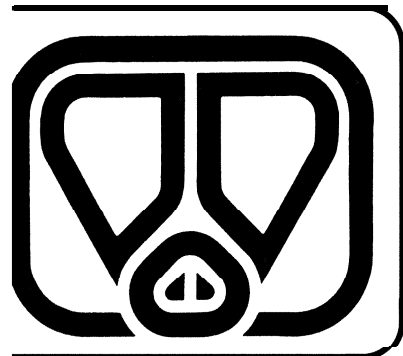


Ir. G.B.C. Backus
E.A. Benschop
J.C. Dessauvagie-Bekius
Dr. G. Th. Timmer

Huisvestingstrajecten voor biggen en vlees- varkens

*Housing traject s for
piglets and fattening pigs*



Proefstation voor de Varkenshouderij
Erasmus Universiteit Rotterdam.
Faculteit der Economische Wetenschap
Vakgroep Mathematische Besliskunde

Postbus 83
5240 AB Rosmalen
Tel.: 04192-86555

A stylized, handwritten signature in black ink that reads 'Erasmus'.

Proefverslag nummer P 1.63
januari 1991

INHOUDSOPGAVE

		Pagina
	SAMENVATTING	4
	<i>SUMMARY</i>	4
1	INLEIDING	6
	<i>INTRODUCTION</i>	6
2	HET OPTIMALISERINGSMODEL EN DE UITGANGSPUNTEN	7
	<i>THE OPTIMIZATION MODEL WITH THE ASSUMPTIONS</i>	7
2.1	Werkwijze van het model	7
2.2	Technische en financiële uitgangspunten	8
3	RESULTATEN MODELBEREKENINGEN	13
	<i>RESULTS OF THE MODEL CALCULATIONS</i>	13
3.1	Beschikbaarheid van arbeid en kapitaal	13
3.2	Aflevergewicht	14
3.3	Oppervlaktebehoefte	14
3.4	Groei en voederconversie	15
3.5	Groeistilstand	15
3.6	Extra kraamzorgvoorzieningen	16
4	DISCUSSIE EN CONCLUSIES	17
	<i>DISCUSSION AND CONCLUSIONS</i>	17
5	GERAADPLEEGDE LITERATUUR	18
	<i>CONSULTED LITERATURE</i>	18
	BIJLAGE 1.	19
	GEMIDDELD GASVERBRUIK IN VERSCHILLENDE HOKTYPEN	
	BIJLAGE 2.	21
	DE DYNAMISCHE PROGRAMMERINGSMETHODE TER BEPALING VAN DE TOEGELATEN HUISVESTINGSTRAJECTEN	
	BIJLAGE 3.	24
	DE N-OPT METHODE TER BEPALING VAN HET OPTIMALE HUISVESTINGSTRAJECT	
6	REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN	27
	<i>PUBLISHED RESEARCH REPORTS</i>	27

VOORWOORD

Het optimaliseren van de houderij van groeiende varkens is de laatste jaren steeds sterker in de belangstelling gekomen. Vanwege de steeds kleiner wordende marges is de noodzaak om optimaal gebruik te maken van de groeimogelijkheden van varkens steeds duidelijker aanwezig. Een economisch optimale houderij betekent dat opbrengsten en kosten in hun onderlinge samenhang moeten worden afgewogen. Modelstudies kunnen hierbij een nuttig hulpmiddel zijn.

In het kader van een projekt, gericht op het optimaliseren van de houderij van varkens in het gewichtstraject van 1 kg tot aan afleveren, is een computermodel ontwikkeld. Hiermee kan het optimale huisvestingstraject voor groeiende varkens worden bepaald.

Om realistische modelresultaten te krijgen is het toepassen van de juiste uitgangspunten een absolute voorwaarde. Verschillende deskundigen hebben geholpen de benodigde gegevens te verzamelen. Dank gaat dan ook uit naar: Sj. Bokma voor het mee vaststellen van de te onderscheiden hoktypen, J.J.M. Schellekens voor het bepalen van de investeringsbedragen van de verschillende hoktypen, CE. van 't Klooster voor het helpen bepalen van het verbruik van energie, P.F.M.M. Roelofs voor het beschikbaar stellen van de benodigde arbeidsgegevens en R. de Koning voor zowel het meedenken over het effect van verplaatsingen op de groei als voor het idee om dit onderzoek uit te voeren,

Ir. G.B.C. Backus

Rosmalen, november 1990

SAMENVATTING

In de praktijk worden voor de slacht bestemde varkens één of twee keer verplaatst naar een ander hok: bij het spenen op een gewicht van 7 - 10 kg en eventueel nog een keer bij een gewicht van 20-30 kg. De behoefte aan meer inzicht in de juiste verplaatsingsmomenten tussen 1 en 106 kg was aanleiding tot het ontwikkelen van een optimaliseringsmodel. Het model berekent het optimale huisvestingstraject van groeiende varkens onder verschillende omstandigheden.

De doelstelling van het model houdt in: maximalisatie van het netto overschot van opbrengsten minus kosten per bedrijf bij een gegeven omvang. Als maat voor de omvang wordt het aantal gemiddeld aanwezige varkens per jaar genomen. De restricties die hierbij gelden zijn het beschikbare kapitaal, de beschikbare arbeidsuren, de beschikbare vloeroppervlakte voor hokken en de voergangen, en het toegelaten gewicht per hoktype.

In de doelstellingsfunctie en de restricties zijn relevante gegevens zoals groeisnelheid, voeropname en prijzen verwerkt.

Het programma berekent eerst het huisvestingstraject via de dynamische programmeringsmethode en gaat dit traject vervolgens met een verbeteringsroutine (de n-opt methode) verbeteren. Met de combinatie van dynamische programmeringsmethode en n-opt methode worden iets betere resultaten bereikt, dan met alleen de dynamische programmeringsmethode. Het optimale huisvestingstraject is afhankelijk van de gekozen restricties.

In de standaard uitgangssituatie wordt een maximaal netto overschot per varkensplaats per jaar bereikt bij een huisvestingstraject waarin 3 keer wordt verplaatst; van kraamhok naar gespeende-biggenghok naar voormesthok en naar afmesthok. Naarmate arbeid in mindere mate aanwezig is, neemt het aantal verplaatsingen in het optimale huisvestingstraject af, evenals het netto overschot per varkensplaats. Het netto overschot per gulden arbeidskosten neemt echter toe met een afnemend aantal verplaatsingen

Als de hoeveelheid beschikbare arbeid sterk wordt beperkt, wordt niet "verplaatsen" als optimale oplossing berekend. Niet

verplaatsen van groeiende varkens tot aan het afleveren blijkt economisch niet interessant te zijn voor praktijkbedrijven. Het bijbehorende netto overschot per varkensplaats is ruim 20 gulden lager dan bij voornoemde trajecten.

Als er geen sprake is van groeistand als gevolg van verplaatsen en als er sprake is van een sterke groeiachterstand als gevolg van verplaatsen, leidt het één keer verplaatsen op week 16 tot het optimale huisvestingstraject. Dit traject komt ook als meest optimale naar voren in geval van aflevergewichten van respectievelijk 95 en 120 kg. In dit huisvestingstraject dat ook bij variërende uitgangssituaties vaak optimaal blijkt te zijn, worden de varkens tot en met week 16 in kraamopfokhokken, en vanaf week 17 in mesthokken gehuisvest. Voor het toetsen van de uitgangspunten zullen deze opties in verder onderzoek worden opgenomen.

SUMMARY

In general slaughterpigs are moved once or twice during their life: at weaning at a live-weight of 8-10 kg and another time at a weight of ZO-30 kg. A need for better understanding of the correct transferring weight between 1 and 106 kg led to the development of an optimization model. The model calculates the optimal housing traject of growing pigs for different restrictions.

The model maximizes the net margin per pig per year. The following restrictions have been formulated: available capital, available labour, available area, total maximum live-weight per pentype.

In the objective function and the restrictions relevant information like growth functions, feed intake and prices have been included. First the model calculates some possible housing trajects with dynamic programming. These trajects are further optimized with the so called n-opt method, which is a heuristic optimising method. The combined use of both methods gives the best results. The optimal housing traject depends on the restrictions chosen. Calculations in the standardsituation lead to the highest net margin per place for the housingtraject in which the pigs are transferred three times; from farrowing pen to a pen for weaned piglets to a pen for growing pigs to a finishing pen.

When the amount of available labour becomes more restrictive, the number of transferring in the optimal housing traject declines. Also the net margin per place declines. The decline in net margin is very limited. When the optimum is calculated as net margin per guilder labour costs, the highest value is calculated for the housing traject with 1 transferring.

A housing traject whereby growing pigs from 1 to 106 kg live in the same pen has a relative low net margin per place.

The housing traject whereby pigs are transferred after 16 weeks from a farrowing pen to a finishing pen was optimal in the case that delivery weight changes into 95 kg or into 120 kg, as well as for the cases that there was no growth depression caused by transferring pigs, and for the case that a strong growth depression was assumed. Therefore the most stable optimal housing traject has a farrowing pen for week 1-16 and a fattening pen for week 17-26.

