

SAMENVATTING

In de literatuur zijn diverse methoden bekend om in lineaire programmeringen rekening te houden met opbrengstrisico's. Deze methoden zijn in het kort beschreven en voor akkerbouwbedrijven in het Oldambt toegepast. Als voornaamste risicogewas is het gewas pootaardappelen in de programmeringen opgenomen. Uit de enquête onder de boeren bleek, dat het verwachte financiële resultaat de motivatie was om pootaardappelen te telen.

De gebruikte methoden van risicoprogrammeringen waren het Markowitz model, de Minimization Of Total Absolute Deviation (MOTAD), de Focus of Loss Constraint Programming (FLCP), de minimax en de maximin benadering. Ter vergelijking is eveneens een programmering met gemiddelde saldi uitgevoerd (het basismodel). De MOTAD benadering en het Markowitz model leverden vrijwel steeds dezelfde resultaten. De Focus of Loss Constraint Programming leverde geen resultaten bij de oorspronkelijke formulering, hetgeen reeds door een Australische modelgroep eerder geconstateerd was (MONYPENNY 1975). Na herformulering van het model waren de resultaten identiek aan die van het basismodel.

Gelet op de benodigde rekentijd en de tijd van de onderzoeker (relatief hoog bij Markowitz en minimax) en de aansluiting bij de werkelijkheid verdient de MOTAD benadering de voorkeur.

De speltheoretische benaderingen en gelineariseerde modellen worden sterk beïnvloed door extreme jaren.

Trefwoorden: Risicoprogrammeringen/Lineaire Programmering/Akkerbouwbedrijven.

1. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING

In het landbouweconomisch onderzoek wordt veelvuldig gebruik gemaakt van de Lineaire Programmering. De lineaire programmering wordt zowel op bedrijfsniveau (zie b.v. Renkema, 1974) als op sectorniveau toegepast (Bakker, 1984). Een van

*) Dit artikel is een bewerking van een eerder verschenen congresvoordracht (Wijnands, 1981), naar aanleiding van een lezing voor de SOR.

**) Landbouw-Economisch Instituut. Conradkade 175
2517 CL DEN HAAG. Telefoon 070-614161.

de veronderstellingen, die bij het gebruik van de Lineaire Programmering gemaakt wordt, is volkomen zekerheid omtrent de opbrengsten en de kosten van de ter keuze staande activiteiten. In dit artikel zal aandacht besteed worden aan dit aspect. Voor de overige al dan niet minder prettige eigenschappen en veronderstellingen van de Lineaire Programmering wordt verwezen naar de literatuur. Al sinds de jaren vijftig zijn diverse methoden ontwikkeld om in de Lineaire Programmeringen rekening te houden met risico-aspecten. Het opnemen van risico-aspecten in de Lineaire Programmering kan de benadering van het gedrag van de ondernemers theoretisch gezien verbeteren. In de doelfunctie en/of randvoorwaarden wordt dan n.l. ook rekening gehouden met de variatie in de saldi. In dit artikel wordt nagegaan of ook in de praktijk gesteld kan worden, dat door het opnemen van risico in de programmeringen de beschrijving van de werkelijkheid beter wordt benaderd dan bij uitsluitend de optimalisatie van een functie met gemiddelde saldi.

Teneinde de voor- en nadelen en de praktische betekenis van een aantal methoden van risicoprogrammering te analyseren ten aanzien van het aspect opbrengst-risico worden een aantal benaderingen en resultaten naast elkaar gezet. Als voorbeeld wordt het bouwplan van akkerbouwbedrijven geoptimaliseerd met het sterk risico-gevoelige gewas pootaardappelen.

In de volgende paragraaf zal aandacht besteed worden aan een drietal benaderingen van de afweging van het (inkomens)risico tegen het verwachte inkomen. Steeds zullen de resultaten vergeleken worden met de waargenomen waarden. Bovendien zullen ook de resultaten vermeld worden, indien geen rekening wordt gehouden met het aspect opbrengst-risico.

