25	14.50	73.00	14.30	24.50	73.00	19.90	34.50	73.00	8.10
26	14.50	78.00	10.90	24.50	78.00	15.20	34.50	78.00	6.20
27	17.00	18.00	15.90	27.00	18.00	12.40	37.00	18.00	6.90
28	17.00	23.00	15.40	27.00	23.00	11.90	37.00	23.00	6.60
29	17.00	28.00	14.90	27.00	28.00	11.60	37.00	28.00	6.40
30	17.00	33.00	14.50	27.00	33.00	11.30	37.00	33.00	6.30
31	17.00	38.00	14.20	27.00	38.00	11.10	37.00	38.00	6.20
32	17.00	43.00	14.10	27.00	43.00	11.00	37.00	43.00	6.10
33	17.00	48.00	14.20	27.00	48.00	11.10	37.00	48.00	6.20
34	17.00	53.00	14.60	27.00	53.00	11.30	37.00	53.00	6.30
35	17.00	58.00	15.20	27.00	58.00	11.80	37.00	58.00	6.60
36	17.00	63.00	16.20	27.00	63.00	12.60	37.00	63.00	7.00
37	17.00	68.00	17.60	27.00	68.00	13.70	37.00	68.00	7.60
38	17.00	73.00	17.70	27.00	73.00	13.80	37.00	73.00	7.70
39	17.00	78.00	13.50	27.00	78.00	10.50	37.00	78.00	5.80
40	19.50	18.00	24.50	29.50	18.00	9.60	39.50	18.00	6.60
41	19.50	23.00	23.70	29.50	23.00	9.20	39.50	23.00	6.40
42	19.50	28.00	22.90	29.50	28.00	9.00	39.50	28.00	6.20
43	19.50	33.00	22.40	29.50	33.00	8.70	39.50	33.00	6.00
44	19.50	38.00	22.00	29.50	38.00	8.60	39.50	38.00	5.90
45	19.50	43.00	21.80	29.50	43.00	8.50	39.50	43.00	5.90
46	19.50	48.00	21.90	29.50	48.00	8.60	39.50	48.00	5.90
47	19.50	53.00	22.40	29.50	53.00	8.80	39.50	53.00	6.00
48	19.50	58.00	23.40	29.50	58.00	9.10	39.50	58.00	6.30
49	19.50	63.00	24.90	29.50	63.00	9.70	39.50	63.00	6.70
50	19.50	68.00	27.20	29.50	68.00	10.60	39.50	68.00	7.30
51	19.50	73.00	27.30	29.50	73.00	10.70	39.50	73.00	7.40
52	19.50	78.00	20.80	29.50	78.00	8.10	39.50	78.00	5.60

C.3 Model schatting Geurfactor voor varkens.

Tabel 7: Model schatting GF voor varkens voeders. Van 18°C tot 78°C in stappen van 5°C meeltemperatuur. Het eiwit gehalte loopt van 12% tot 29.5% in stappen van 2.5% eiwit.

	Eiwit	Meeltemp	GF	Eiwit	Meeltemp	GF
1	12.00	18.00	6.20	22.00	18.00	30.00
2	12.00	23.00	6.00	22.00	23.00	29.00
3	12.00	28.00	5.80	22.00	28.00	28.10
4	12.00	33.00	5.70	22.00	33.00	27.40
5	12.00	38.00	5.60	22.00	38.00	26.90
6	12.00	43.00	5.60	22.00	43.00	26.70
7	12.00	48.00	5.60	22.00	48.00	26.80
8	12.00	53.00	5.70	22.00	53.00	27.40
9	12.00	58.00	6.00	22.00	58.00	28.60
10	12.00	63.00	6.30	22.00	63.00	30.50
11	12.00	68.00	6.90	22.00	68.00	33.30
12	12.00	73.00	7.00	22.00	73.00	33.50
13	12.00	78.00	5.30	22.00	78.00	25.40
14	14.50	18.00	12.60	24.50	18.00	5.40
15	14.50	23.00	12.10	24.50	23.00	5.20
16	14.50	28.00	11.80	24.50	28.00	5.10
17	14.50	33.00	11.50	24.50	33.00	4.90
18	14.50	38.00	11.30	24.50	38.00	4.80
19	14.50	43.00	11.20	24.50	43.00	4.80
20	14.50	48.00	11.20	24.50	48.00	4.80
21	14.50	53.00	11.50	24.50	53.00	4.90
22	14.50	58.00	12.00	24.50	58.00	5.10
23	14.50	63.00	12.80	24.50	63.00	5.50
24	14.50	68.00	13.90	24.50	68.00	6.00
25	14.50	73.00	14.00	24.50	73.00	6.00
26	14.50	78.00	10.70	24.50	78.00	4.60
27	17.00	18.00	26.50	27.00	18.00	3.40
28	17.00	23.00	25.60	27.00	23.00	3.30
29	17.00	28.00	24.80	27.00	28.00	3.20
30	17.00	33.00	24.20	27.00	33.00	3.10
31	17.00	38.00	23.80	27.00	38.00	3.00
32	17.00	43.00	23.60	27.00	43.00	3.00
33	17.00	48.00	23.70	27.00	48.00	3.00
34	17.00	53.00	24.30	27.00	53.00	3.10
35	17.00	58.00	25.30	27.00	58.00	3.20
36	17.00	63.00	26.90	27.00	63.00	3.40
37	17.00	68.00	29.40	27.00	68.00	3.70
38	17.00	73.00	29.60	27.00	73.00	3.80
39	17.00	78.00	22.50	27.00	78.00	2.90
40	19.50	18.00	51.70	29.50	18.00	7.30
41	19.50	23.00	50.00	29.50	23.00	7.10
42	19.50	28.00	48.50	29.50	28.00	6.80
43	19.50	33.00	47.20	29.50	33.00	6.70
44	19.50	38.00	46.40	29.50	38.00	6.50
45	19.50	43.00	46.00	29.50	43.00	6.50
46	19.50	48.00	46.30	29.50	48.00	6.50
47	19.50	53.00	47.30	29.50	53.00	6.70
48	19.50	58.00	49.30	29.50	58.00	7.00
49	19.50	63.00	52.60	29.50	63.00	7.40
50	19.50	68.00	57.40	29.50	68.00	8.10
51	19.50	73.00	57.70	29.50	73.00	8.10
52	19.50	78.00	43.90	29.50	78.00	6.20