NN 5052

PROGRAMMERING VOOR EEN GEMENGD BEDRIJF

(Een illustratie van de mogelijkheden van lineaire programmering)

DOOR

K. KLAASSENS

EN

DR. IR. J. MOL

Bibliotheek
der
Landbouw Hogeschool
WAGENINGEN

AFDELING BEDRIJFSECONOMISCH ONDERZOEK IN DE LANDBOUW

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0387 2989
297260

INHOUD

blz.

WOORD VOORAF 5

INLEIDING 6

HOOFDSTUK I DE OPSTELLING VAN HET EERSTE BEDRIJFSPLAN MET BEHULP VAN DE LINEAIRE PROGRAMMERING 7

§ 1. Het bedrijf 7
§ 2. Het begintableau 7
§ 3. Het eindtableau 14

HOOFDSTUK II INVLOED VAN VERANDERINGEN IN DE WERKWIJZE OP HET PRODUKTIEPLAN 19

HOOFDSTUK III INVLOED VAN OPPERVLAKTEVERANDERINGEN OP HET PRODUKTIEPLAN 22

HOOFDSTUK IV ONTPLOOIING VAN DE VARKENSHOUDERIJ . . . 24

HOOFDSTUK V INVLOED VAN PRIJSVERANDERINGEN OP HET PRODUKTIEPLAN 28

SAMENVATTING 40

BIJLAGE I GEBRUIKTE ARBEIDSNORMEN VOOR BOUWLANDGEWASSEN 43

BIJLAGE II WERKTUIGENINVENTARIS EN BEGROTING VAN DE NIET DIRECT TOEGEREKENDE KOSTEN 44

BIJLAGE III ELEMENTAIRE UITEENZETTING VAN DE REKENTECHNIEK BIJ LINEAIRE PROGRAMMERING . . . 45

WOORD VOORAF

Een van de middelen om te geraken tot een verdieping van het bedrijfseconomische inzicht is de lineaire programmering. Ten einde de voordelen van deze methode te illustreren worden in deze B.E.M. een aantal economische problemen met betrekking tot een gemengd tweemansbedrijf op zandgrond aan de orde gesteld en met behulp van de genoemde methode geanalyseerd. Zonder daarbij de lezer te vermoeien met ingewikkelde berekeningen, streven de opstellers van deze mededeling ernaar de economische denkwijze uiteen te zetten welke door hen gevolgd werd bij de analyse van de gestelde problemen.
Door deze opzet is deze B.E.M. toegankelijk voor al diegenen, die uit hoofde van hun werk belangstelling hebben voor de problematiek van de bedrijfsplanning, ook al kunnen zij zich niet de moeite veroorloven de wiskunde van de programmering te bestuderen.

De Adj. Directeur,
Dr. A. Maris.

's-Gravenhage, augustus 1961

INLEIDING

In deze B.E.M. wordt ingegaan op de bedrijfseconomische problemen waarvoor men komt te staan, als de voordelen berekend moeten worden van een aantal technische en economische veranderingen op een gemengd Drents landbouwbedrijf. Daarbij gaat het ons om veranderingen zoals o.a. de invoering van nieuwe technieken en produktierichtingen, verandering van de arbeidsdichtheid, verschuivingen in de prijsverhoudingen, welke veelal voeren tot, of economisch gezien, dienen te voeren tot wijzigingen in het produktieplan.
De calculaties van de winstgevendheid van de hier te bestuderen veranderingen zijn ingewikkeld van karakter. Allereerst zal een zo optimaal mogelijke begroting worden opgesteld voor een traditioneel tweemansbedrijf van 15 ha (te noemen het basisplan). Dit zal geschieden met behulp van de lineaire programmering, waarvan de aard wordt uiteengezet in hoofdstuk I [1]. Daarna zullen de mogelijke gevolgen van allerlei technische en economische wijzigingen worden bestudeerd. Telkens zal daarbij worden nagegaan op welke wijze het gehele produktieplan zo economisch mogelijk kan worden aangepast bij de ingevoerde veranderingen. Op die wijze kan dan stap voor stap beoordeeld worden in hoeverre er verbeteringen optreden t.o.v. het eerste berekende plan. De effecten van al deze veranderingen zullen elk voor zich weer worden berekend met behulp van de genoemde begrotingsmethode.

[1] In bijlage III (blz. 45 — blz. 53) wordt de gehanteerde begrotingsmethode gedetailleerd uiteengezet. De gehele tekst kan echter gelezen worden zonder bestudering van deze bijlage.

HOOFDSTUK I

DE OPSTELLING VAN HET EERSTE BEDRIJFSPLAN MET BEHULP VAN DE LINEAIRE PROGRAMMERING

§ 1. HET BEDRIJF

De eerste programmering is opgezet voor een bedrijf van 15 ha met een vaste arbeidskern van twee volwaardige arbeidskrachten. De oppervlakte grasland is in het programmeringstableau variabel gesteld. Verondersteld wordt dat maximaal 11 ha van de grond geschikt is voor grasland. Het werktuigenpark bestaat uit enkele landbouwwagens, grasmaaimachines met aflegapparaat, hooihark, veenkoloniaal schoffeltuig en voorts uit de meest noodzakelijke kleinere werktuigen, als ploegen, eggen, gierpomp, giertank e.d. Werktuigen als zelfbinder, aardappelrooimachine, bietenrooimachine, trekker, e.d. komen niet op het bedrijf voor. In bijlage II is een gedetailleerde opstelling van de werktuigeninventaris gegeven.
Voor het bedrijf is een basisplan opgesteld, waarbij van een beperkt aantal produktierichtingen is uitgegaan. Zo kunnen op het bouwland verbouwd worden: rogge met en zonder nagewas knollen, haver, aardappelen, voederbieten en suikerbieten. De veebezetting kan variëren van 1 tot 1,4 melkkoe per ha grasland. Van het grasland kan 100 % gemaaid worden en wel hoogstens 60 % voor hooiwinning en 40 % voor inkuilen. De mogelijkheid van het houden van mestvarkens is niet in het basisplan opgenomen. Het is mogelijk later nieuwe produktierichtingen aan het basisplan toe te voegen. Zo wordt b.v. in hoofdstuk V het mesten van varkens als nieuwe produktierichting aan het plan toegevoegd.
Vele andere veronderstellingen t.a.v. dit bedrijf worden nog behandeld in de volgende paragraaf, welke handelt over de systematische verzameling van al die technische en financiële gegevens welke voor de begroting van het eerste optimale produktieplan nodig zijn.

§ 2. HET BEGINTABLEAU

De toepassing van de programmeringsmethode vereist een uitgebreide inventarisatie van technische en financiële data. Voor het onderhavige bedrijf zijn de resultaten van de inventarisatie overzichtelijk gerangschikt in tabel 1, waarvan de betekenis nader zal worden toegelicht.
In dit tableau geeft de kolom, aangeduid met A_0 aan, hoeveel vaste produktiemiddelen op het bedrijf beschikbaar zijn gedurende het jaar waarvoor een produktieplan moet worden opgesteld. Zo wordt de hoeveelheid beschikbare grond aangegeven door het getal 15 op de eerste regel van kolom A_0 de hoeveelheden werkbare uren zijn vermeld op de 9e t/m 16e rij van deze kolom. Geen opstelling werd gemaakt van het

Uitgangsschema lineaire programmering Drents gemend bedrijf

TABEL 1

Rij-nr.	Beperkingen	Act.	Beschik-baar	Rogge + knoll.	Rogge + ingek. knoll.	Rogge zonder knoll.	Haver	Aard-appe-len	Voeder-bieten	Suiker-bieten	Hooien	Kuilen		Melkkoe + bijbeh. jongvee		Aankoop krachtv. (10.000 kg)	
												vroeg	laat	1 koe p/ha	1,4 koe p/ha	A-meel	C-meel
			A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}
1. Cultuurgrond (ha)	A_{15}	15	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0,714	0	0
2. Vruchtw. rogge	A_{16}	0	1	1	1	−1	−1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. Vruchw. aardapp.	A_{17}	0	−1	−1	−1	−1	2	−1	−1	0	0	0	0	0	0	0
4. Vruchtw. bieten	A_{18}	0	−1	−1	−1	−1	−1	3	3	0	0	0	0	0	0	0
5. Beperking hooien	A_{19}	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	−0,60	−0,428	0	0
6. Beperking kuilen	A_{20}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	−0,40	−0,286	0	0
7. Beperking ruwvoer	A_{21}	0	67	0	0	0	0	44	0	0	0	0	−10	−10	0	0
8. Beperking kuilvoer	A_{22}	0	0	40	0	0	0	0	50	0	22	22	−10	−10	0	0
9. Uren maart	A_{23}	500	0	0	0	20	15	10	10	0	0	0	25	25	0	0
10. Uren april	A_{24}	500	5	5	5	15	40	50	50	0	0	0	25	25	0	0
11. Uren mei	A_{25}	540	2	2	2	2	40	80	80	0	40	0	15	15	0	0
12. Uren juni	A_{26}	610	0	0	0	0	30	150	150	30	30	0	15	15	0	0
13. Uren juli	A_{27}	610	50	50	50	50	30	50	50	50	0	0	15	15	0	0
14. Uren aug.	A_{28}	610	115	115	90	90	20	10	10	0	0	70	15	15	0	0
15. Uren sept.	A_{29}	610	15	15	15	15	200	0	0	0	0	0	15	15	0	0
16. Uren okt.	A_{30}	570	15	15	15	0	30	110	100	0	0	0	15	15	0	0
17. Vre (kg)	A_{31}	−100	−360	−250	0	0	0	−660	−280	−210	−180	−180	185	195	−1500	−2400
18. ZW (kg)	A_{32}	−800	−1710	−1210	0	0	0	−6400	−2000	−1080	−1000	−1000	1120	1180	−6400	−6400
19. Saldo	—	0	650	650	800	850	1150	−400	1700	0	0	0	970	960	−3150	−3550

vaste aanbod van arbeidsuren in de overige maanden van het jaar. Voorts is de beperking, welke in § 1 gesteld is aan de oppervlakte grasland, niet in het tableau opgenomen. Verondersteld wordt, dat deze geen „knelpunt" zal vormen bij de bedrijfsvoering [1].

In de kolommen A_1 t/m A_{14} zijn gegevens vermeld over de quanta vaste produktiemiddelen, die door de diverse produktierichtingen of activiteiten worden verbruikt. Zo geeft b.v. het eerste getal van kolom A_4, nl. het getal één, aan, dat de verbouw van 1 ha haver een hoeveelheid grond vraagt van 1 ha, terwijl de regels 9, 10, 11, 13, 14 en 15 vermelden dat hiervoor resp. in maart, april, mei, juli, augustus en september nodig zijn 20, 15, 2, 50, 90 en 15 uren arbeid. Van de ontwikkeling van deze activiteit wordt een „saldo" verwacht van *f* 850,–. Aangenomen wordt nl. dat 1 ha haver 3.450 kg korrel levert à *f* 28,– en 4.100 kg stro à *f* 4,50 per 100 kg, dit is een bruto-opbrengst van totaal *f* 1.151,–; hiervan afgetrokken de verwachte variabele kosten, nl. *f* 148,– aan kunstmest, *f* 59,– aan zaaizaad en *f* 94,– aan overige kosten, geeft een verwacht saldo van *f* 850,–.

De berekening van de overige saldi is weergegeven in tabel 2, terwijl hierbij tevens de geschatte opbrengsten aan ZW en vre, niet bestemd voor de verkoop, zijn vermeld. De tabel verklaart ook het negatieve saldo van de activiteit voederbieten; aangenomen wordt dat niets van dit gewas wordt verkocht, zodat het saldo hier negatief is. Op dezelfde wijze vallen de saldi van de activiteiten A_{13} en A_{14} negatief uit. Deze activiteiten betreffen de aankoop van onderscheidenlijk 100 kg A- en C-meel; zij leggen geen beslag op de vaste produktiemiddelen en veroorzaken slechts een negatief saldo ter hoogte van de koopprijzen per 10.000 kg van genoemde voedermiddelen. Tevens zij opgemerkt dat de coëfficiënten van de activiteiten A_{11} en A_{12} niet zijn uitgedrukt per 1 ha, maar per melkkoe; het saldo is dientengevolge eveneens uitgedrukt per melkkoe. De veebezetting kan variëren van 1 melkkoe tot 1,4 melkkoe per ha. Aangenomen is dat per koe in ieder geval 400 kg A-meel wordt aangekocht ten einde gemakkelijker voeder-technisch juiste rantsoenen gedurende de winter te kunnen samenstellen.

Voorts is verondersteld, dat bij een veebezetting van 1 melkkoe per ha daarnaast nog 185 kg vre en 1.120 kg ZW benodigd zijn gedurende de winter, te verstrekken door de ruwvoer-leverende activiteiten of door eventueel aan te kopen krachtvoer. Bij een veebezetting van 1,4 melkkoe per ha zijn deze hoeveelheden resp. 195 en 1.180. De vereiste quanta voor de ontwikkeling van A_{11} en A_{12} zijn met een positief teken weer-

[1] Wordt het bij deze programmeringsmethode gevolgde rekenproces uitgevoerd met behulp van een eenvoudige rekenmachine, dan is het, ter besparing van rekenwerk, in het algemeen gewenst die beperkingen, waarvan verwacht wordt dat ze geen knelpunt zullen gaan vormen, uit het begintableau weg te laten. Na het vinden van het „optimale bouwplan" kan op eenvoudige wijze berekend worden of dergelijke beperkingen van invloed zijn op het gevonden bouwplan. Is dit het geval, dan kunnen deze beperkingen alsnog worden ingevoerd; met betrekkelijk weinig rekenwerk kunnen de consequenties daarvan vervolgens worden bepaald.

Saldiberekening en kg-opbrengsten ZW en vre

TABEL 2

Opbrengsten	Rogge + knollen			Rogge zonder knollen			Haver			Aardappelen			Voederbieten			Suikerbieten		
	hoeveelheid	prijs	bedrag	hoeveelheid	prijs	bedrag	hoeveelheid	prijs	bedrag	hoeveelheid	prijs	bedrag	hoeveelheid	prijs	bedrag	hoeveelheid	prijs	bedrag
	3100 korr.	27	837	3100 korr.	27	837	3450 korr.	28	966	24000	7	1680	60000 biet.	—	—	37500 biet.	54	2025
	5100 stro	45	230	5100 stro	45	230	4100 stro	45	185				20000 loof	—	—	22000 loof + kopp. (ingek.)	—	—
													bestemming eigen bedrijf					
Totaal opbrengsten			1067			1067			1151			1680			—			2025
Directe kosten:																		
kunstmest			119			119			148			210			340			269
zaaizaad/pootgoed			58			58			59			270			45			42
knollen			150			0			0			0			0			0
krachtvoer			0			0			0			0			0			0
melkprod. voor kalveren			0			0			0			0			0			0
overige directe kosten			90			90			94			50			15			14
Totaal directe kosten			417			267			301			530			400			325
Saldo			650			800			850			1150			—400			1700
	knoll.	geh.	kg										geh.		kg		geh.	kg
vers	30.000	1,2	360			0			0				bieten 0,7 / loof 1,2		660			
Vre																		
ingekuild	18.000	1,4	250													loof + kop	1,3	280
vers	30.000	5,7	1710			0			0				bieten 9,0 / loof 5,0		6400			
ZW																		
ingekuild	18.000	6,6	1210													loof + kop	9,1	2000

TABEL 2 (vervolg)

	Hooien			Kuilen			Melkkoe					
							1 per ha			1,4 per ha		
	hoeveelheid	prijs	bedrag	hoeveelheid	prijs	bedrag	hoeveelheid	prijs	bedrag	hoeveelheid	prijs	bedrag
Opbrengsten	3500	–	–	10000	–	–	4000 l omzet + aanwas	28,5	1140 380	4000 l omzet + aanwas	28,5	1140 320
Totaal opbrengsten			–			–			1520			1460
Directe kosten:												
kunstmest									190			175
zaaizaad/pootgoed									30			21
knollen									0			0
krachtvoer									126			126
melkprod. voor kalveren									85			75
overige directe kosten									119			103
Totaal directe kosten			–			–			550			500
Saldo			0			0			970			960
	gehalte	kg		gehalte	kg				kg			kg
Vre	6,0	210		1,7	170				185			195
ZW	31,0	1080		10,0	1000				1120			1180

gegeven op de regels 17 en 18 van het programmeringstableau. De geschatte hoeveelheden te produceren vre en ZW per verschillende activiteiten zijn eveneens vermeld op de regels 17 en 18 van het tableau, met een negatief teken. Om rekentechnische redenen worden hier nl. de hoeveelheden te verbruiken produktiemiddelen positief aangegeven, eventueel fysieke opbrengsten negatief. Verondersteld wordt dat op het bedrijf een paard aanwezig is. Het benodigde wintervoer voor dit dier is gemakshalve van kolom A_0 afgetrokken.