Een korte schets van de relevante kenmerken van de onderzochte bedrijven en hun houding ten aanzien van het gewas pootaardappelen komt in paragraaf 3 aan de orde. Tevens worden hier de uitgangspunten voor de programmeringen aangegeven. De belangrijkste uitgangspunten voor de risicoprogrammering zijn de correlatiematrix van de saldi van de onderscheiden gewassen en de vaststelling van het gewenste inkomen.

De discussie van de resultaten van de programmeringen vindt in paragraaf 4 plaats. Tenslotte komen de conclusies aan de orde in paragraaf 5.

2. METHODEN VOOR RISICOPROGRAMMERING

De methoden, die in deze paragraaf aan de orde komen pretenderen geen uitputtend overzicht te zijn. In de literatuur zijn vele subvarianten te vinden van de hier te beschrijven methoden. Wij zijn slechts geïnteresseerd in de meest gangbare methoden, en willen meer inzicht geven in de praktische toepasbaarheid van deze methoden in de agrarische bedrijfsplanning.

De meest eenvoudige wijze van bedrijfsplanning is ervan uit te gaan, dat de agrarische ondernemer winstmaximalisatie als drijfveer heeft. Dit kan in termen van een Lineaire Programmeringsmodel geformuleerd worden.

Deze formulering is als volgt:

$$\text{Max } z = C'X$$

onder de voorwaarden

$$AX \leq b$$

$$X \geq 0$$

waarbij,

C een vector met de gemiddelde saldi van de onderscheiden activiteiten.

A matrix met input-output coëfficiënten.

X vector met het niveau van de activiteiten in de eindoplossing.

b beschikbaarheidsvector van de onderscheiden beperkingen.

Deze benadering, die in alle handboeken van agrarische bedrijfsplanning te vinden is, zullen we in het vervolg aanduiden met het basis LP-model. Zoals reeds in de inleiding gesteld is, zijn de eigenschappen van dit model reeds vele malen beschreven (zie b.v. Renkema, 1974). We zullen in dit kader daarop niet terugkomen.

De veronderstelling, dat de agrarische ondernemer naar winstmaximalisatie streeft, kan leiden tot een eenzijdiger productieplan dan in realiteit geconstateerd kan worden. De veronderstelling van volkomen zekerheid van de prijzen en de fysieke opbrengsten per ha is niet in overeenstemming met de realiteit. Verwacht mag worden, dat de ondernemer uit ervaringen er rekening mee houdt dat de verwachte saldi niet behaald worden. Hierdoor onderkent hij het lopen van een inkomensrisico. Bij de planning van zijn productieactiviteiten zal hij dan ook een afweging tussen het verwachte inkomen en het risico maken. We zullen de benaderingen in drie groepen indelen (Kennedy and Francisco, 1974):

1. Een analyse van het verwachte inkomen en spreiding ervan;
2. Een analyse met Safety-first beperkingen;
3. Speltheoretische benaderingen (Hazell, 1970).

Ad 1. Deze benadering veronderstelt, dat de nutsfunctie van de ondernemer benaderd kan worden door twee parameters n.l. het verwachte inkomen en bijbehorende variantie. Markowitz stelde voor de volgende functie te maximaliseren:

$$\text{Max } F = C'X - r X'VX$$

waarbij r de risico aversie parameter is

V de variantie-covariantiematrix van X

De bepaling van de risico-aversie parameter wordt vaak omzeild, omdat de bepaling van de nutsfunctie veel werk oplevert. De meeste toepassingen minimaliseren de variantie bij een gegeven inkomen. Door het inkomen te variëren verkrijgt men een efficiënte set van inkomens met bijbehorende variantie (z.g. E-V-curve).

