

15n = 105496

Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond

TOEPASSING VAN
GEMENGD GEHEELTALLIGE LINEAIRE PROGRAMMERING
ALS PLANNINGSMETHODE IN DE AKKERBOUW

- bij het gebruik van standaardmatrices
- bij verdere automatisering van in- en uitvoer van data

ir P.K. Cevaal - PAGV
ing. R.K. Oving - IMAG

oktober 1978
Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad

rapport nr. 20
Olympiaweg 16, 1816 MJ Alkmaar

15n = 105496
serie 311, 64713



INHOUDSOPGAVE

P.K. Cevaal hoofdstuk 1 t/m 3

R.K. Oving hoofdstuk 4

	<u>blz.</u>
VOORWOORD	1
1. INLEIDING	2
2. VERSCHILLENDE OPTIMALISERINGSTECHNIEKEN	4
2.1. Bezwaar van de lineaire programmering nader toegelicht	5
2.2. Eerste toepassing van het gemengd geheeltallig lineair programmeren	8
2.3. Simultane optimalisatie van bouwplan, arbeid, machines en opslagruimten .	10
2.4. Voor- en nadelen van de gevolgde methode	13
2.4.1. Voordelen	13
2.4.2. Nadelen	13
3. TOEPASSING VAN GEMENGD GEHEELTALLIGE LINEAIRE PROGRAMMERING OP GROTE SCHAAL	15
3.1. Opbouw van standaardmatrices	15
3.2. Verdere automatisering van het planningsproces	17
3.2.1. Dataverzameling	17
3.2.2. Resultatenweergave	19
3.3. Testen van de standaardmatrices op een aantal akkerbouwbedrijven	20
3.4. Voorbeelden van enkele toepassingen van planningsmethoden op grote schaal in Engeland en West-Duitsland	24
4. BESCHRIJVING VAN DE PROGRAMMAREEKS, CHANGE, LANDDO, READLP EN REPORT	25
4.1. Procedure	25
4.2. Permanente datafiles	25
4.3. Bedrijfsgegevens (farm data sets)	27
4.4. Programmareeks	28
5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	30
6. LITERATUUR	33

Bijlagen 1 t/m 3

VOORWOORD

In 1974 werd besloten een onderzoek in te stellen naar de mogelijkheid de bedrijfseconomische advisering d.m.v. het opstellen van bedrijfsontwikkelingsplannen zowel kwantitatief als kwalitatief te versterken. In deze publikatie zijn de resultaten van dit onderzoek weergegeven alsmede de eerste ervaringen met het ontwikkelde systeem bij de advisering van een aantal akkerbouwbedrijven.

De positieve reacties geven aanleiding te veronderstellen dat het gestelde onderzoeksdoel grotendeels is bereikt. Aan de volgende stap, de verdere introductie bij de praktijk, wordt volop gewerkt.

Het onderzoek is uitgevoerd door ir P.K. Cevaal van het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond in samenwerking met ing. R.K. Oving van het Instituut voor Arbeid, Mechanisatie en Gebouwen.

Cevaal ontwikkelde de toepassing van gemengd geheeltallige lineaire programmering voor de simultane optimalisatie van bouwplan, arbeid, werktuigeninventaris en verdere bedrijfsuitrusting. Ook de opbouw van de standaardmatrices en het ontwerpen van het systeem van gegevensverzameling op de bedrijven en het daaraan gekoppelde invoersysteem nam hij voor zijn rekening, alsmede de opbouw van het bedrijfsadvies.

Oving ontwikkelde de reeks computerprogramma's voor het omzetten van de standaardmatrices in de bedrijfsspecifieke situaties, voor het lezen en selecteren van de resultaten van zes alternatieve plannen en voor het uitschrijven van het bedrijfsadvies.

De contacten met dr B. Geissler, werkzaam bij het Amt für Angewandte Betriebswirtschaft te München hebben een waardevolle bijdrage geleverd tot het onderzoek.

Tenslotte een woord van dank aan G. Jeurig van de wiskundige stafgroep van genoemd proefstation voor de nauwgezette wijze waarop hij de computerwerkzaamheden heeft verricht.

drs J. Kamminga,
Hoofd Bedrijfssynthese
Proefstation voor de Akkerbouw en de
Groenteteelt in de Vollegrond

drs K.E. Krolis,
Hoofd organisatie- en arbeidskunde
Instituut voor Mechanisatie,
Arbeid en Gebouwen

1. INLEIDING

Veel akkerbouwers zullen zich ook in de komende jaren gesteld zien voor een groot aantal keuzevraagstukken, zoals bedrijfsoppervlaktevergroting, grondgebruiksintensivering, vaststelling arbeidsbezetting, werkzaamheden uitvoeren met eigen mechanisatie, in loonwerk, of door samenwerking. Deze aspecten hangen onderling nauw samen, hetgeen een verantwoorde keuze bemoeilijkt.

Om de akkerbouwers te helpen bij het oplossen van dit soort vraagstukken, kan gebruik gemaakt worden van optimaliseringstechnieken. In het begin van de jaren zestig is het gebruik van deze plannings- technieken in de landbouw, waarbij de computer wordt ingeschakeld, in zwang gekomen. Sinds die tijd is het gebruik niet dusdanig toegenomen zoals menigeen zich dat aanvankelijk voorstelde.

Op een congres¹ gehouden aan het Wye College in Engeland, werden o.a. de volgende oorzaken genoemd:

- Aanvankelijk wantrouwen, zowel bij de boer als bij de voorlichter, ten aanzien van de verschillende methoden. Dit werd veroorzaakt door dat o.a. gewerkt wordt met een sterke vereenvoudiging van de werkelijkheid en ook door de onbekendheid met het gebruik van de computer.
- Gebrek aan bruikbare gegevens van de te programmeren bedrijven en noodzakelijk aanvullend onderzoek.
Dit probleem doet zich nogal eens voor in die landen waar de bedrijfseconomische boekhouding weinig of geen ingang heeft gevonden, zoals in België/Luxemburg, Italië en Ierland.
- Het gebruik van de verschillende planningsmethoden, zeker de meer geavanceerde methoden, vereist een bepaalde scholing. Regionale voorlichters die met deze methoden zouden moeten werken, bleken vaak onvoldoende geschoold.
- Gebleken is dat ook bij planningsmethoden waarbij het vele rekenwerk door de computer kan worden gedaan, het maken van bedrijfsbegrotingen nog tamelijk tijdrovend kan zijn door het vele handwerk dat nog verricht moet worden, zoals het verzamelen van alle benodigde data op het te programmeren bedrijf; het opbouwen met behulp van deze data van een zogenaamd begintableau; het invoeren van de gegevens in de computer;

¹ Georganiseerd in maart 1975 door het Centre for European Agricultural Studies en bijgewoond door planningsdeskundigen uit de negen EEG-landen.

het analyseren van de output en het samenvoegen van de meest relevante kengetallen in bepaalde overzichten die voor de boer begrijpelijk zijn. Bovenstaande factoren hebben een toepassing op grote schaal belemmerd. Om de toepassingsmogelijkheden te vergroten, is er naar gestreefd te komen tot een verdere rationalisatie en automatisering van het planningsproces.

In hoofdstuk 2 van dit rapport zullen in het kort de methoden aan de orde komen die tot voor enkele jaren gebruikelijk waren, met de daaraan verbonden nadelen; daarna zal uitgebreid worden ingegaan op de toepassing van de methode van het gemengd geheeltallig lineair programmeren. Het mogelijk maken van de toepassing op grote schaal van deze laatste methode bij de bedrijfsplanning vormt het hoofddoel van dit onderzoek.

In hoofdstuk 3 wordt hierop nader ingegaan, waarbij de opbouw van de standaardmatrices, de dataverzameling, de resultatenweergave en de eerste ervaringen bij praktijktoepassing aan de orde komen.

Aan het slot van dit hoofdstuk worden enkele ervaringen beschreven uit Engeland en West-Duitsland met de toepassing van lineaire programmering op ruimere schaal. De manier waarop met behulp van de computerprogramma's CHANGE, LANDDO, READLP en REPORT, achtereenvolgens op efficiënte wijze veranderingen in standaardmatrices aangebracht worden, berekeningen worden uitgevoerd, relevante gegevens uit de output geselecteerd worden en in een leesbaar rapport worden verwerkt, staat beschreven in hoofdstuk 4.

Hoofdstuk 5 tenslotte bevat de samenvatting en een aantal conclusies.

2. VERSCHILLENDE OPTIMALISERINGSTECHNIEKEN

In Nederland is gedurende een groot aantal jaren ervaring opgedaan met het opstellen van bedrijfsbegrotingen, waarbij gebruik gemaakt werd van verschillende programmeringsmethoden, zoals de saldometode, de programplanning (5)² en de lineaire programmering (6, 8, 13). De saldometode en de programplanning zijn planningsmethoden, waarbij de noodzakelijke berekeningen "met de hand" kunnen worden uitgevoerd. Ook is de programplanning uitstekend geschikt voor instructie-doelinden, omdat bij gebruik van deze methode vrij snel een goed inzicht in het totale bedrijfsverband wordt verkregen. Een nadeel van beide methoden is, dat er geen garantie bestaat dat het optimale plan wordt gevonden. Ook is de toepassing van deze methoden in ingewikkelde planningssituaties vaak bijzonder moeilijk. Bij de methode van de lineaire programmering treden de hiervoor genoemde nadelen in mindere mate op, maar ook aan deze methode kleeft nog een belangrijk bezwaar.

Wanneer namelijk deze methode aangewend wordt bij de bedrijfsplanning met als doel te komen tot een optimale bedrijfsopzet, dan is de consequentie van het uitgangspunt van de continuïteit die aan de methode van de lineaire programmering ten grondslag ligt, dat de gelimiteerde duurzame produktiemiddelen ten onrechte moeten worden vastgelegd in de uitgangssituatie (resp. alternatieve uitgangssituaties).

Een andere mogelijkheid is het veronderstellen van volledige deelbaarheid. Deze veronderstelling houdt evenwel in dat een fictief element in de programmering wordt gebracht.

Bij het vastleggen van de gelimiteerde duurzame produktiemiddelen in de uitgangssituatie, zoals bijv. de benodigde werktuigen, worden reeds bepaalde beperkingen opgelegd aan de werkmethode en de noodzakelijke arbeidsbezetting.

Daar echter bij het samenstellen van de werktuigeninventaris de bouwplansamenstelling nog niet bekend is, wordt het twijfelachtig of wel een optimaal bedrijfsplan wordt gevonden, daar het werktuigenpark niet simultaan, d.w.z. in één rekengang, wordt geoptimaliseerd met de arbeidsbezetting en het bouwplan.

Door het beschikbaar komen van computerprogramma's die het mogelijk

² Indien een getal tussen haken wordt aangegeven, houdt dit een verwijzing in naar geraadpleegde literatuur.

maken integer (geheeltallig) te programmeren, kan dit bezwaar voor een belangrijk deel ondervangen worden.

Aan de hand van een voorbeeld zal het voorgaande bezwaar verbonden aan de methode van lineair programmeren meer uitvoerig worden behandeld. Ook zal worden aangegeven waarom de methode der geheeltallige lineaire programmering hier betere perspectieven biedt (2). Tenslotte zullen de voor- en nadelen van de methode der geheeltallige lineaire programmering worden vermeld.

2.1. Bezwaar van de lineaire programmering nader toegelicht

In zijn eenvoudigste vorm kan het lineaire programmeringsprobleem wiskundig als volgt worden omschreven:

Bepaal de waarden $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ waarbij de lineaire

functie $Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$ gemaximaliseerd wordt,

onder voorwaarde dat $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i$ (voor $i = 1$ t/m m)
 $x_j \geq 0$ (voor $j = 1$ t/m n)

Gebruikte symbolen:

P_j ($j = 1$ t/m n) = een willekeurige activiteit j van de n gedefinieerde activiteiten

P_i ($i = 1$ t/m m) = een willekeurige beperking i van de m gedefinieerde beperkingen³

b_i = de beschikbare hoeveelheid van de gelimiteerde factor i ; alle elementen b_i worden bij absolute formulering van de restricties ondergebracht in de P_0 -kolom (beschikbaarheidskolom)

a_{ij} = de behoefte aan de gelimiteerde factor P_i per eenheid van activiteit P_j

x_j = de hoeveelheid waarmee activiteit P_j in het te berekenen bedrijfsplan zal voorkomen

c_j = de bijdrage aan het doel, per eenheid van activiteit P_j (bijv. het saldo per eenheid)

Z = de maatstaf die aangeeft in hoeverre het doel (bijv. maximaal saldo) is bereikt.

Veronderstel dat een te programmeren bedrijf de volgende gewassen

³ Het onderscheid tussen P_j (activiteit) en P_i (beperking) wordt in het vervolg aangeduid door bij P aan te geven of het een activiteit dan wel een beperking betreft (b.v. activiteit P_5 , resp. restrictie P_5).

kan telen: wintertarwe (P_1), zomergerst (P_2), suikerbieten (P_3) en consumptie-aardappelen (P_4). Welke van de mogelijke activiteiten P_1 t/m P_4 in het optimale bouwplan zullen worden opgenomen, en in welke hoeveelheid (x_j) wordt bepaald door de mate waarin de activiteiten P_1 t/m P_4 beslag leggen op de beperkt beschikbare produktiefactoren en door de overige beperkingen. Deze zijn: oppervlakte cultuurgrond (P_1), de oppervlakte = 40 ha (b_1); arbeidsuren in periode 1/3 - 1/4 (P_2), in periode 1/9 - 1/10 (P_3), in periode 1/10 - 15/11 (P_4), het aantal arbeidskrachten = 2 (v.a.k.), het arbeidsaanbod is 160 uur/v.a.k./maand in de vermelde mogelijke knelperioden, $b_2 = 320$, $b_3 = 320$ en $b_4 = 480$; de vruchtwisselingseisen, max. granen 66,7% (P_5), max. suikerbieten 25% (P_6) en max. consumptie-aardappelen 25% (P_7), en de inzaaimogelijkheden van wintertarwe na zomergerst, suikerbieten ($\frac{1}{2}$ oppervlakte) en consumptie-aardappelen (P_8). Of een activiteit wordt opgenomen in het optimale bouwplan en met hoeveel eenheden wordt tevens bepaald door het saldo per eenheid activiteit (c_j).

Het saldo per eenheid activiteit (c_j) wordt verkregen door van de geldopbrengst de variabele kosten af te trekken. De variabele kosten zijn die kosten die direct reageren op de produktieomvang van een bepaald gewas, zoals de kosten van zaaizaad, pootgoed, kunstmeststoffen, bestrijdingsmiddelen etc. Ook de variabele machine- en gebouwenkosten behoren hiertoe. Vaak worden deze laatste in de toerekening achterwege gelaten en bij de vaste kosten⁴ gerekend.

Voor P_1 is het saldo per ha (c_1) f 1780,-, voor P_2 , $c_2 = f$ 1376,- voor P_3 , $c_3 = f$ 3952,- voor P_4 , $c_4 = f$ 4800,-.