Zonder nadere uitleg vermelden wij, dat in het model, door het werken met deze negatieve en positieve coëfficiënten, nu de veronderstelling is ingebouwd, dat geen melkkoeien kunnen worden gehouden, als niet door de ontwikkeling van ruwvoer-leverende activiteiten of door aankoop van additioneel krachtvoer voldoende ZW en vre beschikbaar komen; de mogelijkheid van een overschot aan ZW en/of vre wordt echter wel open gehouden. De coëfficiënten op de 2e t/m 6e rij hebben een soortgelijke betekenis. Deze zijn opgenomen om enkele technische restricties te stellen aan het bouwplan. Zo betekenen de getallen 0, –1, –1, –1, –1, 2, –1 en –1 op de derde rij (vruchtwisseling aardappelen) niets anders dan de eis dat in het aanstonds te kiezen optimale bouwplan niet meer dan $^1/_3$ van het bouwlandareaal beteeld mag zijn met aardappelen[1]. De getallen op de tweede regel geven aan, dat voor inzaai van 1 ha rogge ten minste eenzelfde oppervlakte haver- en/of aardappelland beschikbaar moet zijn en op regel 4 staat, dat niet vaker dan eens in de vier jaar bieten op hetzelfde perceel mogen worden verbouwd. De regel 5 en 6 stellen beperkingen aan de oppervlakte hooien en kuilen. Er mag ten hoogste 60 % van de oppervlakte grasland gehooid worden en ten hoogste 40 % gekuild.

De getallen op de regels 7 en 8 zorgen ervoor dat het aanstonds vast te stellen plan niet een hoeveelheid ruwvoer te zien zal geven welke de opnamecapaciteit van de veestapel overtreft. Aangenomen is nl., dat in de herfstperiode maximaal per grootveeëenheid per dag verstrekt mag worden 60 kg verse knollen en/of voederbietenblad.

Voor de winterperiode is gesteld, dat maximaal aan kuilvoer verstrekt mag worden 30 kg per g.v.e. per dag. Dit kuilvoer kan bestaan uit kuilgras, ingekuilde suikerbietenkoppen of ingekuilde knollen, of een com-

[1] De beperking dat hoogstens $^1/_3$ van het bouwland mag worden beteeld met aardappelen is voor de opstelling van het tableau vertaald in: tweemaal de oppervlakte aardappelen moet kleiner zijn dan de gezamenlijke oppervlakte van de overige bouwlandgewassen of tweemaal de oppervlakte aardappelen minus de gezamenlijke oppervlakte van de overige bouwlandgewassen moet kleiner zijn dan 0.
Dit laatste is af te lezen uit de derde rij van het tableau als men de getallen uit deze rij achtereenvolgens aldus interpreteert:
0 moet groter zijn dan *(–1)* x de oppervlakte rogge met knollen + *(–1)* x de oppervlakte rogge met ingekuilde knollen + *(–1)* x de oppervlakte rogge zonder knollen + *(–1)* x de oppervlakte haver + *(+2)* x de oppervlakte aardappelen + *(–1)* x de oppervlakte voederbieten + *(–1)* x de oppervlakte suikerbieten + *0* x .. enz. enz.
De overige rijen moeten op soortgelijke wijze worden gelezen.

binatie van deze drie. Het lijkt ons wenselijk op de berekening van de getallen op de regels 7 en 8 wat nader in te gaan. Eén melkkoe met bijbehorend jongvee (dit is 1,25 grootveeëenheid) kan in de herfst (60 dagen) maximaal opnemen 1,25 x 60 x 60 = 4.500 kg verse knollen en/of voederbietenblad. De opbrengst van 1 ha knollen is volgens tabel 2 aangehouden op 30.000 kg. Bij verstrekking van de maximale gift van 60 kg per g.v.e. per dag, is deze hoeveelheid dus voldoende voor 30.000 : 4.500 = 6,7 melkkoeien met bijbehorend jongvee.
Op soortgelijke wijze zijn de overige getallen op de regels 7 en 8 berekend. Door naderhand beide regels met tien te vermenigvuldigen, zijn de komma's weggewerkt.
Terloops willen wij wijzen op het grote belang van tableaus van technische en financiële gegevens zoals hier besproken. Op duidelijke wijze wordt aangegeven hoe de aard is van de technische gegevens die voor begrotingswerk van belang moeten worden geacht, terwijl tevens nadrukkelijk de veronderstellingen die aan de begroting voorafgaan, kenbaar worden gemaakt. Tevens kunnen wij op meer heldere wijze aangeven over welke vraagstukken van de bedrijfsvoering aanstonds zal worden gesproken. Betreft het b.v. veranderingen in de bedrijfsoppervlakte bij gelijk blijvende technieken en gelijk blijvende bedrijfsuitrusting, dan wordt slechts het effect onderzocht van een wijziging van het getal op de eerste regel van A_0; wil men de gevolgen van het aantrekken van variabele arbeid, b.v. in juni, onderzoeken, dan is sprake van verandering van de coëfficiënt op de twaalfde regel van A_0. Worden nieuwe technieken bij de aardappelverbouw overwogen, waarbij b.v. de arbeidscoëfficiënt in september lager komt te liggen, dan spitst het vraagstuk zich toe op de veranderingen van het bouwplan door wijziging van de arbeidscoëfficiënt 200 op de 15e regel van kolom A_5.

Na de opstelling van het programmeringstableau wordt vervolgens met behulp van een daartoe ontworpen rekentechniek het optimale bouwplan gekozen. Hierbij wordt ervan uitgegaan, dat er bij elke produktierichting (activiteit) een lineair verband is tussen de verschillende verbruikte produktiemiddelen en voortgebrachte produkten enerzijds en het niveau van de desbetreffende activiteit anderzijds, terwijl tevens volkomen deelbaarheid van de middelen en produkten wordt verondersteld.
Is b.v. bij 1 ha haver de kolom van de verbruikte arbeid in uren b.v. in de maanden april en mei $\begin{vmatrix} 15 \\ 2, \end{vmatrix}$ bij de verbouw van 2,5 ha, of in termen van lineaire programmering, bij de ontwikkeling van A_4 op niveau 2,5, wordt deze:

$$2,5 \times \begin{vmatrix} 15 \\ 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 37,5 \\ 5 \end{vmatrix}$$

Opgemerkt zij, dat in sommige gevallen bij een niet-lineair verband tussen verbruikte produktiemiddelen en voortgebrachte produkten lineaire

programmering toch mogelijk is. In dit verband wordt verwezen naar hoofdstuk IV, handelende over het invoeren van een activiteit „varkens mesten".
Vervolgens wordt verondersteld dat het totale verbruik van produktiemiddelen en het totaal te verwachten saldo wordt gevonden door optelling van de verbruikte hoeveelheden en de te verwachten saldi van de afzonderlijke produktierichtingen. Zo zouden, om een voorbeeld te noemen, bij een plan van 3 ha haver en 1 ha aardappelen de kolommen van totaal verbruikte arbeid (b.v. april en mei) en van voortgebracht totaalsaldo er aldus uitzien:

3 x	15	+ 1 x	40	=	85	(uren april)
	2		40		46	(uren mei)
	850		1150		3700	(saldo)

Met behulp van een rekenschema wordt nu die combinatie van activiteiten gezocht die een zo hoog mogelijk totaalsaldo levert, terwijl er zorg voor wordt gedragen dat de beschikbaarheidsgrenzen van de vaste produktiemiddelen niet worden overschreden en dat de overige gestelde restricties geen geweld worden aangedaan. Voor een nadere uiteenzetting betreffende dit rekenschema wordt verwezen naar de aan deze nota toegevoegde bijlage III.

§ 3. HET EINDTABLEAU

Na toepassing van de in de vorige paragraaf vermelde rekenmethode op het beginschema wordt een eindtableau verkregen, waarvan het optimale bouwplan kan worden afgelezen. Van dit eindtableau geven wij in tabel 3 een aantal kolommen weer, op de betekenis waarvan wij nog wat nader ingaan. De gecursiveerde regels geven het optimale bouwplan weer, tevens is het te verwachten totaal-saldo à *f* 17.024,– vermeld op regel 19. Samenvattend ziet het produktieplan er aldus uit:

rogge	2,22 ha
haver	0,31 ha
aardappelen	1,91 ha
suikerbieten	0,75 ha
voederbieten	0,73 ha
bouwland	5,92 ha
grasland	9,08 ha
totaal cultuurgrond	15,00 ha
oppervlakte gehooid	3,23 ha
oppervlakte gekuild	2,62 ha
oppervlakte knollen vers vervoederd	1,42 ha
oppervlakte knollen ingekuild	0,80 ha
aantal melkkoeien	12,7 st.
krachtvoer per koe	414 kg
totaalsaldo	*f* 17.024,–

Eindschema lineaire programmering Drents gemengd bedrijf. TABEL 3

Rij No.		Beschikbaar	Rogge zonder knollen	Melkk. 1 p/ha	Krachtv. C-meel 10000 kg	Grond ha	Vruchtw rogge	Vruchtw bieten	Beperk. ruwvoer	Beperk. kuilvoer	Uren juni 10u	Uren juli 10u	Uren aug. 10u	Uren sept. 10u	Vre 100 kg	ZW 100 kg
		A_0	A_3	A_{11}	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{18}	A_{21}	A_{22}	A_{26}	A_{27}	A_{28}	A_{29}	A_{31}	A_{32}
1.	*Haver*	0,31	−0,30	0,14	−0,30	0,48	−0,65	−0,03	0,05	0,09	−0,07	0,04	−0,03	−0,05	0,03	−0,01
2.	*Aardappelen*	1,91	−0,05	−0,02	−0,05	−0,05	−0,02	0,04	0,01	0,01	−0,01	0,01	−0,01	0,05	0,01	0
3.	*Melkkoeien 1,4 p/ha*	12,72	1,30	0,94	1,30	−0,18	0,64	−0,52	−0,23	−0,39	0,32	−0,18	0,14	−0,02	−0,14	0,03
4.	*Kuilen (vroeg)*	1,44	0,04	−0,05	0,04	−0,17	0,02	−1,29	−0,01	−0,01	0,34	−0,21	0	−0,08	0	0
5.	*Kuilen (laat)*	1,18	0,36	−0,37	0,73	−1,29	0,18	0,06	−0,13	−0,22	0,18	−0,10	0,22	0,04	−0,08	0,02
6.	*Hooien*	3,23	0,51	−0,32	0,52	−1,10	0,26	−0,20	−0,09	−0,16	0,13	0,13	0,05	0,01	−0,06	0,01
7.	*Suikerbieten*	0,75	−0,36	0,06	1,01	0,21	−0,18	0,39	0,07	0,12	−0,06	0,05	−0,03	0,01	−0,11	0,03
8.	*Voederbieten*	0,73	0,13	0,03	−1,24	0,07	0,06	−0,05	−0,03	−0,05	0,01	−0,02	0	0	0,14	−0,03
9.	*Rogge + knollen vers vervoerd*	1,42	0,11	−0,03	1,01	−0,07	0,06	−0,05	0,13	−0,03	0,04	−0,02	0,02	0	−0,11	0,03
10.	*Krachtv. A-meel (10.000 kg)*	0,017	−0,059	0,054	1,947	0,170	−0,029	0,058	−0,071	0,135	−0,019	0,063	−0,054	0,007	0,151	−0,035
11.	*Rogge + knollen ingekuild*	0,80	0,55	0,15	−1,36	0,50	0,27	0,06	−0,07	0,13	−0,13	0,06	−0,05	0,01	0,15	−0,03
12.	Vruchtw. aardappelen	0,20	−0,77	0,37	−0,78	1,29	−0,39	0,25	0,14	0,24	−0,19	0,11	−0,08	−0,15	0,09	−0,02
13	Beperking hooien	2,22	0,04	0,12	0,04	1,02	0,02	−0,02	−0,01	−0,01	0,01	−0,20	0	−0,02	0	0
14.	Beperking kuilen	1,01	−0,03	0,29	−0,39	1,41	−0,02	1,09	0,07	0,12	−0,43	0,25	−0,18	0,03	0,04	−0,01
15.	Uren maart	133	−232	−2,0	−23,5	−7,1	−1,6	9,6	4,3	7,1	−5,7	3,2	−2,5	0,6	2,7	−0,6
16.	Uren april	16	−12,6	−4,7	−12,7	−16,7	−1,3	−5,4	2,3	3,9	−3,1	1,7	−1,3	−1,2	1,4	−0,3
17.	Uren mei	92	0,7	−3,6	0,7	−12,6	0,3	30,6	−0,1	−0,2	−13,2	7,9	0,1	1,0	−0,1	0
18.	Uren oktober	133	9,0	−8,9	22,8	−30,9	−3,0	−27,4	−1,6	−2,7	2,4	−1,2	1,0	−1,8	−2,5	0,6
19.	Saldo	−17024	−85,82	−30,22	−344,63	−242,46	−17,92	−36,84	−70,71	−57,10	−121,14	−33,13	−51,80	−19,92	−6,14	−47,70

Opm. Terwille van de leesbaarheid zijn in deze tabel de meeste getallen afgerond op 2 cijfers achter de komma. Het gevolg hiervan is echter, dat de samenhang tussen de getallen overal niet even nauwkeurig meer is.

Dit bouwplan is nu, gegeven de veronderstellingen, optimaal; elke afwijking van dit bouwplan, waarbij men blijft binnen de „speelruimte" van de beschikbare middelen en de gestelde restricties, zou resulteren in een lager te verwachten saldo.
Vervolgens geeft tabel 3 aanwijzingen hoe het optimale bouwplan zal veranderen bij variëring van de hoeveelheid vaste produktiemiddelen welke schaars zijn. Zo geeft, om een voorbeeld te noemen, het getal 0,48 op de eerste regel onder A_{15} aan dat de oppervlakte haver zal toenemen bij aantrekken van extra grond, in een verhouding van 0,48 ha haver op 1 ha grond. Dit zou vervolgens gepaard gaan met o.a. een daling van de oppervlakte aardappelen (–0,05 ha), een daling van het aantal koeien (–0,18 st.), een daling van de gekuilde oppervlakte (–0,17 ha en –1,29 ha), een daling van de gehooide oppervlakte (–1,10), een stijging van de oppervlakte suikerbieten (+0,21 ha) enz.
Soortgelijke betekenis hebben de coëfficiënten in b.v. de kolommen A_{26} t/m A_{29} voor resp. de juni-, juli-, augustus- en september-arbeid. Zo kunnen wij b.v. uit de getallen onder A_{28} de volgende balans opstellen over de verandering in het bouwplan als 10 uren extra arbeid in augustus zouden kunnen worden aangetrokken.

Veranderingen bouwplan bij aantrekken van 10 uur arbeid in augustus

Afneming:		Toeneming:	
haver	0,03 ha	rogge + knollen (vers gev.)	0,02 ha
aardappelen	0,01 ha	koeien 0,14 st., dit vraagt	
suikerbieten	0,03 ha	bij bezetting van 1,4 st.	
rogge + knollen (ingek.)	0,05 ha	per ha	0,10 ha
Afneming totaal	0,12 ha	Toeneming totaal	0,12 ha

De kolommen betreffende de arbeid in maart, april, mei en oktober zijn niet opgenomen in tabel 3, omdat deze slechts nullen bevatten, hetgeen betekent dat zekere hoeveelheid, meer of minder, van deze arbeid geen effect zou hebben op het bouwplan: de arbeid van de hier genoemde maanden is „overvloedig" aanwezig.
Omdat het rekenschema ons de hier besproken coëfficiënten oplevert wordt het tevens mogelijk te berekenen welk geldbedrag aan het saldo wordt toegevoegd bij extra aantrekking van schaarse middelen, of wat hetzelfde is, welk verlies geleden wordt bij verlies van bepaalde hoeveelheid van deze middelen. Het wordt m.a.w. mogelijk de grenswaarden van de schaarse middelen te berekenen. Deze grenswaarden zijn vermeld op regel 19 van tabel 3.
Zo is onder A_{15} aangegeven dat de grenswaarde van de grond *f* 242,46 per ha bedraagt. Op dezelfde wijze geven de laatste regels van A_{26} t/m A_{29} aan dat 10 uren arbeid extra in resp. juni, juli, augustus en september een meersaldo zouden leveren van resp. *f* 121,14, *f* 33,13, *f* 51,80 en *f* 19,92.