1 INLEIDING

In troduction

In de praktische varkenshouderij zijn drie hoktypen voor groeiende varkens gangbaar: kraamopfokhokken, hokken voor gespeende biggen en afmesthokken. Dat er zulke verschillende hoktypen voor varkens zijn, komt door de veranderende eisen die varkens gedurende hun groeiperiode aan de huisvesting stellen. De varkenshouder probeert tegen zo laag mogelijke kosten aan veranderende eisen te voldoen. Hierdoor wordt het uiteindelijke huisvestingstraject bepaald.

Verplaatsen van dieren maakt het mogelijk gedurende bepaalde perioden goedkopere hokvormen te benutten. Hierdoor nemen de benodigde kosten van huisvesting af. Daarentegen stijgen de benodigde arbeidskosten. Het huisvestingstraject is echter niet alleen een compromis tussen de kosten van arbeid en kapitaal. Verplaatsen van varkens heeft een negatief effect op varkens. Er treedt meer of minder stressbelasting op, al naar gelang de abruptheid in klimaatsverandering, verandering in de hokinrichting en voersamenstelling, en de wijze van verplaatsen van de dieren. De Werkgroep Gespeende Biggen (literatuur nr. 6) concludeerde daaruit dat er een heroriëntatie op de verplaatsingsmomenten tussen 1 en 106 kg moet plaatsvinden. Scheepens et al (literatuur nr. 4) gaan nog verder en stellen dat varkens gedurende het groeitraject niet verplaatst moeten worden naar andere hoktypen. Dit maakt onderzoek naar het optimale huisvestingstraject voor groeiende varkens relevant. Om deze vraag te kunnen beantwoorden moeten verschillende aspecten gelijktijdig tegen elkaar worden afgewogen.

Door bovengenoemde aspecten modelmatig te beschrijven, wordt het mogelijk het optimale huisvestingstraject onder verschillende omstandigheden te bepalen. De doelstelling van het onderzoek luidt dan ook: het ontwikkelen en analyseren van een model, dat het optimale huisvestingstraject gedurende de gehele leefperiode van groeiende varkens bepaalt, gegeven een aantal mogelijke hoktypen, uitgaande van een nieuw te bouwen bedrijf.

Het optimale huisvestingstraject moet aangeven wanneer en hoelang een varken in

een door het model te bepalen hoktype moet verblijven, zodanig dat het netto overschot per varkensplaats per jaar maximaal is.

2 HET OPTIMALISERINGSMODEL EN DE UITGANGSPUNTEN

The optimization model with the assumptions

2.1 Werkwijze van het model

Het model bepaalt bij welk huisvestingstraject het netto overschot per varkensplaats per jaar maximaal is. Per week wordt nagegaan in welk hoktype de dieren het beste kunnen verblijven.

Het model rekent met een constante instroom van 60 geboren biggen per week en met een bijbehorende afdelingsgrootte van 6 hokken met 10 dieren per hok. Het aantal van de instroom wordt in het model enige keren gecorrigeerd voor uitgevallen dieren.

Het all in all out systeem is van toepassing. De dieren worden alleen als dat noodzakelijk is gedurende de eerste levensweek gemengd. De dieren worden op een leeftijd van 4 weken gespeend.

Er is sprake van een gesloten systeem dat geldt van geboorte tot afleveren.

Gegeven het hoktype waarin de dieren verblijven, worden ze daarin gehouden volgens in de uitgangspunten geformuleerde normen

Er kan worden gerekend met een vast aantal van veertien gedefinieerde hoktypen.

Daarnaast kan voor de eerste week worden gerekend met een hok met extra kraamzorg-faciliteiten (= poliklinische kraamhokken).

Het netto overschot per varkensplaats per jaar wordt gemaximaliseerd. Als restricties gelden daarbij de huisvestingseisen van de varkens in de verschillende groeistadia, en de beschikbare hoeveelheid kapitaal, arbeid en vloeroppervlakte. De beschikbare hoeveelheid arbeid, kapitaal en vloeroppervlak wordt niet per definitie voor 100% benut. In het model worden de kosten van arbeid, kapitaal en grond namelijk in rekening gebracht. Het gebruik van deze factoren blijft daarmee beperkt, afhankelijk van de economische aantrekkelijk ervan.

De output van het model is een huisvestingstraject, dat wil zeggen dat aangegeven wordt wanneer en hoelang een dier in een hoktype zit. Ook geeft het programma het netto overschot per varkensplaats per jaar, de totale opbrengsten en de totale kosten

onderverdeeld in arbeid, energie, afschrijvingen, rente, voer en overige kosten.

Het netto overschot van opbrengsten minus kosten is als volgt opgebouwd:

De baten per dierplaats per jaar zijn gelijk aan :

$$[\text{TOTALE UITSTROOM} * \text{OPBRENGST/VARKEN}] / [\text{TOTALE INSTROOM} / \text{OMZETSNELHEID}]$$

De kosten per dierplaats per jaar zijn gelijk aan :

$$\text{TOTALE KOSTEN} / [\text{TOTALE INSTROOM} / \text{OMZETSNELHEID}]$$

waarbij;

- instroom gelijk is aan het aantal geboren biggen per week;
- uitstroom afhankelijk is van de instroom en de uitval;
- omzetsnelheid afhankelijk is van de groei-functie, aflevergewicht en de groeiachterstand als gevolg van verplaatsingen;
- kosten zijn opgebouwd uit kosten voor energie, voer, levende have, arbeid (verzorgen en verplaatsen), kapitaal (rente, afschrijvingen en onderhoud) en algemene kosten.

In bijlage 2 en 3 wordt de rekenmethode uitgebreid toegelicht.

Om het netto overschot per jaar te bepalen moet het volgende bekend zijn:

1. niveau en verloop van de groei (groei-functie) en de voeropname;
2. investeringskosten van de gedefinieerde hoktypen (hierbij is het mogelijk om bij hoktype 1 een extra kostenpost toe te voegen voor extra kraamzorg in de eerste levensweek. De uitvalpercentages moeten dan worden gecorrigeerd;
3. de hokoppervlakte die een varken van een bepaald gewicht nodig heeft;
4. de omgevingstemperatuur voor een varken van een bepaald gewicht;
5. arbeidstijden voor verzorgen en verplaatsen van varkens;
6. energiekosten per hoktype per leeftijdsgroep;

7. extra energiekosten als gevolg van het omhokken van varkens;
8. de groeistilstand (in dagen) veroorzaakt door het verplaatsen. Dit kan per leeftijd verschillend zijn;
9. de afschrijvingspercentages;
10. prijzen van arbeid, voer, gas, electriciteit en rentepercentages;
11. uitvalpercentages tijdens het gewichtstraject;
12. bedrijfsgegevens betreffende beschikbare arbeid, kapitaal en grond

2.2 Technische en financiële uitgangspunten

Gedefinieerde hoktypen

De hoktypen zijn zodanig gedefinieerd dat wordt voldaan aan de behoefte die een varken aan zijn omgeving stelt. Dat houdt in dat een hoktype wordt bepaald op basis van zijn oppervlakte en het stalklimaat in het hok, ventilatie en temperatuurmogelijkheden.

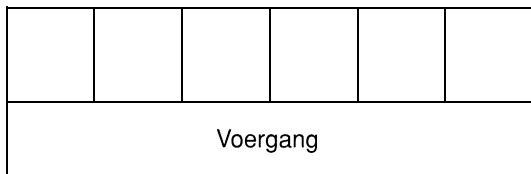
Een afdeling bestaat uit zes dezelfde hokken met 10 dieren per hok.

Alle hoktypen hebben een gedeeltelijk roostervloer. Er wordt automatisch gevoerd. Verder is het voersysteem buiten beschouwing gelaten.

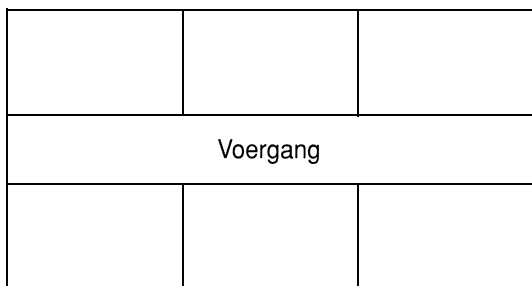
Er zijn in totaal 14 hoktypen gedefinieerd, ieder met hun eigen oppervlakte en

gewichtsgrenzen. Deze grenzen zijn weergegeven in tabel 1.

In figuur 1 en 2 is de indeling van de afdeling bij verschillende modellen van mogelijke hoktypen weergegeven. De voergang is 1.0 meter breed.



Figuur 1. Indeling van de afdeling voor de hoktypen 1 t/m 6 en 8 t/m 14.

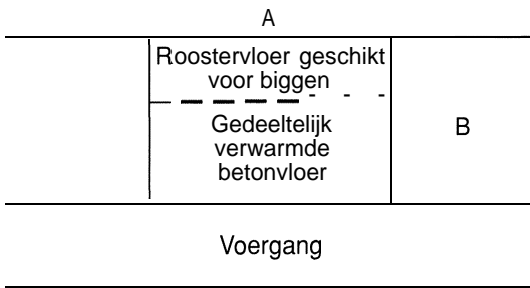


Figuur 2. Indeling van de afdeling bij hoktype 7.