Indien voor het bedrijf een bepaalde bedrijfsuitrusting (werktuigen, grond, gebouwen en arbeid) in de uitgangssituatie wordt vastgelegd, dan spelen de vaste kosten⁵ hieraan verbonden geen rol bij het bepalen van het optimale bouwplan. Tot de vaste kosten⁵ behoren o.a. de rente en afschrijving van machines en gebouwen en de kosten van de vaste arbeidskrachten.

De aanwezige bedrijfsuitrusting bepaalt in sterke mate de werkmethoden. Uitgaande van een gegeven werktuigeninventaris en de bijbehorende werkmethoden, levert het geen moeilijkheden meer op om per activiteit de arbeidsaanspraak (taaktijden) te berekenen voor de perioden, waarin de arbeid als beperkende factor kan gaan optreden.

Het voorgaande kan nu samengevat worden in een eenvoudig begintableau, zoals is aangegeven in tabel 1.

⁴ d.w.z. kosten die niet direct reageren op de produktieomvang.

⁵ d.w.z. kosten, die niet direct reageren op de produktieomvang, hieronder vallen dus de trapsgewijze variabele kosten (b.v. rente + afschrijving van de werktuigen); in deze publikatie worden de trapsgewijze variabele kosten steeds ingedeeld bij de categorie vaste kosten.

Tabel 1. Voorbeeld van een eenvoudig begintableau.

activiteiten beperkte produktie- middelen	P ₀ beschik- baarheids- kolom	P ₁ w. tarwe	P ₂ z. gerst	P ₃ s. bieten	P ₄ cons. aard.	eenheid
P ₁ oppervlakte grond	40	1	1	1	1	ha
P ₂ arbeid 1/3-1/4	320	0,9	3,4	1,9	13,7	manuur
P ₃ arbeid 1/9-1/10	320	2,2	0,0	3,9	13,8	manuur
P ₄ arbeid 1/10-15/11	480	4,1	3,5	9,6	8,0	manuur
P ₅ max. granen 66,7%	0	1	1	-2	-2	ha
P ₆ max. s.bieten 25%	0	-1	-1	3	-1	ha
P ₇ max. aard.25%	0	-1	-1	-3	3	ha
P ₈ inzaai w.tarwe	0	1	-1	-0,5	-1	ha
C	0	1780	1376	3952	4800	gld.

Een door de computer berekend optimaal plan zou er als volgt kunnen uitzien: 15 ha P₁, 5 ha P₂, 10 ha P₃ en 10 ha P₄. De oppervlakten van de gewassen, vermenigvuldigd met hun respectievelijke saldi per eenheid, leveren het totale saldo. Op dit totale saldo moeten nog de vaste kosten in mindering gebracht worden om de grootte van het ondernemersoverschot te bepalen.

De vaste kosten omvatten onder meer de kosten van de grond, opslagruimten, trekkers, werktuigen en arbeid, dus de kosten van de gelimiteerde duurzame produktiemiddelen en de vaste arbeid.

Bij de analyse van de programmeringsresultaten bestaat bij de tot dusver gevolgde methode het probleem dat het aantal plansituaties dat geprogrammeerd moet worden aanzienlijk kan zijn, alvorens een verantwoorde oplossing kan worden gegeven. Het ligt dan ook voor de hand om niet, zoals bij het tableau in tabel 1, uit te gaan van een vaste arbeidsbezetting, werktuigeninventaris en opslagruimten voor produkten, maar het tableau zodanig op te bouwen dat arbeid en machines bij de directe keuze betrokken worden, m.a.w. deze als variabelen op te voeren. Dit heeft echter bij aanwending van de methode van de continu lineaire programmering als bezwaar, dat volledige deelbaarheid van de duurzame produktiemiddelen verondersteld moet worden. Hierdoor wordt een fictief element in de programmering gebracht. Een gevolg is dat de resultaten niet meer direct overdraagbaar zijn, door de geringe aansluiting bij de werkelijkheid.

2.2. Eerste toepassingen van het gemengd geheeltallig lineair programmeren

Door het beschikbaar komen van computerprogramma's die geheeltallig lineair programmeren mogelijk maken, kunnen de gelimiteerde duurzame produktiemiddelen (bijv. de werktuigen) als variabelen worden opgevoerd zonder daarbij volledige deelbaarheid te veronderstellen. Nu kan nl. de eis worden toegevoegd dat het aantal eenheden dat van een activiteit wordt opgenomen geheeltallig moet zijn. Ook kan, door het stellen van onder- en bovengrens, aangegeven worden hoeveel eenheden er opgenomen kunnen worden van deze geheeltallige activiteiten. De gegeven wiskundige beschrijving van het lineaire programmeringsprobleem (blz.5), verandert bij het gemengd geheeltallige lineaire programmeringsprobleem als volgt: Bepaal de waarden $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ waarbij de lineaire functie

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \text{ gemaximaliseerd wordt,}$$

$$\text{onder voorwaarde dat } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \text{ (voor } i = 1 \text{ t/m } m)$$

$$\text{en } x_j \geq 0 \text{ (voor } j = 1 \text{ t/m } n)$$

$$\text{en } x_j \text{ geheeltallig (voor } j = 1 \text{ t/m } n_1, n_1 < n)$$

Het tableau uit tabel 1 kan nu zodanig worden gewijzigd dat het begin-tableau in tabel 2 ontstaat.

Tabel 2. Gewijzigd begintableau.

activiteiten	P ₀	P ₁ arbeids- kracht	P ₂ ploeg	P ₃ aard.- rooi- mach.	P ₄ trek- ker	P ₅ ker- uren	P ₆ w. tarwe	P ₇ z. gerst	P ₈ s. bieten	P ₉ s. bieten L.W.	P ₁₀ cons. aard. L.W.	P ₁₁ cons. aard. L.W.	eenheid
P ₁ opp. grond	40						1	1	1	1	1	1	ha
P ₂ arbeid 1/3-1/4	0	-160					0,9	3,4	1,9	1,9	13,7	13,7	manuur
P ₃ arbeid 1/9-1/10	0	-160					2,2	0,0	3,9	2,9	13,8	6,0	manuur
P ₄ arbeid 1/10-15/11	0	-240					3,8	3,2	9,3	2,3	7,7	7,7	manuur
P ₅ max.granen 66,7%	0						1	1	-2	-2	-2	-2	ha
P ₆ max.s.bieten 25%	0						-1	-1	3	3	-1	-1	ha
P ₇ max.aard. 25%	0						-1	-1	-1	-1	3	3	ha
P ₈ inzaai w.tarwe	0						1	-1	-0,5	-0,5	-1	-1	ha
P ₉ ploegu. 1/10-15/11	0	-240					2,7	2,7	2,3	2,3	2,7	2,7	ploeguur
P ₁₀ aard.rooim.uren 1/9-1/10	0		-160								7,8		aard.rooi- mach.uur
P ₁₁ trekkeruren 1/3-1/4	0			-160			0,8	3,0	1,5	1,5	13,0	13,0	trekkeruur
P ₁₂ trekkeruren 1/9-1/10	0			-160			2,0	0,0	3,5	2,5	13,5	5,7	trekkeruur
P ₁₃ trekkeruren 1/10-15/11	0			-240			3,5	2,7	9,3	2,3	7,7	7,7	trekkeruur
P ₁₄ trekkeruren 1/1-31/12	0				-1		15,3	12,7	28,7	20,7	40,2	32,4	trekkeruur
C	0	-32000	-1600	-6000	-2,50	1780	1376	3952	3502	4800	4300	gld.	
onder-, bovengrens		1,2	1,1	0,1	1,2								1

* L.W. = rooien in loonwerk.

In dit begintableau zijn t.o.v. het tableau uit tabel 1 extra als variabele opgenomen: arbeidskracht (P_1), ploeg (P_2), aardappelrooimachine (P_3), trekker (P_4), trekkeruren (P_5), s.bieten L.W. (P_9) en cons-aard. L.W. (P_{11}). Het benodigde aantal van een bepaald werktuig wordt bepaald door het maximale aantal uren dat een werktuig kan worden gebruikt, te stellen tegenover de behoefte die uit het produktieplan volgt. Het aanbod aan uren is zowel voor een arbeidskracht als een machine gesteld op 160 per maand.

In de C regel zijn de totale kosten per werktuig opgenomen, bestaande uit rente, afschrijving en onderhoud. Per trekkeruur zijn de brandstofkosten in rekening gebracht.

De uitbreiding van tableau 1 naar tableau 2 maakt het nu ook mogelijk om gewasvariabelen op te nemen, waarbij keuzemogelijkheden onderscheiden worden voor het zelf uitvoeren van bepaalde werkzaamheden dan wel deze door een loonwerker te laten verrichten (in dit tableau bijv. het oogsten van consumptie-aardappelen d.m.v. de activiteiten P_3 , P_{10} en P_{11}).

De kosten van het rooien in loonwerk zijn bij de gewasactiviteiten P_9 en P_{11} in mindering gebracht op het saldo per eenheid activiteit.

Een begintableau opgebouwd volgens het voorbeeld uit tabel 2 heeft het grote voordeel boven het tableau uit tabel 1, dat de vaste kosten⁶ verbonden aan de gelimiteerde duurzame produktiemiddelen als variabelen worden opgenomen, waardoor een groot aantal plantsituaties kan worden samengevoegd en direct het optimale bedrijfsplan wordt verkregen. Ondertussen moet worden opgemerkt, dat het al gedurende lange tijd mogelijk was, om met behulp van de Monte Carlo-methode (10) geheeltallig te programmeren. Een nadeel van deze methode is vooral dat slechts met tableaus van beperkte omvang gewerkt kan worden, nl. met 30-40 activiteiten en ca. 50 restricties. Bij begintableaus met een grotere omvang neemt de rekentijd zeer sterk toe of worden de planningsproblemen zelfs vrijwel onoplosbaar. Daar onze beoogde modelopbouw leidt tot tableaus met 100-300 activiteiten en 100-400 restricties, leent de methode van de geheeltallige lineaire programmering zich dan ook veel beter voor het gestelde doel dan de Monte Carlo-methode.

Ook werd al eerder gewerkt met de methode van mixed integer lineaire programmering bij optimalisering van de bedrijfsuitrusting, echter uitgaand van een gegeven bouwplan (12).

2.3. Simultane optimalisatie van bouwplan, arbeid, machines en opslagruimten

Na enige ervaring te hebben opgedaan met beginmatrices opgezet volgens het

⁶ kosten die niet direct reageren op de produktieomvang

principe uit tabel 2, zijn deze verder ontwikkeld om te komen tot een simultane (in één rekengang) optimalisatie van het bouwplan, de werktuigeninventaris, de arbeidsbezetting en de opslagcapaciteit.

In tabel 3 zijn enkele belangrijke elementen weergegeven die ontleend zijn aan een dergelijk uitgebreid model. In dit model vormen alleen de perceelsgrootte (8 ha) en de gemiddelde afstand van de percelen tot de bedrijfsgebouwen (500 m) een vast gegeven. Deze gegevens zijn gebruikt bij het berekenen van de taaktijden voor alle voorkomende bewerkingen.

Ten aanzien van de gewassen, de arbeid, de werktuigen en de opslagruimten zijn in het model keuzemogelijkheden ingebouwd om de gewenste optimalisatie te bereiken.

Zo is bijvoorbeeld de keuze aanwezig tussen een 2-schaar of een 3-schaarploeg, geformuleerd m.b.v. de activiteiten $P_1, P_3, P_4, P_{24}, P_{75}, P_{76}, P_{83}, P_{84}$ en de restricties $P_{54}, P_{55}, P_{64}, P_{65}, P_{72}, P_{73}, P_{80}, P_{81}, P_{291}, P_{292}$ en P_{350} . Een keuze tussen het precisiezaaien van suikerbieten met een eigen machine of in loonwerk kan gemaakt worden met behulp van de activiteiten $P_1, P_{15}, P_{24}, P_{87}, P_{89}$ en de restricties $P_{41}, P_{42}, P_{93}, P_{94}, P_{97}, P_{98}$ en P_{350} .

Kolom P_1 geeft het mogelijke aantal trekkers met een gemiddeld aantal kW's aan. Het gemiddeld aantal kW's dat de omvang van de gemiddelde jaarkosten per trekker bepaalt, zal goed moeten worden afgestemd op de bedrijfsgrootte en het mogelijk machinepark.

Aanvankelijk is de keuze van de lichte en zware trekkers gekoppeld aan de inzet van bepaalde machines. Hiervoor was het echter noodzakelijk dat alle bewerkingen werden ingedeeld in drie groepen, te weten: groep 1, bewerkingen die alleen verricht kunnen worden met een zware trekker; groep 2, bewerkingen die alleen verricht kunnen worden met een lichte trekker; groep 3, bewerkingen die zowel met een lichte als met een zware trekker uitgevoerd kunnen worden. Bij consequent toepassen houdt dit in dat het model veel groter wordt, met als gevolg hoge rekenkosten. Daarom wordt dit laatste slechts voor een beperkt aantal bedrijven toegepast. Namelijk voor de grotere bedrijven (>150 ha), waarbij zware trekkers (> 80 kW) met de bijbehorende brede werktuigen tot de keuzemogelijkheden behoren. Voor alle andere bedrijven wordt gewerkt met zgn. "gemiddelde trekkers", afgestemd op de bedrijfsgrootte en het mogelijke machinepark.