De niet in tabel 3 opgenomen kolommen betreffende de arbeid in de overige maanden, gaven op de saldoregel overal nullen te zien, uiteraard in overeenstemming met de reeds hierboven genoemde nulwaarden der coëfficiënten dezer kolommen. De „overvloed" aan arbeid in de maanden maart, april, mei en oktober kan overigens ook gemakkelijk geverifieerd worden door, uitgaande van het optimale programma, te bepalen hoeveel arbeid de uitvoering ervan vraagt in deze perioden. Wij merken op dat de kennis van de grenswaarden van groot belang moet worden geacht, omdat zij aanwijzingen kunnen verstrekken op welke wijze verbetering van de bedrijfsvoering mogelijk is. Zo kunnen wij nu reeds op grond van deze kennis (verkregen uit tabel 3) concluderen dat wij bij de bestaande vaste arbeidskern, bij het bestaande areaal en de bestaande technieken op het hier beschouwde bedrijf, niet moeten streven naar b.v. een vervanging van menselijke arbeidskracht door machines in het voorjaar en in oktober. Wel zal dat wellicht voordelen kunnen opleveren voor de arbeid in juni t/m september en dit zal dan ook in een volgende hoofdstuk nader worden onderzocht. Eveneens geeft de grenswaarde van de grond een aanwijzing dat areaalvergroting wellicht voordelen zou kunnen opleveren, althans bij niet al te hoge pachtprijzen of koopprijzen van de grond. Het vraagstuk van de oppervlaktevergroting zal echter in een duidelijker licht kunnen worden geplaatst, na de analyses van de invoering van o.a. arbeidsbesparende technieken en het afstoten van werkzaamheden aan derden.

Tot slot van dit hoofdstuk merken wij nog op dat men soms om verschillende andere, b.v. niet financiële reden veranderingen zal willen aanbrengen in het optimale bouwplan. Het eindtableau geeft ons dan in vele gevallen een aanwijzing hoe dit het voordeligste kan geschieden. Vindt men b.v. de oppervlakte voederbieten (0,73 ha) wat aan de hoge kant en zou men deze oppervlakte gaarne met b.v. 30 are willen verminderen, dan zegt het eindtableau ons dat terugdringing van dit gewas mogelijk is zonder veel saldoverlies.
Daartoe moeten

a. verminderd worden
   - de oppervlakte rogge met 0,09 ha
   - de oppervlakte haver met 0,07 ha
   - de oppervlakte voederbieten met 0,30 ha
   - de oppervlakte ingekuilde knollen met 0,33 ha

b. vermeerderd worden
   - de oppervlakte suikerbieten met 0,24 ha
   - de oppervlakte gehooid met 0,13 ha
   - de oppervlakte gekuild met 0,18 ha
   - de oppervlakte knollen vers met 0,24 ha
   - het aantal melkkoeien met 0,31 st.
   - de hoeveelheid krachtvoer met 2300 kg

Het totaalsaldo zal hierdoor slechts met *f* 26,– dalen.

Globaal gezien gaat dus terugdringen van de oppervlakte voederbieten gepaard met toeneming van de krachtvoergift. Verder blijkt de „concurrentiestrijd" tussen voederbieten en krachtvoer om een plaats in het produktieplan een strijd te zijn van ongeveer gelijkwaardige partners; de voederbieten winnen het echter nog net van het krachtvoer.
Een tweede facet van de ruwvoederwinning is nog, dat er meer ruwvoeder gewonnen zou kunnen worden als de koeien het maar op konden; regel 13 en 14 van het eindtableau geven dit aan, terwijl de beperking van de ruwvoedergift niet meer voorkomt in de regels van tabel 3. Ogenschijnlijk zou men hieruit kunnen veronderstellen, dat het dan weleens voordelig zou kunnen zijn ruwvoer te verkopen. Met behulp van het eindtableau hebben wij echter becijferd dat, wil dit werkelijk voordelig zijn, de ingekuilde suikerbietenkoppen meer dan *f* 680,– per ha moeten opbrengen en het kuilgras meer dan *f* 360,– per ha. Het winnen van meer ruwvoer is alleen voordelig, wanneer deze voedermiddelen in staat zijn het andere voer (voederbieten en krachtvoer) te vervangen. Dit zou echter betekenen dat de gestelde maximumruwvoergift per koe verhoogd moet worden. Uit ervaringen met reeds eerder uitgevoerde programmeringen is gebleken, dat dan eerst het krachtvoer uit het plan verdwijnt, daarna volgt een inkrimping van de oppervlakte voederbieten, maar gelijktijdig met vermindering van deze twee soorten van voedermiddelen neemt het aantal koeien ook af.
Op grond van dit soort aanwijzingen, verkregen uit het eindtableau, zullen nu een aantal praktische vragen met betrekking tot het onderhavige gemengde bedrijf nader worden beschouwd.

HOOFDSTUK II

INVLOED VAN VERANDERINGEN IN DE WERKWIJZE OP HET PRODUKTIEPLAN

In plaats van veranderingen aan te brengen in het arbeidsaanbod kan men, ter verbetering van de bedrijfsresultaten, ook verdere mechanisatie van het bedrijf overwegen. Ook zou men diverse werkzaamheden in de knelperiode door loonwerkers kunnen laten verrichten. De hoge grenswaarden van de arbeid duiden erop, dat met voordeel bepaalde werkzaamheden gemechaniseerd of in loonwerk verricht kunnen worden.

Onderzocht zijn de mogelijkheden van:

1. *bieten enen door losse arbeid.* Ontwikkeling van deze activiteit zal per ha suikerbieten een besparing aan eigen arbeid geven van 40 uur in mei en 60 uur in juni. De kosten zijn gesteld op *f* 200,– per ha;
2. *aardappelen rooien door loonwerkers.* Deze activiteit geeft in de maand september een besparing aan eigen arbeid van 110 uur per ha. De kosten van dit loonwerk zijn gesteld op *f* 130,– per ha;
3. *machinaal melken.* De arbeidsbehoefte wordt hierdoor met 5 uur per koe per maand verminderd.
   Bij een beoordeling van de rentabiliteit van deze maatregel moet nog rekening worden gehouden met de kosten van de melkmachine, die op *f* 400,– per jaar zijn gesteld.

Voeren wij de mogelijkheid in dat het bieten enen met losse arbeid kan worden verricht, dan vinden wij het optimale produktieplan B in tabel 5. Zou deze activiteit, nl. het bieten enen door losse arbeidskrachten, niet worden ontwikkeld, maar zou daarentegen het aardappelrooien door de loonwerker als alternatief worden gesteld, dan zou het plan C (van tabel 5) optimaal zijn. Staan beide mogelijkheden open, dan geeft plan D het hoogste te verwachten saldo.
Nadere bestudering van de in tabel 5 vermelde bouwplannen is zeer leerzaam. Wij constateren, dat men bij een juiste invoering van de nieuwe mogelijkheden het saldo inderdaad kan verhogen. De richting van verandering na invoering van de nieuwe activiteiten is eveneens interessant. Zou men op het eerste gezicht door het aantrekken van b.v. losse arbeid in de bietendunperiode een vergroting van de oppervlakte suikerbieten verwachten, de programmering wijst uit, dat de oppervlakte suikerbieten nagenoeg gelijk blijft, en dat de vrijkomende eigen arbeid aangewend moet worden voor meer inkuilen. Toch blijkt hieruit het belang van suikerbieten in het produktieplan. Omgekeerd kan men immers redeneren, dat, wanneer geen mogelijkheden meer aanwezig zijn losse

	Basisplan	Na toevoeging van een activiteit			
		bieten enen in akkoord	aard. rooien door loonwerker	bieten enen in akkoord + aard. rooien door loonwerker	machinaal melken
	A	B	C	D	E
Rogge	2,22	1,80	1,23	1,42	1,70
Haver	0,31	0,57	1,90	1,16	0,62
Aardappelen:					
zelf rooien	1,91	1,89	1,64	1,82	1,85
rooien loonwerk			0,86	0,25	
Suikerbieten:					
zelf enen	0,75	0,32	1,36	0,48	0,98
enen akkoordwerk		0,40		0,43	
Voederbieten	0,73	0,70	0,52	0,64	0,41
Totaal bouwland	5,92	5,68	7,51	6,20	5,56
Grasland	9,08	9,32	7,49	8,80	9,44
Cultuurgrond	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Opp. opgehooid	3,23	3,36	2,54	3,13	4,73
Opp. gekuild	2,62	3,74	1,67	3,52	3,78
Opp. knollen vers verv.	1,42	1,49	1,23	1,42	1,70
Opp. knollen ingekuild	0,80	0,31			
Aantal melkkoeien	12,7	13,1	10,5	12,3	13,2
Kg krachtvoer per koe	414	400	490	411	400
Saldo	17024	17172	17062	17226	17534
Grenswaarden schaarse produktiemiddelen:					
grond	242	566	319	593	837
uren juni	12,11	3,31	10,90	3,31	0
uren juli	3,31	8,03	3,99	8,35	9,42
uren augustus	5,18	1,42	4,67	1,42	0
uren september	1,99	2,05	1,19	1,19	0
vre	6,14	0	12,52	29,30	0
ZW	47,70	47,23	47,20	43,04	43,12

arbeid voor de bietendunperiode aan te trekken, dit niet vermindering van de oppervlakte suikerbieten tot gevolg zal hebben.
Het aantrekken van loonwerkers voor de aardappeloogst heeft wel tot gevolg, dat het plan meer de richting van akkerbouw opgaat. Het meersaldo dat door deze veranderingen wordt verkregen is slechts zeer gering. Plan E in tabel 5 geeft de optimale situatie weer, wanneer de koeien machinaal worden gemolken. T.o.v. het basisplan neemt het aantal koeien slechts met 0,5 stuks toe. Er kan echter meer gehooid en gekuild worden. Hierdoor nemen zowel de benodigde hoeveelheden krachtvoer als de oppervlakte voederbieten af. Het meersaldo bedraagt t.o.v. het basisplan *f* 910,–. In tabel 5 zijn de kosten van de melkmachine, gesteld

op *f* 400,– per jaar, reeds afgetrokken. Bezien wij de grenswaarden van de arbeid bij plan E, dan blijkt dat na ontwikkeling van de activiteit machinaal melken het aantrekken van losse arbeid voor het bieten enen en de aardappeloogst geen voordeel meer zal opleveren. De arbeid, die door ontwikkeling van deze activiteit wordt uitgespaard, heeft nl. een grenswaarde nul, wat zeggen wil dat een zekere hoeveelheid van deze arbeid „over" is.

Samengevat volgt uit vorenstaande, dat van de drie onderzochte mogelijkheden tot verbetering van het bedrijfsresultaat:

a. het machinaal melken het meeste voordeel biedt, te weten *f* 510,–;
b. als alternatief daarop het bieten enen door los personeel volgt: saldovoordeel *f* 148,–;
c. het aardappelrooien door loonwerkers het kleinste meer-saldo (*f* 38,–) levert en voor verbetering van de resultaten nagenoeg van geen betekenis is.

De wijzigingen in de grenswaarde van grond zijn aanmerkelijk; het wordt nu bij deze mogelijkheden van arbeidsbesparing voordelig meer grond aan te trekken.

HOOFDSTUK III

INVLOED VAN OPPERVLAKTEVERANDERINGEN OP HET PRODUKTIEPLAN

Oppervlaktevergroting zal bij het basisplan het bedrijfsresultaat weinig kunnen verbeteren. De grenswaarde van de grond bedraagt nl. bij dit plan slechts *f* 240,–. De arbeid in de zomermaanden vormt een dermate ernstige beperking, dat aantrekking van meer grond weinig effect op het bedrijfsresultaat zal hebben. Er zullen dus eerst arbeid besparende technieken moeten worden toegepast, voordat areaalvergroting met kans op verbetering van het bedrijfsresultaat kan volgen.
Gaan we b.v. uit van het plan, waarbij het bieten enen in akkoordwerk kan geschieden en de aardappelen door de loonwerker kunnen worden gerooid, dan zal, gezien de grenswaarde van de grond bij dit plan, met meer kans op succes areaalvergroting mogelijk zijn. Wanneer daarnaast ook de mogelijkheid van machinaal melken openstaat, vormt, indien geen wijziging wordt gebracht in de arbeidsbezetting, areaalvergroting praktisch gesproken de enige mogelijkheid van verbetering van het bedrijfsresultaat.
Nagegaan is hoe het optimale bouwplan eruit ziet bij 20 ha, waarbij onderscheid is gemaakt tussen wel en niet machinaal melken. Ter illustratie is ook onderzocht hoe het plan verandert bij vermindering van de oppervlakte grond tot 10 ha. De resultaten zijn weergegeven in tabel 6. Wij constateren dat areaalveranderingen geen grote veranderingen in bedrijfsstructuur veroorzaken. Zowel bij 10 ha als bij 20 ha blijft de gemengde bedrijfsvorm behouden. Wel geven de gegevens in de tabel interessante aspecten ten aanzien van de bedrijfsvoering te zien. Zo blijkt onder meer dat bij een bedrijfsgrootte van 10 ha en gegeven de arbeidsbezetting van 2 man de arbeid geen beperking vormt. Afstoten van bepaalde werkzaamheden en/of verdere mechanisatie van het bedrijf, zullen het bedrijfsresultaat verslechteren. Ontwikkeling van produktierichtingen, welke niet of in beperkte mate aan de grond zijn gebonden zullen bij deze bedrijfsgrootte voorkeur verdienen. Zo kunnen b.v. ruim 90 mestvarkens worden gehouden voordat het bouwplan wijzigingen zal ondergaan.
Bij 15 ha komt de arbeid in de zomermaanden in de knel en wordt het voordelig bepaalde werkzaamheden af te stoten. Ook biedt het machinaal melken hier gunstige perspectieven.
Wordt het bedrijf tot 20 ha vergroot, dan blijkt dat bij niet-machinaal melken het optimale produktieplan reeds gevonden wordt bij 19,94 ha. Van de beschikbare grond wordt dan nl. 0,06 ha niet benut. Stellen wij daarnaast de mogelijkheid van machinaal melken open, dan wordt wel

alle grond benut en houdt de grond nog een grenswaarde van bijna *f* 140,–.
Het saldoverloop is eveneens interessant. Toevoeging van grond aan het bedrijf van 10 ha geeft een veel hoger meer-saldo dan toevoeging van grond aan het bedrijf van 15 ha. Dit betekent, dat naarmate de factor arbeid meer gaat knellen de grenswaarde van de grond lager wordt.
Verder geeft het al of niet machinaal melken interessante uitkomsten. Is het effect van machinaal melken op het bedrijfsresultaat bij 15 ha reeds vrij belangrijk, bij 20 ha blijkt machinaal melken het bedrijfsresultaat zeer gunstig te beïnvloeden. Het verschil in saldo tussen wel of niet machinaal melken is bij een bedrijfsgrootte van 20 ha liefst *f* 1.813,–. Machinaal melken levert dan dus een voordeel op van ruim *f* 1.800,–.