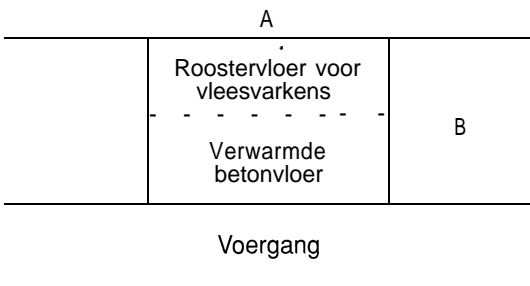
Tabel 1: Oppervlakte en toegestane gewichtstraject van diverse hoktypen
Table 1: *Area and allowed weighttraject for different pentypes*

Hoktype	Hokoppervlak (A x B)	Beschikbare opp./dier in m ²	Min gewicht (kg)
1	2,2 x 1,8	0,40	0
2	1,15 x 1,8	0,21	7
3	1,15 x 2,4	0,28	7
4	2,2 x 1,8	0,40	7
5	2,75 x 1,8	0,50	0
6	1,8 x 2,75	0,50	23
7	3,5 x 1,8	0,63	0
8	1,8 x 3,5	0,63	23
9	3,75 x 2,0	0,75	0
10	2,0 x 3,75	0,75	23
11	4,0 x 2,2	0,88	0
12	2,2 x 4,0	0,88	23
13	5,0 x 2,2	1,10	0
14	2,2 x 5,0	1,10	23

In figuur 3, 4, 5 en 6 worden de hoktypen weergegeven. Alleen in hok 1, 5, 7, 9, 11 en 13 is een zeugenbox aanwezig.



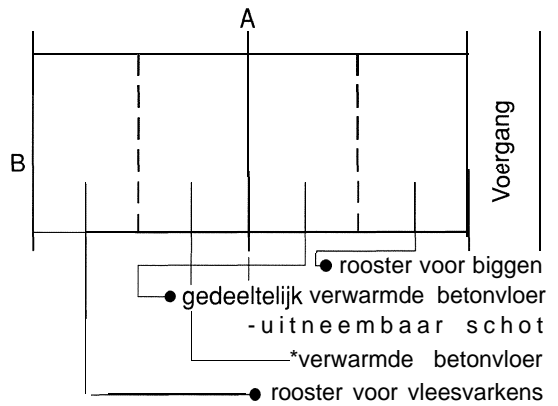
Figuur 3. Hoktypen 1, 2 en 3



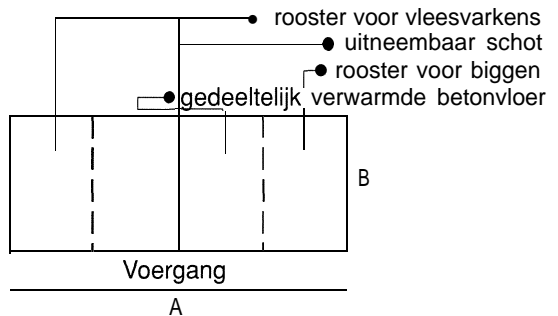
Figuur 4. Hoktypen 4, 6, 8, 10, 12 en 14

Benodigde investeringen

Onder benodigde investeringen worden de eenmalige bouwkosten per afdeling van een bepaald hoktype verstaan. Met kapitaal kos-



Figuur 5. Hoktypen 5, 9, 11 en 13



Figuur 6. Hoktype 7

ten worden de jaarlijkse kosten van rente, afschrijving en onderhoud bedoeld.

Bij de bepaling van de investeringskosten per afdeling is uitgegaan van nieuwbouw. Kapitaalkosten worden berekend op basis

Tabel 2: Investering per afdeling van 60 dieren per hoktype.

Table 2: *Investment per compartment for 60 pigs per pentype.*

Hoktype	Investering (gld)
1 Kraamhok	32.400
2 Klein gespeende-biggenhok	22.500
3 Gespeende-biggenhok	24.000
4 Groot gespeende-biggenhok	27.600
5 Ruim kraamhok	37.200
6 Klein voormesthok	31.500
7 Groot kraamhok	40.200
8 Voormesthok	35.100
9 Kraam/mest-hok	45.000
10 Mesthok	38.400
11 Ruim kraam/afmest-hok	48.300
12 Ruim mesthok	41.700
13 Groot kraam/mest-hok	55.200
14 Groot mesthok	48.000

van investeringskosten. De rente wordt gesteld op 8%. De afschrijvingen worden als volgt bepaald: 38% van het totale investeringsbedrag over 30 jaar (ruwbouw), 34% van het totale investeringsbedrag over 15 jaar (inrichting) en 28% van het totale investeringsbedrag over 7,5 jaar (inventaris). Er wordt over 1,5% van de investering onderhoudskosten berekend. In het programma is het mogelijk de rente, en de investeringen aan te passen, om alternatieve uitgangssituaties door te kunnen rekenen. In geval er wordt gerekend met extra kraamzorgfaciliteiten, wordt voor de eerste week een extra bedrag in rekening gebracht. Dit kan door de gebruiker worden ingevoerd.

Benodigde arbeid

De benodigde werktijd per dier is onderverdeeld in benodigde tijd voor dagelijkse verzorging en in verplaatsingstijden (omhokken en reinigen).

De benodigde werktijd per dier voor dagelijkse verzorging is afhankelijk van de leeftijd van de varkens, maar ook van de bedrijfsomvang en de mechanisatiegraad. De arbeidsbehoefte rond het werpen is hoog en ook na het werpen is er veel tijd nodig voor couperen, ijzer injecteren, enzovoort. Later komt het castreren en krijgen de biggen de eerste brokjes, die in kleine hoeveelheden en vaak moeten worden versprekt. Ook is extra controle nodig bij overschakelingen op andere voersoorten. De werktijd voor omhokken en reinigen wordt deels bepaald door de leeftijd van de varkens. Er is een omslagpunt rond de 30 kg. Beneden dat gewicht worden de biggen in een kar getild en met een kar getransporteerd naar het andere hok. Boven een gewicht van 30 kg worden de dieren gedreven en moeten naderhand de gangen worden schoongemaakt.

Tabel 3: Arbeidstijden voor verzorgen en verplaatsen van varkens.
Table 3: *Labour requirements for daily care and transferring pigs.*

werk	benodigde tijd per afdeling (uren per week)
verzorgen tot 10 kg	2
verzorgen vanaf 11 kg	1
verplaatsen tot 25 kg	3
verplaatsen vanaf 26 kg	6

Voor de arbeidstijd bij het verplaatsen gelden verder nog de volgende invloedsfactoren; transportmiddel, transportafstand, hoktype waaruit de dieren vandaan komen en het aantal dieren per hok.

Voor de reinigingstijd is verder ook de bezettingsduur per hok, de diercategorie en de inweerkmethode van belang.

In het model wordt van de in tabel 3 weergegeven arbeidstijden uitgegaan.

Energieverbruik

Het gasverbruik per hoktype per leeftijdsgroep is bepaald met behulp van het IMAG-pakket STALKL. In de figuren 7, 8 en 9 zijn deze weergegeven voor kraamopfokhokken, hokken voor gespeende biggen en voor mesthokken. In bijlage 1 is het gasverbruik met de bijbehorende uitgangspunten volledig weergegeven.

Daarnaast is het gemiddelde electriciteitsverbruik voor verlichting en ventilatie per afdeling per leeftijdsgroep bepaald (zie figuur 10).

Ligruimtebehoefte

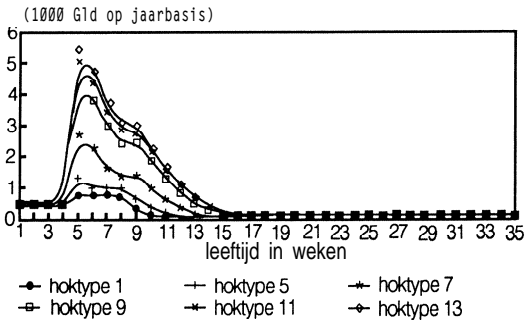
In het model is een formule voor de bepaling van de benodigde hokoppervlakte per dier ingebouwd: voor de huidige situatie is de formule zoals hieronder is weergegeven correct. Voor de welzijnsnorm zoals die in de toekomst waarschijnlijk opgelegd zal worden, moet de factor 0,035 worden vervangen door de factor 0,042.

Huidige formule :

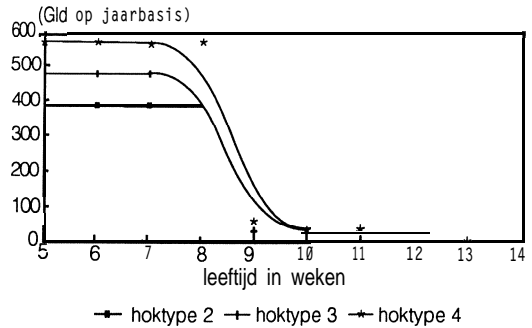
Benodigde oppervlakte per dier =

$$0,035 \times W^{0,66}$$

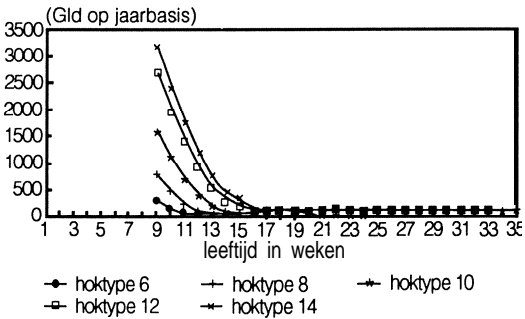
waarbij W = gewicht



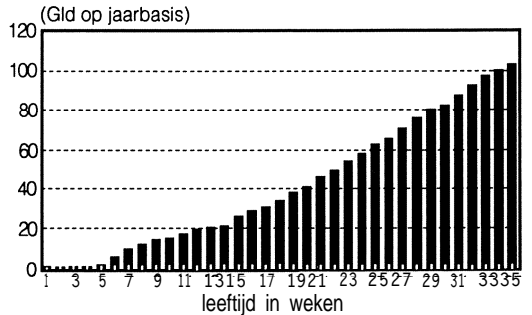
Figuur 7. Gasverbruik per afdeling kraamopfokhokken.