De afgeleide formulering van het Markowitz-model luidt als volgt:

$$\text{Min } z = X' VX$$

onder de voorwaarden:

$$AX \leq b$$

$$C'X \geq \lambda$$

$$X \geq 0$$

λ is het "gewenst" inkomen.

Wil men slechts een oplossing, dan zal een gewenst inkomen vastgelegd moeten worden. Een vergelijkbaar probleem als de bepaling van de risico-aversie parameter.

Deze programmering heeft, vanuit praktisch oogpunt, het bezwaar dat men een kwadratische programmeringsroutine nodig heeft. Deze zijn enerzijds niet ruim voorhanden en anderzijds vragen ze relatief veel rekentijd. Het tweede probleem betreft de schatting van de variantie-covariantiematrix. Veelal wordt deze afgeleid van een tijdreeks (evenals in deze studie) en veronderstelt men dus, dat de spreiding van de opbrengsten tijdsonafhankelijk is. Ook aan de significantie van de covariantiematrix is weinig aandacht besteed. Op deze beide aspecten zullen we in deze studie ook niet terugkomen, aangezien de doelstelling van het onderzoek een vergelijking van methoden voor risicoprogrammering is.

Een gelineariseerde versie van het Markowitz model is de z.g. MOTAD-benadering, ontwikkeld door Hazell (1971). In plaats van de variantie worden de gesommeerde absolute afwijkingen bij een bepaald niveau van inkomen geminimeerd.

De formulering van dit model is:

$$\text{Min } z = \sum W_t$$

Onder de voorwaarde:

$$(C_t - C)'X + W_t \geq 0 \quad t = 1, T$$

$$AX \leq b$$

$$C'X \geq \lambda$$

$$X, W \geq 0$$

waarbij:

W_t is de absolute afwijking in jaar t

C_t vector van opbrengsten van de onderscheiden activiteiten in jaar t

De relatie $(C_t - C)'X + W_t$ geeft impliciet de correlatie tussen de verschillende activiteiten aan. Omdat de som van de positieve afwijkingen exact gelijk is aan de som van de negatieve afwijkingen behoeven slechts de positieve of de negatieve afwijkingen geminimaliseerd te worden. Het belangrijkste voordeel van deze benadering is gelegen in de lineariteit van alle beperkingen. Met alle lineaire programmeringssoftware kan deze benadering opgelost worden.

Ad 2. Boussard en Petit (1967) verwierpen het gebruik van kansverwachtingen omdat de beslissers gewoonlijk niet vertrouwd zijn met kansrekening. Zij stellen voor om de verwachtingen van de agrariërs door slechts twee begrippen te definiëren.

Het eerste begrip is de "normale" of verwachte opbrengst per eenheid activiteit, b.v. het verwachte saldo van wintertarwe. Het tweede begrip is de zeer ongunstige opbrengst die door de beslisser ervaren wordt. Hier wordt met ongunstig niet de allerslechtste opbrengst bedoeld. Een situatie waarin het gewas b.v. niet geoogst kan worden door overvloedige en aanhoudende regenval wordt buiten beschouwing gelaten.

Boussard en Petit veronderstellen, dat de agrarische ondernemers de gemiddelde waarde van hun inkomens willen maximaliseren onder de restrictie dat de "Focus of loss" van het optimale productieplan kleiner is dan het toegestane verlies. Het verlies is het verschil tussen het gemiddelde inkomen (dus $C'X$) en het minimum inkomen (λ). De Focus of loss is het verschil tussen het normaal verwachte saldo en het saldo, dat als ongunstig wordt ervaren.