Optimale produktieplannen bij verschillende bedrijfsgrootten TABEL 6

	10 ha		15 ha		20 ha	
	zonder melkmachine	met melkmachine	zonder melkmachine	met melkmachine	zonder melkmachine	met melkmachine
	D_1	E_1	D	E	D_2	E_2
Rogge	1,23	1,23	1,42	1,70	1,49	2,19
Haver	0,23	0,23	1,16	0,62	0,92	0,24
Aardappelen:						
zelf rooien	1,16	1,16	1,82	1,85	1,80	1,95
rooien loonwerk			0,25			
Suikerbieten:						
zelf enen	0,68	0,68	0,48	0,98		
enen akkoordwerk			0,43		0,83	0,99
Voederbieten	0,20	0,20	0,64	0,41	0,68	0,47
Totaal bouwland	3,50	3,50	6,20	5,56	6,94	5,84
Grasland	6,50	6,50	8,80	9,44	13,00	14,16
Cultuurgrond	10,00	10,00	15,00	15,00	19,94	20,00
Oppervlakte gehooid	3,90	3,90	3,13	4,73	2,07	3,80
Oppervlakte gekuild	2,60	2,60	3,52	3,78	4,02	5,36
Oppervlakte knollen vers verv.	1,23	1,23	1,42	1,70	1,49	2,19
Oppervlakte knollen ingekuild	0	0	0	0	0	0
Aantal melkkoeien	9,1	9,1	12,3	13,2	13,0	16,7
Kg krachtvoer per koe	400	400	411	400	464	580
Subsaldo	12141	12141	17226	17934	18118	20331
Kosten melkmachine		–400		–400		–400
Verschil in pacht	500	500	.	.	–500	–500
Saldo	12641	12241	17226	17534	17618	19431
Grenswaarden:						
grond	1249	1249	593	837	0	136
uren april	0	0	0	0	16,74	14,73
uren juni	0	0	3,31	0	5,99	8,20
uren juli	0	0	8,35	9,42	6,71	5,70
uren augustus	0	0	1,42	0	3,28	3,55
uren september	0	0	1,19	0	5,17	0
vre	0	0	29,30	0	31,33	0
ZW	43,95	43,95	43,04	43,12	41,59	48,39

HOOFDSTUK IV

ONTPLOOIING VAN DE VARKENSHOUDERIJ

Op een gemengd bedrijf worden meestal ook varkens gehouden. Bij de in voorgaande hoofdstukken behandelde begrotingen is deze produktierichting buiten beschouwing gelaten; uitsluitend om het rekenwerk te beperken. Thans zal worden nagegaan bij welke produktieplannen ontwikkeling van de varkensmesterij financieel voordeel zal opleveren en in welke mate. Ten aanzien van de rekentechniek hierbij wordt verwezen naar bijlage III, handelende over het invoegen van nieuwe activiteiten.
Als bijzonderheid zij vermeld, dat onderscheid is gemaakt in twee activiteiten „varkens mesten". Verondersteld wordt nl. dat voor het houden van de eerste 10 mestvarkens 25 arbeidsuren per maand nodig zijn en voor elke 10 varkens meer 10 uur per maand. Voor 10 mestvarkens is op het bedrijf hokruimte aanwezig. Het saldo is gesteld op *f* 50,– per varken per jaar. Verder is de mogelijkheid aanwezig een varkensschuur voor 30 mestvarkens te bouwen. Rekening houdende met de kosten hiervan hebben wij het saldo voor deze 30 varkens gesteld op *f* 35,– per varken per jaar. Als dwingende eis geldt nu, dat de eerste mestvarkensactiviteit – dit zijn dus de 10 mestvarkens, waarvoor 25 arbeidsuren per maand nodig zijn – ontwikkeld moet worden, voordat de tweede in aanmerking komt. Er is dus sprake van een niet-lineair verband tussen verbruikte produktiemiddelen en voortgebrachte produkten. Het arbeidsgebruik en de omvang van de varkensstapel nemen namelijk niet over het gehele traject evenredig toe. Strikt genomen is hier oplossing door middel van lineaire programmering niet mogelijk. Met enkele „kunstgrepen" kan het een en ander toch tot een oplossing worden gebracht. [1]

Uitgaande van het basisplan constateren wij, dat ontplooiing van de varkensmesterij dit plan financieel ongunstig zal beïnvloeden. Zo zal nl. bij ontwikkeling van de eerste activiteit „mestvarkens" elke maand 25 arbeidsuren verbruikt worden, dus ook in de maanden dat de arbeid schaars is. De grenswaarden van deze arbeid, aangegeven in het eindtableau van het basisplan, leert ons, dat onttrekking van deze arbeid aan het basisplan een saldoverlaging van *ten minste* 25 x (12,11 + 3,31 + 5,18 + 1,99) = *f* 565,– tot gevolg zal hebben. Daar staat slechts een verhoging van het saldo van 10 x 50 = *f* 500,– tegenover.

[1] Blijkt b.v. dat het voordelig is varkens te mesten, dan wordt de eerste activiteit „mestvarkens" van de beschikbaarheidsvector — dit is kolom A_0 — afgetrokken en verder niet als beschikkingsactiviteit in het tableau opgenomen. Hierdoor wordt voorkomen, dat bij ontwikkeling van de tweede mestvarkensactiviteit de eerste weer uit het plan verdreven wordt.

Gezien de hoge grenswaarden van de arbeid zullen eerst arbeid besparende technieken moeten worden toegepast voordat de varkensmesterij voordeel zal opleveren. Wanneer in een knelperiode eigen arbeid kan worden bespaard door het afstoten van bepaalde werkzaamheden naar derden, dan moeten de kosten hiervan, omgeslagen per bespaard uur, lager zijn dan de grenswaarde van 1 uur arbeid in de desbetreffende knelperiode. Wordt b.v. een bepaald gedeelte van het bieten enen in akkoordwerk verricht en tevens van de oppervlakte aardappelen een gedeelte door de loonwerker gerooid (zie plan D, tabel 6, hoofdstuk III), dan zal de varkensmesterij wel enig voordeel bieden. Ook zal de ontwikkeling van de varkensmesterij voordeel opleveren, wanneer op het bedrijf machinaal wordt gemolken (zie plan E, tabel 6, hoofdstuk III). De veranderingen, welke bij ontwikkeling van de varkensmesterij in resp. het produktieplan D (niet-machinaal melken) en produktieplan E (machinaal melken) optreden, zijn weergegeven in tabel 7.
Het houden van mestvarkens heeft geen grote veranderingen in het bouwplan tot gevolg. Het aantal koeien neemt slechts weinig af, terwijl verder de veranderingen beperkt blijven tot verschuiving in de oppervlakte van de gewassen onderling.
Wanneer niet-machinaal wordt gemolken levert het houden van 10 mestvarkens een saldovoordeel op van slechts *f* 93,–. Bij machinaal melken is dit saldovoordeel *f* 266,–.
Worden vervolgens door het bijbouwen van varkenshokken nog 30 varkens meer gehouden, dan blijkt voor het plan, waarbij niet machinaal wordt gemolken, het meersaldo slechts *f* 129,– te bedragen. Uit praktisch oogpunt bezien weegt dit meer-saldo niet op tegen de bij deze ontwikkeling noodzakelijke extra inspanning van de boer en de door hem te nemen risico's. Meer perspectief biedt het bijbouwen van varkenshokken, wanneer de koeien machinaal worden gemolken. Het meersaldo bedraagt dan *f* 707,–.
Uit het voorgaande blijkt, dat bij hoge grenswaarden van de arbeid, d.w.z. krappe arbeidsbezetting in bepaalde perioden van het jaar, de kans om met voordeel varkens te mesten zeer gering is. Zo zal door areaalvergroting de factor arbeid steeds meer gaan knellen, althans wanneer de arbeidsmethoden niet aangepast worden aan deze areaalvergroting. De varkenshouderij zal bij een dergelijke ontwikkeling steeds minder aantrekkelijk worden. Wordt b.v. het bedrijf tot 20 ha vergroot (zie plan E_2, tabel 6), dan biedt de varkensmesterij geen mogelijkheid meer om het financiële bedrijfsresultaat te verbeteren. Immers, onttrekking van 25 arbeidsuren per maand aan plan E_2 zal een saldodaling tot gevolg hebben van *ten minste* 25 x (14,73 + 8,20 + 5,70 + 3,55) = *f* 805,–. Hiertegenover staat slechts een opbrengst uit de varkenssector van *f* 500,–. Ontwikkeling van de varkensmesterij bij plan D_2 (tabel 6) zal een nog nadeliger saldoverandering tot gevolg hebben.
Bij areaalvermindering komt de varkensmesterij beter aan bod. Zo is het „overschot" aan arbeid bij een bedrijfsgrootte van 10 ha (zie tabel 6,

Optimale programma's bij ontwikkeling van de varkenshouderij

TABEL 7

	Niet-machinaal melken van de koeien			Machinaal melken van de koeien		
	zonder varkens	met 10 varkens waarvoor hokruimte aanwezig is	met nog 30 varkens waarvoor hokken moeten worden gebouwd	zonder varkens	met 10 varkens waarvoor hokruimte reeds beschikbaar is	met nog 30 varkens waarvoor hokken moeten worden gebouwd
	plan D	plan Da	plan Db	plan E	plan Ea	plan Eb
Rogge	1,42	2,37	2,09	1,70	1,58	1,65
Haver	1,16	0,59	0,39	0,62	0,86	0,79
Aardappelen:						
zelf rooien	1,82	1,79	1,70	1,85	1,95	1,95
rooien loonwerker	0,25	0	0	0	0	0
Suikerbieten:						
zelf enen	0,48	0,16	0,09	0,98	0,95	0,54
enen akkoordwerk	0,43	0,74	0,59	0	0	0,28
Voederbieten	0,64	0,69	0,63	0,41	0,51	0,64
Totaal bouwland	6,20	6,34	5,49	5,56	5,85	5,85
Grasland	8,80	8,66	9,51	9,44	9,15	9,15
Cultuurgrond	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Oppervlakte gehooid	3,13	2,45	2,75	4,73	4,07	3,46
Oppervlakte gekuild	3,52	3,48	3,82	3,78	3,66	3,66
Oppervlakte knollen vers verv.	1,42	1,36	1,35	1,70	1,58	1,49
Oppervlakte knollen ingekuild	0	0	0	0	0	0,16
Aantal melkkoeien	12,3	12,2	11,8	13,2	12,8	12,8
Kg krachtvoer per koe	411	463	400	400	400	400
Saldo	17226	17319	17448	17534	17800	18507

hoofdstuk III) van dien aard, dat zonder meer de varkensmesterij op het gewenste niveau van 40 varkens gebracht kan worden. In het bouwplan komt hierdoor geen verandering. Het totaalsaldo neemt daarbij toe met 10 x 50 + 30 x 35 = *f* 1.550,–.

Tot slot wordt opgemerkt, dat op dit bedrijf en bij de hier aangehouden arbeidsnormen en rentabiliteitsverhoudingen de varkenshouderij de aan de grond gebonden produktierichtingen niet kan verdringen. In het geval dat de beschikbare arbeid zulks toelaat is het steeds voordelig de grond volledig te benutten. Ontwikkeling van de varkenshouderij zal geen afstoten van grond tot gevolg hebben.

Optimale produktie	
Rogge	
Haver	
Aardappelen	
Suikerbieten	
Voederbieten	
Bouwland	
Grasland	
Cultuurgrond	
Oppervlakte gehooid	
Oppervlakte gekuild	
Oppervlakte knollen	
Oppervlakte knollen	
Aantal melkkoeien	
Kg krachtvoer per l	

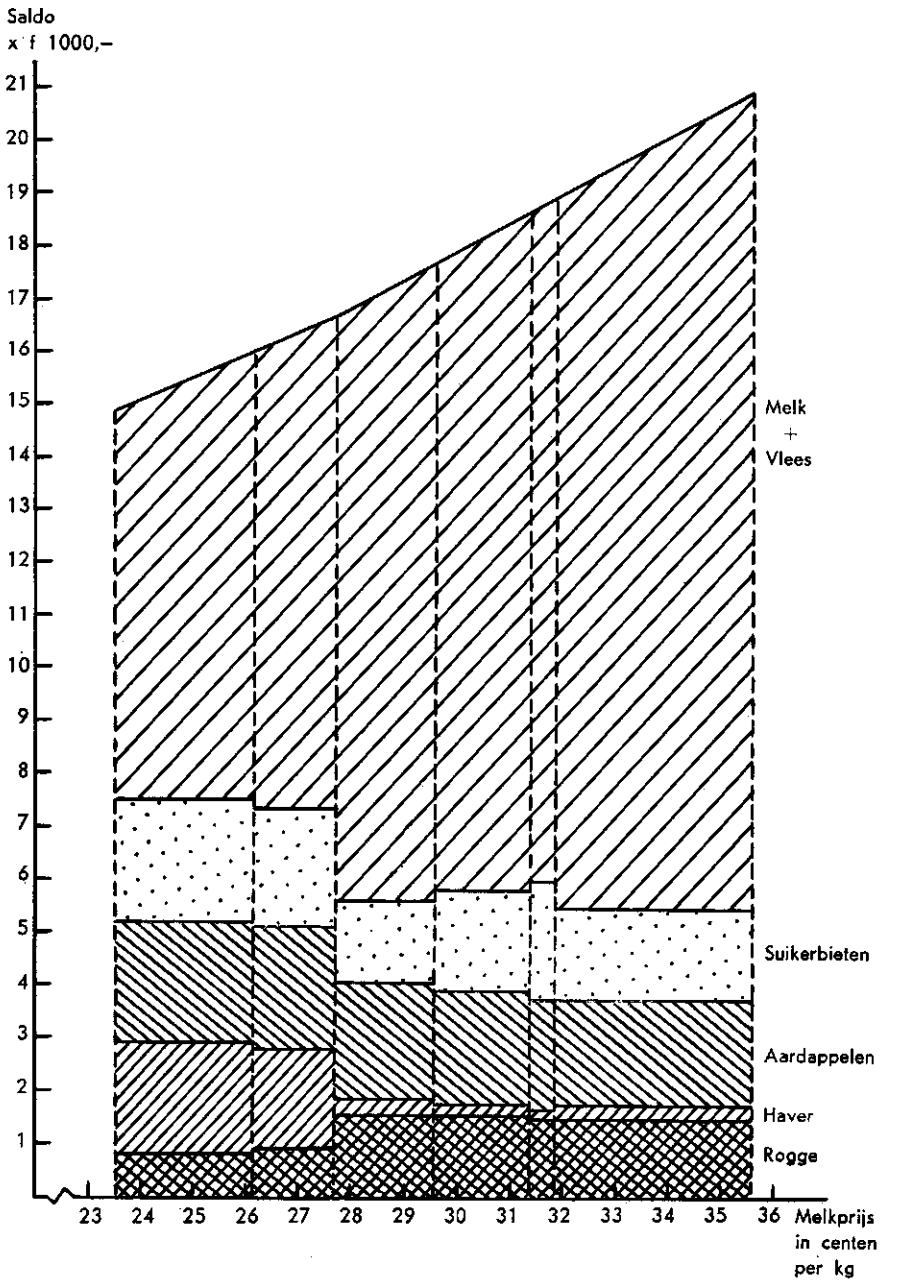
HOOFDSTUK V

INVLOED VAN PRIJSVERANDERINGEN OP HET PRODUKTIEPLAN

neemt het bouwlandareaal af, echter niet in die mate als men op het eerste gezicht zou verwachten. Opgemerkt wordt, dat b.v. bij het basisplan de voederbieten het nog net winnen van het krachtvoer. (Wij hebben in hoofdstuk I § 3 gezien dat het geen grote financiële offers vraagt, wanneer de voederbieten worden teruggedrongen ten gunste van o.a. het krachtvoer.) Wordt nu de melkprijs verhoogd, dan wint het krachtvoer het van de voederbieten, echter niet van de overige al of niet voeder leverende bouwlandgewassen. Doordat er beperkingen zijn gesteld aan het vermogen tot opneming van ruwvoer door het vee, wordt het aantal melkkoeien in hoge mate bepaald door de hoeveelheid ruwvoer die van het bouwland wordt gewonnen.
Bij verlaging van de melkprijs beneden *f* 27,80 per 100 kg neemt het aantal koeien sterker af. Opmerkelijk is, dat hierbij de oppervlakte voerbieten ook iets wordt teruggedrongen en het krachtvoederverbruik iets toeneemt. Als verklaring hiervoor kan gelden, dat door verlaging van de melkprijs de verbouw van bouwlandgewassen relatief gunstiger wordt. Onder andere wordt een verbouw van meer suikerbieten nu voordeliger. Deze verdringen een gedeelte van de voederbieten. Het door de verbouw van meer suikerbieten meer verkregen kuilprodukt (ingekuilde suikerbietenkoppen) wordt door vermindering van de hoeveelheid kuilgras weer tenietgedaan. Het voederverlies ten gevolge van de verbouw van minder voederbieten moet dus aangevuld worden met krachtvoer. Wij willen erop wijzen dat bovenstaande verklaringen zeer globaal zijn. De reacties op het bouwplan worden in wezen door een nog ingewikkelder complex van factoren veroorzaakt.
Het zal duidelijk zijn dat het totaalsaldo onmiddellijk reageert op verandering van de melkprijs. Zo is dit saldo b.v. bij een melkprijs van *f* 23,50 ongeveer *f* 14.900,– en bij *f* 35,60 ongeveer *f* 20.800,–.
Het saldoverloop is bij verschillende prijzen voor de melk in figuur 1 in beeld gebracht, waarbij tevens het saldoaandeel van de in de plannen opgenomen produkten is aangegeven.