Door het opvoeren van de werktuigen als variabelen, lijkt het mogelijk om bij de werktuigkosten onderscheid te maken tussen kosten, die wel en niet variëren met de mate van gebruik. Behalve van de brandstofkosten, kan de berekening van de werktuigkosten per ha eerst dan plaatsvinden als het te bewerken areaal bekend is. Daar dit voordat het planningsvraagstuk is opgelost, niet het geval is, zal gewerkt moeten worden met de totale jaar-

Tabel 3. Enkele belangrijke elementen ontbonden aan het programmeringsplan voor akkerbouwbedrijven met kleigrond

beperkte productie- middelen	P 0	P 1	P 3	P 4	P 15	P 24	P 25	P 35	P 50	P 55	P 75	P 83	P 84	P 87	P 90	P 226	P 227	P 230	P 231	P 232	Eenheid
		trekker (met ge- studeerd aantal pk's)	ploeg 2-schaar	ploeg 3-schaar	prec. 3 m	arbeids- kracht	verm. 1 op 3 toelt	zwaar- veergr. 1 op 3 toelt	cos. 1 op 4 toelt	sub- schie- toet	2-schaar 1/10-15/10 toelt	3-schaar 1/10-15/10 toelt	3-schaar 15/10-1/11	prec. zaaien 1 ton E.M.	prec. zaaien 1 ton E.M.	groed (in eigen- doen)	groed (ge- pacht)	gabou- wer- kosten (pacht /ha)	gabou- wer- kosten (pacht /ha)	gebru- wa- kosten (alg.)	
P 1 oppervl. cultuurgroed	0						1,0	1,0	1,0	1,0						-1,0	-1,0				ha
P 41 arbeid 15/3-1/4	0					-80	0,55	1,30	0,45	1,45					1,20						manuur
P 42 arbeid 1/4-15/4	0					-80	0,25	0,25	1,20	0,40					0,40						manuur
P 54 arbeid 1/10-15/10	0					-80	0,75		0,45		4,1	2,7									manuur
P 55 arbeid 15/10-1/11	0					-80	0,90														manuur
P 56 arbeid 1/11-15/11	0					-80	0,50														manuur
P 64 ploegen 1/10-15/10	0					-80	0,4	0,25	0,25	0,25	-1,0	-1,0									ha
P 65 ploegen 15/10-1/11	0					-80	0,4	0,25	0,25	0,25			-1,0								ha
P 72 capaciteit 2-sch.ploeg 1/10-15/10	0		-80								4,1										ploeguur
P 73 capaciteit 2-sch.ploeg 15/10-1/11	0		-80									2,7									ploeguur
P 80 capaciteit 3-sch.ploeg 1/10-15/10	0		-80										2,7								ploeguur
P 81 capaciteit 3-sch.ploeg 15/10-1/11	0		-80											2,7							ploeguur
P 83 prec.zaaien s.bieten 15/3-1/4	0			-80						0,75					-0,75	-0,75					ha
P 94 prec.zaaien s.bieten 1/4-15/4	0			-80						0,25					-0,25	-0,25					ha
P 97 capaciteit prec.zaaiaanch. 15/3-1/4	0			-80											1,20						zaaiuur
P 98 capaciteit prec.zaaiaanch. 1/4-15/4	0			-80											0,40						zaaiuur
P 291 capaciteit trekker 1/10-15/10	0	-80					0,75		0,45		4,1										trekkeruur
P 292 capaciteit trekker 15/10-1/11	0	-80					0,90														trekkeruur
P 293 capaciteit trekker 1/11-15/11	0	-80					0,50														trekkeruur
P 310 bruto geldopbrengst	0						-2352	-1784		-5047											gid
P 324 totaal toegerekende kosten	0						-572	-418	-1908	-1192											gid
P 333 werktuigkosten	0	-7500	-1000	-1600	-1330																gid
P 334 brandstof + smeermiddelen	0					-32000															gid
P 335 arbeidskosten	0																				gid
P 346 max. groed in eigenaam	20															1,0					ha
P 347 max. groed in pacht	20																				ha
P 350 ondernemersoverschot (C)	0	-7500	-1000	-1600	-1330	-32000	1780	1376	-1908	3855	0	0	0	0	0	-1393	-420	-150	-8000	-10000	gid
ondergrens, breakeven		1,2	0,2	0,2	0,1	1,2															1

* L.W. = loonwerk; E.M. = eigen mechanisatie

kosten per werktuig (eventueel excl. brandstofkosten).

Zoals nog zal blijken is een groot voordeel van de opzet van een beginmatrix zoals in tabel 3, dat het nu ook mogelijk is om op meer verantwoorde wijze in één rekengang het ondernemersoverschot te bepalen.

2.4. Voor- en nadelen van gemengd geheeltallig lineair programmeren

2.4.1. Voordelen

De methode geeft een simultane optimalisatie van bouwplan, arbeidsbezetting, werktuigen en gebouwen/installaties. Indien, zoals bij de continue lineaire programmering vaak het geval is, wordt uitgegaan van een tevoren vastgestelde bedrijfsuitrusting, dan ligt het bedrijfsplan al voor een deel vast, zodat de kans op het vinden van een sub-optimaal plan groot is.

De methode maakt het mogelijk om op meer verantwoorde wijze in één rekengang het ondernemersoverschot te bepalen.

Ook is daarom de mogelijkheid aanwezig om op een wijze die beter voldoet, de bedrijfsplanning en de bedrijfsfinanciering in één rekengang door te voeren. Verdere automatisering krijgt daardoor meer perspectief. Anderzijds is automatisering vooral welkom wanneer de aanwezige mankracht beperkt is. Ook kan men dan in een aantal gevallen een integrale begroting aanbieden, terwijl voorheen met een partiële benadering werd volstaan.

Er wordt duidelijk meer informatie verkregen over de samenhang tussen bouwplan, arbeidsbezetting, werktuigeninventaris en gebouwen/installaties.

Doordat verschillende vraagstellingen gelijktijdig opgelost kunnen worden, kan met aanmerkelijk minder plannen worden volstaan.

2.4.2. Nadelen

De computerkosten per plan, bij gebruik van deze methode, zijn aanmerkelijk hoger dan bij de voorheen gevolgde methode van de lineaire programmering. Vooral een langere rekentijd en meer gebruik van het kerngeheugen zijn hier debet aan. Duidelijk is echter geworden, zoals reeds genoemd bij de voordelen, dat bij deze methode volstaan kan worden met aanmerkelijk minder plannen, daar verschillende vraagstellingen nu simultaan zijn op te lossen.

Het opstellen van begintableaus als in tabel 3 vraagt veel tijd. Dit kan ondervangen worden door gebruik te maken van zogenaamde standaardmatrices of moedermatrices: de begintableaus hoeven dan maar één keer opgebouwd te worden. Dit is vooral een oplossing als de modellen voor voorlichtingsdoeleinden en voor snelle informatie ten behoeve van beleidsbeslissingen gebruikt worden. Hierop wordt in hoofdstuk 3 nog nader ingegaan. Bij de opzet van de modellen ten behoeve van onderzoekprojecten kan, wanneer deze nogal omvangrijk dreigen te worden, gebruik gemaakt worden van een matrixgenerator. Hierbij wordt, nadat het probleem is vastgelegd m.b.v. een aantal vergelijkingen, de matrix gegenereerd door de computer.

Vooruitlopend op hetgeen in hoofdstuk 3 aan de orde komt, wordt hier reeds geconcludeerd dat een nadeel ten opzichte van de methode van lineair programmeren zonder gebruikmaking van standaardmatrices is, dat met een standaardmatrix zeer verschillende bedrijfsplanningsvraagstukken opgelost moeten worden. Om te voorkomen dat bij het programmeren van een willekeurig bedrijf met een standaardmatrix te veel aanvullingen resp. uitsluitingen moeten worden aangebracht, moet met een relatief grote, zorgvuldig opgezette, standaardmatrix worden geopereerd. Dit vergt bij de opzet veel tijd en is later bij het programmeren de oorzaak van de reeds genoemde relatief hoge computerkosten.

3. TOEPASSING VAN GEMENGD GEHEELTALLIGE LINEAIRE PROGRAMMERING OP GROTE SCHAAL

Een aardig inzicht van de toepassing van lineaire programmering in diverse sectoren in Nederland geeft Müller (9).

Uit dit overzicht blijkt dat de toepassing van mixed integer programmering toch al een zekere ingang heeft gevonden. In 1973 is de methode van het gemengd geheeltallig lineair programmeren praktisch toepasbaar gemaakt (2). Nadat hiermee een zekere ervaring was opgedaan, bleek dat ook bij toepassing van deze methode naar een verdere automatisering van het planningsproces moet worden gestreefd om zo de capaciteit m.b.t. het aantal te programmeren bedrijven drastisch te kunnen verhogen.

Een uitzondering moet hier gemaakt worden voor het programmeren van zeer grote bedrijven (ca 150 ha en groter). Deze bedrijven vertonen qua opzet vaak dergelijke verschillen, dat bij de planning het maken van een specifieke beginmatrix toch nog de snelste manier van werken is. Een zekere tijdsbesparing bij dit soort bedrijven is wellicht nog bereikbaar indien van een matrixgenerator met bijbehorende reportwriter gebruik wordt gemaakt.

Daar in Nederland echter praktisch alle akkerbouwbedrijven kleiner zijn dan 100 ha, kan goed gewerkt worden met standaardmatrices.

3.1. Opbouw van standaardmatrices

Om het tijdrovende telkens weer moeten opbouwen van de beginmatrices overbodig te maken, zijn ten behoeve van de akkerbouwbedrijven twee standaardmatrices ontwikkeld. Met behulp van deze twee moedermatrices kunnen alle bedrijven met een bedrijfsoppervlakte van 25-150 ha geprogrammeerd worden. Mocht blijken dat voor bepaalde bedrijven resp. bepaalde gebieden de door te voeren wijzigingen te veelvuldig worden, dan zal gewerkt moeten worden met meer dan twee standaardmatrices.

De ene standaardmatrix is bedoeld voor de bedrijven uit het veenkoloniale en noordelijke zandgebied (PAVEEN), de tweede is geschikt voor bedrijven uit het noordelijk zeekleigebied, het centrale zeekleigebied en het zuidwestelijke zeekleigebied (PAKLEI).

PAVEEN heeft een omvang van ca. 150 variabelen en 300 restricties, PAKLEI omvat ca. 230 variabelen en 350 restricties. Daar de vraag van akkerbouwbedrijven nog niet zo groot was, is tot dusver de financiering niet opgenomen in deze modellen.

Om enig inzicht te geven in de opbouw van de standaardmatrices is voor

PAVEEN een overzicht gegeven van alle variabelen en restricties in bijlage 1.

De variabelen 1 t/m 20 krijgen een geheeltallige waarde en betreffen de belangrijkste werktuigen en de arbeid. De kosten van de overige werktuigen worden door variabele 146 geactiveerd. Bij een voortdurende technische vooruitgang kan na enige tijd blijken dat bepaalde werktuigen als aparte variabele moeten worden opgenomen, die nu nog zijn samengevat in variabele 146 en omgekeerd.

De gewassen zijn ondergebracht bij de variabelen 21 t/m 45; bij aardappelen en bieten is een afnemende ha-opbrengst opgenomen bij toenemend aandeel in het bouwplan. Dit laatste is gebaseerd op resultaten verkregen uit vruchtwisselingsonderzoek.

De variabelen 41 t/m 45 worden gevormd door groenbestedingsactiviteiten. Met de activiteiten 46 t/m 137 worden verschillende keuzemogelijkheden aangegeven voor het uitvoeren van bewerkingen, d.w.z. in eigen mechanisatie of in loonwerk, waarbij soms ook sprake is van een verschil in capaciteit, bijv. één- of twee-rijig rooien van aardappelen.

De variabelen 138 t/m 147 tenslotte hebben betrekking op de opslagcapaciteit van pootaardappelen, aandeel grond in eigendom resp. pacht en verschillende vaste kostenposten.

De vermelde restricties hebben achtereenvolgens betrekking op 1: totale oppervlakte cultuurgrond; 2 t/m 33: vruchtwisselingseisen; 24: minimum-eis betreffende organische-stofvoorziening; 25 t/m 48 de noodzakelijke arbeidsbehoefte; 49 t/m 204 en 219 t/m 259 bepalen hoeveel ha bewerkt moet worden in loonwerk of met eigen machines. Van de eigen machines wordt tevens bepaald of de capaciteit toereikend is. De restricties 205 t/m 210 hebben betrekking op het opslaan van graan en pootaardappelen; 209 op het grondontsmetten bij 1 op 2-teelt van aardappelen. Met de regels 260 t/m 299 kan een specificatie gegeven worden bij elk plan betreffende opbrengsten en kosten. Met regel 300 tenslotte wordt de doelstellingsfunctie aangegeven die gemaximaliseerd dient te worden.

PAKLEI vertoont een soortgelijke opbouw. Omdat in deze matrix veel meer gewassen zijn opgenomen en dus ook het aantal mogelijke bewerkingen groter is, is de matrix groter dan die van PAVEEN.

Een aantal regels in beide modellen is leeg, zodat eventueel nog beperkte uitbreidingen in de standaardmatrix zijn aan te brengen.

Het jaar met betrekking tot de uit te voeren werkzaamheden is ingedeeld in halfmaandelijke perioden, terwijl er geen variabelen zijn voor uitstel of eerder uitvoeren van werkzaamheden of voor overuren. Dit is o.i.

aanvaardbaar door:

- . zo nauwkeurig mogelijk de uiterste begin- en einddatum vast te stellen per bewerking
- . uit te gaan van een zo vlak mogelijke verdeling van de uit te voeren werkzaamheden in de tijd
- . uit te gaan van een arbeidsaanbod van 80 uur per halve maand beschikbaar voor veldwerkzaamheden, waarbij per halve maand bijvoorbeeld 10 dagen van 8 uur gemaakt kunnen worden, maar ook 5 van 13 uur, 3 van 5 uur.

In bepaalde arbeidsbegrotingssystemen wordt op dit moment uitgegaan van meer gedetailleerde restricties met betrekking tot werkbaar weer (7).

3.2. Verdere automatisering van het planningproces

Na het gereedkomen van de twee standaardmatrices PAVEEN en PAKLEI was de volgende stap om te komen tot een verdere automatisering van het planningsproces, het ontwerpen van een efficiënt systeem van dataverzameling afgestemd op deze standaardmatrices. Hiertoe moest een formulierenset ontworpen worden, die bovendien bruikbaar is als ponsdocument.

Een laatste stap in het proces van verdere automatisering was om een gemakkelijk leesbaar eindrapport (resultatenweergave) m.b.v. de computer samen te stellen, zodanig dat verder schrijf- en rekenwerk overbodig zou worden.

3.2.1. Dataverzameling

Na het doorvoeren van een aantal praktische wijzigingen voldoen de formulieren nu redelijk aan de gestelde eisen. In tabel 4 is een bepaald facet uit de formulieren voor kleigebieden gelicht om een indruk te geven van de opbouw.

Tabel 4. Facet uit het vragenformulier t.b.v. standaardmatrix PAKLEI.

grond in eigendom (in ha)		
oppervlakte cultuurgrond	40	Po 346
huidige situatie		
alternatief I		
" II		
" III		
" IV		
" V		

Uit tabel 4 kan gelezen worden dat de oppervlakte grond in eigendom in de standaard 40 ha bedraagt.

De betreffende voorlichter zal samen met de boer, binnen de gesloten lijn, moeten invullen hoe groot deze oppervlakte grond in eigendom is, resp. voor de huidige situatie en alternatief I t/m V. Degene die de gegevens af-

wijkend van de standaard invoert m.b.v. het programma CHANGE (hoofdstuk 4), weet dan dat dit moet gebeuren in kolom Po, regel 346 (binnen de gestippelde lijn). Een uitgebreide indruk omtrent de opzet van de vragenformulieren kan verkregen worden uit bijlage 2. In deze bijlage zijn 3 blz. uit de formulierenset voor kleigebieden weergegeven. De formulierenset afgestemd op de standaardmatrix PAVEEN omvat 12 blz., die op PAKLEI 15 blz.

De (standaard) data in de standaardmatrices zijn afkomstig uit de jaarlijkse PAGV-uitgave "Kwantitatieve informatie voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond" (4). Hiermee is het mogelijk om elk jaar de standaarddata, voorkomende in de standaardmatrices en in de vragenformulieren, snel aan te passen, hetgeen het systeem duidelijk ten goede komt. Lang niet alle wijzigingsmogelijkheden t.o.v. de standaard zullen regelmatig worden benut, zoals de ervaring geleerd heeft.

Gegevens die de meeste kans hebben af te wijken van de standaard, betreffen: arbeidsbezetting, oppervlakte cultuurgrond naar pacht en eigendom, de opslagcapaciteit voor granen en aardappelen/uien, gewassenkeuze, vruchtwisselingseisen, kg-opbrengstniveau, werktuigkeuze, mogelijke loonwerkactiviteiten.