Figuur 8. Gasverbruik per afdeling biggenopfokhokken.



Figuur 9. Gasverbruik per afdeling mesthokken.



Figuur 10. Electriciteitsverbruik per afdeling

Groei, voeropname en uitval

De gemiddelde groei per dier per dag bepaalt hoe lang een varken er over doet om het gewenste aflevergewicht te bereiken. Het verloop van de groei over de periode van 1 tot en met 106 kg heeft grafisch gezien het karakter van een S-curve. De groeifunctie uitgedrukt in gram groei per dag is:

Groei per dag van 0 tot en met 28 dagen = $3,92 * t + 166$

Groei per dag van 29 tot en met 70 dagen = $5,33 * t + 127$

Groei per dag van dag 71 tot afleveren = $7000 * \exp[-0,007 * t - 150/t]$

waarbij t; leeftijd in dagen

De eerste delen van de groeicurve zijn gebaseerd op lineaire interpolaties van gegevens van de Werkgroep Gespeende Biggen (literatuur nr. 6). De groeifunctie vanaf 71 dagen is gebaseerd op Kanis (literatuur nr. 2).

In het model kan de groeicurve worden aangepast door de gemiddelde groei over het gehele traject van 1,5 kg tot en met het aflevergewicht te geven. Deze groeiaanpassing wordt gelijkmatig verdeeld over het gehele traject.

Standaard staat de gemiddelde groei op 575 gram per dag. Dit komt overeen met 740 à 750 gram groei voor een normaal mesttraject.

Oppervlakteoverschot (lichte dieren in grote hokken) wordt verondersteld geen invloed te hebben op de groei van de dieren. Wel

nemen dan de verwarmingskosten toe in het model. Volgens het model heeft alleen het verplaatsen invloed op het verloop van de groei tijdens het traject.

De voeropname wordt berekend uit de voerconversie en de groeifunctie. De standaardwaarde voor de voerconversie in het model is gelijk aan 2,98. Deze waarde kan door de gebruiker worden aangepast.

De uitval is in drie trajecten opgedeeld en is gedefinieerd als een percentage van de instroom. De standaardpercentages zijn:

10% in de eerste week,

3% in week 2 tot en met 4,

2% vanaf week 5 tot aan afleveren.

Bij het gebruik van extra kraamzorg in de eerste levensweek, moet naast de extra investeringskosten ook de uitval in de eerste week worden aangepast. Dit gebeurt niet automatisch.

Prijzen

De hiernagenoemde prijzen zijn ontleend aan het landelijke Biggenprijzenschema van het Landbouwschap. De prijzen zijn standaard ingebouwd, maar kunnen door de gebruiker worden aangepast.

Voer (gemiddelde voor biggen- en afmestvoer)	; f 0,55 per kg
Electriciteit	; f 0,18 per Kwh
Gas	; f 0,47 per m ³
Petroleum	; f 0,60 per liter
Arbeid	; f 30,50 per uur
Gemiddelde waarde per aanwezig varken	; f 180,-
Overige kosten (water, gezondheidszorg etc.)	; f 6,-

Bedrijfsgegevens

De bedrijfsgegevens hebben betrekking op beschikbaar arbeid, kapitaal en grond.

Deze waarden zijn door de gebruiker zelf aan te passen. Standaard wordt echter gerekend met 900.000 gulden beschikbaar kapitaal, met 45 beschikbare arbeidsuren per week en met 2000 m² vloeroppervlakte voor hokken en voergangen.

Aflevergewicht en opbrengst afgeleverde varkens

Als standaard is in het model het huidige aflevergewicht van 105 kg genomen, met een bijbehorende opbrengst per afgeleverd varken van f 280,-. Het is mogelijk om het aflevergewicht te variëren tot een gewicht van 160 kg bij de standaard oppervlaktebehoefte. Indien de formule voor de oppervlaktebehoefte verandert, verandert het maximale aflevergewicht mee, omdat het grootste hoktype begrenzend werkt. De opbrengst per afgeleverd varken kan los van het aflevergewicht worden veranderd.

Groeistilstand bij verplaatsen

De groeistilstand als gevolg van verplaatsen is in drie categorieën verdeeld. Daarbij wordt van de volgende waarden uitgegaan:

5 dagen groeistilstand in de eerste 4 weken,

2 dagen groeistilstand in week 5 tot en met 11,

1 dag groeistilstand vanaf week 12 tot aan afleveren.

Deze drie waarden zijn in het model aan te passen.

De groeistilstand veroorzaakt door het omhokken blijft na 10 weken redelijk constant. In de eerste levensweken kan de groeistilstand echter relatief hoog zijn. Tegelijkertijd omhokken en spenen kan de groei aanzienlijk remmen. Dit is echter sterk bedrijfsafhankelijk.

3 RESULTATEN MODELBEREKENINGEN

Results of the model calculations

In dit hoofdstuk wordt berekend wat het optimale huisvestingstraject is, als de standaard uitgangspunten, zoals geformuleerd in het hoofdstuk 2, worden gehanteerd. Vervolgens wordt in 3.2 tot en met 3.6 nagegaan wat de invloed op het traject is van variaties in de uitgangspunten

3.1 Beschikbaarheid van arbeid en kapitaal

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de modelberekeningen voor de standaard-situatie alsmede voor een aantal alternatieve situaties weergegeven. Uitgangspunt voor de bepaling van de optimale huisvestingstrajecten vormt het netto overschot in gulden.

In tabel 4 worden de berekende optimale huisvestingstrajecten voor de standaard-situaties weergegeven, met dien verstande dat de beschikbare arbeid en kapitaal variëren.

De modelberekeningen zijn uitgevoerd op basis van een instroom van 60 geboren biggen per week. Zou er geen sprake van uitval zijn, dan komt dat bij een groeitraject van 26 weken overeen met een bedrijf van 1560 plaatsen ($60 \times 52 / 2$) voor varkens van 1 tot 106 kg. Bij een groeitraject van 25 weken zouden dat 1500 varkensplaatsen ($60 \times 52 / 2,08$) zijn.

Uit de berekeningen blijkt dat bij een standaard-situatie een maximaal netto overschot per varkensplaats per jaar van 72 gulden

wordt bereikt bij een huisvestingstraject waarin 3 keer wordt verplaatst; van kraamhok naar gespeende-biggenhok naar voor-mesthok en naar afmesthok.

Naarmate arbeid in mindere mate aanwezig is, nemen de verplaatsingen in het optimale huisvestingstraject af. Het in de praktijk meest bekende traject van kraamhok naar gespeende biggenhok naar mesthok komt als optimaal naar voren als het uitgangspunt ten aanzien van de hoeveelheid beschikbare arbeid wordt veranderd in 40 uren per week. Wordt arbeid nog verder beperkt tot 37 uren per week, dan worden de varkens 16 weken gehuisvest in het kraamopfokhok en vervolgens naar een mesthok verplaatst. Datgene wat het optimale huisvestingstraject wordt genoemd is afhankelijk van de factor waarover het netto overschot wordt gemaximaliseerd. Het model maximaliseert het netto overschot per plaats (een indicatie voor de winst per gulden geïnvesteerd kapitaal). Zouden we het netto overschot per gulden arbeidskosten (een indicatie voor het inkomen per arbeidskracht) als maatstaf nemen, dan verandert de genoemde volgorde van optimaal zijn van de huisvestingstrajecten. Het traject met 1 verplaatsing is dan optimaal, gevolgd door 2 verplaatsingen, gevolgd door 3 verplaatsingen. Als de hoeveelheid beschikbaar kapitaal verder wordt verruimd tot 925.000 gulden en de beschikbare arbeid blijft beperkt tot 37 uren, dan blijft het traject met 1 keer verplaatsen na 16 weken nog steeds optimaal.

Tabel 4: Optimale huisvestingstrajecten in de standaard-situatie; beschikbare arbeid en kapitaal variëren.

Table 4. *The optimal housingtraject under different situations.*

Optimaal huisvestingstrajecten: van week... tot week... in hoktype . .	1- 4; 1 5-10; 3 11-20; 6 21-26; 10	1-4; 1 5-11; 3 12-25; 10	1-16; 1 17-25; 10	1-25; 9
Netto overschot:				
- per varkensplaats	72	70	71	50
- per gld arbeidskosten	1,67	1,75	1,92	1,61
Investering (x1000 gld)	810	866	892	1125
Beschikbare arbeidsuren/week	45	40	37	32
Beschikbaar kapitaal(1000 gld)	900	900	900	1200

Wel wordt het traject met 1 keer verplaatsen na 12 weken een goede suboptimale mogelijkheid met een netto overschot van 68 gulden per varkensplaats.