De invloed van prijsveranderingen van twee of meer produkten is eveneens uit het eindtableau te berekenen. Voor de prijsveranderingen van twee produkten is deze berekening nog betrekkelijk eenvoudig. Voor meer dan twee wordt de zaak ingewikkelder, waarbij komt, dat het een en ander moeilijk of niet meer op het platte vlak is uit de beelden.
Om het een en ander overzichtelijk te houden is verondersteld dat de prijzen van akkerbouwprodukten ten opzichte van elkaar concurrerend werken, d.w.z. prijsverhogingen van een produkt gaat gepaard met prijsverhoging van de andere akkerbouwprodukten en omgekeerd.
Nagegaan is, welke invloed procentuele prijsveranderingen van melk en akkerbouwprodukten op het optimale bouwplan hebben. In figuur 2 zijn de prijszones in beeld gebracht, waarbinnen een bepaald optimaal bouwplan geldt. De cijfers I t/m VI verwijzen naar de bouwplannen in tabel 9. De cijfers VII, VIII en IX naar tabel 10.

Saldoverloop bij verandering van de melkprijs FIGUUR 1



leveren. Zonder de bedrijfsuitrusting te veranderen, andere technieken toe te passen of andere activiteiten in te voeren zal dit netto-overschot nimmer positief kunnen worden.

Zodra wij de bedrijfsuitrusting gaan veranderen of andere technieken gaan toepassen, zullen de zones, waarbinnen de prijzen mogen variëren, ook veranderen. Gaan wij b.v. uit van het plan, waarbij machinaal wordt gemolken en tevens de mogelijkheden van bieten enen in akkoordwerk en aardappelrooien door de loonwerker openstaan, dan mag o.a. de melkprijs variëren van *f* 25,73 tot *f* 29,43.
Het blijkt nu dat t.o.v. het basisplan de melkprijs verder verlaagd kan worden. De bovengrens is ongeveer gelijk aan die bij het basisplan. In welke mate verhoging van de melkprijs het bouwplan zal beïnvloeden, wordt weergegeven in tabel 11.
Uit deze tabel blijkt, dat er in wezen niet zoveel verandert. De oppervlakte rogge en grasland neemt iets toe, terwijl de oppervlakte haver, aardappelen en suikerbieten iets wordt ingekrompen. De hoeveelheid krachtvoer per koe blijft beperkt tot de in het programma ingebouwde minimumhoeveelheid van 400 kg per koe.

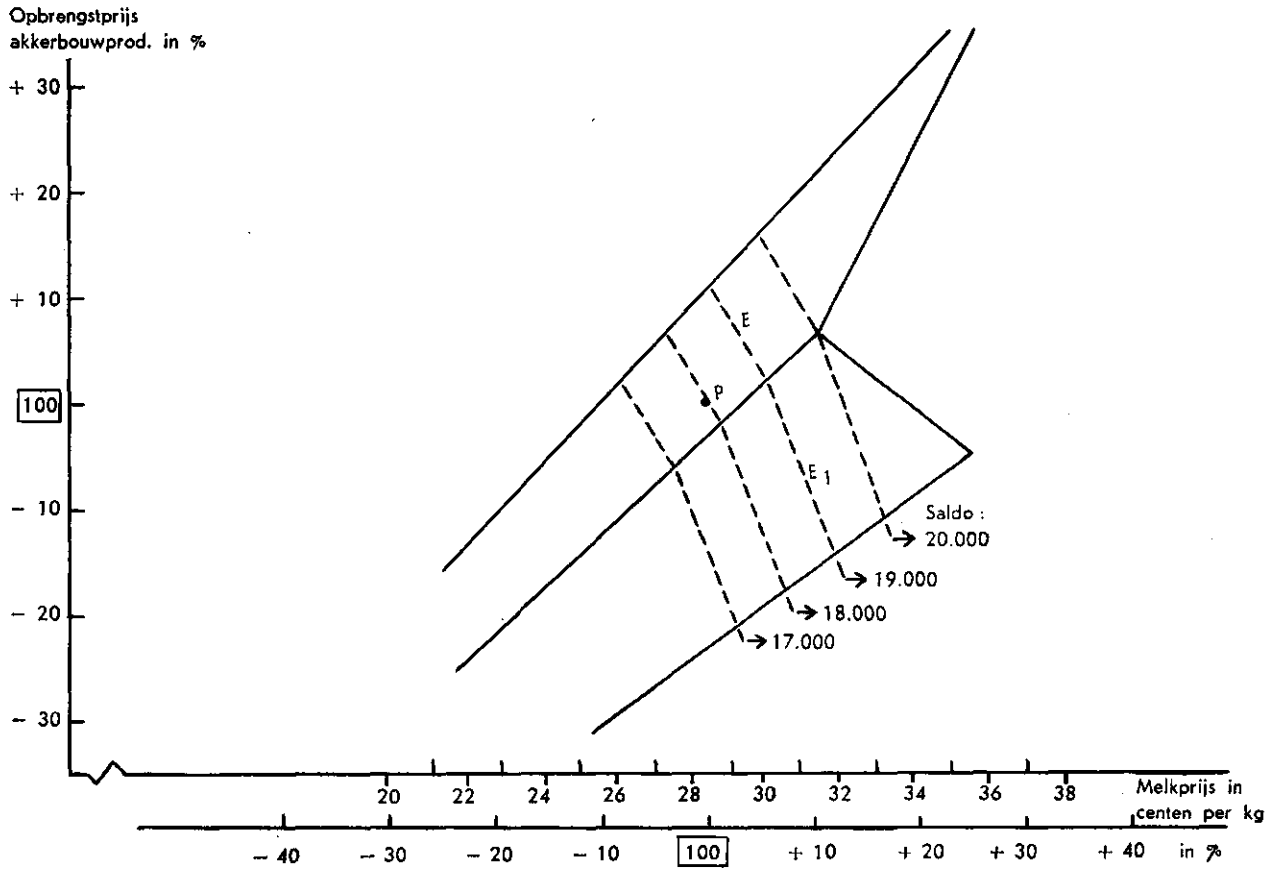
Optimale produktieplannen bij gegeven akkerbouwprijzen en verschillende melkprijzen

TABEL 11

	Melkprijs in gld. per 100 kg	
	25,73 – 29,43	29,43 – 33,94
	plan E	plan E_1
Rogge	1,70	1,95
Haver	0,62	0,21
Aardappelen	1,85	1,73
Suikerbieten	0,98	0,87
Voederbieten	0,41	0,43
Totaal bouwland	5,56	5,19
Grasland	9,44	9,81
Totaal cultuurgrond	15,00	15,00
Oppervlakte gehooid	4,73	4,95
Oppervlakte gekuild	3,78	3,92
Oppervlakte knollen vers verv.	1,70	1,77
Oppervlakte knollen ingekuild	–	0,18
Aantal melkkoeien	13,2	13,7
Kg krachtvoer per koe	400	400

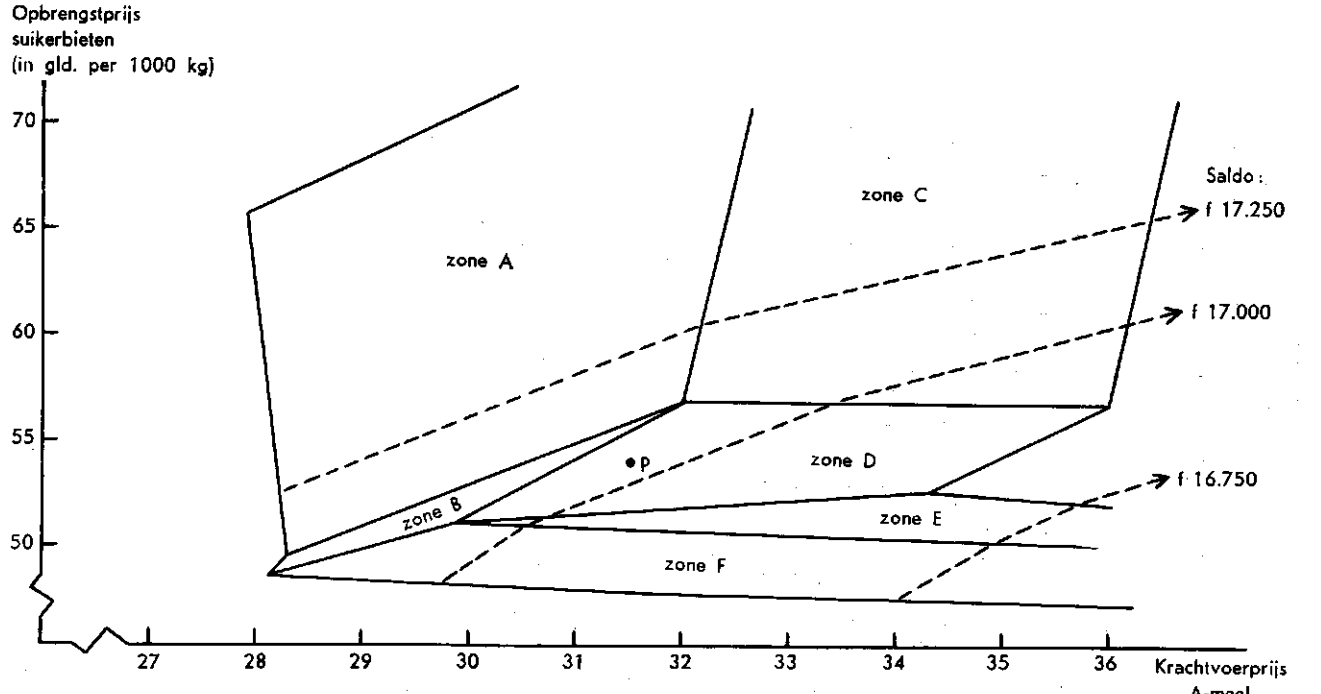
De prijszones, waarbinnen bij procentuele prijsveranderingen van melk en akkerbouwprodukten een bepaald optimaal bouwplan geldt, zijn in figuur 3 in beeld gebracht. Punt P geeft weer de prijscombinatie aan, waarvan bij de programmering is uitgegaan. Wij zien nu, dat een melkprijsverhoging gelijktijdig met een verhoging van de prijzen voor akkerbouwprodukten niet snel verandering van het bouwplan tot gevolg zal

Prijszones, waarbinnen een optimaal bouwplan geldt (bij machinaal melken) FIGUUR 3



hebben. Een verlaging van de prijzen ook niet. Een verhoging van de melkprijs en/of een verlaging van de prijzen voor akkerbouwprodukten zal daarentegen vrij spoedig het optimale bouwplan beïnvloeden. De veranderingen die daarbij in het bouwplan optreden zijn aangegeven in tabel 11.
Opmerkelijk is dat in deze figuur de prijszones groter zijn dan in de figuur betreffende de prijsveranderingen bij het basisplan. Wij menen hieruit te mogen concluderen, dat naargelang de arbeidsorganisatie gunstiger wordt, de invloeden van prijsveranderingen geringer worden.
In het voorgaande is nagegaan hoe het produktieplan verandert als veranderingen worden aangebracht in enerzijds de melkprijs en anderzijds in de prijzen van akkerbouwprodukten. Bij het basisplan constateerden wij als voornaamste verandering steeds een verschuiving in de oppervlakte suikerbieten, voederbieten en hoeveelheid krachtvoer per koe. Deze drie activiteiten blijken dus gevoelig te zijn voor prijswijzigingen. Verwacht mag daarom worden dat het produktieplan ook zal reageren indien alleen de opbrengstprijs voor suikerbieten en de krachtvoerprijs veranderen.
In figuur 4 zijn de prijszones in beeld gebracht, waarbinnen bij verschillende prijscombinaties tussen suikerbieten en krachtvoer een bepaald optimaal produktieplan geldt.
Gerekend van het punt P uit – dit punt geeft de prijscombinatie aan, waarvan bij de programmering is uitgegaan – kan de krachtvoerprijs met ongeveer *f* 3,– per 100 kg stijgen, voordat er in het basisplan iets zal veranderen. Daarbij is tevens een speling in de suikerbietenprijs toegestaan van ongeveer *f* 52,50 tot *f* 56,50 per ton. Anders wordt het plan, wanneer naast een verhoging van de krachtvoerprijs de prijs voor suikerbieten met meer dan *f* 3,– per ton verhoogd wordt. Dan blijkt dat de oppervlakte suikerbieten met ongeveer 0,50 ha toeneemt. De oppervlakte voederbieten neemt met ongeveer 0,20 ha af en het krachtvoederverbruik zal dientengevolge met 80 kg per koe toenemen. Ook komen wij dan in een situatie, dat het aantal melkkoeien sterk wordt teruggedrongen. Er moeten dan nl. 2 melkkoeien met aanhang minder worden gehouden. Zit men eenmaal met de prijsverhouding tussen suikerbieten en krachtvoer in deze zone (zone C), dan heeft een uitloop van de suikerbietenprijs naar boven praktisch gesproken geen invloed meer op het produktieplan.
Bij verhoging van de suikerbietenprijs met meer dan *f* 2,– per ton en bij gelijk blijven of verlagen van de krachtvoerprijs – wederom gerekend van punt P uit – komt men in zone A terecht; deze zone verschilt van zone C door aanmerkelijk minder voederbieten en meer krachtvoer per koe. Ook is het aantal melkkoeien nu weer gestegen tot ongeveer 13 stuks. De oppervlakte suikerbieten blijft nagenoeg gelijk. In zone B nemen t.o.v. zone A de oppervlakte suikerbieten en krachtvoergift per koe weer af en neemt de oppervlakte voederbieten weer toe. In het aantal melkkoeien komt geen verandering. De zones E en F kenmerken zich door minder

Prijszones, waarbinnen een optimaal bouwplan geldt (bij het basisplan en bij gelijk blijven van alle andere prijzen) FIGUUR 4