Bovendien wordt de focus of loss per produktie activiteit beperkt tot een fractie van het totale toegestane verlies. Het model ziet er als volgt uit:

$$\text{Max } z = C'X$$

onder de voorwaarde $A X \leq b$

$$(C_j - C^*_j) X_j \leq \text{loss}/K \quad j = 1, n$$

$$\text{Loss} \leq C'X - \lambda$$

$$\text{Loss}, X_j \geq 0$$

$$C^*_j \text{ ongunstig verwachte uitkomst}$$

Loss Maximaal toegestane verlies

$K = \sqrt{n}$, geeft de fractie van het verlies per produktieactiviteit aan
 n het aantal produktieactiviteiten in de programmering

Impliciet wordt in dit model de veronderstelling gemaakt, dat de correlatiecoëfficiënten van de verliezen van de gewasactiviteiten 0 of 1 zijn. De correlatiecoëfficiënt tussen 2 gewassen is 0 wanneer de risicobeperking ($\text{loss} \leq C'X - \lambda$) niet bindend en 1 als ze wel bindend is. Als deze beperking bindend is, moet bij uitbreiding van één gewas het areaal van de andere gewassen ook veranderen. Dit laatste hoeft niet wanneer deze beperking niet bindend is. Wij zullen dit model verder aanduiden met FLCP (Focus Loss Constraint Programming).

Ad 3. De toepassing van de speltheorie in de Lineaire Programmering dateert van de jaren 70, nadat men jaren zeer sceptisch was geweest over de mogelijke praktische resultaten ervan.

Met name Hazell (1970) heeft een groot aandeel gehad in de toepassing van de speltheorie. In de nieuwe benadering, wordt de speltheorie niet langer als een hulpmiddel beschouwd om conflictsituaties te bestuderen, maar veelmeer als een eenvoudige manier om de beschikbare informatie over de onzekerheid in een Lineair Programmeringsmodel te brengen.

In de literatuur zijn 2 benaderingen bekend, de maximin- en minimax-benaderingen. De maximin-benadering neemt het maximum van het minimum inkomen. Het maximinprobleem kan dan als volgt geformaliseerd worden:

Max z

onder de voorwaarde $C'_t X \geq z \quad t = 1, T$

$$A X \leq b$$

$$X_j, z \geq 0$$

T geeft het aantal "States of nature" aan (het aantal in beschouwing genomen jaren)

Bij de minimax-benadering wordt het maximale verlies geminimaliseerd. Het verlies is het verschil tussen het maximaal haalbare inkomen in een jaar (state of nature) dat verwacht wordt en het gerealiseerde inkomen bij een gekozen productieplan. Om het maximaal haalbare inkomen vast te stellen wordt een "basis LP-model" geoptimaliseerd. De formulering van de minimax is als volgt:

Min z

onder de voorwaarde $AX \leq b$

$$C'_t X - g_t \geq -z$$

$$X_j, z \geq 0$$

$$g_t = \max C'_t X \text{ gegeven } AX \leq b \quad t = 1, T$$

Voor een uitvoerige beschrijving van de risicoprogrammeringen wordt verwezen naar de literatuur (b.v. Boussard; 1979, Luyt en van der Plas, 1978).

3. ASPECTEN VAN DE ONDERNEMERS; HUN BEDRIJVEN EN DATA VOOR DE PROGRAMMERINGEN

3.1 Inleiding

De bedrijven in het Oldambt, een zeekleigebied in Noord-Oost-Nederland, telen voornamelijk granen of andere te maaidorsen gewassen zoals karwij en koolzaad. Deze gewassen nemen ca. 80% van het bouwplan in. Ca. 15 à 20% van het bouwplan wordt ingenomen door suikerbieten. In deze streek is het echter ook mogelijk pootaardappels te telen, wat een positief effect op de hoogte van het inkomen kan hebben, maar ook een groter risico inhoudt dan de andere gewassen.

Aangezien het saldo van pootaardappelen kan variëren van 900 tot 17.000 gulden per ha zal getracht worden met de lineaire programmering het effect op het inkomen na te gaan en het daarbij horende risico aan te geven.

Nadat de uitgangspunten voor de programmeringen beschreven zijn, zal ingegaan worden op een aantal redenen waarom de ondernemers pootaardappelen telen, vervolgens op het aspect gewenst inkomen en tenslotte op de bepaling van de variantie-covariantie-matrix.