Gegevens die veelal redelijk overeen komen met de standaard betreffen: kosten per arbeidskracht, kosten per werktuig, kosten per ton opslagcapaciteit, toegerekende kosten van de gewassen, loonwervarieven, opbrengstprijzen voor de gegarandeerde producten en taaktijden.

De taaktijden zijn voor alle bewerkingen afgestemd op perceelsgrootten van 8 ha, bij een afstand percelen/bedrijfsgebouwen van 500 m. Er is in de formulieren geen mogelijkheid gegeven om deze taaktijden te veranderen. Gebleken is dat een variatie van de perceelsgrootte van 6-12 ha geen noemenswaardige verschillen oplevert met betrekking tot de taaktijden. Bij wijze van uitzondering is het echter wel mogelijk de taaktijden aan te passen.

Het grote voordeel van het werken met standaardmatrices bij de dataverzameling bestaat hierin, dat alle gegevens die redelijk overeen komen met de standaarddata niet meer ingevoerd behoeven te worden in de computer.

Een ander voordeel is dat bepaalde niet relevante variabelen op eenvoudige wijze uitgeschakeld kunnen worden bij de planning van een bedrijf, door wijziging van de onder- en bovengrens van een variabele (bij uitschakeling worden deze voor P_j : 0,0; waarbij P_j een willekeurige variabele is). Per bedrijf wordt dan ook slechts een deel van de standaardmatrix "gedraaid".

Na de invoer van de benodigde data kan het programma LANDDO gestart worden. Vervolgens verschijnen de uitkomsten. Iedere variabele en restrictie heeft een

bepaald codenummer, waardoor het resultaat onleesbaar is voor niet-ingewijden. Om uit deze uitkomsten de relevante gegevens te selecteren en overzichtelijk weer te geven, zodanig dat ook de betreffende boer het eindverslag goed kan lezen, zou enorm veel tijd vragen. Om het planningsproces te versnellen is ook aan deze fase gewerkt.

3.2.2. Resultatenweergave

Om de tijd te beperken die nodig is voor het overzichtelijk weergeven van de resultaten, d.w.z. de belangrijkste gegevens daaruit, zijn twee programma's ontwikkeld.

Uit de output selecteert het programma READLP (hoofdstuk 4) die gegevens die in het resultatenoverzicht dienen voor te komen. Met behulp van het programma REPORT (hoofdstuk 4) kan de benodigde tekst toegevoegd worden, die voor een deel standaard is en voor een deel bedrijfs-specifiek. Deze bedrijfsspecifieke tekst omvat een korte omschrijving van de probleemstelling bij de berekende plannen.

Om vast te stellen welke gegevens uit de output en eventueel ook uit de ingevoerde data in het eindrapport behoren, is kennis genomen van de inhoud van de rapporten, zoals deze in Duitsland samengesteld worden (3, 11).

Deze rapporten geven de resultaten meestal (te) uitvoerig weer. In veel gevallen wordt bovendien een deel van de data die aan de berekeningen ten grondslag liggen in het rapport opgenomen, hetgeen extra tijd en geld vraagt.

Het grote nadeel van te uitvoerige rapporten is dat de boeren afgeschrikt worden om deze grondig door te nemen.

Rapporten die alleen de meest relevante gegevens uit een begroting bevatten, kunnen juist prikkelen tot een intensief bestuderen. Het bediscussiëren van de resultaten kan dan ook meer zinvol verlopen.

Uiteindelijk is daarom tot het volgende besloten:

Behalve een beknopte vraagstelling worden de data die op het te programmeren bedrijf afwijken van de standaard, ingevuld op de vragenformulieren. Deze vragenformulieren die tevens dienen als ponsdocument kunnen vermeerderd worden en vervolgens weer worden uitgereikt, samen met het rapport dat zo beknopt mogelijk de resultaten bevat van de berekende plannen. Het rapport ziet er dan uit zoals weergegeven in bijlage 3. Het geeft voor de huidige situatie en vijf mogelijke alternatieven een overzicht van achtereenvolgens: korte omschrijving der plannen, bouwplansamenstelling, graan-, aardappel- en uienverkoopactiviteiten, restant aan arbeidsuren per halve maand, benodigde werktuigeninventaris en belangrijkste loonwerkzaamheden en ten slotte het finan-

ciële resultaat waarbij de kosten zijn gespecificeerd.

Door deze kostenspecificatie is het ook mogelijk om ten dele een vergelijking te maken met gegevens uit de boekhouding.

Een interessant vraagstuk waarop hier nog wat dieper moet worden ingegaan is dat van de samenwerking⁷. Een gevolg van samenwerking kan namelijk zijn dat de boer slechts de eigendom heeft van een deel van een werktuig. Gezocht is naar een manier om dit gegeven zo eenvoudig mogelijk te verwerken bij de data-invoer en de rapportage. De instructie bij de invoer van de werktuigen luidt nu als volgt: Voor de werktuigen kunnen in geval van samenwerking niet geheeltallige waarden worden vermeld. Wordt b.v. een 1/2 of een 1/3 werktuig opgegeven, dan moeten de jaarkosten overeenstemmen met resp. een 1/2 of een 1/3 van de totale jaarkosten. Ook moet in dat geval de capaciteit (in uren) van het werktuig in de betreffende perioden gewijzigd worden (wordt een 1/2 resp. een 1/3 van de totale capaciteit). Het systeem van geheeltallige programmering vereist echter dat het aantal werktuigen met gehele getallen wordt aangegeven. Dit is mogelijk, achteraf moet dan het aantal resp. naar een 1/2 of 1/3 worden gecorrigeerd.

In tabel 5 is de procedure met een voorbeeld verduidelijkt.

Tabel 5. Vbd. behandeling van samenwerking met werktuigen (gedeelde eigendom) bij invoer en rapportage.

spuitmachine 18 m	invoer			rapportage	
	standaard	gewenste invoer	invoer	uitvoer	uitvoer na correctie
aantal	1, 1	$\frac{1}{2}, \frac{1}{2}$	1, 1*	1	$\frac{1}{2}$ *
jaarkosten (in gld.)	- 1020	$\frac{1}{2}x-1020$	- 510	- 510	- 510
capaciteit uren/halve maand	- 80	$\frac{1}{2}x-80$	- 40		

* correcties i.v.m. geheeltalligheid.

3.3. Testen van de standaardmatrices op een aantal akkerbouwbedrijven

Bij het testen van de modellen (PAVEEN en PAKLEI) bleek aanvankelijk dat vooral bij het doorrekenen van de huidige situatie nogal eens de boodschap "infeasible" ontvangen werd. M.a.w. er was geen oplossing toegestaan. Hiervoor kan een logische verklaring worden gegeven. In de standaardmatrix wordt gebruik gemaakt van de volgende gestandaardiseerde data: taaktijden, een verdeling van bewerkingen in de tijd, machinecapaciteiten en een aantal te werken uren per arbeidskracht en per periode.

⁷ Bij samenwerking wordt hier steeds verondersteld de samenwerking van twee of meer gelijksoortige bedrijven.

Indien zowel het bouwplan als de beschikbare arbeid, de aanwezige machines en de opslagcapaciteit etc. volledig gefixeerd worden, dan is de kans op strijdigheden erg groot, zodat geen oplossing gevonden kan worden.

Om toch op een snelle wijze tot een goede oplossing te geraken, is een aantal mogelijkheden voorhanden.

- Standaard is ingebouwd voor die bewerkingen waarvoor in het algemeen het alternatief loonwerk aanwezig is, dat deze mogelijkheden benut kunnen worden bij overschrijden van het aanwezige arbeidsaanbod of de bestaande machinecapaciteiten, zelfs als opgegeven is dat niet van loonwerk gebruik wordt gemaakt.
- Het arbeidsaanbod wordt incidenteel verruimd, waarbij, om het bestaande arbeidsaanbod zo goed mogelijk te benaderen, de voorwaarde komt te vervallen dat van de variabele "arbeidskrachten" alleen integere waarden toegestaan zijn (dus continue uitkomst).
- Van relatief veel arbeid en machine-uren vragende gewassen als consumptie-aardappelen en suikerbieten, waarvan een bestaande oppervlakte van bv. 15 ha als volgt wordt weergegeven: $P_j, 15, 15, \dots$ kan bij een eerste run de ondergrens verlaagd worden tot 0, zodat wordt ingevoerd $P_j, 0, 15, \dots$. Wordt nu een oplossing verkregen, dan kan gericht gezocht worden waarom niet het volledige areaal geactiveerd wordt. Na een aanpassing die dit wel mogelijk maakt, kan weer ingevoerd worden $P_j, 15, 15, \dots$. Gebleken is verder dat bij gebruikmaking van het programma LANDDO, ontwikkeld bij het Mathematisch Centrum te Amsterdam en waarbij de oplossing wordt verkregen volgens het LAND - DOIG-algoritme (een branch and bound-methode), het soms lang duurt voor een oplossing wordt verkregen, vooral bij het formuleren van veel relatieve restricties. Ook werden wel oplossingen verkregen waarbij het bouwplan ontbrak. Een snellere oplossing (of een oplossing waar wel een bouwplan wordt gevonden) kan verkregen worden door bv. één van de gewasvariabelen die zeker in het optimale plan zal voorkomen een ondergrens te geven (bv. $P_j, 0.001, 999$).

De reactie van voorlichters en boeren die tot dusver betrokken zijn geweest bij het uittesten van beide modellen was zeer positief. Met andere woorden: de opzet van de modellen beantwoordt redelijk goed aan het gestelde doel. Ook is gebleken dat dit systeem van voorlichting meer op prijs wordt gesteld door de voorlichtingsdiensten, naarmate minder tijd beschikbaar is voor de individuele voorlichting. Eén van de hoofddoel-einden was dan ook, zoals reeds vermeld, om door het programmeren van bedrijven met standaardmatrices en het automatiseren van de planningsprocedure, de capaciteit m.b.t. de door te lichten bedrijven aanzienlijk te kunnen opvoeren.

In tabel 6 is een schatting gegeven van de tijdsbesteding bij de ontwikkelde procedure voor het programmeren van een bedrijf.

Tabel 6. Tijdsbesteding bij het programmeren van een akkerbouwbedrijf met de standaardmatrices PAKLEI en PAVEEN

instelling onderdeel	Regionale voorlichtings- dienst	PAGV	Landbouw- hogeschool Wageningen
	mandagen	mandagen	computer- ⁸ minuten
Invullen van de invulformulieren afgestemd op de standaardmatrices, samen met de betreffende boer	$\frac{1}{2}$	-	-
Uitwerken van de gegevens verzameld op de invulformulieren zodat ze geschikt zijn voor invoer in de computer	$\frac{1}{2}$		
Controle van de invulformulieren/ponsdocumenten, o.a. ter voorkoming van "infeasibiliteit"		$\frac{1}{2}$	
Invoer via een terminal van de wijzigingen m.b.v. het programma CHANGE		$\frac{1}{2} - 1$	2 - 3
Het laten uitvoeren van de berekeningen door de computer m.b.v. het programma LANDDO			30 - 60
Het draaien van het programma READLP; vervolgens analyse van de resultaten; eventueel aanbrengen van een aantal correcties		$\frac{1}{2}$	0 - 1
Eventueel opnieuw berekeningen uitvoeren met het programma LANDDO en controle van de output na het draaien van het programma READLP; vervolgens het laten maken van het eindrapport m.b.v. het programma REPORT		$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$	1 - 30
Verzending van de rapporten aan de voorlichtingsdienst, waarna bespreking met de boer kan volgen	$\frac{1}{2}$		
Eventueel aanvullend 1 of 2 alternatieve plannen berekenen	p.m.	p.m.	p.m.
Begeleiding van de boer bij realisatie van een alternatief plan	p.m.		
Totale tijdsbesteding	$1\frac{1}{2}$ dag	$1\frac{3}{4} - 2\frac{1}{2}$ dag	33 - 94 min.

⁸ De benodigde rekentijd is intussen drastisch afgenomen, deels door gebruik van een snellere computer, deels door toepassing van een meer efficiënt programma (APEX).

Bij gebruikmaking van het programma APEX bedraagt de totale tijdsbesteding nu 1-3 computermanuten.

De totale tijdsbesteding voor het programmeren van een bedrijf bedraagt, zoals is weergegeven, $3\frac{1}{4}$ - 4 dagen, exclusief de tijd besteed door de regionale voorlichtingsdienst aan begeleiding bij realisatie van een plan.

Een belangrijk aspect waarop nog nader ingegaan dient te worden is dat van de computerkosten.

Bij het uittesten van beide modellen is gebleken dat 98% of meer van de computerkosten bestaat uit draaitijdskosten (runtime in seconden) en gebruik van kerngeheugen (uitgedrukt in kilowoorden = KCT).

Bij gebruik van het programma LANDDO, bleek verder dat voor PAVEEN de kostenverhouding, runtime: gebruik kerngeheugen = 1 : 1,5 à 2 was, door de grotere omvang van het model PAKLEI was hier de verhouding 1 : 2,5 à 2,6. Door deze redelijke stabiele verhouding der beide kostenposten kan, op basis van het nachttarief bij de Landbouwhogeschool in 1977, geconcludeerd worden, dat omgerekend per minuut draaitijd het model PAVEEN f 15,- en het model PAKLEI f 18,- kost. Een belangrijk gegeven is verder dat de computerkosten van de huidige situatie zich verhouden tot die van alternatieve plannen als 1 : 5 à 10. Dit enorme verschil kan deels verklaard worden uit het feit dat het aantal arbeidskrachten, de machinekeuze en het bouwplan al volledig vooraf bepaald is bij de huidige situatie en deels uit het feit dat bij alternatieve plannen vaak meer integere variabelen meedraaien dan in de huidige situatie en bovendien een groter traject bestrijken (b.v. huidige situatie aantal trekkers: $P_{x,4,4}$; alternatieven $P_{x,2,4}$). Het is daarom belangrijk dat er meer efficiënte programma's dan LANDDO beschikbaar komen. B.v. programma's die het tevens mogelijk maken met mixed integer programmering te draaien vanuit zgn. startoplossingen. Het lijkt namelijk aannemelijk dat in de aangegeven richting nog aanzienlijke kostenbesparingen mogelijk zijn.

Bij het proefdraaien met beide modellen bleek tenslotte, dat voor de bedrijven gedraaid met PAVEEN de computerkosten variëerden van 500 - 700 gulden en voor de bedrijven gedraaid met PAKLEI 800-1200 gulden. Dit betreft het berekenen van de huidige situatie en vijf alternatieve plannen. Getracht wordt om de kosten van het nu nog in de testfase verkerende systeem verder te verlagen, waarbij zoals hierboven reeds is aangegeven, zeker mogelijkheden aanwezig zijn.

Aan de boer die van het planningssysteem gebruik maakt, worden dan ook tot op heden geen kosten in rekening gebracht.

Het ligt in de bedoeling dat na een verdere introductie bij de regionale voorlichtingsdiensten in de belangrijkste akkerbouwgebieden, het planningssysteem medio 1978 op beperkte schaal volledig operationeel wordt voor de praktijk.