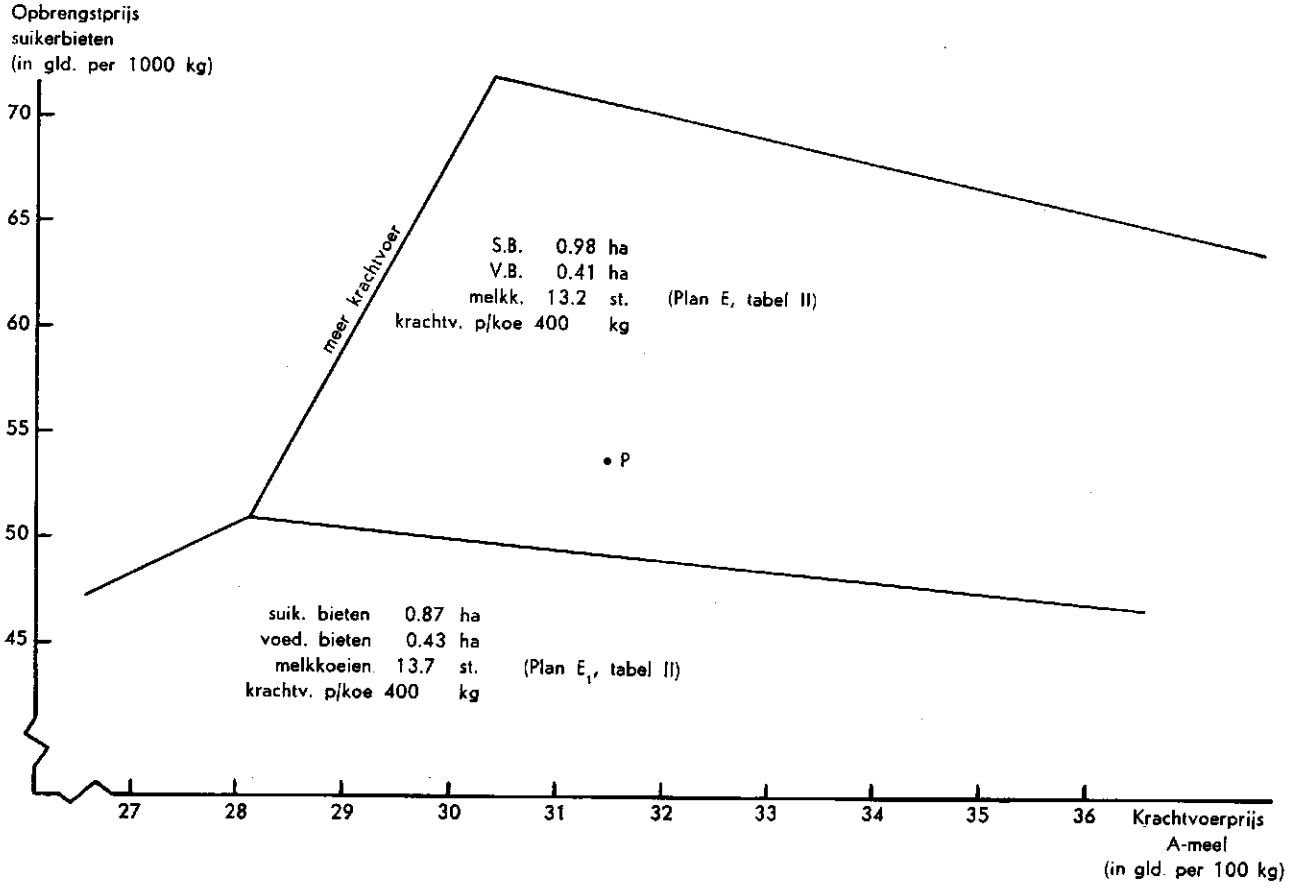


	Suiker-bieten ha	Voeder-bieten ha	Krachtvoer per koe kg	Aantal melkkoeien	
zone A	1.33	0.09	782	13.1	(Plan VII in tabel 10)
„ B	1.01	0.41	600	13.1	(„ IV „ „ 9)
„ C	1.26	0.55	496	10.8	(„ II „ „ 9)
„ D	0.75	0.73	414	12.7	(„ III „ „ 9)
„ E	0.63	0.75	400	12.9	
„ F	0.49	0.74	400	13.1	(„ VIII „ „ 10)

suikerbieten, terwijl de oppervlakte voederbieten en de krachtvoergift per koe ongeveer gelijk zijn aan zone D. Opgemerkt dient te worden dat in het beginprogramma reeds een benodigde hoeveelheid krachtvoer van 400 kg per koe is vastgelegd.
De mogelijkheid, dat door veranderingen in de prijsverhouding de hoeveelheid krachtvoer beneden 400 kg per koe daalt, hebben we daardoor dus uitgesloten.
Samenvattende zien wij dus in figuur 4, dat het plan bij verhoging van de opbrengstprijs voor suikerbieten en/of verlaging van de krachtvoerprijs een toeneming van de oppervlakte suikerbieten en krachtvoerverbruik te zien geeft, gepaard gaande met een vermindering van de oppervlakte voederbieten. Dit heeft slechts weinig invloed op het aantal melkkoeien. Wel wordt het aantal melkkoeien teruggedrongen, wanneer behalve verhoging van de bietenprijs een verhoging van de krachtvoerprijs optreedt. Bij alleen vermindering van de opbrengstprijs voor suikerbieten constateren wij een vermindering van de oppervlakte suikerbieten, terwijl de oppervlakte voederbieten en de krachtvoergift per koe weinig veranderen. Dit laatste is wellicht een gevolg van het feit, dat een minimumkrachtvoergift van 400 kg per koe in het programma is vastgelegd.
Tot slot wordt opgemerkt dat de prijsbegrenzingen in figuur 4 in hoge mate bepaald worden door de krappe arbeidsvoorziening in de zomermaanden. Wordt b.v. op dit bedrijf de melkmachine ingevoerd, dan blijkt de toegestane speling in de bietenprijs en krachtvoerprijs aanmerkelijk ruimer te zijn. Zo zal dan de prijs voor krachtvoer met meer dan *f* 3,– per 100 kg moeten dalen voordat het voordelig wordt meer krachtvoer aan het vee te verstrekken. Verder heeft pas een verhoging van de opbrengstprijs van suikerbieten met meer dan *f* 17,– per ton verandering van bouwplan tot gevolg. Daarentegen heeft verlaging van de bietenprijs met meer dan *f* 5,– per ton wel verandering van bouwplan tot gevolg. De veranderingen die daarbij optreden zijn van slechts geringe betekenis (zie figuur 5).

Prijszones, waarbinnen een optimaal bouwplan geldt (bij machinaal melken en bij gelijk blijven van alle andere prijzen)

FIGUUR 5



SAMENVATTING

In het voorgaande is de lineaire programmeringsmethode toegepast voor de opstelling van een plan voor een Drents gemengd bedrijf. In eerste aanleg werd getracht bij gegeven en nadrukkelijk omschreven technische en economische data, een produktieplan te vinden, waarvan een zo gunstig mogelijk bedrijfsresultaat mag worden verwacht.
Daarna werden de effecten van allerlei technische en economische ingrepen in de bedrijfsvoering onderzocht, terwijl vervolgens de gevolgen van veranderingen in de prijsverhoudingen werden belicht.
De resultaten van dit onderzoek worden hier nog eens samengevat.

1. Ondanks het feit dat de benutting van de grond als bouw- en grasland volledig variabel is gesteld, komt uit de programmering een bouwplan te voorschijn, typerend voor een gemengd bedrijf. $^3/_5$ deel van de beschikbare grond moet nl. als grasland worden gebruikt en $^2/_5$ deel als bouwland. Het saldo bedraagt bij dit plan (genoemd het basisplan) ± *f* 17.000,–. Wanneer daarvan de niet-toerekenbare kosten, als pacht, afschrijving, werktuigen e.d. nog worden afgetrokken, resteert een arbeidsinkomen per bedrijf van *f* 17.000,– – *f* 3.600,– = *f* 13.400,–. De berekende loonkosten zijn becijferd op *f* 12.400,–, zodat een netto-overschot wordt verkregen van ± *f* 1.000,–.
   De constatering van het feit, dat niet alle beschikbare grond als bouwland (of als grasland) moet worden gebruikt, houdt geen algemene uitspraak in over specialisatie. De in het uitgangsprogramma opgenomen normen zijn nl. afgestemd op een gemengde bedrijfsvoering en dus niet direct ingesteld op het zuivere akkerbouw- of weidebedrijf.

2. Het aanvullende wintervoer voor het vee wordt bij dit plan verkregen door verbouw van 0,73 ha voederbieten, terwijl verder boven de reeds in de programmering vastgelegde krachtvoergift van 400 kg per koe nog 14 kg krachtvoer per koe moet worden aangekocht. Blijkens de verdere informaties die de programmering verstrekt, maakt het financieel gezien echter weinig verschil, als een gedeelte van de voederbieten wordt vervangen door krachtvoer; althans weinig wanneer de daarbij noodzakelijke veranderingen in het bouwplan worden aangebracht. Aankoop van goedkoper krachtvoer dan A-meel, b.v. graanmeel, zal het bedrijfsresultaat tot op zekere hoogte ook kunnen verbeteren.

3. Uit het eindtableau kan worden afgeleid dat verruiming van het arbeidsaanbod in de periode, waarin de arbeid schaars blijkt te zijn (juni t/m september), kans van slagen zal hebben het bedrijfsresultaat te verbeteren. Gebleken is, dat door verruiming van de beschikbare hoeveelheid arbeid met 10 uur per week gedurende deze knelperiode het totaalsaldo kan stijgen met ± *f* 670,–.
4. Als alternatief hierop kunnen diverse werkzaamheden in de knelperiode naar derden worden afgestoten. Onderzocht zijn de mogelijkheden van bieten enen door losse arbeidskrachten en aardappelrooien door een loonwerker. Van deze twee mogelijkheden bleek het bieten enen door los personeel het grootste financiële voordeel op te leveren, nl. een saldoverhoging van *f* 148,–. Overigens bleek, dat niet alle suikerbieten door los personeel geëend moeten worden. Aantrekken van los personeel heeft geen uitbreiding van de oppervlakte bieten tot gevolg. Het rooien van de aardappelen door een loonwerker bleek weinig aantrekkelijk. T.o.v. het basisplan bedraagt het saldovoordeel slechts *f* 38,–.
5. Het effect van een derde mogelijkheid van arbeidsbesparing, het machinaal melken, is bestudeerd. Deze mechanisatie bleek veruit het voordeligst. De toeneming van het saldo welke op het onderhavige bedrijf door machinaal te melken kan worden verkregen bedraagt ruim *f* 500,–. Daarbij is reeds rekening gehouden met de kosten van de melkmachine. Verder blijkt, dat bij deze wijze van werken een benutting van de vermelde mogelijkheden van afstoten van werk naar derden niet meer voordelig is. Tevens zal verruiming van de hoeveelheid arbeid in de zomermaanden, uitgezonderd juni, geen gunstig effect meer op het bedrijfsresultaat hebben.
6. De grenswaarde van de grond bij het plan, waarbij machinaal wordt gemolken, is van dien aard dat met voordeel meer grond aangetrokken kan worden. Zo zal vergroting van het bedrijf tot 20 ha een meersaldo opleveren van *f* 2.400,–. Hiervan dienen de kosten van de 5 ha grond extra, b.v. te stellen op ± *f* 100,– per ha, nog te worden afgetrokken.
   Vergroting van het bedrijf van 15 ha tot 20 ha, waarbij niet machinaal wordt gemolken, maar wel de mogelijkheden van aantrekken van los personeel voor het bieten dunnen en het inschakelen van loonwerkers voor de aardappeloogst openstaan, heeft een saldoverhoging tot gevolg van ± *f* 900,–. Vermindering van dit saldo met de meer-kosten voor de grond levert een netto saldovoordeel op van *f* 400,–. Het blijkt dat naarmate de bedrijfsoppervlakte groter wordt, en de arbeidsbezetting lichter, het machinaal melken het steeds meer wint van de andere onderzochte mogelijkheden tot arbeidsbesparing.
7. Ontplooiing van de varkenshouderij heeft voor het onderhavige bedrijf slechts een gunstig resultaat, zodra op de andere bedrijfsonderdelen eigen arbeid kan worden bespaard door afstoten van bepaalde

werkzaamheden naar derden of door aanschaf van een melkmachine. Slechts wanneer de koeien machinaal worden gemolken, is de varkensmesterij van een dergelijke betekenis, dat gesproken kan worden van enig geldelijk voordeel van belang.
Bij de door ons aangehouden arbeidsnormen en rentabiliteitsverhoudingen zal op dit bedrijf de varkenshouderij de aan de grond gebonden produktierichtingen niet verdringen. Ontplooiing van de varkenshouderij zal het afstoten van grond niet voordelig maken.

8. Wijziging in de prijsverhoudingen heeft voor het onderhavige bedrijf niet direct verandering van bouwplan tot gevolg. Zo is bij het basisplan de variatieruimte voor b.v. de melkprijs ongeveer 1¾ cent per kg melk. De melkprijs mag nl. variëren van *f* 27,80 tot *f* 29,56, zonder dat daardoor het bouwplan veranderingen zal ondergaan. Verder is gebleken, dat een melkprijs buiten deze begrenzing niet een drastische verandering van het bouwplan tot gevolg heeft. In hoofdzaak blijven de veranderingen beperkt tot vervanging van voederbieten door krachtvoer. Het aantal melkkoeien neemt bij verhoging van de melkprijs boven *f* 29,56 slechts zeer weinig toe. Verlaging van de melkprijs beneden *f* 27,80 doet het aantal koeien relatief sterker afnemen.
Dalende prijzen van akkerbouwprodukten gecombineerd met een dalende melkprijs zullen niet spoedig verandering van bouwplan tot gevolg hebben. Bij verhoging van deze prijzen krijgt men weer vrij spoedig te doen met de bouwplannen, waar een gedeelte van de voederbieten vervangen is door krachtvoer.
Verschuivingen in de prijsverhouding suikerbieten-krachtvoer, waarbij verondersteld wordt dat de prijzen van de overige produkten niet veranderen, kunnen veranderingen in het basisplan teweegbrengen. Verhoging van de opbrengstprijs voor suikerbieten, gecombineerd met een verlaging of gelijkblijven van de krachtvoerprijs, heeft tot gevolg, dat de oppervlakte suikerbieten en de hoeveelheid krachtvoer per koe toenemen, terwijl de oppervlakte voederbieten sterk wordt teruggedrongen. Bij verhoging van de suikerbietenprijs gelijktijdig met een verhoging van de krachtvoerprijs is een zelfde tendentie waar te nemen, echter niet in zo'n sterke mate. Het aantal melkkoeien wordt bij een dergelijke prijsverhouding teruggedrongen. Bij verlaging van de suikerbietenprijs neemt de oppervlakte suikerbieten af, terwijl de oppervlakte voederbieten en de hoeveelheid krachtvoer ongeveer gelijk blijven aan die in het basisplan. Dit laatste is echter een gevolg van het uitgangspunt in het programma dat een minimale hoeveelheid krachtvoer van 400 kg per koe noodzakelijk wordt geacht.
Wordt de arbeidsorganisatie op het bedrijf gunstiger, door b.v. invoering van de melkmachine, dan blijkt het produktieplan veel stabieler te zijn; het bouwplan reageert dan minder snel op veranderingen in de prijzen.

De gebruikte arbeidsnormen voor de bouwlandgewassen, ingedeeld naar enkele groepen van werkzaamheden (uren per ha) BIJLAGE I

	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.
Granen								
Ploegen, eggen en zaaien (rogge gedeeltelijk)	20 (haver)	10 (haver)						15 (rogge)
Bemesten		5	2					
Oogsten: voormaaien met de zeis, verder met maaimachine met aflegapparaat, inhalen					50	90		
Dorsen: transport van gedorst koren en stro naar boerderij (gedeeltelijk)							15	
Nagewas knollen: ploegen, eggen, zaaien en bemesten						25		
Aardappelen								
Ploegen, cultivateren, eggen, poten, schoffelen en aanaarden	5	30	35	30	30			
Bemesten	10	10	5					
Rooien: handgerooid, naëggen en narapen, kuil afdekken						20	200	30
Bieten								
Ploegen, eggen, cultivateren, slepen, zaaien, schoffelen en aanaarden		40	35	85	50	10		
Bemesten	10	10	5	5				
Bieten enen			40	60				
Oogsten: met de hand getrokken, transport van (gedeeltelijk) de suikerbieten naar leveringsplaats en van de voederbieten naar boerderij + kuil afdekken								100 s.b. 110 v.b.

WERKTUIGENINVENTARIS EN BEGROTING VAN DE NIET DIRECT TOEGEREKENDE KOSTEN

Werktuigeninventaris	Vervangings-waarde in gld.
2 landbouwwagens op lucht	2.500,—
1 eenscharige diepploeg	150,—
1 tweescharige stoppelploeg	170,—
1 balkeg	150,—
1' drievelds zigzageg	120,—
1 cultivator	200,—
1 weidesleep	100,—
1 veenkol. schoffeltuig	220,—
1 grasmaaimachine met aflegapparaat	1.200,—
1 hooihark	600,—
1 giertank	180,—
1 gierpomp	120,—
1 bietensnijder	150,—
Overige kleinere werktuigen als bascule, slijpmachine, e.d.	400,—
Totaal	6.260,—

Begroting niet direct toegerekende kosten

Afschrijving en rente werktuigeninventaris	500,—
Overige kosten van werktuigen	550,—
Pacht	1.950,—
Klein onderhoud gebouwen	100,—
Algemene kosten, als verzekeringen, abonnementen, boekhoudkosten, elektra, enz.	500,—
Subtotaal	3.600,—
Berekende loonkosten (2 x *f* 6.200,—)	12.400,—
Totaal niet direct toegerekende kosten	16.000,—

ELEMENTAIRE UITEENZETTING VAN DE REKENTECHNIEK BIJ LINEAIRE PROGRAMMERING

De toepassing van de lineaire programmeringsmethode bij het begroten vereist de opstelling van een passend uitgangstableau. In een dergelijk tableau worden aangegeven:

a. de hoeveelheden van op het bedrijf aanwezige vaste produktiemiddelen welke bij het te kiezen produktieplan een knelpunt kunnen gaan vormen;
b. de voor het produktieplan in aanmerking komende produktierichtingen; van deze produktierichtingen wordt vermeld welk beslag zij per ha of per andere eenheid (b.v. per stuks grootvee) leggen op de genoemde produktiemiddelen.