De data zijn verzameld op een dertiental bedrijven in het Oldambt, die pootaardappelen telen.

3.2 Uitgangspunten voor de programmeringen

Voor de saldi van de diverse gewassen zijn 9 van de 13 bedrijven met pootaardappelen in beschouwing genomen; de overige hadden onvoldoende gegevens verstrekt. Van deze bedrijven zijn gegevens omtrent de kg-opbrengsten, de prijs per kg en de direct toegerekende kosten over een periode van 5 jaar verzameld.

Bij de berekening van de saldi zijn de direct toegerekende kosten op basis van het prijspeil 1977/1978 bepaald evenals de opbrengstprijzen van de marktorde-ningsgewassen. Dit zijn voor de ondernemers bekende gegevens in tegenstelling tot de fysieke en eventueel de monetaire opbrengsten van de overige gewassen. In tabel 1 staan de gemiddelde saldi over de bedrijven van de 5 jaar vermeld. De jaarkosten van de basis bedrijfsinventaris bedragen f 63.700,-, de pacht prijs is gesteld op f 535,- per ha en de algemene kosten bedragen f 5.000,- + f 45,- per ha. Wanneer een pootaardappelinventaris aangeschaft wordt bedragen de jaarkosten daarvan f 15.400,-. Als alternatief voor deze inventaris geldt uitvoering in loonwerk, de kosten bedragen dan f 1.140,- per ha pootaardappelen. De kosten per arbeidskracht bedragen f 35.000,- per jaar.

Tabel 1. Gemiddelde saldi van de gewassen (in guldens per ha)

Jaar	Winter- tarwe	Winter- gerst	Zomer- gerst	Conser- venerwten	Karwij- zaad	Kool- zaad	Suiker- bieten	Poot- aard- appelen
73/74	2174	1424	1288	1592	4478	1474	3047	909
74/75	2442	2142	2206	1574	1353	2394	2106	1454
75/76	2167	1799	1885	1418	2517	1637	2012	1679
76/77	2463	2343	2413	1901	5976	2145	3029	16447
77/78	1780	1490	1501	1454	2170	1791	2014	3426
Gemiddeld	2205	1840	1859	1588	3299	1888	2442	4783
Stand.afw.	247	358	420	170	1691	336	487	5893

Nadere informatie over de arbeidsbehoefte en vruchtwisselingseisen staan in bijlage 1, waar de beginmatrix, excl. risicoaspecten weergegeven is.

De in tabel 1 weergegeven data zijn eveneens de basis voor de Focus of Loss Constraint Programming (C is het gemiddelde saldo en C* is het laagste saldo van een kolom) en de MOTAD-programmering (n.l. de afwijking t.o.v. het gemiddelde).

3.3 Houding ten aanzien van de pootaardappelteelt

Van de bedrijfsoppervlakte, gemiddeld 75 ha kleigrond, is ca. 95% geschikt voor de teelt van pootaardappels. De oppervlakte van de bedrijven varieerde van 40 tot ruim 100 ha. De voornaamste reden om pootaardappelen te gaan telen waren de financiële resultaten voor deze bedrijven. Alle bedrijven noemden dit aspect als een van de eerste drie redenen. Andere belangrijke redenen om pootaardappelen te gaan telen waren het beschikbaar komen van nieuwe grondbewerkingssystemen en de oppervlakte van het bedrijf (voornamelijk op de kleine bedrijven). Naast deze bedrijfsorganisatorische aspecten spelen een aantal teelttechnische factoren een rol. De ondernemers verwachtten moeilijkheden t.a.v. de bewerkbaarheid van de grond en het oogsten toen ze met de teelt begonnen. Op ca. 25% van de bedrijven zijn beide problemen daadwerkelijk als zodanig ervaren.

Ziektebestrijding, selectie en andere teelttechnische aspecten beheersen de ondernemers in voldoende mate gezien het feit, dat dit niet als moeilijkheid ervaren werd.