3.4. Voorbeelden van enkele toepassingen van planningsmethoden op grote schaal in Engeland en West-Duitsland

In Engeland heeft Beale voor de firma ICI een planningsstelsel ontwikkeld, bekend onder de naam MASCOT, en gebaseerd op de methode van lineaire programmering (1). Sinds het operationeel worden van dit stelsel, hebben er ca 100 boeren per jaar gebruik van gemaakt. Alle voor de planning benodigde data worden opgevraagd bij het bedrijf zelf. De data worden verzameld op invulformulieren die tevens dienst doen als ponsdocumenten bij de invoer in de computer. Deze invulformulieren zijn zodanig opgezet, dat gebruik kan worden gemaakt van een matrixgeneratorprogramma, waarbij de computer het begintableau opbouwt.

Een aantal van de verkregen gegevens wordt vervolgens uitgeselecteerd door een ingebouwd analyseprogramma. Deze worden zodanig weergegeven dat ze rechtstreeks aan de boer overhandigd kunnen worden.

Gebleden is, dat in West-Duitsland de ontwikkeling het verste is in het zuiden. Vooral Geissler (3) heeft er toe bijgedragen dat hier programmering op grote schaal toegepast ging worden. Sinds 1973 wordt o.a. in de deelstaat Beieren gebruik gemaakt van een zgn. standaardmatrix: een matrix waarmee voor meerdere bedrijven optimale plannen kunnen worden berekend. Een te programmeren bedrijf kan, bij het invullen van een op de standaardmatrix afgestemd vragenformulier, behalve de probleemstelling, die data aangeven die afwijken van de standaarddata. Deze standaardmatrix bestrijkt de takken akkerbouw, tuinbouw en veehouderij, omvat ook de financiering en is verder gedetailleerd van opzet. Zo worden bijvoorbeeld ook de saldi per variabele door de computer berekend, zodat vooraf geen rekenwerk meer behoeft te worden gedaan bij het invullen van de vragenformulieren.

De standaardmatrix telt ongeveer 800 variabelen en een even groot aantal restricties.

Nadat de resultaten berekend zijn, kunnen d.m.v. een output analyseprogramma vijf plannen naast elkaar afgedrukt worden (de huidige situatie en vier alternatieven), in een voor de boeren begrijpelijke vorm. Het aantal bedrijven dat met behulp van deze standaardmatrix is geprogrammeerd, bedraagt ca. 80 per jaar. Aan de toepassing in Zuid-Duitsland ligt evenals bij de ICI de methode van continue lineaire programmering ten grondslag. Dit in tegenstelling tot de door ons gevolgde methode, van het gemengd geheeltallig lineair programmeren.

4. BESCHRIJVING VAN DE PROGRAMMAREEKS CHANGE, LANDDO, READLP EN REPORT

4.1. Procedure

De in de titel van dit hoofdstuk vermelde programmareeks kan worden gebruikt voor het maken van een rapport van lineaire programmeringsberekeningen. Dit rapport is ook voor niet ingewijden leesbaar en wordt, behoudens de verzorging van de bedrijfsspecifieke invoergegevens, zonder handwerk gemaakt (zie hiervoor het voorbeeld in de bijlagen 3.1. t/m 3.6.).

In figuur 1 (blz. 26) is in een stroomschema weergegeven hoe de programmareeks is opgebouwd. Links in de figuur zijn de permanente datafiles geplaatst. Deze hebben betrekking op de standaardmatrices PAKLEI en PAVEEN, verder op de daarbij behorende standaardtekst die in het rapport wordt opgenomen samen met de berekeningsuitkomsten.

In het midden van figuur 1 is het verband aangegeven tussen de programma's uitmondend in het uiteindelijke rapport. De bedrijfsspecifieke gegevens uit het invulformulier (bijlagen 2.1. t/m 2.3.) zijn opgenomen in de als parallellogrammen getekende datasets rechts boven in de figuur (farm data sets). Een aantal algemene bedrijfsgegevens wordt rechtstreeks opgenomen in het rapport (zie parallellogram rechtsonder naam.dat). De overige tijdelijke datasets rechts in de figuur stellen de gegevensoverdracht voor tussen de programma's.

De programmareeks begint met het programma CHANGE. Dit programma voegt de gegevens uit de standaardmatrices samen met de bedrijfsgegevens tot een invoerbestand PAL.GEG voor de lineaire programmering.

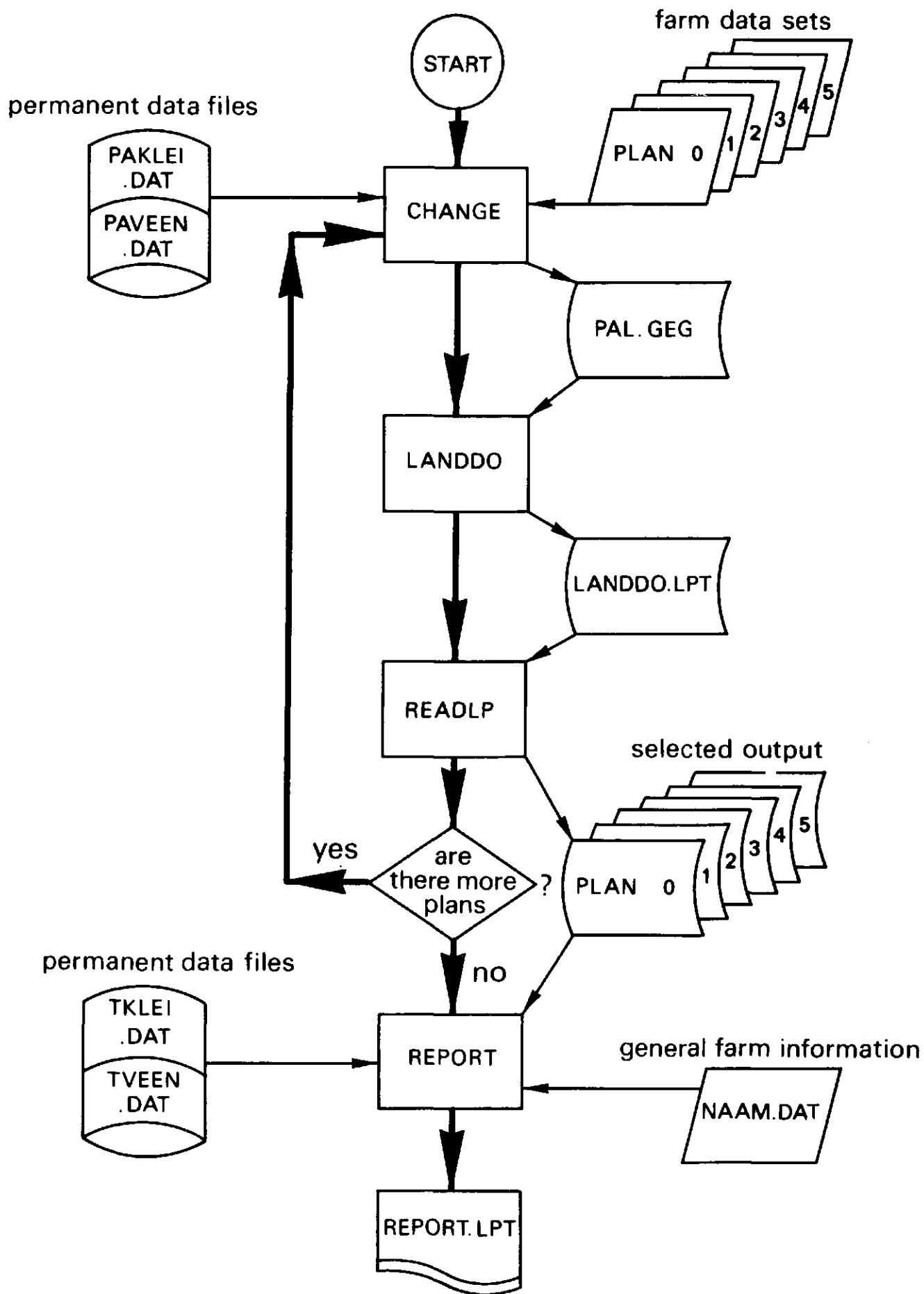
LANDDO is een gemengd geheeltallig lineair programmeringsprogramma dat de optimale oplossing aflevert in de file LANDDO.LPT. Het programma READLP selecteert hieruit de voor het rapport benodigde gegevens en legt deze vast in een aantal tijdelijks files.

De reeks van CHANGE tot READLP kan tot maximaal zes keer worden herhaald, één keer voor ieder alternatief plan. Vervolgens worden door het programma REPORT de uitkomsten van de berekeningen, samengevoegd met de algemene bedrijfsgegevens en de standaardtekst en opgenomen in het rapport.

Het lineaire programmeringsprogramma LANDDO is ontwikkeld door het Mathematisch Centrum te Amsterdam, de overige programma's door het Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (IMAG) te Wageningen.

4.2. Permanente datafiles

De permanente datafiles PAKLEI en PAVEEN zijn normale invoerfiles voor het lineaire programmeringsprogramma LANDDO. Het probleem kan als volgt worden omschreven:



Figuur 1. Stroomschema van de programmareeks CHANGE, LANDDO, READLP en REPORT.

maximaliseer $z_x = \sum_{j=1}^n c_j x_j$

onder: $\sum_{j=1}^{m_1} a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i = 1, \dots, m_1)$

$\sum_{j=m_1+1}^m a_{ij} x_j = b_i \quad (i = m_1 + 1, \dots, m)$

$0 \leq \min_j \leq x_j \leq \max_j \quad (j = 1, \dots, n)$

x_j is geheeltallig voor $j = 1, \dots, n_1 < n$

waarin: x_j = de omvang van de beslissingsvariabele j

c_j = de bijdrage aan de doelfunctie per eenheid van beslissingsvariabele j

a_{ij} = de aanspraak per eenheid van beslissingsvariabele j op de omvang van de beperkende factor i

b_i = de omvang van de beperkende factor i

\min_j = de laagste toegelaten omvang voor de beslissingsvariabele j

\max_j = de hoogste toegelaten omvang voor beslissingsvariabele j

In de datafiles PAKLEI en PAVEEN zijn opgenomen alle:

$b_i \quad (i = 1, \dots, m)$

$a_{ij} \neq 0 \quad (j = 1, \dots, n \text{ en } i = 1, \dots, m)$

$c_j, \min_j, \max_j \quad (j = 1, \dots, n)$

Verder staan ook de probleemparameters n_1, n, m_1 en m in de standaardfiles waar ze tevens gebruikt worden als stuurparameters voor de lees- en schrijfopdrachten in het programma CHANGE.

In het uiteindelijke rapport worden alleen die beslissingsvariabelen opgenomen die interessant zijn voor de boer. Ook verschijnen in het rapport een aantal van de slackvariabelen $j \quad (j = n+1, \dots, n + m)$ die het verschil aangeven tussen de omvang van de beperkende factor i en het beslag dat hierop wordt gelegd door de beslissingsvariabelen $j \quad (j = 1, \dots, n)$. Ten behoeve van elk der in het rapport verschijnende variabelen staat in de files TKLEI en TVEEN een standaardtekst die via het program REPORT in het eindrapport verschijnt (bijlagen 3.1. t/m 3.6.).

4.3. Bedrijfsgegevens (farm data sets)

In de farm data sets worden de gegevens geplaatst die verzameld zijn via het invulformulier (bijlagen 2.1. t/m 2.3.). Op het invulformulier staan reeds de codes voor de juiste verwerking van de gegevens. Eerst worden de probleemparameters n_1, n, m_1 en m vermeld. Vervolgens de nieuwe waarden

$b_i^! \neq b_i$, in paren getallen $i, b_i^!$. Daarna volgen de nieuwe waarden $\min_j^!$, $\max_j^!$ en $a_{ij}^!$ per beslissingsvariabele j , aldus:

$j, \min_j^!, \max_j^!, i, a_{ij}^!, \dots$ ($i, a_{ij}^! \neq a_{ij}$)

Wanneer $c_j^! \neq c_j$, dan wordt bij de wijzigingen voor beslissingsvariabele j opgenomen $\dots, n+1, c_j^!, \dots$.

In een farm data set mogen dezelfde beslissingsvariabelen meer dan eens voorkomen, de laatste in de file vermelde wijziging is bepalend. Hierdoor is het niet noodzakelijk alle veranderingen per beslissingsvariabele in een keer aan te brengen, maar kan de volgorde van het invul- c.q. ponsformulier worden gevolgd. Ook kan de volgende data set van de voorgaande worden afgeleid, aangevuld met de wijzigingen $b_i'', \min_j'', \max_j'', a_{ij}''$ en c_j'' .

De algemene bedrijfsinformatie en de beschrijvingen van de alternatieve plannen worden in een aparte file NAAM.DAT opgenomen. Deze file bestaat uitsluitend uit begeleidende tekst.

4.4. Programmareeks

Het doel van de programmareeks is om met zo weinig mogelijk handwerk een kwalitatief hoogwaardig eindrapport af te leveren. Dit vereist in de eerste plaats een vergaande automatisering van de databehandeling. Bij de traditionele toepassing van lineaire programmering wordt de verzameling van de gegevens en de matrixopbouw in handwerk uitgevoerd. Dit vereist veel deskundigheid en accuratesse en derhalve hoge personeelskosten. De eerste stap tot automatisering is uit te gaan van standaardmatrices, waarin de structuur van het probleem en de matrixcoëfficiënten zijn vastgelegd. De volgende stap is het automatiseren van het aanbrengen van bedrijfsspecifieke gegevens, zodat een aan het individuele bedrijf aangepaste probleemstelling wordt verkregen.

Het samenvoegen van de permanente en bedrijfsspecifieke data gebeurt door het programma CHANGE. Van de permanente dataset wordt een kopie gemaakt en in deze kopie worden de gewenste veranderingen aangebracht. Het nu ontstane gegevensbestand kan gebruikt worden voor het uitvoeren van berekeningen, maar kan ook dienen als gerenoveerde standaardmatrix.

Het program LANDDO is een gemengd geheeltallig lineair programmeringsprogramma, dat werkt volgens een branch en bound methode naar het algoritme van Land en Doig. De naam LANDDO is hiervan een afkorting. Het programma is ontwikkeld door het Mathematisch Centrum te Amsterdam. De uitvoering wordt vastgelegd in de file LANDDO.LPT en omvat de optimale waarden voor de beslissingsvariabelen $(x_j, j=1, \dots, n)$ alsmede de reduced cost. Verder de waarden van de slackvariabelen x_j ($j= n+1, \dots, n+m$) en hun shadow prices. Voor het eindrapport worden hiervan slechts een klein aantal gegevens gebruikt. De standaardmatrix voor de kleigebieden omvat 233 beslissingsvari-

abelen en 349 bijvoorwaarden (constraints). De uitvoer van de Lp bevat 1194 getallen met hun indices, waarvan slechts 151 getallen worden benut voor het rapport. Voor de standaardmatrix voor de veenkoloniën zijn deze cijfers 892 respectievelijk 108. Omdat de betekenis en volgorde van deze rapportvariabelen bekend is, kan indexering achterwege blijven. Hierdoor is het programma READLP in staat de geheugenruimte voor dataopslag tot een twintigste deel terug te brengen. Veel beslissingsvariabelen en slacks komen in het rapport gesommeerd tot uiting, zoals totaal granen, hakvruchten en de totalen bij de financiële gegevens. Ook deze bewerkingen worden door READLP uitgevoerd.