Als de hoeveelheid beschikbare arbeid nog verder wordt beperkt tot 32 uren per week, wordt "niet verplaatsen" in die situatie als optimale oplossing berekend. Niet verplaatsen van groeiende varkens tot aan het afleveren toe blijkt economisch niet interessant te zijn, gezien het relatief lage bijbehorende netto overschot. De huisvestings- en energiekosten van zulke combi-hokken zijn te hoog. De kapitaalskosten nemen per varkensplaats toe met 29 gulden ten opzichte van de standaard situatie. De energiekosten nemen met 14 gulden per varkensplaats toe ten opzichte van de standaard situatie. Anderzijds neemt het saldo van opbrengst minus voerkosten met 9 gulden toe en dalen de arbeidskosten per varkensplaats met 12 gulden. In totaal daalt hierdoor het netto overschot met 22 gulden per varkensplaats per jaar ten opzichte van de standaarduitgangssituatie.

3.2 Aflevergewicht

In tabel 5 is de invloed van het op een lager of hoger gewicht afleveren weergegeven. Hierbij is uitgegaan van 1.000.000 gulden beschikbaar kapitaal en 40 beschikbare wekelijkse arbeidsuren. Zowel de gemiddel-

de daggroei als de voerconversie zijn gecorrigeerd voor het op een hoger dan wel lager gewicht afleveren.

Uit tabel 5 blijkt dat de optimale huisvestingstrajecten niet sterk veranderen bij lagere aflevergewichten. Bij een toenemend aflevergewicht neemt het netto overschot sterk af. De extra opbrengsten compenseren de toegenomen voerkosten in onvoldoende mate.

De investering is hoger bij een aflevergewicht van 120 kg, voornamelijk omdat er bij een langer groeitraject meer hokken nodig zijn om de wekelijkse instroom van 60 biggen te kunnen huisvesten.

Zowel voor het aflevergewicht van 95 als dat van 120 kg is tevens de beste suboptimale oplossing weergegeven. Dit om te laten zien dat er weinig verschil in netto overschot per plaats is tussen de "beste" en de "naast beste" oplossing. Bij de suboptimale oplossingen wordt 2 keer verplaatst.

3.3 Oppervlaktebehoefte

In de standaard situatie rekent het model met de oppervlakterestrictie 0,035 maal het lichaamsgewicht tot de macht 0,66. Indien de nieuwe gezondheids- en welzijnswet voor dieren wordt ingevoerd' gelden andere oppervlakenormen. In de oppervlakterestrictie wordt de factor 0,035 dan vervangen

Tabel 5. Invloed van het eindgewicht op het optimale huisvestingstraject.
Table 5. *Sensitivity of the optimal housing trajectory for delivery weight.*

	I	II
Aflevergewicht (kg)	95	120
Opbrengst per varken (gld)	253	320
Groei(gram/dag)	567	583
Voerconversie	2.91	3.05
Beschikbare arbeid (uren/week)	40	40
kapitaal (gld)	1.000.000	1.000.000
Optimaal huisvestingstraject	1-16;1 17-24; 10	1-16;1 17-28; 10
Netto overschot per plaats	66	52
Totale investering (gld)	816.000	969.000
Su boptimum: netto overschot(gld)	65	51
huisvestingstraject	1-4;1 5-11;3 12-24;10	1-4;1 5-11;3 12-28;10

door 0,042.

De invloed daarvan op het optimale huisvestingstraject is in tabel 6 weergegeven.

In vergelijking met de standaard situatie blijkt het noodzakelijk te worden de dieren eerder naar een groter hok te verplaatsen. Daarnaast neemt het gewenste aantal verplaatsingen af tot een verplaatsing na 13 weken.

De hogere investeringen leiden tot een afname van het netto overschot.

Bij nieuwbouw is een alternatief het vergroten van de oppervlakte van de gedefinieerde hoktypen met de factor 0,042/0,035. Bij de in tabel 6 gepresenteerde resultaten is hier niet mee gerekend.

3.4 Groei en voederconversie

Als gevolg van een gunstiger groei en voederconversie dalen de voerkosten per kg groei en de kapitaalkosten per plaats en worden de varkens eerder afgeleverd. Hierdoor stijgt het netto overschot.

Bij een verbetering van de groei van 575 naar 625 gram per dag over het traject van 1,5 tot 106 kg, en een verbetering van de voerconversie van 2.98 naar 2.75 neemt het netto overschot toe van 72 naar 105 gulden per varkensplaats per jaar. Hierbij zijn twee

optimale huisvestingstrajecten berekend. Het eerste traject wordt gekenmerkt door 4 weken kraamhok, van week 5 tot en met 11 gespeende biggenhokken en van week 12 tot en met 24 mesthokken. Het tweede traject wordt gekenmerkt door de eerste 12 weken een kraamopfokhok en van week 13 tot en met 24 een mesthok. Daarbij zijn wekelijks 35 arbeidsuren en in totaal f 828.000,- aan kapitaal nodig.

3.5 Groeistilstand

De invloed van de groeistilstand als gevolg van verplaatsen op het optimale huisvestingstraject wordt inzichtelijker door de duur van de groeistilstand te varieren in de modelberekeningen.

Als de groeistilstand als gevolg van verplaatsen gelijk aan nul wordt gesteld, berekent het model als optimum dat huisvestingstraject waarbij de varkens 16 weken in een kraamopfokhok worden gehuisvest en vervolgens naar een mesthok worden verplaatst.

Hetzelfde gebeurt wanneer de groeistilstand als gevolg van verplaatsen op respectievelijk 10 dagen bij de eerste 4 weken, 7 dagen bij week 5-11 en 7 dagen vanaf week 12 wordt gesteld. De duur waarin groeistilstand bij verplaatsen optreedt

Tabel 6. Invloed van de nieuwe oppervlakenormen in de Gezondheids- en Welzijnswet voor dieren op het optimale huisvestingstraject.

	Optimum in standaard situatie	Optimum bij 0.042 ipv 0.035
Optimaal huisvestingstraject	1-4; 1 5-10; 3 11-20; 6 21-26; 10	1-13; 1 14-25; 12
Netto overschot per plaats	72	65
Totale investering (gld)	810.000	949.000

Tabel 7. Invloed van groeistilstand op het optimale huisvestingstraject.

	Geen groeistilstand	Groeistilstand 10, 7 en 7 dagen
Optimaal huisvestingstraject	1-16; 1 16-25; 10	1-16; 1 17-26; 10
Netto overschot per plaats	78	71
Totale investering (gld)	854.000	892.000

heeft blijkbaar slechts een beperkte invloed op het optimale huisvestingstraject.

3.6 Extra kraamzorgvoorzieningen

In het model wordt er van uitgegaan dat aan alle eisen die het groeiende varken aan de omgeving stelt qua huisvesting, voeding, klimaat en ruimte wordt voldaan, voor zover dat in de praktijk mogelijk en gebruikelijk is. Echter, in de eerste levensdagen zijn de eisen van de jonge biggen tot op zekere hoogte tegengesteld aan die van de zeug, die in dezelfde ruimte aanwezig is. De temperatuurbehoefte en de eisen aan de hokrichting zijn anders voor de biggen dan voor de zeug.

Het model heeft de mogelijkheid het huisvestingstraject van 1 tot 106 kg te optimaliseren, er van uitgaande dat de biggen in de eerste week worden gehuisvest in een hok met additionele kraamzorgfaciliteiten. Daarbij wordt verondersteld dat de biggensterfte over week 1 tot en met 4 afneemt van 10% naar 4%. De extra investeringen worden gesteld op een drieduizend gulden per kraamhok. Dit komt overeen met extra jaar-kosten voor kraamzorgfaciliteiten ter grootte van 563 gulden per kraamhok per jaar.

De optimale huisvestingstrajecten blijken alleen wezenlijk te veranderen voor de eerste levensweek. Vanaf week 2 zijn is het optimale traject identiek aan huisvestings-traject nr 2 in de standaardsituatie (tabel 4). Dat wil zeggen 4 weken kraamhok, 7 weken gespeende biggenhok en vervolgens mesthok.

4 DISCUSSIE EN CONCLUSIE

Discussion and conclusions

Uit de resultaten van de modelberekeningen zijn de volgende conclusies te trekken:

Meerdere huisvestingstrajecten hebben een netto overschot per plaats dat bijna gelijk is aan dat van het huisvestingstraject met 3 verplaatsingen. Het traject waarbij slechts 1 keer wordt verplaatst op 16 weken is zowel qua arbeid als effecten op het dier interessant.

De beschikbaarheid van arbeid en kapitaal zijn van grote invloed op de keuze voor het aantal verplaatsingen. Naarmate relatief meer arbeid beschikbaar is, neemt het aantal verplaatsingen toe, althans onder de huidige prijsverhoudingen. Het optimale huisvestingstraject is sterk afhankelijk van de bedrijfsomstandigheden.

Het huisvestingstraject met slechts één verplaatsingsmoment op 16 weken bleek bij variërende uitgangspunten (groeistilstand nihil, langdurige groeistilstand, laag eindgewicht, hoog eindgewicht, grotere oppervlaktebehoefte) als meest optimale traject naar voren te komen en is daarmee als het meest stabiele te kenmerken. Alleen in geval van een grotere oppervlaktebehoefte trad het ene optimale verplaatsingsmoment eerder op en wel na 13 weken.