Vanuit technisch en organisatorisch oogpunt staat men positief tegenover de teelt van pootaardappelen. De resultaten van de programmeringen zullen aangeven welk areaal pootaardappelen optimaal is.

Voor de genoemde risicoprogrammeringen, behalve de speltheoretische benadering, is het vereist een bepaald streefinkomen te definiëren om het model een niet triviale oplossing (n.l. $X_j = 0$ voor alle $j=1, n$) te laten genereren.

Bij de MOTAD-benadering en het Markowitz-model kan het minimum inkomen gevarieerd worden en aan de hand daarvan kan een TAD (Total Absolute Deviation) cq. E-V-curve (verband tussen risico en inkomen) afgeleid worden.

Boussard en Petit (1967) "assume that a farmer will not select a production plan in which he risks reducing his income below a minimum sufficient level to cover unavoidable expenses". De onvermijdelijke uitgaven omschrijven zij als volgt:

- a) variable production costs (seeds, fertilizers, etc.);
- b) rent;
- c) half of the equipment depreciation charges (these are assumed to be loan repayments);
- d) insurance and general expenses;
- e) a minimum amount for consumption;
- f) repayment of short term loans.

Voor Nederland zouden we een vergelijkbare lijst kunnen opstellen. Op basis van een artikel van de Veer (1977) wordt het minimum inkomen voor onze programmeringen afgeleid. De Veer stelt dat op akkerbouwbedrijven met een positief netto-overschot van 25% van de factorkosten ca. 1½% van het bedrijfsvermogen gereserveerd wordt. Bij deze reserveringen wordt de continuïteit gewaarborgd en blijven voldoende middelen over voor privé-bestedingen. Deze norm geeft een minimum inkomen aan waarboven gedacht kan worden aan risicominimering. Voor de berekening van de factorkosten wordt uitgegaan van de definiëring zoals deze in de BUL (1979) gegeven is. Voor de haalbaarheid van deze bedragen zijn voor de 3 onderscheiden bedrijfsgrootte klassen op basis van de gemiddelde saldi over 5 jaar de optimale bouwplannen met behulp van het basis LP-model berekend. In tabel 2 staan de netto-overschotten als percentage van de factorkosten. De gegeven netto-overschotten zijn de maximaal haalbare, gegeven de gehanteerde uitgangspunten.

De norm van het minimum inkomen zoals de Veer (1977) stelt kan voor de programmering slechts voor de bedrijven van 100 ha gelden; voor deze bedrijfsgrootte zal deze norm gehandhaafd worden. Voor de overige bedrijven zal een lager minimum inkomen gesteld worden om de programmeringen tot een aanvaardbare oplossing te laten komen. Voor het 50-ha-bedrijf is de minimum arbeidsopbrengst f 7.900,- en voor het 75- en 100-ha-bedrijf f 35.000,-. Op het 100-ha-bedrijf wordt dit minimum inkomen in de programmeringen verhoogd met 25% van de factorkosten.

Tabel 2. Netto-overschot en factorkosten in guldens

Bedrijfs- grootte	Arbeids- opbrengst	Netto- overschot	Factor- kosten	Netto-overschot in % van de factorkosten
50 ha	7.908	-27.092	68.463	-40
75 ha	54.285	19.285	124.774	15
100 ha	76.204	41.204	163.321	25

Tenslotte wordt vermeld, dat de basisinventaris te hoge lasten voor het 50-ha-bedrijf meebrengt, omdat dezelfde inventaris ook voor het 100-ha-bedrijf geldt.

3.5 De bepaling van de variantie-covariantie-matrix

De bepaling van de variantie-covariantie-matrix is een van de veel voorbereidend werk vereisende gegevens, die nodig zijn voor het Markowitz-model. We zien hier af van de vraag, welke invloed een niet representatieve steekproef op de bepaling van de variantie-covariantie-matrix heeft, evenals trendmatige ontwikkelingen in de fysieke opbrengsten. Ook het effect van insignificante correlatiecoëfficiënten op de resultaten van de programmeringen zijn niet in beschouwing genomen.