Indien wenselijk kan de routine vanaf CHANGE tot READLP worden herhaald, tot een maximum van zes keer. Dit maximum is het gevolg van de breedte van de regeldrukker van 132 posities.

Nadat de gewenste alternatieve plannen zijn berekend, wordt het programma REPORT gebruikt om alle verzamelde en berekende gegevens samen te voegen tot het eindrapport zoals in de bijlagen 3.1. t/m 3.6. is weergegeven. Na de frontpagina (3.1.) volgt per plan een korte omschrijving van de bijzonderheden (bijlage 3.2.). Deze tekst is nu maximaal 4 regels van 120 posities maar kan indien gewenst worden uitgebreid. Dan volgen enkele tabellen met berekeningsresultaten betreffende het bouwplan, het arbeidsaanbod, de werktuigeninventaris en de belangrijkste bewerkingen die in loonwerk worden uitgevoerd. Tenslotte een overzicht van de financiële uitkomsten. Het rapport zou nog kunnen worden uitgebreid met een meerjarig cashflow overzicht om de vermogensontwikkeling per plan aan te geven.

Het voordeel van deze programmareeks is, dat het aansluit op een reeds bestaand lineair programmeringsprogramma. Wanneer een beter programma ter beschikking komt, kan eenvoudig de in- en uitvoer van de programma's worden aangepast. Ook is eenvoudig uitbreiding mogelijk voor standaardmatrices van andere bedrijfstypen of regionale varianten.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Veel akkerbouwers zullen zich ook in de komende jaren gesteld zien voor keuzevraagstukken betreffende: bedrijfsvergroting, grondgebruiks-intensivering, samenwerking etc.

Om de akkerbouwer te helpen bij het oplossen van al deze sterk samenhangende complexe vraagstukken kan gebruik worden gemaakt van optimaliseringstechnieken waarbij het vele rekenwerk door de computer verricht wordt.

Eén van de veel toegepaste methoden is die van de continue lineaire programmering. Een groot nadeel van deze methode is echter dat door de continuïteit, die als uitgangspunt aan de methode van de lineaire programmering ten grondslag ligt, dat de gelimiteerde duurzame produktiemiddelen ten onrechte moeten worden vastgelegd in de uitgangssituatie (resp. alternatieve uitgangssituaties). Ook het veronderstellen van volledige deelbaarheid is geen oplossing, omdat hiermee een fictief element in de programmering wordt ingebracht.

Het werktuigenpark wordt bij deze methode niet simultaan geoptimaliseerd met de arbeidsbezetting en het bouwplan. Het kan dan ook betwijfeld worden of altijd een optimaal bedrijfsplan wordt gevonden. Door het beschikbaar komen van computerprogramma's die het mogelijk maken integer (geheeltallig) te programmeren kunnen deze bezwaren ondervangen worden. In 1973 is de methode van het gemengd geheel-tallig lineair programmeren praktisch toepasbaar gemaakt.

Een groot voordeel van deze methode is dat, anders dan bij de continue lineaire programmering het geval is, de vaste kosten verbonden aan de duurzame produktiemiddelen als variabelen worden opgenomen. Bouwplan, arbeidsbezetting, werktuigeninventaris en opslagcapaciteiten kunnen nu in één rekengang geoptimaliseerd worden. Ook kan met deze methode op doeltreffende wijze de keuze plaats vinden, per bewerking, tussen eigen mechanisatie en loonwerk. Wanneer in geval van samenwerking sprake is van gedeeltelijke eigendom van een bepaald werktuig kan ook in dat geval op betrekkelijk eenvoudige wijze, goed gewerkt worden met geheeltallige programmering.

Deze methode biedt een beter perspectief voor verdere automatisering, daar het bepalen van het ondernemersoverschot in één rekengang op meer verantwoorde wijze gebeurt.

Een nadeel is dat de kosten per plan die aan deze methode verbonden zijn,

aanmerkelijk hoger uitvallen dan bij de voorheen gevolgde methode der lineaire programmering. Vooral een langere rekentijd en meer gebruik van het kerngeheugen zijn hier debet aan. Door het simultaan oplossen van verschillende vraagstellingen kan echter met minder plannen worden volstaan.

Na ruim tien jaar ervaring met het gebruik van planningstechnieken, waarbij de computer wordt ingeschakeld, is het gebruik niet zo sterk toegenomen als aanvankelijk gedacht werd. Een ervaring, die ook in andere EEG-landen gehoord werd in het begin van de jaren zeventig.

Als oorzaken kunnen genoemd worden: aanvankelijk wantrouwen, gebrek aan relevante data, onvoldoende scholing, nog te tijdrovend.

Het hoofddoel van dit onderzoek was dan ook het mogelijk maken van toepassing op grote schaal van de methode van de gemengd geheeltallige lineaire programmering. Anders gezegd: het toegankelijk maken van de methode voor niet-planningsdeskundigen d.m.v. verdere automatisering.

Als eerste stap hiertoe zijn, om het telkens tijdrovende opbouwen van beginmatrices overbodig te maken, twee standaardmatrices ontwikkeld. Eén voor akkerbouwbedrijven uit het Veenkoloniale en noordelijke zandgebied en één voor akkerbouwbedrijven uit het noordelijke/centrale/zuidwestelijke zeeleigebied. Met behulp van deze twee moedermatrices kunnen alle bedrijven van 25 - 150 ha geprogrammeerd worden. Grotere bedrijven vragen door hun diversiteit toch nog een meer individuele aanpak.

Afgestemd op deze moedermatrices zijn twee sets invulformulieren ontworpen. Niet-planningsdeskundigen kunnen op deze formulieren voor de huidige situatie en maximaal vijf alternatieve plannen een globale probleemstelling aangeven. Ook dienen de data die afwijkend zijn van de standaard ingevuld te worden. Het invullen door de voorlichter samen met de boer neemt ongeveer een halve dag in beslag.

Deze vragenformulieren doen tevens dienst als ponsdocument. Na invoer van de wijzigingen via de terminal, kunnen deze zeer efficiënt via het ontwikkelde programma CHANGE aangebracht worden in de standaardmatrix. Voor het uitvoeren van de berekeningen wordt gebruik gemaakt van het programma LANDDO.

Met het ontwikkelde programma READLP kunnen uit de volledige output van 6 plannen, de gegevens geselecteerd worden die in het eindrapport dienen voor te komen.

Om de boer niet af te schrikken met veel cijfermateriaal, maar juist aan te sporen tot intensief doornemen van dit rapport, moet de omvang van het eindverslag beperkt zijn.

Via het programma REPORT kan de nodige tekst in het eindrapport worden

aangebracht, zodat ook niet-deskundigen de resultaten goed begrijpen. De tijd die het plannen van één bedrijf vraagt, varieert van $3\frac{1}{4}$ - 4 mandagen, exclusief de tijd besteed aan begeleiding bij realisatie van een plan. De computerkosten van een bedrijfsprogrammering (6 plannen) variëren van f 500,- - f 1200,-. Deze kunnen nog teruggebracht worden bij gebruik van meer geavanceerde computerprogramma's. Bijvoorbeeld programma's geschikt voor gemengd geheeltallige problemen, waarbij gewerkt kan worden met zogenaamde startoplossingen (zoals APEX).

Het ligt in de bedoeling dat, na een verdere introductie bij de regionale voorlichtingsdiensten, het planningsstelsel medio 1978 op beperkte schaal volledig operationeel wordt voor de praktijk.

6. LITERATUUR

1. Beale, E.M.L. A management advisory system using computerized optimization techniques. Outlook on agriculture vol. 6, 1970:143-147.
2. Cevaal, P.K. Nieuwe mogelijkheden voor het programmeren van akkerbouwbedrijven. Landbouwkundig Tijdschrift 85 (1973) 10:347-353.
3. Geissler, B. Amt für angewandte landwirtschaftliche Betriebswirtschaft, München. Persoonlijke mededelingen, 1975, 1977.
4. Ham, M. van der en W.P. Noordam. Kwantitatieve informatie voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond, PAGV-publikatie nr. 1, Lelystad, 1977.
5. Kamminga, J. en K.J. de Vries. Programplanning, een hulpmiddel voor het opstellen van bedrijfsbegrotingen. PAW-publikatie nr. 25, Wageningen, 1965.
6. Kamminga, J. Programming - an important aid to farm development in the Netherlands. O.E.C.D. Agricultural Review 1, 1973.
7. Kroeze, G.H. Arbeidsbegroten per computer. Publikatie 32, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Wageningen, 1975.
8. Louwes, A.J. en J. de Veer. De economische aspecten van akkerbouwbedrijven van 15-20 ha in de IJsselmeerpolders. Bedrijfseconomische mededelingen LEI nr. 36 (Eén van de eerste toepassingen van lineaire programmering in de landbouw in Nederland), Den Haag, 1960.
9. Müller, W. Lineaire programmering in Nederland. Doctoraalscriptie TH Eindhoven, 1977.
10. Niejenhuis, J.H. van. Monte Carlo Planning. Publikatie nr. 3 van de afdeling voor agrarische bedrijfseconomie van de Landbouwhogeschool, Wageningen, 1971.
11. Oppermann, W.G. Entwicklung der Betriebsorganisation und des finanziellen Erfolges landwirtschaftlicher Betriebe in Niedersachsen (dargestellt an 144 Betrieben), dissertatie, Georg-August-Universität, Göttingen, 1972.
12. Oving, R.K. Farming, task and machinery. Research Report 3, 1971, Institute of Agricultural Engineering and Rationalization, Wageningen, 1971.
13. Renkema, J.A. De opbouw van lineaire programmeringsmodellen ten behoeve van de agrarische bedrijfsplanning. Publikatie nr. 4 van de afdeling voor agrarische bedrijfseconomie van de Landbouwhogeschool, Wageningen, 1972.

Voorkomende variabelen in de standaardmatrix PAVEEN

variabele	variabele	variabele
1* trekker	51 ploegen 3 sch. 15/9-1/10	101 E.M. stropersen+inschuren w.tarwe/w.rogge
2* kipwagen 4-8 ton	52 " 1/10-15/10	102 stro los verkopen z.tarwe/haver
3* ploeg 3 sch. rondg.	53 " 15/10-1/11	103 " " "
4* ploeg 4 sch. rondg.	54 " 1/11-15/11	104 E.M. strohakselen "
5* stoppelploeg 2 m	55 " 15/11-1/12	105 " " "
6* spuitmachine 18 m	56 " 1/12-15/12	106 E.M. stro persen+inschuren z.tarwe/haver
7* pootmachine 3 m zonder voorr.bak	57 " 15/12-1/1	107 " " "
8* pootmachine 3 m met voorraadbak	58 ploegen 4 sch. 1/2-15/2	108 stro los verkopen w.gerst/z.gerst
9* aard.rooimach. 1 rij bunker/wagen	59 " 15/2-1/3	109 " " "
10* aard.rooimach. 2 rij bunker/wagen	60 " 1/3-15/3	110 " " "
11* stortbak/transporteur	61 " 15/3-1/4	111 E.M. stro hakselen "
12* prec.zaaimachine 3 m	62 " 1/9-15/9	112 " " "
13* schoffelmachine 3 m	63 " 15/9-1/10	113 " " "
14* s.bietenrooimach. 1 rij bunker	64 " 1/10-15/10	114 E.M. stropersen+inschuren w.gerst/z.gerst
15* zaaimachine 3 m	65 " 15/10-1/11	115 " " "
16* maaidorser zelfr. 3 m	66 " 1/11-15/11	116 " " "
17* maaidorser zelfr. 4 m	67 " 15/11-1/12	117 hooi los verkopen graszaad
18* stropers/balenslee/-klauw	68 " 1/12-15/12	118 E.M. hooipersen+inschuren graszaad
19* strohakselaar	69 " 15/12-1/1	119 E.M. rooien+afvoer pootaard.1rij bunker/wagenr.
20* arbeidskracht	70 L.W. prec.zaaien s.bieten	120 " fabr.aard. " "
21 wintertarwe	71 E.M. prec.zaaien s.bieten	121 " pootaard.2rij "
22 zomertarwe	72 E.M. poten fabr.aard. uit zakken	122 " fabr.aard. " "
23 wintergerst	73 E.M. poten fabr.aard. los	123 L.W.rooien,afvoer E.M.,pootaard.1rij bunker/wagenr.
24 zomergerst	74 E.M. poten pootaard. uit zakken	124 " " fabr.aard. " "
25 haver	75 E.M. poten pootaard. los	125 " " pootaard.2rij "
26 winterrogge	76 L.W. poten fabr. aard.	126 " " fabr.aard. " "
27 graszaad, Eng. raai	77 L.W. poten pootaard.	127 E.M. wieden suikerbieten
28 graszaad, Ital. raai	78 E.M. maaidorsen+afvoer graan 3 m	128 L.W. wieden suikerbieten
29 fabrieksaard. 1 op 4	79 " "	129 E.M.rooien+afvoer s.bieten 1 rij bunkerr.
30 fabrieksaard. 1 op 3	80 " "	130 L.W.rooien,afvoer E.M., s.bieten 1 rij bunkerr.
31 fabrieksaard. 1 op 2	81 " "	131 " " " 6 rij vagenr.
32 pootaard. 1 op 4	82 " "	132 L.W. drogen/schonen graan
33 pootaard. 1 op 3	83 " +afvoer graszaad 3 m	133
34 pootaard. 1 op 2	84 " +afvoer graan 4 m	134 E.M. drogen+opslag graan, afzet $\frac{1}{2}$ dec.
35 suikerbieten 1 op 4	85 " "	135 opslagcapaciteit graan
36 suikerbieten 1 op 3	86 " "	136 L.W. grondontsmetten
37 snijmaïs	87 " "	137 E.M. grondontsmetten
38 cons.erwten	88 " "	138 opslaan pootaardappelen
39 stamslabonen	89 " +afvoer graszaad 4 m	139 opslagcapaciteit pootaardappelen
40 tuinbonen	90 L.W. maaidorsen, afvoer E.M., graan	140 grond in eigendom (ha)
41 groenbemesting gras (vroeg)	91 " " "	141 grond gepacht (ha)
42 groenbemesting gras (laat)	92 " " "	142 kavel+erfverhardingskosten (standaard)
43 groenbemesting klaver	93 " " "	143 algemene kosten (standaard)
44 groenbemesting wikken	94 " " "	144 pacht gebouwen (kosten/ha)
45 groenbemesting rogge	95 " " graszaad	145 eigendom gebouwen (kosten totaal)
46 ploegen 3 sch 1/2-15/2	96 stro los verkopen w.tarwe/w.rogge	146 alg. werktuigkosten
47 " 15/2-1/3	97 " " "	147 berekend loon van de ondernemer
48 " 1/3-15/3	98 E.M. strohakselen "	148
49 " 15/3-1/4	99 " " "	149
50 " 1/9-15/9	100 E.M. stropersen+inschuren w.tarwe/w.rogge	150