Verplaatsen en reinigen is onaangenaam werk. Dat betekent dat het optimale traject niet alleen door de verhouding tussen opbrengsten en kosten moet worden bepaald.

Recentelijk is aandacht besteedt aan de perspectieven van het Specific Stress Free (S.S.F.) systeem, waarin de dieren niet worden verplaatst. De model berekeningen geven aan dat het economisch perspectief van dit systeem beperkt is.

De stabiliteit van het huisvestingstraject met slechts een verplaatsing op 16 weken (13 weken in geval van een grotere oppervlaktebehoefte) maakt dit traject aantrekkelijk voor de praktische varkenshouderij op gesloten bedrijven.

Een bijkomend voordeel van dit huisvestingstraject is dat biggen niet meer op jonge

leeftijd worden verplaatst. Verplaatsingsmoment en speenmoment worden uit elkaar getrokken, zodat de belasting voor gespeende biggen sterk afneemt. Daarmee is dit traject volgens de modelberekeningen een serieus alternatief voor de bestaande huisvestingstrajecten. De belangrijkste conclusies gebaseerd op de modelberekeningen zullen in de komende jaren in het praktijkonderzoek worden getoetst.

5 GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Consulted literature

1. Jensen, P.A., Students guide to operations research, Holden/Day, 1986.
2. Kanis, E., Food intake capacity in relation to breeding and feeding of growing pigs, Wageningen, 1988.
3. Kolen, A.W.J., Dictaat Mathematische Besliskunde 2, Erasmus Universiteit, 1986.
4. Scheepens, C.J.M., M.J.M. Tielen en P.R. Wiepkema, Nieuwe mogelijkheden tot het verhogen van de gezondheids- en welzijnsstatus van varkens door introductie van het "Specific Stress Free" (SSF)-systeem, Tijdschrift voor Diergeneeskunde, deel 115, afl. 18, 1990.
5. Wagner, H.M., Principles of operations research, Prentice hall international, 1975.
6. Werkgroep gespeende biggen, Gespeende biggen, P 1.42, Rosmalen, 1989.
7. Werkgroep klimaatsnormen varkensstallen, Klimaatsnormen voor varkens, P 1.43, Rosmalen, 1989.
8. Werkgroep staltypen varkenshouderij, Staltypen voor mestvarkens, IMAG, 1985
9. Werkgroep voorlichting welzijn varkens, Documentatiebundel over wetgeving en voorlichting welzijn van varkens, Ministerie van Landbouw en Visserij, 1988.

BIJLAGE 1. GEMIDDELD GASVERBRUIK IN VERSCHILLENDE HOKTYPEN (PER AFDELING IN GLD PER JAAR, BEREKEND OP BASIS VAN IMAG PAKKET STALKL), OMSCHRIJVING VAN HOKTYPEN, TEMPERATUURBEHOEFTE VAN VARKENS EN MAXIMUM GEWICHT PER HOKTYPE.

NR	1	5	7	9	11	13	2	3	4	6	8	10	12	14
1	391	410	437	462	489	536								
2	388	405	430	453	478	520								
3	385	401	424	445	468	506								
4	384	399	421	442	464	500								
5	751	1316	2710	4405	5050	5451	381	478	568					
6	746	996	2236	3788	4402	4679	384	477	568					
7	743	973	1639	2956	3457	3668	383	477	568					
8	740	969	1333	2404	2828	3041	383	476	566					
9	255	649	1443	2471	2825	2995		30	62	327	791	1617	2694	3173
10	109	374	988	1849	2159	2249		30	35	151	479	1117	1992	2397
11	46	180	609	1283	1545	1607			35	52	247	713	1418	1754
12	46	67	332	828	1033	1075			0	48	101	408	941	1185
13	46	60	158	493	631	674			0	48	63	201	569	770
14	46	60	81	257	352	379			0	0	63	85	312	440
15		60	81	181	252	273				0	63	85	222	330
16		0	81	106	118	129				0	0	85	110	161
17			81	106	114	116					0	85	110	120
18			81	106	114	116					0	85	110	120
19			81	106	114	116					0	85	110	120
20				106	114	116					0	85	110	120
21				106	114	115						0	110	120
22				106	114	115						0	110	120
23				106	114	115						0	110	120
24				106	114	115						0	110	120
25					114	115							110	120
26					114	115							110	120
27					114	115							110	120
28					114	115							110	120
29					114	115							110	120
30					114	115							110	120
31					114	115							110	120
32					114	115							110	120
33					114	115							110	120
34					114	115								120
35						115								120

NR = betreffende weeknummer

Hoktypen 1,5,7,9,11,13: Kraamopfokhokken

Hoktypen 2,3,4 : Biggenopfokhokken

Hoktypen 6,8,10,12,14: Mesthokken

Weeknummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Min. temperatuur	25	23	21	20	24	23	22	21	19	18	17	16	15	14	13	12									

Voorbehandel delucht van week 1 t/m 8 op 11oC (bijverwarming week 1-8)

Hoktype	1	5	7	9	11	13	2	3	4	6	8	10	12	14
Afd.lengte	2.8	2.8	2.8	3.0	3.2	3.2	2.8	3.4	2.8	3.75	4.5	4.75	5.0	6.0
Afd.breedte	13.2	16.5	21	22.5	24.0	30.0	6.9	6.9	13.2	10.8	10.8	12.0	13.2	13.2
Eindgewicht	56	75	105	140	150	150	20	25	40	56	75	105	140	150

BIJLAGE 2. DE DYNAMISCHE PROGRAMMERINGSMETHODE TER BEPALING VAN DE TOEGELATEN HUISVESTINGSTRAJECTEN

Als het probleem van het vinden van een traject wordt gezien als het zoeken van het beste pad vanaf geboorte tot het bereiken van het aflevergewicht, dan ligt het voor de hand te zoeken naar een dynamische programmeringsformulering. Met behulp van een recursieve formule is het mogelijk een traject te bepalen. Of een bepaald hoktype is toegestaan in een bepaalde week, hangt mede af van de restricties die voor elke week worden nagegaan. Er is een recursieve formulering opgesteld, die voor een verschillend aantal verplaatsingen het beste traject kan bepalen. Het aantal en het moment van verplaatsen wordt geoptimaliseerd. Dus berekent de recursieve formulering voor elk tijdstip en gewicht het optimale traject om daar te komen.

$$F_i(S_i, X_i) = \min_{X_{i-1}} \{F_{i-1}(S_{i-1}, X_{i-1}) + OK_i(S_i, X_i, X_{i-1})\} + VK_i(S_i, X_i)$$

voor alle mogelijke S_i

Waarbij

i : leeftijd in weken

S_i : aantal verplaatsingen tot en met week i

X_i : hoktype waarin varkens van i weken oud verblijven

F_i : minimale kapitaal-, energie-, voer-, verzorgings- en verplaatsingskosten per week die nodig zijn om een x aantal varkens van leeftijd 0 tot i weken te houden, er van uitgaande dat de varkens in week i in hoktype X_i zitten en er tot en met week i S_i verplaatsingen zijn geweest.

VK_i : verzorgingskosten voor varkens van i weken oud, na S_i verplaatsingen

OK_i : verplaatsingskosten van hoktype X_{i-1} naar hoktype X_i voor varkens van i weken oud na S_i verplaatsingen (als $X_i = X_{i-1}$ zijn deze kosten gelijk aan 0).

De verplaatsingskosten zijn onafhankelijk van het type hok waar de varkens uitkomen, echter wel van het aantal verplaatsingen (vanwege het gewicht van de varkens).

Gegeven de waarde van i wordt $F_i(S_i, X_i)$ bepaald voor alle mogelijke waarden van S_i en X_i . Hierbij wordt begonnen met $i=1$ en wordt de waarde van i steeds verhoogd nadat alle waarden voor S_i en X_i zijn afgelopen. Hier wordt steeds mee doorgedaan tot het gewenste aflevergewicht is bereikt.

Dan wordt voor iedere waarde S eind het minimum van F eind (S eind, X eind) bepaald over X eind. Dit geeft voor ieder mogelijk aantal keren omhokken S eind het optimale eind hoktype X eind. De voorgaande hoktypen kunnen eenvoudig worden bepaald door de recursie "terug te volgen". Voor elk aantal verplaatsingen wordt een optimaal traject bepaald. Van ieder van deze trajecten kan het netto overschot worden berekend. Het is interessant om elk van deze trajecten te geven (dus niet ook nog minimaliseren over S eind) om achteraf nog een afweging te kunnen maken tussen een verschillend aantal verplaatsingen. Dit is vooral zo als de netto overschotten per S eind niet veel van elkaar verschillen.

Een beperking van de dynamische programmeringsmethode is dat de aangenomen groeiachterstand die de varkens oplopen door verplaatsingen, ongeacht hun leeftijd, even groot is.

Voor het verkrijgen van een beeld over de werking van de dynamische programmeringsmethode wordt de methode stapsgewijs beschreven:

Stap 1 Verzamel alle benodigde informatie, zoals groeifunctie, beschikbaar kapitaal en arbeid, gewenst aflevergewicht enz. Bepaal vervolgens met behulp van de verzamelde informatie de maximum lengte van het traject (maxweke), het aantal hoktypen (maxstal), het maximum aantal verplaatsingen (maxverp) en $F_i(S_i, X_i) = 10.000.000$ voor alle S_i en X_i .