Voor de programmeringen staan twee mogelijkheden open om de variantiematrix te bepalen n.l.:

- per bedrijf over de jaren en vervolgens middelen over de bedrijven of
- op basis van de gemiddelde saldi zoals deze vermeld staan in tabel 1

Door deze benaderingen kan het wisselvallig karakter van de saldi van de gewassen over de jaren het best naar voren komen. We geven hier de voorkeur aan de tweede benadering omdat dit eveneens de databasis is voor de andere programmeringen. Een bepaling van de variantie-covariantie-matrix op basis van jaarcijfers verwerpen wij, omdat dan de verschillen in ondernemerskwaliteiten een te grote rol gaan spelen.

Hier wordt geconstateerd dat alle correlaties positief zijn. Een berekening van de semivariantie (alleen de negatieve afwijking t.o.v. het gemiddelde wordt genomen) wordt in dit onderzoek niet uitgewerkt. Een dergelijke berekening heeft als achtergrond dat verondersteld wordt dat de ondernemers alleen negatieve afwijkingen als risico ervaren.

Tabel 3. Variantie-covariantie-matrix (linker beneden hoek) en de correlatie-matrix (rechter boven hoek)

	1	2	3	4	5	6	7	8	
	winter- tarwe	winter- gerst	zomer- gerst	conser- ven- erwten	karwij- zaad	kool- zaad	suiker- bieten	poot- aard- appelen	
		0,53	0,76	0,67	0,35	0,60	0,42	0,42	1
1	61153		0,99	0,67	0,24	0,83	0,13	0,67	2
2	46956	128290		0,59	0,15	0,82	0,01	0,64	3
3	78807	149045	176441		0,84	0,44	0,77	0,88	4
4	28144	41083	41962	29007		0,18	0,92	0,08	5
5	140491	139117	103687	230817	2859890		0,15	0,39	6
6	49965	99710	116511	25474	95800	113178		0,48	7
7	50272	22074	1267	64260	720466	23871	237832		8
8	607022	1415086	1584770	878292	7418939	765549	1392802	3472306	

4. RESULTATEN EN DISCUSSIE

Het doel van dit artikel is, meer inzicht te geven in de toepassingsmogelijkheden van risicoprogrammering in de agrarische bedrijfsplanning. We hebben de presentatie van de resultaten dan ook ondergeschikt gemaakt aan dit doel. Daarom worden de voordelen en beperkingen van de diverse methoden gelijk aan de orde gesteld.

De Focus of Loss Constraint Programming en de maximin-benadering geven problemen van methodologische en theoretische aard. De FLCP geeft bij de gehanteerde uitgangspunten geen oplossingen. Dit wordt veroorzaakt doordat de loss (zie par. 2) in vergelijking met de focal loss per gewas te stringent is. De focal loss van elk gewas is bepaald als maximale negatieve afwijking van het saldo t.o.v. het gemiddelde saldo. Op basis van tabel 1 blijkt dat voor b.v. wintertarwe f 425,-, voor pootaardappelen f 3.874,- te zijn, zodoende krijgen we een acceptabele waarde van de focal loss van elk gewas n.l.: de afwijking tot het laagste saldo dat eens in de 5 jaar voorkomt.