*integere variabele

L.W. = loonwerk, E.M. = eigen mechanisatie

Voorkomende restricties in de standaardmatrix PAVEEN

restrictie	restrictie	restrictie
1 oppervlakte cultuurgrond	51 (zaaivoor)ploegen 1/3-15/3	101 pootaard. poten 1/4-15/4
2 max. tarwe 50%	52 " 15/3-1/4	102 cap.pootmach.zonder voorr.bak 15/3-1/4
3 max. gerst 50%	53 " 1/9-15/9	103 " 1/4-15/4
4 max. tarwe+gerst 66%	54 " 15/9-1/10	104 cap.pootmach. met voorr.bak 15/3-1/4
5 max. haver 50%	55 " 1/10-15/10	105 " 1/4-15/4
6 max. maïs 50%	56 " 15/10-1/11	106 cap.spuitmachine 18 m 15/2-1/3
7 max. rogge 50%	57 " 1/11-15/11	107 " 1/3-15/3
8	58 " 15/11-1/12	108 " 15/3-1/4
9	59 " 1/12-15/12	109 " 1/4-15/4
10 max.aard.25/33/50%	60 " 15/12-1/1	110 " 15/4-1/5
11	61 capaciteit ploeg 3 sch. 1/2-15/2	111 " 1/5-15/5
12 max.s.bieten 25/33%	62 " 15/2-1/3	112 " 15/5-1/6
13 max.aard.+s.bieten 75%	63 " 1/3-15/3	113 " 1/6-15/6
14 max. graszaad 25%	64 " 15/3-1/4	114 " 15/6-1/7
15 max.graan+graszaad 75%	65 " 1/9-15/9	115 " 1/7-15/7
16 max.c.erwten/tuinbonen 15%	66 " 15/9-1/10	116 " 15/7-1/8
17 max. erwten/bonen 33%	67 " 1/10-15/10	117 " 1/8-15/8
18 inzaai graszaad/gr.bemest.	68 " 15/10-1/11	118 " 15/8-1/9
19 inzaai groenbemesting	69 " 1/11-15/11	119 " 1/9-15/9
20 inzaai groenbemesting	70 " 15/11-1/12	120 " 15/9-1/10
21	71 " 1/12-15/12	121 " 1/11-15/11
22	72 " 15/12-1/1	122 " 15/11-1/12
23	73 capaciteit ploeg 4 sch. 1/2-15/2	123 maaidorsen+afvoer graan 1/7-15/7
24 min.droge org.stof	74 " 15/2-1/3	124 " " 15/7-1/8
25 arbeid 1/1-15/1	75 " 1/3-15/3	125 " " 1/8+15/8
26 " 15/1-1/2	76 " 15/3-1/4	126 " " 15/8-1/9
27 " 1/2-15/2	77 " 1/9-15/9	127 " " 1/9-15/9
28 " 15/2-1/3	78 " 15/9-1/10	128 " graszaad 15/7+1/8
29 " 1/3-15/3	79 " 1/10-15/10	129 cap.maaidorser 3 m 1/7-15/7
30 " 15/3-1/4	80 " 15/10-1/11	130 " " 15/7-1/8
31 " 1/4-15/4	81 " 1/11-15/11	131 " " 1/8-15/8
32 " 15/4-1/5	82 " 15/11-1/12	132 " " 15/8-1/9
33 " 1/5-15/5	83 " 1/12-15/12	133 " " 1/9-15/9
34 " 15/5-1/6	84 " 15/12-1/1	134 " 4 m 1/7-15/7
35 " 1/6-15/6	85 cap.zaaïmach. 3 m 1/3-15/3	135 " " 15/7-1/8
36 " 15/6-1/7	86 " 15/3-1/4	136 " " 1/8-15/8
37 " 1/7-15/7	87 " 1/4-15/4	137 " " 15/8-1/9
38 " 15/7-1/8	88 " 15/4-1/5	138 " " 1/9-15/9
39 " 1/8-15/8	89 " 15/8-1/9	139 cap.kipwagen 4-8 ton 1/7-15/7
40 " 15/8-1/9	90 " 15/9-1/10	140 " " 15/7-1/8
41 " 1/9-15/9	91 " 1/10-15/10	141 " " 1/8-15/8
42 " 15/9-1/10	92 " 15/10-1/11	142 " " 15/8-1/9
43 " 1/10-15/10	93 " 1/11-15/11	143 " " 1/9-15/9
44 " 15/10-1/11	94 prec.zaaien s.bieten 15/3-1/4	144 " " 15/9-1/10
45 " 1/11-15/11	95 " 1/4-15/4	145 " " 1/10-15/10
46 " 15/11-1/12	96 cap.prec.zaaïmach.3m 15/3-1/4	146 " " 15/10-1/11
47 " 1/12-15/12	97 " 1/4-15/4	147 " " 1/11-15/11
48 " 15/12-1/1	98 fabr.aard.poten 15/3-1/4	148 stro oogsten w.tarwe/w.rogge 1/8-15/8
49 (zaaivoor)ploegen 1/2-15/2	99 " 1/4-15/4	149 " " 15/8-1/9
50 " 15/2-1/3	100 pootaard. poten 15/3-1/4	150 max. verkoop stro w.tarwe/w.rogge

Voorkomende restricties in de standaardmatrix PAVEEN (vervolg)

restrictie	restrictie	restrictie
151 stro oogsten z.tarwe/haver 15/8-1/9	201 cap.s.bietroommach.1rij bunker 15/9-1/10	251
152 " " 1/9-15/9	202 " 1/10-15/10	252
153 max. verkoop stro z.tarwe/haver	203 " 15/10-1/11	253
154 stro oogsten w.gerst/z.gerst 1/7-15/7	204 " 1/11-15-11	254
155 " " 15/7-1/8	205 drogen/schonen, evt. opslag graan	255
156 " " 1/8-15/8	206	256
157 max. verkoop stro w.gerst/z.gerst	207 opslagcapaciteit graan	257
158 hooi oogsten graszaad 1/8-15/8	208 max. verkoop graan	258
159 max. verkoop hooi graszaad	209 grondontsmetten i.v.m. 1 op 2 teelt aard.	259
160 cap.stroppers+toebeh. 1/7-15/7	210 opslagcap.pootaard.	260 bruto geldopbrengst
161 " 15/7-1/8	211	261
162 " 1/8-15/8	212	262 zaaizaadkosten
163 " 15/8-1/9	213	263
164 " 1/9-15/9	214 gebouwenkosten pacht/ha	264 bemestingskosten
165 cap.strohakselaar 1/7-15/7	215	265
166 " 15/7-1/8	216	266 bestrijdingsmiddelen
167 " 1/8-15/8	217	267
168 " 15/8-1/9	218	268 rentekosten (gewassen)
169 " 1/9-15/9	219 cap. trekker 1/1-15/1	269
170 cap.stoppelploeg 2 m 15/7-1/8	220 " 15/1-1/2	270 algemene toegerekende kosten
171 " 1/8-15/8	221 " 1/2-15/2	271
172 " 15/8-1/9	222 " 15/2-1/3	272 loonwerkkosten
173 " 1/9-15/9	223 " 1/3-15/3	273
174 " 15/9-1/10	224 " 15/3-1/4	274 totaal toegerekende kosten
175 " 1/10-15/10	225 " 1/4-15/4	275
176 " 15/10-1/11	226 " 15/4-1/5	276 pacht grond
177 cap.schoffelmach. 3 m 15/4-1/5	227 " 1/5-15/5	277 grondrente
178 " 15/5-1/6	228 " 15/5-1/6	278 grond+waterschapslasten
179 " 1/6-15/6	229 " 1/6-15/6	279 drainagekosten
180 pootaard.rooien+afvoer 1/8-15/8	230 " 15/6-1/7	280 kavel+erfverhardingskosten
181 fabr.aard. " 15/8-1/9	231 " 1/7-15/7	281 pacht gebouwen
182 " " 1/9-15/9	232 " 15/7-1/8	282 gebouwenkosten (eigendom)
183 " " 15/9-1/10	233 " 1/8-15/8	283 werktuigkosten
184 " " 1/10-15/10	234 " 15/8-1/9	284 brandstof+smeermidd.kosten
185 " " 15/10-1/11	235 " 1/9-15/9	285 arbeidskosten(berek.+betaald)
186 cap.aard.rooimach.1rij bu/wa.r.1/8-15/8	236 " 15/9-1/10	286 alg.niet toegerek. kosten
187 " " " 15/8-1/9	237 " 1/10-15/10	287 rente kort omlopend vermogen
188 " " " 1/9-15/9	238 " 15/10-1/11	288 totaal niet toegerek.kosten
189 " " " 15/9-1/10	239 " 1/11-15/11	289 berek.arb.loon ondernemer
190 " " " 1/10-15/10	240 " 15/11-1/12	290 totaal berekende rente
191 " " " 15/10-1/11	241 " 1/12-15/12	291 ondern.ink.(excl.bet.rente)
192 " 2rij " 1/8-15/8	242 " 15/12-1/1	292 ov.werktuigen (jaarkosten)
193 " " " 15/8-1/9	243	293
194 " " " 1/9-15/9	244	294
195 " " " 15/9-1/10	245	295 max. grond in eigendom
196 " " " 1/10-15/10	246	296 max. grond gepacht
197 " " " 15/10-1/11	247	297 ^E vaste verh.poota.fabr.a.1;10
198 cap.stortbak/transp. 1/8-15/8	248	298 ^E opslagcapaciteit granen
199 wieden suikerbieten	249	299 ^E opslagcapaciteit pootaard.
200 rooien suikerbieten	250	300 ondernemersoverschot

E = gelijkheidsrestrictie

OVERZICHT VAN DATA VOOR DE BEDRIJFSPLANNING MET DE STANDAARDMATRIX VOOR KLEIGEBIEDEN		
Bedrijf:	Woonplaats: .	Consulentschap te:
Adres:	Telefoon:	Datum van bezoek:

vaste arbeidsbezetting (in v.a.k.)

arbeidsaanbod in uren van vaste arbeidsbezetting

personen	ondernemer	zoon(s)	vreemd pers.	totaal		per halve maand, per v.a.k.	80	
-	1		1	2	24, 2, 2			24, 2, 2
huidige situatie						huidige situatie		
alternatief I						alternatief I		
" II						" II		36
" III						" III		t/m
" IV						" IV		59
" V						" V		

inzet losse arbeid

werkzaamheden	periode	aantal personen	kosten/uur

arbeidskosten vaste arbeidsbezetting per v.a.k. per jaar¹

grond in eigendom (in ha)

in gld	- 35.000		
huidige situatie	-	24, 2, 2	233, 1, 1
alternatief I	-		
" II	-	335	338
" III	-	en	
" IV	-	350	
" V	-		

oppervlakte cultuurgrond	40	Po
huidige situatie		
alternatief I		
" II		346
" III		
" IV		
" V		

¹bij een arbeidstijd van 2088 uur + 10 à 15% overuren

grond gepacht (in ha)

kosten kavel- + erfverharding, per jaar

oppervlakte cultuurgrond	40	Po
huidige situatie		
alternatief I		
" II		347
" III		
" IV		
" V		

	aantal m ²	vervang. waarde/m ²	totale kosten ²	
	800	30	- 2160	228, 1, 1
huidige situatie			-	
alternatief I			-	
" II			-	330
" III			-	en
" IV			-	350
" V			-	

²kosten 9% (4,5 - 3 - 1,5)

PROEFSTATION VOOR DE AKKERBOUW EN DE GROENTETEELT IN DE VOLLEGROND,
AFDELING BEDRIJFSSYNTHESE,
EDELHERTWEG 1, LELYSTAD, TELEFOON 03200-22714.

Saldoberekeningen, per ha, GRANEN (gegeven is de standaard, wijzigingen gelden voor de huidige situatie en alternatief I t/m V).

VOERGRAAN

	eenheid	29,0,999,		31,0,999,		33,0,999,		35,0,999,		37,0,999,		39,0,999,		212,0,999,		255 en 259 B
		wintertarwe	zomertarwe	wintergerst	zomergerst	haver	korrelmaïs	latere afzet graan, + dec. (gemidd.voor alle granen)								
kg-opbrengst	1000kg	5,7	4,8	5,3	4,6	5,3	6,5									
prijs dir. afzet	gld/1000kg	470	470	450	450	420	470									
prijverschil bij afzet +dec.	gld/1000kg	in kol. 212	in kol. 212	in kol. 212	in kol. 212	in kol. 212	in kol. 212	in kol. 212	in kol. 212	in kol. 212	in kol. 212	in kol. 212	in kol. 212	kolom 212		
opbrengst ¹	gld	-2679	-2256	-2385	-2070	-2226	-3170	-30								310
zaaizaad	gld	-124	-160	-99	-105	-109	-150									312
bemesting	gld	-182	-169	-176	-150	-156	-274									314
bestrijding	gld	-198	-111	-106	-72	-30	-78									316
rente	gld	-29	-18	-22	-15	-14	-19	10								318
algemeen	gld	-6	-5	-7	-6	-10	-19									320
loonwerk	gld	2	2	2	2	2	-1048									322
tot.toeg.kosten	gld	-539	-463	-410	-348	-319	-1588	10								324
saldo	gld	2140	1793	1975	1722	1907	1582	20								350

¹voor stro-opbrengsten zie saldoberekening, stro

B elementen in regel 259

²kosten van eventueel loonwerk invullen op blz. 11 en volgende.

met minteken.

ZAAIGRAAN

	eenheid	30,0,999,		32,0,999,		34,0,999,		36,0,999,		38,0,999,		213,0,999,		256 en 259 B	
		wintertarwe	zomertarwe	wintergerst	zomergerst	haver	latere afzet graan, + dec. (gemidd.voor alle granen)								
kg-opbrengst	1000kg	5,7	4,8	5,3	4,6	5,3									
prijs dir. afzet	gld/1000kg	570	570	520	520	500									
prijverschil bij afzet +dec.	gld/1000kg	in kol. 213	in kol. 213	in kol. 213	in kol. 213	in kol. 213	in kol. 213	in kol. 213	in kol. 213	in kol. 213	in kol. 213	in kol. 213	kolom 213		
opbrengst ¹	gld	-3249	-2736	-2756	-2392	-2650	-30								310
zaaizaad	gld	-144	-184	-116	-121	-127									312
bemesting	gld	-182	-169	-176	-150	-156									314
bestrijding	gld	-198	-111	-106	-72	-30									316
rente	gld	-29	-18	-22	-15	-14									318
algemeen	gld	-190	-171	-183	-168	-186									320
loonwerk	gld	2	2	2	2	2									322
tot.toeg.kosten	gld	-743	-653	-603	-526	-513	10								324
saldo	gld	2506	2083	2153	1866	2137	20								350

¹voor stro-opbrengsten zie saldoberekening, stro

B elementen in regel 259

²kosten van eventueel loonwerk invullen op blz. 11 en volgende.

met minteken.