Stap 2 Bereken $F_1(0, X_1) = VK_1(0, X_1)$ voor alle mogelijke hoktypen in week 1.
Dit zijn de kosten van de eerste week. Start met $i=1$.

Stap 3 $i:=i+1$
als $i > \text{maxweke}$ (einde methode bereikt)
ga naar stap 7
anders
 $X_i:=0$
 $S_i:=-1$
 $\text{maxomno}:=\min(\text{maxverp}, i-1)$
{maxomho is maximum verplaatsingen voor i }

Stap 4 $S_i:=S_i+1$
als $S_i > \text{maxomho}$
ga naar stap 3
anders
 $X_i:=S_i$ {hoktype moet groter zijn dan het aantal verplaatsingen}

Stap 5 $X_i:=X_i+1$
als $X_i > \text{maxstal}$
ga naar stap 4
anders
zet $F_{i-1}(S_{i-1}, X_{i-1}) + OK_i(S_i, X_i, X_{i-1})$ voor $X_{i-1}=1, \dots, X_i$ in volgorde van oplopende kosten, waarbij $g(1)$ het hoktype wordt met de laagste kosten, $g(2)$ het op een na laagste, tot en met $g(X_i)$.
 $h:=0$

Stap 6 $h:=h+1$
als $h > X_i$ {het gevolgde traject is niet mogelijk}
ga naar stap 5
anders
ga voor $g(h)$ en X_i de restricties na
als restricties geschonden
ga naar stap 6
als toegelaten
 $F_i(S_i, X_i) := F_{i-1}(S_{i-1}, g(h)) + OK_i(S_i, X_i, X_{i-1}) + VK_i(S_i, X_i)$
en pas alle restrictiewaarden aan
{ hier worden de volgende restricties nagegaan: }
{ 1. $F(\text{kap})_{i-1}(S_{i-1}, g(h)) + \text{kap}(X_i) ? < \text{maxkap}$ }
{ 2. $F(\text{opp})_{i-1}(S_{i-1}, g(h)) + \text{oppstal}(X_i) ? < \text{maxopp}$ }
{ 3. $F(\text{werk})_{i-1}(S_{i-1}, g(h)) + \text{werk}(g(h), X_i) ? < \text{maxwerk}$ }
{ waarbij $F(\text{kap})_i$, $F(\text{opp})_i$ en $F(\text{werk})_i$ staan voor }
{ respectievelijk de totale benodigde investeringskosten, }
{ oppervlakte dan wel arbeidstijd (tot en met week i). }
ga naar stap 5

Stap 7 Bereken nu van alle mogelijkheden (bij een verschillend aantal verplaatsingen) met het gewenste aflevergewicht het maximum netto overschot (baten - vaste kosten - Feind). Geef de beste waarden met hun traject (via het terugrekenen vanuit de laatste week naar de beginweek).

Stap 8 Stop

De dynamische programmeringsmethode levert minder rekenwerk op dan het onderzoeken van alle theoretisch mogelijke trajecten. Telkens als voor een bepaald hoktype het beste traject tot en met week i wordt bepaald, kunnen de niet optimale trajecten tot en met week $i-1$ worden weggelaten. Hierdoor zijn aanzienlijk minder trajecten te onderzoeken.

Het maximum aantal weken waarvoor de F_i moet worden bepaald is 30. Als voorts wordt verondersteld dat er maximaal 5 maal wordt verplaatst en 20 hoktypen mogelijk zijn, komt dit neer op het maximaal $30 \times 6 \times 20 = 3600$ keer bepalen van een F_i . Per keer moeten een aantal operaties worden uitgevoerd (50). Maximale rekentijd wordt dan $3600 \times 50 \times$ computertijd per operatie. De computertijd per operatie is afhankelijk van de gebruikte computer. Het aantal operaties is zodanig klein dat de rekentijd geen probleem oplevert.

BIJLAGE 3. DE N-OPT METHODE TER BEPALING VAN HET OPTIMALE HUISVESTINGS-TRAJECT

In deze bijlage wordt een verbeteringsroutine besproken. Het gaat hier om een routine die een toegelaten huisvestingstraject zoveel mogelijk verbetert, in het vervolg de n-opt methode genoemd.

Dit toegelaten huisvestingstraject (de startoplossing) is bijvoorbeeld het resultaat van de dynamisch programmeer methode, zoals in de vorige bijlage is beschreven, maar kan ook een handmatig bepaald huisvestingstraject zijn. Eis hierbij is wel dat de startoplossing geen enkele restrictie schendt.

Uitgaande van een toegelaten huisvestingstraject, wordt per deeltraject gekeken of de varkens niet beter in een ander hoktype hadden kunnen verblijven. Hoe wordt dit deeltraject nu bepaald?

Ieder deeltraject heeft een startweek en een lengte in weken. Dit deeltraject wordt een string weken genoemd.

Per string weken worden alle hoktypen afzonderlijk geprobeerd. Dit houdt in dat de varkens gedurende de door te rekenen string in één en hetzelfde hoktype worden geplaatst. Het traject gedurende de weken buiten de string blijft hetzelfde als in het te verbeteren traject (dit is in eerste instantie de startoplossing). Zo ontstaat het te onderzoeken huisvestingstraject. De procedure start met een string weken van lengte 1 en startweek 1. Allereerst wordt bekeken of de varkens wel in het te onderzoeken hoktype mogen verblijven. Indien dit is toegestaan, wordt het netto overschot per varkensplaats per jaar berekend. Om het netto overschot te kunnen berekenen is de lengte van het traject nodig. De lengte van het te onderzoeken traject kan langer of korter zijn dan die van het te verbeteren traject, Dit komt omdat er meer of minder verplaatsingen plaatsvinden, of op andere momenten wordt verplaatst. Varkens kunnen namelijk een verschillende duur van groeistilstand ondervinden, afhankelijk van hun leeftijd. Wordt er vroeg in het traject verplaatst, dan zullen ze een langere groeistilstand kennen (= een langer traject) dan wanneer ze op latere leeftijd worden verplaatst. Indien het traject langer wordt, zullen de varkens in hetzelfde hoktype blijven als in de laatste week van het te verbeteren traject. Als het traject korter wordt, wordt de laatste week er afgehaald.

Indien er sprake is van een verbetering van het netto overschot en de varkens mogen gedurende de string in het te onderzoeken hoktype verblijven, dan worden de restricties gecontroleerd. Indien de restricties niet worden geschonden, wordt het tot nu toe beste traject vervangen door het geprobeerde.

De procedure gaat verder met de string met lengte 1 en week 1 en begint dus weer opnieuw.

Als het netto overschot niet groter is dan in het te verbeteren traject en/of de varkens mogen niet in het te onderzoeken hoktype verblijven gedurende de string en/of de restricties worden geschonden, dan is het onderzochte traject niet beter. Dan wordt overgestapt naar het onderzoeken van dezelfde string met een ander hoktype.

Als alle hoktypen aan de beurt zijn geweest, wordt de startweek met 1 opgehoogd. Zijn alle weken nu aan bod geweest, wordt de lengte van de string met 1 verhoogd en de startweek weer 1.

Steeds worden alle hoktypen doorgerekend.

De procedure stopt wanneer alle te proberen strings één keer achter elkaar aan de beurt zijn geweest zonder dat er een verbetering gevonden is.

Voor het beschrijven van de procedure bij de n-opt methode worden de volgende indices gebruikt:

i ; levensweek van het varken
j ; hoktype
s ; startweek van de string
t ; maximaal aantal weken dat het traject lang is
d ; aantal dagen dat een varken oud is
jj ; maximaal aantal hoktypen
l ; [$i | s \leq i \leq s+n_{opt}$], d.w.z. de verzameling weken die de te proberen string bevat
Bi,j ; = 1 als voor alle i van l geldt dat een varken van i weken oud in hoktype j verblijft
= 0 anders
{dit is een bewaar array die de oude stringsituatie beschrijft}
Xi,j ; = 1 als een varken van i weken oud in hoktype j verblijft
= 0 anders
{in deze array zit het traject dat wordt doorgerekend}
g(d) ; groei van een varken op dag d
G(d) ; gewicht van een varkens op dag d
afgew ; aflevengewicht waarop de varkens worden verkocht
KOSTENi,j ; extra kosten die worden gemaakt als een varken van i weken oud in hoktype j verblijft. { trajectafhankelijke kosten }
mdoel ; waarde van de doelfunctie in het tot nu toe beste traject (bewaartraject)
tdoel ; waarde van de doelfunctie in het te onderzoeken traject
mKap ; benodigde kapitaal voor het tot nu toe beste traject
tKap ; benodigde kapitaal voor het te onderzoeken traject
mL ; benodigde arbeidstijd voor het tot nu toe beste traject
tL ; benodigde arbeidstijd voor het te onderzoeken traject
mOpp ; benodigde grondoppervlak voor het tot nu toe beste traject
tOpp ; benodigde grondoppervlak voor het te onderzoeken traject