Zo nodig kunnen nog andere beperkingen worden opgenomen, zoals b.v. vruchtwisselingseisen.
Van elke produktierichting (activiteit) wordt een saldo verwacht. Dit saldo is de uitkomst van verwachte fysieke opbrengsten x verwachte prijs, verminderd met de daaraan verbonden direct toerekenbare kosten, alles uitgedrukt per eenheid van activiteit. De vaste kosten, als b.v. pacht, afschrijving werktuigen e.d. worden daarbij als gegeven verondersteld en kunnen in eerste instantie bij het begrotingswerk buiten beschouwing worden gelaten.

1. *Het rekenproces*

Aan de hand van een eenvoudig cijfervoorbeeld wordt in het hiernavolgende het rekenproces gedemonstreerd. Daarbij is getracht op eenvoudige rekenkundige wijze de methode te verklaren.

Begintableau TABEL 1

Beperkingen	Beschikbaar P_0	Gewassen				Grond P_5	Arbeid P_6	Kapitaal P_7
		A	B	C	D			
P_5 grond (ha)	10	1	1	1	1	1	0	0
P_6 arbeid (uren)	1200	100	60	200	100	0	1	0
P_7 kapitaal (*f* 100,—)	170	15	4	10	25	0	0	1
Saldo (gld.)	0	350	200	500	400	0	0	0

In deze tabel geeft de kolom P_0 (voorraadactiviteit) de hoeveelheden beschikbare produktiemiddelen grond, arbeid en kapitaal aan. Het in „voorraad" houden van deze middelen levert geen saldo op. De coëfficiënten onder A, B, C en D zijn de aanspraken per oppervlakte-eenheid (1 ha) van deze gewassen op de beschikbare hoeveelheden grond, arbeid

en kapitaal. Van de ontwikkeling van A, B, C en D wordt een saldo verwacht van resp. *f* 350,–, *f* 200,–, *f* 500,– en *f* 400,–. P_5, P_6 en P_7, rechts in de tabel, stellen voor het ter beschikking houden van resp. 1 ha grond, 1 uur arbeid en *f* 100,– kapitaal.
Elk produktieplan nu wordt beschreven als een combinatie van activiteiten. Zo kan b.v. een produktieplan van 4 ha A en 5 ha B worden voorgesteld als 4(A) + 5(B) of als:

	A:		B:			
	1		1		9	grond
4	100	+ 5	60	en dit vraagt aan middelen	700	arbeid
	15		4		80	kapitaal

Bij dit plan zouden er dus nog over zijn 1 ha grond (= 1 P_5), 500 uren arbeid (= 500 P_6) en 90 eenh. aan kapitaal (= 90 P_7); dit plan kan dus ook geschreven worden als:

	A:		B:		P_5:		P_6:		P_7:
	1		1		1		0		0
4	100	+ 5	60	+ 1	0	+ 500	1	+ 90	0
	15		4		0		0		1

In het begintableau en in de aanstonds te berekenen tussentableaus en het eindtableau staan nu telkens verschillende produktieplannen aangegeven onder P_0. Zo vindt men in tabel 1, dat wij uitgaan van het plan: 10 (P_5) + 1200 (P_6) + 170 (P_7); dit is dus een plan dat zegt „houdt alle produktiemiddelen in voorraad". Het te verwachten saldo is dan uiteraard nul gulden (zie laatste regel onder P_0 van tabel 1).
Dit eerste „loze" plan nu wordt vervangen door een beter plan. In het algemeen wordt begonnen met de opneming in het produktieplan van het gewas met het hoogste saldo. Dit is in dit geval gewas C. Gezien de beschikbare grond, kan 10 ha van dit gewas in het plan worden opgenomen (10 : 1 = 10). Er is voldoende kapitaal aanwezig voor 170 : 10 = 17 ha, maar gelet op de beschikbare arbeid kan maximaal slechts 1200 : 200 = 6 ha worden verbouwd. In termen van lineaire programmering kan dus activiteit C op niveau 6 ontwikkeld worden. Dit heeft verder tot gevolg dat 6 x 1 = 6 ha van de beschikbare grond benut wordt. Er blijft dan nog ongebruikt 10 – 6 = 4 ha. Eveneens zullen bij deze ontwikkeling 6 x 10 = 60 eenheden kapitaal nodig zijn. Blijven dus over 170 – 60 = 110 eenheden. Voorts zal ontwikkeling van C op niveau 6 een saldo leveren van 6 x 500 = *f* 3.000,–. De nieuwe P_0-kolom, aangevende het nieuwe verbeterde plan, ziet er nu als volgt uit:

	P_0
P_5 grond	4
Gewas C	6
P_7 kapitaal	110
Saldo	– 3000

Deze kolom geeft thans aan op welk niveau activiteit C ontwikkeld is, welk saldo hierdoor kan worden behaald en wat er van de produktiemiddelen grond en kapitaal nog „over" is. Het produktiemiddel „arbeid" staat in deze kolom

niet meer aangegeven, aangezien hiervan, door ontwikkeling van C, alles is verbruikt.
Gezien het feit dat wij nog grond en kapitaal overhouden, kan men zich afvragen of het niet voordelig is andere activiteiten te ontwikkelen, waarbij dan uiteraard iets van gewas C moet worden opgeofferd. Bekijken wij b.v. gewas D, dat ook een hoog saldo heeft, dan zien wij dat 1 ha van dit gewas een zelfde hoeveelheid arbeid vraagt als een halve ha van gewas C (100 : 200 = 1/2). Dit wil dus zeggen dat bij opneming van 1 ha gewas D in het produktieplan 1/2 ha van gewas C moet worden opgeofferd. Opoffering van 1/2 ha C zal het totaalsaldo met 1/2 x 500 = *f* 250,– verlagen. Daarentegen zal 1 ha van D het totaalsaldo met *f* 400,– kunnen verhogen. Opneming van 1 ha van gewas D met het laten vervallen van 1/2 ha van C zal dus een meer-saldo leveren van *f* 400,– – *f* 250,– = *f* 150,–. Verder zal door opneming van 1 ha van gewas D 1/2 ha grond *meer* gebruikt worden, nl. gewas D vraagt 1 ha grond, terwijl door opoffering van C 1/2 ha grond vrijkomt. Ten aanzien van het kapitaal kan een zelfde berekening worden gevolgd, nl. opneming van 1 ha van D vraagt 25 eenheden kapitaal en opoffering van 1/2 ha van C maakt 1/2 x 10 = 5 eenheden kapitaal vrij; dus uiteindelijk zal opneming van 1 ha D in deze situatie nog 25 — 5 = 20 eenheden kapitaal vragen.
Samenvattend kunnen wij nu zeggen: één ha van gewas D in het plan opvoeren vraagt de opoffering van:

P_5 grond	0,5 ha
Gewas C	0,5 ha
P_7 kapitaal	20 eenheden

Daarbij wordt een saldowinst verkregen van: *f* 150,–. Deze getallen vullen wij in onder kolom D van het volgende tableau. Op precies dezelfde wijze kunnen wij de getallen in de overige kolommen berekenen.

Eerste fase van de programmering TABEL 2

Beperkingen	Beschikbaar P_0	Gewassen A	B	C	D	Grond P_5	Arbeid P_6	Kapitaal P_7
P_5 grond	4	0,5	0,7	0	0,5	1	–0,005	0
Gewas C	6	0,5	0,3	1	0,5	0	0,005	0
P_7 kapitaal	110	10	1	0	20	0	–0,05	1
Saldo	–3000	100	50	0	150	0	–2,50	0

Wij zullen voor een goed begrip dit tableau nogmaals interpreteren. Onder P_0 van dit tweede tableau staat nu dus aangegeven hoe het tweede produktieplan eruit ziet, nl. 4 (P_5) + 6 (C) + 110 (P_7) of anders geschreven:

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline & 1 & & 1 & & 0 & & 10 & \text{grond} \\ 4 & 0 & + 6 & 200 & + 110 & 0 & \text{en dit vraagt} & 1200 & \text{arbeid} \\ & 0 & & 10 & & 1 & & 170 & \text{kapitaal} \\ \hline \end{array}$$

Wij hebben dus te maken met een plan waarbij 4 ha grond „braak" ligt en waarbij 110 eenheden kapitaal niet gebruikt worden; 6 ha wordt beteeld met gewas C. Om 4 ha grond „braak" te laten liggen, 6 ha te betelen met gewas C en 110 eenheden aan kapitaal „over" te hebben, moeten wij beschikken over 10 ha grond, 1200 eenheden arbeid en 170 eenheden kapitaal (deze hoeveelheden zijn aanwezig verondersteld en dus is dit plan precies uitvoerbaar!).
Het te verwachten saldo van dit plan is natuurlijk 4 x 0 + 6 x 500 + 110 x 0 = *f* 3.000,– (aangegeven met negatief teken op de laatste rij onder P_0).
De getallen onder b.v. kolom A betekenen: één ha van gewas A in het plan opvoeren brengt mede dat het huidige plan, genoemd onder P_0, moet veranderen in deze zin, dat 0,5 ha grond uit de „voorraad" aan grond moet worden gezet, dat 0,5 ha van gewas C moet vervallen en dat 10 eenheden aan kapitaal uit de „voorraad" aan kapitaal moeten worden aangesproken. Ook mag men zeggen: activiteit A is, *wat betreft de aanspraak op de produktiemiddelen,* gelijkwaardig aan de combinatie 0,5 (P_5) + 0,5 (C) + 10 (P_7); dit is ook aldus te zien:

	P_5:		C:		P_7:		A:
	1		1		0		1
0,5	0	+ 0,5	200	+ 10	0	=	100
	0		10		1		15

Als wij nu zouden overgaan tot de opneming van 1 ha A in het plan, dan zou het totaalsaldo veranderen; ½ ha van gewas C opofferen betekent ½ x 500 opofferen. Echter staat er een saldotoeneming te geven vanwege de opneming van 1 ha van gewas A van *f* 350,–, zodat het bedrijfssaldo met *f* 350,– – *f* 250,– = *f* 100,– zou stijgen door opneming van het plan van 1 ha A. (Aangegeven op de laatste regel van kolom A.)
Intussen is nu ook de betekenis van de kolom onder C duidelijk geworden (de kolom met de getallen 0, 1, 0, 0): het invoeren van een nieuwe ha C in het produktieplan (genoemd onder P_0 van tabel 2) vraagt de opoffering van 1 ha C uit het bestaande plan. (Dan heeft dit verder, overeenstemmend met de nullen in deze kolom, geen effect op het totaalsaldo, noch op de hoeveelheid grond en kapitaal welke in „voorraad" is) [1].

[1] Wij merken op dat wij hierdoor, door het feit dus dat de kolom onder C eerst een nul, dan een één en vervolgens nullen moet bevatten, een praktische sleutel in de hand krijgen om tabel 2 op gemakkelijke wijze te berekenen. Deze tabel 2 laat zich nl. ook aldus berekenen:
a. omdat in de kolom onder C op de tweede regel de coëfficiënt op één moet worden gebracht, delen wij alle getallen op de tweede regel van tabel 1 door 200 (wij krijgen dan de tweede regel van tabel 2);
b. omdat er verder in de kolom C nullen moeten komen, vermenigvuldigen wij de net gevonden nieuwe tweede regel van tabel 2 met —500 en tellen hem op bij de vierde regel van tabel 1; men zal dan zien dat wij de vierde regel van tabel 2 hebben gevonden. Handel evenzo voor de andere regels. B.v. voor regel 3: vermenigvuldig de tweede regel van tabel 2 met —10 en tel hem op bij de derde regel van tabel 1. Men vindt dan de derde regel van tabel 2 enz.

Uit tabel 2 blijkt dat het saldo van zowel A, B als D nog positief is. Dit betekent dat de ontwikkeling van deze activiteiten het totaalsaldo nog kan verbeteren. Gewas D geeft van deze drie het hoogste saldo aan; onderzocht wordt nu op welk niveau dit gewas in het produktieplan kan worden gebracht. Hierbij wordt dezelfde procedure gevolgd als bij ontwikkeling van gewas C. Wij redeneren nl. aldus: wij hebben nog 4 ha in „voorraad", dus kunnen wij wat de nog aanwezige grond betreft 4 : 0,5 = 8 ha van D ontwikkelen. Wij moeten echter ook aan gewas C denken: 1 ha van D in het produktieplan opvoeren is mogelijk als ik 0,5 ha van het gewas C opoffer; ik heb 6 ha van C in het plan, dus vanwege de hoeveelheid C kan ik gewas D niet verder ontwikkelen dan 6 : 0,5 = 12 ha. Met het oog op de nog aanwezige voorraad kapitaal kan ik D ontwikkelen tot een niveau van 110 : 20 = 5,5 ha.
De kleinste verhouding is hier 5,5, dus kan ik van gewas D in het volgende plan 5,5 ha opvoeren.

Zoals tabel 2 aangeeft vraagt de ontwikkeling 1 ha van gewas D de opoffering van 0,5 ha uit de voorraad grond, 0,5 ha C en 20 eenheden aan kapitaal; voor 5,5 ha wordt dit dus:

	0,5		2,75	grond
5,5	0,5	=	2,75	gewas C
	20		110	kapitaal

Wij hadden bij het tweede plan nog 4 ha grond in voorraad: dit wordt dus voor het derde plan 4 – 2,75 = 1,25 ha; wij hadden 6 ha C in het plan: dit wordt dus 6 – 2,75 = 3,25 ha C. Het derde plan is dus 1,25 (P_5) + 3,25 (C) + 5,5 (D); dit wordt weer aangegeven onder P_0 van het navolgende tableau:

Tweede fase van de programmering TABEL 3

Beperkingen	Beschikbaar P_0	Gewassen				Grond P_5	Arbeid P_6	Kapitaal P_7
		A	B	C	D			
P_5 grond	1,25	0,25	0,675	0	0	1	–0,00375	–0,025
Gewas C	3,25	0,25	0,275	1	0	0	0,00625	–0,025
Gewas D	5,50	0,50	0,050	0	1	0	–0,00250	0,050
Saldo	–3825	25	42,50	0	0	0	–2,125	–7,50

Voor de rest moet dit tableau ook op dezelfde wijze worden geïnterpreteerd als tabel 2.

Wij zien nu dat het ook nog voordelig is gewas A of gewas B in het produktieplan op te nemen. In het voorgaande is bij de keuze van het op te nemen gewas steeds uitgegaan van het hoogste saldo. Nadere bestudering van de gegevens in de kolommen P_0, A en B leert ons dat zowel bij A als bij B de kleinste verhouding aangegeven wordt door de getallen op de regel grond. Gewas A kan op niveau 1,25 : 0,25 = 5 in

het produktieplan worden gebracht, gewas B op niveau 1,25 : 0,675 = ± 1,85. Gezien de saldorij zal A 5 x 25 = *f* 125,– aan het totaalsaldo kunnen toevoegen en B 1,85 x 42,50 = ± *f* 78,63. Het is dus voordeliger A in plaats van B te nemen. Zou men toch van B uitgaan, dan zal blijken dat na de volgende bewerking B door A weer uit het plan verdreven wordt. Door direct A in het produktieplan op te nemen spaart men een bewerking (iteratietrap) uit. Doorberekeningen van A in het tableau geeft tabel 4.