Saldoberekening, per ha, STRO.

	eenheid	142/143, 0,999,		148/151, 0,999,		160/161, 0,999,		146/147, 0,999,		156/159, 0,999,		164/165, 0,999,		310
		stroverkoop direct na oogst, persen loonwerk						stroverkoop ± jan./....; persen + inschuren m.b.v. balenslee/klauw, eig.mech.						
		wintertarwe	zomertarwe wintergerst haver	zomergerst	wintertarwe	zomertarwe wintergerst haver	zomergerst							
kg-opbrengst	1000kg	4,2	3,9	2,6	4,2	3,9	2,6							
prijs in gld	/1000kg	80	80	80	100	100	100							
opbrengst	gld	-336	-312	-208	-420	-390	-260							310
rente	gld				-10	-9	-6							318
algemeen	gld				-19	-18	-12							320
loonwerk	gld	-122	-113	-75										322
tot.toeg.kosten	gld	-122	-113	-75	-29	-27	-18							324
saldo	gld	214	199	133	391	363	242							350

aardappelen poten

	pootmachine zorder voorraadbak (3 m) (uit zakken)				pootmachine met voorraadbak (3 m) (los)				poten loonwerk (3 m)			
	in eigendom		gehuurd		in eigendom		gehuurd		cons.aard.		pootaard.	
	aantal 1 2	jaarkos- ten/stuk	ja/nee ³	tarief/ha	aantal 1 2	jaarkos- ten/stuk	ja/nee ³	tarief/ha	ja/nee ³	tarief/ha	ja/nee ³	tarief/ha
	0, 1	- 2185	nee	-	0, 1	- 3040	nee	-	ja	- 150	ja	- 225
huidige situatie		-	ja/nee	-		-	ja/nee	-	ja	-	ja	-
alternatief I		-	ja/nee	-		-	ja/nee	-	ja/nee	-	ja/nee	-
" II		-	ja/nee	-		-	ja/nee	-	ja/nee	-	ja/nee	-
" III		-	ja/nee	-		-	ja/nee	-	ja/nee	-	ja/nee	-
" IV		-	ja/nee	-		-	ja/nee	-	ja/nee	-	ja/nee	-
" V		-	ja/nee	-		-	ja/nee	-	ja/nee	-	ja/nee	-
	7,0,1	333 en 350	indien ja	7,0,1 191,0,999, 93,0,999, 333,-0, 322-... en 350,-0, 324-... en 350-...	8,0,1 333 en 350	indien ja	8,0,1 92,0,999, 94,0,999, 333,-0, 322-... en 350,-0, 324-... en 350-...	95,0,999,	322 en 324 en 350	96,0, 999,	322 en 324 en 350	
bij niet geheel-taligheid werktuig, aanpassen:	regel 103	element 80			regel 105	element 80						
	104	80			106	80						

aardappelen rijenfrees en/of stoppelfrees graszaad

	frees rijen/volvelds 3 m				loonwerk			
	in eigendom		gehuurd		rijenfrees		stoppelfrees	
	aantal 1 2	jaarkos- ten/stuk	ja/nee ³	tarief/ha	ja/nee ³	tarief/ha	ja/nee ³	tarief/ha
	0, 1	- 2900	nee	-	ja	- 150	ja	- 180
huidige situatie		-	ja/nee	-	ja	-	ja	-
alternatief I		-	ja/nee	-	ja/nee	-	ja/nee	-
" II		-	ja/nee	-	ja/nee	-	ja/nee	-
" III		-	ja/nee	-	ja/nee	-	ja/nee	-
" IV		-	ja/nee	-	ja/nee	-	ja/nee	-
" V		-	ja/nee	-	ja/nee	-	ja/nee	-
	9,0,1	333 en 350	indien ja	9,0,1 188,0,999, 189,0,999, 333,-0, 322-... en 324-... en 350,-0, 350-...	187,0, 999,	322 en 324 en 350	186,0, 999,	322 en 324 en 350
bij niet geheel-taligheid werktuig, aanpassen:	regel 215/	element 80						
	217							

pootaardappelen selecteren

	selecteren		
	eigen arbeid	door derden	
	ja/nee ³	ja/nee ³	tarief/ha
	ja	ja	- 560
huidige situatie	ja/nee	ja	-
alternatief I	ja/nee	ja/nee	-
" II	ja/nee	ja/nee	-
" III	ja/nee	ja/nee	-
" IV	ja/nee	ja/nee	-
" V	ja/nee	ja/nee	-
	200,0,999,	201,0, 999,	322 en 324 en 350

aardappelen loofklappen en/of strohakselen

	gecomb. loofklapper/strohakselaar	
	aantal 1 2	jaarkosten/stuk
	1, 1	- 1920
huidige situatie		-
alternatief I		-
" II		-
" III		-
" IV		-
" V		-
	10,1,1	333 en 350
		D,
bij niet geheel-taligheid werktuig, aanpassen:	regel 188 t/m 193	element 80

¹aankruisen indien een werktuig regelmatig 2e-hands wordt aangeschaft en de jaarkosten hierop afstemmen.

²zie invulvoorbeeld, toelichting bij blz. 10.

³doorstrepen wat niet van toepassing is.

D de bovengrens van kolom 10 (10,1,1) moet altijd > 1

```

*****
*
* P R O E F S T A T I O N   V O O R   D E   A K K E R B O U W   E N
*
* D E   G R O E N T E T E E L T   I N   D E   V O L L E   G R O N D
*
*
*       F D E L H E P T W E G   1 ,   L E L Y S T A D
*
*
*       T E L E F O O N   0 3 2 0 0 - 2 2 7 1 4
*
*
*****
    
```

DIT PROGRAMMA IS ONTWIKKELD IN SAMENWERKING MET HET INSTITUUT VOOR MECHANISATIE ARBEID EN GEBOUWEN TE WAGENINGEN, HIERBIJ WORDT GEBRUIK GEMAAKT VAN HET LP PROGRAMMA LANDDO, ONTWIKKELD BIJ HET MATHEMATISCH CENTRUM TE AMSTERDAM, DE BEREKENINGEN WORDEN UITGEVOERD OP DE COMPUTER VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN,

RESULTATEN VAN DE BEDRIJFSPLANNING MET BEHULP VAN DE STANDAARDMATRIX VOOR BEDRIJVEN OP KLEIGROND.

```

*****
*   BEDRIJF   : D
*
*   ADRES     :
*
*   WOONPLAATS:
*
*   TELEFOON  :
*
*   CONSULENTSCHAP TE : SCHAGEN
*
*   DATUM VAN BEZDEK   : 19-7-1977
*
*   DATUM VAN BEREKENING: AUGUSTUS 1977
*
*****
    
```

OMSCHRIJVING VAN DE BEREKENDE BEDRIJFSPLANNEN

HUIDIGE SITUATIE

DE HUIDIGE SITUATIE WORDT BEREKEND OP BASIS VAN DE TOESTAND IN 1977.

PLAN 1

PLAN 1 GEEFT DE GEOPTIMALISEERDE HUIDIGE SITUATIE WEER BIJ MAXIMAAL 25% AARDAPPELEN, 33% SUIKERBIETEN EN 10% BLAUWMAANZAAD.

PLAN 2

OPTIMAAL PLAN BIJ MAXIMAAL 20% BLAUWMAANZAAD EN BIJ EEN MAXIMUM OPPERVLAKTE CONSUMPTIE-AARDAPPELEN VAN 33%.

PLAN 3

ALS PLAN 1, MET ALS EXTRA KEUZEMOGELIJKHEDEN DE TEELT VAN SPRUITKOOL, KNOLSCLDERIJ EN KROTEN.

PLAN 4

ALS PLAN 1, MET EEN ARBEIDSBEZFTING VAN 1 MAN IN PLAATS VAN 2 MAN.

OPMERKINGEN

GEEN BIJZONDERE OPMERKINGEN.

ARBEIDSKRACHTEN, CULTUURGROND, BOUWPLAN, VERKOOP GRANEN EN STRO

OMSCHRIJVING		HUDIGE SITUATIE	PLAN 1	PLAN 2	PLAN 3	PLAN 4
AANTAL ARBEIDSKRACHTEN	YAK	2,	2,	2,	2,	1,
OPPERVLAKTE CULTUURGROND	HA	43,00	43,00	43,00	43,00	43,00
WAARVAN EIGENDOM	HA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
WAARVAN PACT	HA	43,00	43,00	43,00	43,00	43,00
BOUWPLAN:						
WINTERARBE CONG./VOERGRAAN	HA	5,00	9,03	7,17	3,85	17,40
BLAUNHAANZAAD	HA	4,00	4,30	6,36	4,30	4,30
GRASZAAD ENGELS RAAI	HA	9,00	0,00	0,00	0,00	3,11
CONSUMPTIEAARDAPPELEN	HA	9,00	10,75	10,75	10,75	4,91
SUIKERBIETEN	HA	12,00	14,33	14,33	10,03	13,28
ZAAIUIEN	HA	4,00	4,59	4,39	5,46	0,00
ROOTEN	HA	0,00	0,00	0,00	4,30	0,00
EBOLBELDERIJ	HA	0,00	0,00	0,00	4,30	0,00
TOTAAL GRANEN	HA	5,00	9,03	7,17	3,85	17,40
TOTAAL ROOIYRUCHTEN	HA	25,00	29,67	29,47	26,25	18,19
TOTAAL OVERIGE GEWASSEN	HA	13,00	4,30	6,36	12,90	7,41
TOTAAL GROENBEMESTERS	HA	2,37	7,21	7,17	7,54	6,02
VERKOOP GRANEN:						
+-DEC, OPSL/DRO/SCH, E.M.	TON	25,00	45,14	35,83	19,26	85,17
VERKOOP STRO:						
DIRECT NA OOGST, PERSEN LW, HA		5,00	9,03	7,17	3,85	17,40
VERKOOP CONSUMPTIEAARDAPPELEN:						
JAN-MRT OPSL/SORT, E.M.	TON	326,24	486,37	481,41	516,00	180,39
JAN-MRT OPSL,E.M,SORT,LW,	TON	105,76	29,63	34,59	0,00	55,22
VERKOOP ZAAIUIEN:						
JAN-MRT OPSLAAN E.M,	TON	160,00	183,52	175,53	218,60	0,00

OVERZICHT VAN HET NIET BENUTTE ARBEIDSANBOD PER PERIODE

OMSCHRIJVING		HUDIGE SITUATIE	PLAN 1	PLAN 2	PLAN 3	PLAN 4
RESTANT ARBEIDSUREN						
JANUARI	EERSTE HELFT	UREN	80,	44,	37,	37,
JANUARI	TWEDE HELFT	UREN	80,	45,	37,	37,
FEBRUARI	EERSTE HELFT	UREN	67,	29,	21,	26,
FEBRUARI	TWEDE HELFT	UREN	62,	27,	19,	25,
MAART	EERSTE HELFT	UREN	0,	28,	23,	0,
MAART	TWEDE HELFT	UREN	43,	0,	1,	0,
APRIL	EERSTE HELFT	UREN	102,	111,	113,	47,
APRIL	TWEDE HELFT	UREN	102,	109,	114,	33,
MEI	EERSTE HELFT	UREN	42,	17,	46,	5,
MEI	TWEDE HELFT	UREN	0,	1,	0,	0,
JUNI	EERSTE HELFT	UREN	88,	73,	52,	38,
JUNI	TWEDE HELFT	UREN	101,	90,	101,	49,
JULI	EERSTE HELFT	UREN	102,	90,	90,	52,
JULI	TWEDE HELFT	UREN	94,	126,	108,	53,
AUGUSTUS	EERSTE HELFT	UREN	123,	136,	131,	54,
AUGUSTUS	TWEDE HELFT	UREN	99,	79,	74,	9,
SEPTEMBER	EERSTE HELFT	UREN	29,	24,	22,	12,
SEPTEMBER	TWEDE HELFT	UREN	4,	0,	0,	0,
OKTOBER	EERSTE HELFT	UREN	96,	86,	56,	0,
OKTOBER	TWEDE HELFT	UREN	105,	97,	65,	6,
NOVEMBER	EERSTE HELFT	UREN	127,	119,	99,	38,
NOVEMBER	TWEDE HELFT	UREN	140,	136,	110,	65,
DECEMBER	EERSTE HELFT	UREN	160,	160,	160,	80,
DECEMBER	TWEDE HELFT	UREN	160,	160,	160,	80,

BEDRIJFSECONOMISCH OVERZICHT VAN DE OPBRENGSTEN, KOSTEN EN HET ONDERNEMERSINKOMEN						
Omschrijving						
	HUIDIGE SITUATIE	PLAN 1	PLAN 2	PLAN 3	PLAN 4	
BRUTO GELDOPBRENGST	GLD	262987.	280096.	280417.	320417.	193271.
TOEGEREKENDE KOSTEN						
ZAAIZAAD/POOTGOEDKOSTEN	GLD	17883.	21698.	21383.	26953.	12079.
BEMESTINGSKOSTEN	GLD	15311.	16590.	16527.	19633.	12681.
BESTRIJDINGSMIDDELEN	GLD	21195.	21003.	21039.	22233.	15517.
RENTEKOSTEN (GEWASSEN)	GLD	5526.	6344.	6273.	7050.	3173.
ALGEMENE TOEGER. KOSTEN	GLD	14504.	15092.	14673.	17352.	3041.
LOONWERKKOSTEN	GLD	24128.	24828.	24722.	29023.	27486.
TOTAAL TOEGEREKENDE KOSTEN	GLD	98547.	105556.	104627.	122244.	73976.
TOTAAL BEDRIJFSSALDO	GLD	164439.	174541.	175790.	198173.	119295.
NIET TOEGEREKENDE KOSTEN						
PACHT GROND	GLD	13975.	13975.	13975.	13975.	13975.
GRONDRENT	GLD	0.	0.	0.	0.	0.
GROND-EN WATERSCHAPSLASTEN	GLD	0.	0.	0.	0.	0.
DRAINAGEKOSTEN	GLD	731.	731.	731.	731.	731.
KAVEL-EN ERFVERHARD. KOSTEN	GLD	2700.	2700.	2700.	2700.	2700.
PACHT GEBOUWEN	GLD	5805.	5805.	5805.	5805.	5805.
GEBOUWENKOSTEN (EIGENDOM)	GLD	15997.	17717.	17590.	18279.	10295.
WERKTUIGKOSTEN	GLD	57082.	51820.	51820.	51820.	44725.
BRANDSTOF EN SMEERMIDDELEN	GLD	2150.	2150.	2150.	2150.	2150.
ARBEIDSKOSTEN (TOTAAL)	GLD	70000.	70000.	70000.	70000.	35000.
RENTE KORT OMLOP, VERMOGEN	GLD	4298.	4298.	4298.	4298.	2723.
ALG. NIET TOEGER. KOSTEN	GLD	5720.	5720.	5720.	5720.	5720.
TOTAAL NIET TOEGER. KOSTEN	GLD	178458.	174916.	174788.	175477.	123823.
ONDERNEMERSOVERSCHOT	GLD	-14018.	375.	1002.	22696.	-4528.
ARBEIDSLOON ONDERNEMER	GLD	35000.	35000.	35000.	35000.	35000.
TOTAAL BEREKENDE RENTE	GLD	34159.	33565.	33437.	34525.	23671.
ONDERN. INK. (EXCL. BET. RENTE)	GLD	55141.	68190.	69440.	92221.	54142.