De n-opt methode is stapsgewijs te beschrijven als:

stap 0 lees gegevens (waarden) en startoplossing in
{de startoplossing is resultaat van de dynamische programmeer }
[methode. De startoplossing is al in dusdanige vorm omgezet dat }
[deze meteen kan worden gebruikt. }
stap 1 nopt := 0;
voor alle i en j: Bi,j := 0.
stap 2 nopt := nopt + 1;
s := 0.
stap 3 s := s + 1;
voor alle i en j: Bi,j := Xi,j;
j := 0.
stap 4 j := j + 1
stap 5 voor alle i van l en voor alle j: Xi,j := 0.
stap 6 voor alle i van l: Xi,j := 1.
stap 7 bepaal trajectlengte:
d := 0;
doe totdat G(d)=afgew:
G(d):=G(d-1)+ G(d);
d:=d+1;

```

d:= d + dagen groeiachterstand tijdens gehele traject
indien d mod 7 > 3 dan t:=d div 7 + 1
anders t:= d div 7.
(in deze stap wordt de lengte van het te onderzoeken traject      }
{bepaald. Hier wordt gekeken in welke week het aflevergewicht    }
{wordt bereikt. De lengte van de trajecten kan dus variëren.     }
stap 8 controleer gewichtrestricties per hoktype                  }
{elk hoktype heeft wat betreft het toegestane gewicht een        }
{boven- en een ondergrens. Aan de hand van G(d) en                }
{trajectafhankelijke groeiachterstanden kan worden gekeken of    }
{de varkens in week i in een bepaald hoktype mogen verblijven.  }
stap 9 indien nopt >= 0.5 * t:
tdoel := 0;
voor alle i van l en j:
tdoel := tdoel + KOSTENi,j * Xi,j.
indien nopt < 0.5 * t:
voor alle i van l en j:
tdoel := tdoel - KOSTENi,j * Bi,j + KOSTENi,j * Xi,j.
[de splitsing is nodig om de rektijd te verminderen. De          }
{kosten zijn verdeeld in trajectafhankelijke kosten                }
{(arbeidskosten veroorzaakt door verplaatsen, energiekosten en   }
{kapitaalkosten voor een bepaald hok) en trajectonafhankelijke   }
{kosten (voerkosten en arbeidskosten voor normale verzorging).   }
{De trajectonafhankelijke kosten worden eenmalig berekend en     }
{komen dus tijdens de verbeterprocedure niet steeds terug.      }
stap 10 indien tdoel > mdoel, ga naar stap 13.
stap 11 controleer restricties, als een of meer geschonden, naar stap 13.
{de restricties hebben betrekking op: het toegestane gewicht      }
{per hoktype, de beschikbare arbeidstijd, het beschikbare        }
{kapitaal en de beschikbare grondoppervlakte.                    }
stap 12 mdoel := tdoel;
mKap := tKap;
mOpp:= tOpp;
mL := tL;
ga naar stap 1.
stap 13 voor alle i van l:Xi,j:= 0.
stap 14 voor alle i van l en voor alle j: Xi,j:=Bi,j.
stap 15 indien j < jj, ga naar stap 4.
stap 16 indien nopt = t, ga naar stap 17;
indien nopt = t-s, ga naar stap 2;
stap 17 stop

```

Een voordeel van de n-opt methode is dat alle factoren inclusief groei(stilstand) nauwkeurig worden verwerkt. Er hoeven geen veronderstellingen te worden gemaakt om modeltechnische redenen.

Het eindresultaat is altijd een hele goede oplossing, maar het hoeft niet de beste oplossing te zijn. Overigens blijken de beste oplossingen heel dicht bij el kaar te liggen.

De beste oplossing wordt niet altijd gevonden doordat niet alle mogelijkheden worden geprobeerd. Stel de startoplossing geeft een verplaatsing aan, terwijl drie verplaatsingen de beste oplossing geeft. De methode zou dan van een, via twee naar drie verplaatsingen moeten gaan. Het is echter mogelijk dat met twee verplaatsingen geen beter traject is te vinden dan bij een verplaatsing. Dan komt de methode niet bij drie verplaatsingen uit.

REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN *PUBLISHED RESEARCH REPORTS*

Proefverslag P 1.14

“Praktijkonderzoek naar groepshuisvesting van zeugen in combinatie met een krachtvoerstation”

Proefverslag P 1.15

“Het voeren van Corn-Cob-Mix in brijvorm aan mestvarkens”

Proefverslag P 1.16

“Het mesten van beren”

Proefverslag P 1.17

“Vergelijking van twee brijvoersystemen en twee water/voerhoudingen voor mestvarkens”

Proefverslag P 1.18

“Het effect van direct beercontact bij gelten”

Proefverslag P.1.19

“Ervaringen met grondbuisventilatie in een kraamafdeling”

Proefverslag P.1.20

“Huisvesting van gespeende biggen buiten het kraamopfokhok”

Proefverslag P.1.21

“De invloed van de voersoort tijdens de zoog- en opfokperiode op de opfokresultaten van biggen”

Proefverslag P.1.22

“Voorstudie naar mogelijkheden van procesbesturingen in de varkenshouderij in de jaren negentig”

Proefverslag P 1.23

“Vergelijking van drie- met viermaal daags voeren van mestvarkens m.b.v. een volautomatische brijvoerinstallatie”

Proefverslag P 1.24

“Opfok- en mesterijresultaten van beren en borgen”

Proefverslag P 1.25

“Drinkwatervoorziening voor gespeende biggen”

Proefverslag P 1.26

“Nestverwarmingssystemen voor zogende biggen: gebruikservaringen en energieverbruik”

Proefverslag P 1.27

“Beroepsuitoefening door varkenshouders”

Proefverslag P 1.28

“Verschillen tussen praktijkbedrijven in voeding van zeugen en biggen”

Proefverslag P 1.29

“Economische verkenningen naar het perspectief van poliklinische kraamhokken”

Proefverslag P 1.30

“Invloed van de voerverdeling tijdens de dracht op de produktieresultaten van zeugen”

Proefverslag P 1.31

“Aflleveren mestvarkens”

Proefverslag P 1.32

“Waterverbruik bij onbepert gevoerde varkens”

Proefverslag P 1.33

“Lysine- en energiegehalte in vleesvarkensvoer”

Proefverslag P 1.34

“Invloed van voeding van biggen en slachtvarkens op groei en karkaskwaliteit”

Proefverslag P 1.35

“Opfok gespeende biggen”

Proefverslag P 1.36

“Inseminatie van opfokzeugen bij eerste bronst of tweede bronst”

Proefverslag P 1.37

“Vergelijking tussen twee plafondventilatiesystemen en werkgangventilatie bij mestvarkens”

Proefverslag P 1.38

“Wel of niet aanbinden van zeugen in het kraamopfokhok”

Proefverslag P 1.39
"Periodiek werk op zeugenbedrijven, het weeschema en alternatieven"

Proefverslag P 1.40
"Bedrijven met Scharrelvarkens. Een enquête onder bedrijven met scharrelvarkens in 1988"

Proefverslag P 1.41
"Kwaliteitsverschillen bij biggen en vleesvarkens"

Proefverslag P 1.42
"Opfok van gespeende biggen"

Proefverslag P 1.43
"Klimaatsnormen voor varkens"

Proefverslag P 1.44
"Kwaliteitsverschillen bij biggen en mogelijkheden tot meten en uitbetalen"

Proefverslag P 1.45
"Brijvoeding gespeende biggen"

Proefverslag P 1.46
"Ruwe celstofrijke voeders voor dragende zeugen"

Proefverslag P 1.47
"Toepassing van biobedden in de varkenshouderij"

Proefverslag P 1.48
"Toevoeging van Calprona-P aan biggenvoeders"

Proefverslag P 1.49
"Ontsloten gerst en Borcilac in biggenvoeders"

Proefverslag P 1.50
"De invloed van het aantal zaadcellen per inseminatie op de reproductie-resultaten bij varkens"

Proefverslag P 1.51
"Mestscheiden onder de roosters"

Proefverslag P 1.52
"Invloed van granen in het voer op de produktiviteit van zeugen"

Proefverslag P 1.53
"Lysine- en eiwitgehalte in vleesvarkensvoer bij driefasenvoeding"

Proefverslag P 1.54
"Praktijkonderzoek naar groepshuisvesting van drachtige zeugen anno 1990"

Proefverslag P 1.55
"Buitenopslag van varkensmest"

Proefverslag P 1.56
"Vergelijking brijbak/droogvoerbak bij gespeende biggen"

Proefverslag P 1.57
"Hokvorm en hokuitvoering voor groeiende varkens; een synthese"

Proefverslag P 1.58
"Praktijkervaringen met de K2 stal"

Proefverslag P 1.60
"Bedrijfscontrole ten aanzien van het voorkomen van de ziekte van Aujeszky"

Proefverslag P 1.61
"Voerligboxsysteem, aanbindboxsysteem en groepshuisvestingssysteem vergeleken"

Proefverslag P 1.62
"Mestscheiden door bezinken"

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door f 7,50 per verslag over te maken op postgirorekeningnummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer. U kunt zich ook abonneren op het periodiek PRAKTIJKONDERZOEK VARKENSHOUDERIJ. U ontvangt dan 6 keer per jaar een periodiek met daarin de resultaten van het onderzoek. U heeft dan de mogelijkheid om onderzoeksverslagen gratis te bestellen. Bovendien ontvangt u de jaarverslagen van de regionale proefbedrijven en het Proefstation gratis. U kunt zich hierop abonneren door f 45,- over te maken op postgirorekeningnummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van POV, Nieuw abonnement