Derde fase van de programmering (eindtableau) TABEL 4

Beperkingen	Beschikbaar P_0	Gewassen				Grond P_5	Arbeid P_6	Kapitaal P_7
		A	B	C	D			
Gewas A	5	1	2,7	0	0	4	–0,015	–0,1
Gewas C	2	0	–0,4	1	0	–1	0,010	0
Gewas D	3	0	–1,3	0	1	–2	0,005	0,1
Saldo	–3950	0	–25	0	0	–100	–1,75	–5,00

Alle getallen op de saldorij zijn thans negatief of nul. Dit betekent dat wij het optimale produktieplan hebben gevonden. Het optimale produktieplan staat aangegeven in kolom P_0 en luidt als volgt:

Gewas A	5 ha	saldo 5 x 350 = *f* 1.750,–
Gewas C	2 ha	saldo 2 x 500 = *f* 1.000,–
Gewas D	3 ha	saldo 3 x 400 = *f* 1.200,–
Totaal	10 ha	*f* 3.950,–

De op het bedrijf aanwezige produktiemiddelen grond, arbeid en kapitaal worden bij deze combinatie van de gewassen A, C en D volledig benut, nl.:

	A		C		D		P_0	
	1		1		1		10	grond
5 x	100	+ 2 x	200	+ 3 x	100	=	1200	arbeid
	15		10		25		170	kapitaal

2. *Interpretatie van het eindtableau*

Wij zullen nu nog het eindtableau verder interpreteren. Eerst zullen wij stilstaan bij de betekenis van kolom B. Zoals reeds is aangegeven in de vorige paragraaf, betekenen de eerste drie getallen van genoemde kolom het volgende: als wij 1 ha van gewas B in het produktieplan zouden willen opnemen, dan is dit mogelijk mits het onder P_0 aangegeven bouwplan verandert in deze zin dat 2,7 ha van gewas A wordt opgeofferd; de oppervlakte van de gewassen C en D echter behoeven daarbij niet ingekrompen te worden, maar kunnen nog toenemen, nl. met resp. 0,4 en 1,3 ha. Ook wordt wel gezegd: activiteit B is, wat betreft het beslag op de produktiemiddelen, gelijkwaardig aan de combinatie 2,7 A – 0,4 C – 1,3 D; dit is ook aldus te zien:

$$2{,}7 \begin{vmatrix} A \\ 1 \\ 100 \\ 15 \end{vmatrix} - 0{,}4 \begin{vmatrix} C \\ 1 \\ 200 \\ 10 \end{vmatrix} - 1{,}3 \begin{vmatrix} D \\ 1 \\ 100 \\ 25 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} B \\ 1 \\ 60 \\ 4 \end{vmatrix}$$

Opvoering van 1 ha B in het produktieplan geeft dus een:

saldodaling ten gevolge van:

opoffering van 2,70 ha van gewas A, 2,7 x 350 = *f* 945,—

saldostijging ten gevolge van:

ontplooiing van 1 ha van gewas B, 1 x 200 = *f* 200,—
ontplooiing van 0,40 ha van gewas C, 0,4 x 500 = *f* 200,—
ontplooiing van 1,30 ha van gewas D, 1,3 x 400 = *f* 520,— *f* 920,—

daling totaal *f* 25,—

Wij lezen dus van de saldorij van het eindtableau hoe duur het zou komen te staan als de desbetreffende activiteiten zouden worden ontwikkeld. Gemakkelijk valt nu aan te geven hoe de saldo's van de niet ontplooide activiteiten zouden moeten veranderen, willen deze laatste met voordeel worden opgenomen in het produktieplan; zo zou 1 ha van gewas B minstens een saldo moeten hebben van *f* 225,– om in aanmerking te komen voor de opneming in het bouwplan.

In het eindtableau zijn P_5 (grond), P_6 (arbeid) en P_7 (kapitaal) thans ook geschreven als lineaire combinaties van A, C en D. Bij het ter *beschikking* houden van b.v. 1 eenheid P_5 is een zelfde hoeveelheid van de produktiemiddelen grond, arbeid en kapitaal gemoeid, als bij ontwikkeling van de lineaire combinatie 4 (A) – 1 (C) – 2 (D), nl. 1 ha grond, 0 uur arbeid en 0 eenheden kapitaal. Ter verduidelijking de volgende vergelijking:

$$= 4A - 1C - 2D = 4 \times \begin{vmatrix} A \\ 1 \\ 100 \\ 15 \end{vmatrix} - 1 \times \begin{vmatrix} C \\ 1 \\ 200 \\ 10 \end{vmatrix} - 2 \times \begin{vmatrix} D \\ 1 \\ 100 \\ 25 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} P_5 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \begin{matrix} \text{grond} \\ \text{arbeid} \\ \text{kapitaal} \end{matrix}$$

ıdtableau)

Het een en ander betekent, dat onttrekking van 1 ha grond aan het produktieplan tot gevolg zal hebben vermindering van gewas A met 4 ha, toeneming van de gewassen C en D met resp. 1 en 2 ha. Het totaalsaldo zal hierdoor dalen met *f* 100,–, nl.:

daling van het saldo ten gevolge van vermindering van gewas A met 4 x 350 = *f* 1.400,–;

stijging van het saldo ten gevolge van toeneming van de gewassen C en D met 1 x 500 + 2 x 400 = *f* 1.300,–.

Totale daling is *f* 1.400,– – *f* 1.300,– = *f* 100,–.

Omgekeerd zal *toevoeging* van 1 ha grond aan het produktieplan het totaalsaldo kunnen verhogen met *f* 100,–, waarbij dan gewas A met 4 ha toeneemt en de gewassen C en D met resp. 1 en 2 ha afnemen. Het

bedrag op de saldorij in kolom P_5 is dus de grenswaarde van het schaarse produktiemiddel „grond". Evenzo geeft het saldobedrag in kolom P_6 en P_7 de grenswaarde aan van resp. 1 uur arbeid en 1 eenheid (*f* 100,–) kapitaal.
De coëfficiënten in het eindtableau zijn substitutieverhoudingen. Deze verhoudingen zijn slechts geldig voor beperkte veranderingen in het produktieplan. Zo zou b.v. bij toevoeging van 2 ha grond aan het produktieplan van gewas D 2 x 2 = 4 ha moeten worden opgeofferd. Er zit echter maar 3 ha van D in het produktieplan. Verbouw van een negatieve hoeveelheid van D is ondenkbaar. Het zal duidelijk zijn, dat bij toevoeging van meer dan $1^1/_2$ ha grond de substitutieverhoudingen veranderen. Evenzo zullen deze verhoudingen ook veranderen bij onttrekking van meer dan 1,25 ha grond aan het plan. Voor de overige schaarse produktiemiddelen is op soortgelijke wijze de variatieruimte vast te stellen, waarbinnen de in het eindtableau aangegeven verhoudingen geldig zijn. Ook ten aanzien van de niet ontplooide produktierichtingen is dit mogelijk. Daarbij wordt alleen onderzocht tot op welk niveau deze activiteiten in het produktieplan kunnen worden gebracht zonder dat er, met uitzondering van de P_0-kolom, in het tableau verder iets verandert. Worden veranderingen in b.v. de beschikbare produktiemiddelen aangebracht, die buiten de variatieruimte vallen, dan staan voor het berekenen van de invloed hiervan op het optimale produktieplan verschillende mogelijkheden open. In het algemeen geeft het eindtableau wel een aanwijzing, welke berekening het snelst tot een oplossing leidt.

3. *Invoegen van nieuwe activiteiten*

De coëfficiënten in de kolommen P_5, P_6 en P_7 van het eindtableau zijn voor verdere analyse van de bedrijfsvoering van veel belang. Dit blok van getallen wordt de inverse genoemd. Op de wiskundige betekenis hiervan zal hier niet nader worden ingegaan. Volstaan wordt met te vermelden, dat met behulp van de inverse op betrekkelijk eenvoudige wijze onderzocht kan worden of technische ingrepen in de bedrijfsvoering, als ontwikkeling van andere activiteiten, afstoten van bepaalde werkzaamheden naar derden e.d. een gunstige invloed op het reeds gevonden optimale produktieplan zullen hebben. Tevens geven de grenswaarden van de schaarse produktiemiddelen in het algemeen een aanwijzing in welke richting verbetering van bedrijfsresultaat moet worden gezocht. Teruggaande naar ons cijfervoorbeeld kan men b.v. overwegen een produktierichting te ontwikkelen, waarbij geen grond gemoeid is. Is b.v. het beslag van 1 eenheid van een dergelijke activiteit op de schaarse produktiemiddelen arbeid en kapitaal resp. 60 uur en *f* 1.200,–, dan moet het saldo van deze activiteit meer dan *f* 165,– bedragen, voordat het voordelig wordt iets van deze in het produktieplan op te nemen. Immers door ontwikkeling van 1 eenheid van deze activiteit zal aan het produktieplan, gevormd door de combinatie van de gewassen A, C en D,

60 uur arbeid en 12 eenheden kapitaal onttrokken moeten worden. De grenswaarden van deze produktiemiddelen geven aan, dat daarbij een „verlies" zal optreden van 60 x 1,75 + 12 x 5 = *f* 165,–. Is het saldo van deze activiteit meer dan *f* 165,–, dan is het voordelig iets van deze activiteit in het produktieplan op te nemen. De nieuw te ontwikkelen activiteit (aangeduid met E) wordt daarvoor passend gemaakt voor het eindtableau in tabel 4, d.w.z. het beslag van E op de schaarse produktiemiddelen wordt gesubstitueerd in een lineaire combinatie van A, C en D. Door E te vermenigvuldigen met de inverse van het eindtableau in tabel 4 verkrijgt men deze lineaire combinatie, nl.

$$E = 0\,(P_5) + 60\,(P_6) + 12\,(P_7) =$$

$$0 \times \begin{vmatrix} 4 \\ -1 \\ -2 \end{vmatrix} + 60 \times \begin{vmatrix} -0{,}015 \\ 0{,}010 \\ 0{,}005 \end{vmatrix} + 12 \times \begin{vmatrix} -0{,}1 \\ 0 \\ -0{,}1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -2{,}1 \\ 0{,}6 \\ 1{,}5 \end{vmatrix} \begin{matrix} (A) \\ (C) \\ (D) \end{matrix}$$

Een eenheid van E legt dus een zelfde beslag op de schaarse produktiemiddelen als de lineaire combinatie –2,1 (A) + 0,6 (C) + 1,5 (D). Stellen wij het saldo van E op b.v. *f* 180,–, dan zal ontwikkeling van een eenheid E het totaalsaldo kunnen verhogen met: 180 – (–2,1 x 350 + 0,6 x 500 + 1,5 x 400) = *f* 15,–.
Activiteit E ziet er in dit stadium nu als volgt uit:

	E
gewas A	– 2,1
gewas C	0,6
gewas D	1,5
saldo	15

Deze activiteit kan nu als nieuwe kolom aan tabel 4 worden toegevoegd. Op welk niveau E in het produktieplan moet worden gebracht, wordt gevonden door op dezelfde wijze verder te programmeren als aangegeven is in de paragraaf over het rekenproces.

BEDRIJFSECONOMISCHE MEDEDELINGEN VAN HET L.E.I.

De publikaties van deze serie hebben betrekking op diverse bedrijfseconomische onderwerpen.

Reeds verschenen, doch niet meer verkrijgbaar:

1. „De Uitkomsten van de pluimveehouderij in 1948 en 1949" door Ir. C. M. Hupkes, dec. 1950.
2. „Analyse van bedrijfsresultaten, voorbeeld voor weidebedrijven", door Ir. H. Dijkstra, april 1951.
3. „Analyse van bedrijfsresultaten, voorbeeld voor gemengde bedrijven", door Ir. C. M. Hupkes, april 1951.
5. „Uitkomsten van weidebedrijven over 1947/'48 tot en met 1950/'51", door Ir. H. Dijkstra en Ir. J. F. van Riemsdijk, maart 1952.
6. „Uitkomsten van gemengde bedrijven op zandgrond over 1948/'49 tot en met 1950/'51", door Ir. C. M. Hupkes en Ir. J. F. van Riemsdijk, juni 1952.
7. „Uitkomsten van akkerbouwbedrijven op klei- en dalgrond en gemengde bedrijven op klei over 1946/'47 tot en met 1950/'51", door Ir. G. C. Meijerman en P. M. v. Nieuwenhuyzen, ec. drs., maart 1953.
8. „Uitkomsten van de pluimveehouderij over 1950, 1951 en 1952", door Ir. C. M. Hupkes, juni 1953.
9. „Gemiddelde uitkomsten van een aantal groepen bedrijven over 1947/'48 tot en met 1950/'51", door Ir. G. M. Hoornsman en P. M. v. Nieuwenhuyzen, ec. drs., december 1952.
10. „Uitkomsten van akkerbouwbedrijven op klei- en dalgrond en van gemengde bedrijven op klei over 1951/'52", door Ir. G. C. Meijerman, maart 1954.
11. „Beschrijving van de uitkomsten van weidebedrijven over 1947/'48 tot en met 1953/'54", door R. Andringa en A. H. J. Liberg, ec. drs., december 1955.
12. „Uitkomsten van gemengde bedrijven op zandgrond over 1951/'52", door F. H. Born, ec. drs. en Ir. C. M. Hupkes, oktober 1953.
13. „Gemiddelde uitkomsten van een aantal groepen bedrijven over 1951/'52", door A. H. J. Liberg, ec. drs., juni 1954.
14. „Statistisch overzicht van de gemiddelde uitkomsten van groepen landbouwbedrijven in 1952/'53", door J. A. Kuperus, maart 1954.
15. „Over de economie van het Friese weidebedrijf bij verschillende bedrijfsgrootte", door Ir. H. Dijkstra en A. de Winter, juli 1954.
16. „Onderzoek over de bedrijfsgrootte in de IJselmeerpolders", door Ir. G. M. Hoornsman en Ir. J. F. van Riemsdijk, maart 1954.
17. „De uitgangspunten voor de kostprijsberekening", door Dr. J. Horring, augustus 1954.
18. „Statistisch overzicht van de uitkomsten van landbouwbedrijven 1953/'54", door J. A. Kuperus, december 1954.
19. „Enkele bedrijfseconomische problemen in de pluimveehouderij", door G. J. H. Walvoort, december 1955.
20. „Statistisch overzicht van de uitkomsten van landbouwbedrijven 1954/'55", door J. A. Kuperus, december 1955.
21. „Beschrijving van de uitkomsten van weidebedrijven over 1954/55", door R. Andringa en A. H. J. Liberg, ec. drs., februari 1956.
22. „Structuur en uitkomsten van gemengde bedrijven op zandgrond 1952/'53 t/m 1954/'55", door F. H. Born, ec. drs. en B. J. te Paske, januari 1957.
23. „Statistisch overzicht van de uitkomsten van landbouwbedrijven 1955/'56", door J. A Kuperus, januari 1957.
24. „Licht of zwaar mesten van varkens", door G. J. H. Walvoort, juli 1957.
25. „Statistisch overzicht van de uitkomsten van landbouwbedrijven 1956/'57", door J. A. Kuperus, december 1957.
26. „Over trekkracht en trekkrachtbehoefte op akkerbouwbedrijven", door P. P. Wijk, april 1958.
27. „Geeft beregening betere bedrijfsuitkomsten?", door F. H. Born, ec. drs. en B. J. te Paske, juni 1959.
28. „Produktie en afzet van zaai-uien", door F. H. Born, ec. drs., september 1958.
29. „De Deense varkenshouderij", door G. J. H. Walvoort, december 1958.
30. „Statistisch overzicht van de uitkomsten van landbouwbedrijven 1957/'58", door J. A. Kuperus, ec. drs., februari 1959.
32. „Statistisch overzicht van de uitkomsten van landbouwbedrijven 1958/'59", door J. A Kuperus, ec. drs., februari 1960.
34. „Een Oldambtster bedrijf in 1970. Van akkerbouw naar veehouderij", door P. P. Wijk, juni 1960.
36. „De economische aspecten van akkerbouwbedrijven van 15—20 ha in de IJselmeerpolders", door Ir. A. J. Louwes en J. de Veer, ec. drs., juli 1960. Prijs *f* 3,—.
37. „Machinaal melken in binnen- en buitenland", door F. H. Born, ec. drs. en J. I. M. Vriend, ec. drs., juli 1960.
38. „Bedrijfsanalyse van de pluimveehouderij over de jaren 1956/'57 en 1957/'58", door Dr. Ir. G. Hamming en G. J. H. Walvoort, augustus 1960.
39. „De rentabiliteit van populierenteelt op komgrond in vergelijking met die van verpachting en grasland-exploitatie", door Ir. G. C. Meijerman, Ir. H. A. v. d. Meiden en Ir. H. van Medenbach de Rooy, juli 1960.
40. „Statistisch overzicht 1959/'60 van de uitkomsten van landbouwbedrijven", door N. Bogaerds en J. A. Kuperus, ec. drs., juni 1961, 2e druk.