De focal of loss per gewas ($C - C^*$) zijn slechts 1 à 1½ maal zo groot als de standaardafwijking. Indien bij de programmeringen voor de voorgestelde fractie $1/K=1/3$ gehanteerd wordt dan levert het 100-ha-bedrijf nog geen oplossing indien

het gewenste minimum inkomen f 0,- bedraagt. Dit probleem is reeds eerder geconstateerd door de Australische modellengroep (MONYPENNY, 1975). Omdat het gewenste inkomen een lange termijn inkomen is, dat gemiddeld gehaald moet worden, zal dit inkomen herzien moeten worden. In de jaren met een positieve afwijking t.o.v. het gemiddelde kan de ondernemer een reserve opbouwen om de slechte jaren op te vangen. Deze oplossing wijkt af van de benadering van de APMAA-groep (MONYPENNY, 1975), omdat in paragraaf 3.4 in navolging van de Veer (1977) het minimum inkomen vrij nauwkeurig gedefinieerd is. De oplossing van MONYPENNY (1975) houdt ook te weinig rekening met de safety-first gedachte, die een wezenlijk element vormt van de Focus of Loss Constraint Programming. Als veronderstelling nemen we aan dat slechts de reserve van 3 jaar ter beschikking staat voor het opvangen van het slechte jaar. De herformulering luidt dan als volgt:

$$\text{Max } z = C'X$$

$$\text{onder de voorwaarde } AX \leq b$$

$$(C_j - C^*_j) X_j \leq \text{loss}/K \quad j=1, N$$

$$\text{Loss} \leq C'X - \lambda + \text{capital}$$

$$\text{Capital} \leq 3 (C'X - \lambda)$$

$$\text{Loss}, X_j \geq 0$$

Het in paragraaf 3.4 gedefinieerde gewenste inkomen verzekert continuïteit op langere termijn. Hieruit mag afgeleid worden dat in bepaalde jaren het inkomen beneden deze norm mag liggen, mits in andere jaren hiervoor een reserve is opgebouwd. De resultaten van deze programmering gaven vervolgens, ongeacht het inkomensniveau, identieke resultaten als het basis LP-model. De focal loss-beperkingen zijn blijkbaar niet meer effectief.

Een tweede theoretisch probleem deed zich voor bij de maximin-benadering; dit model is in een aantal gevallen onoplosbaar. Als restrictie wordt ingevoerd (zie paragraaf 2):

$$C'_t X - z \geq 0 \quad X_j, z \geq 0$$

Uit deze voorwaarden kan afgeleid worden, dat voor elke State of Nature $C'_t X$ minstens groter dan 0 moet zijn. Een van de redenen om risicoprogrammeringen toe te passen is o.a. de wisselende opbrengsten van de gewassen over de jaren. Het

ligt dus voor de hand, dat in een bepaald jaar de resultaten zo tegenvallen dat het bedrijfssaldo ($C'_t X$) voor het gehele bedrijf negatief is. Het maximin model is dan niet oplosbaar.

Wijzigingen van de restricties $C'_t X - z \geq 0$ in $C'_t X - z + Y \geq 0$ geeft dan wel de mogelijkheid oplossingen te genereren, waardoor een negatieve pay-off kan ontstaan voor een bepaald jaar, waarbij Y een constante is.

De resultaten van het Markowitz en het MOTAD-model tonen grote overeenkomsten als het gewenst inkomen gevarieerd wordt. De veranderingen in het bouwplan verlopen bij een toenemend gewenst inkomen op een vrij consistente wijze: hoe hoger het inkomen hoe meer gewassen met een hogere variantie. Het bouwplan is tenslotte gelijk aan dat van het basis LP-model, als het gewenst inkomen gelijk gesteld wordt aan het maximale haalbare (dit kan bepaald worden door het basis-LP-model).

Het Markowitz-model heeft dan, ondanks de betere theoretische fundering, het nadeel van een kwadratische doelfunctie. Dit vereist ten eerste een specifieke programmatuur, die in dit geval gevonden is in het pakket van Land en Powell (1973). De activiteiten 1) aantrekken van arbeid en 2) aanschaffen van pootaardappelinventaris worden geheeltallig beschouwd, hetgeen het tweede probleem oplevert.

Mixed-integer programmeren met een kwadratische doelfunctie is praktisch niet uitvoerbaar. Om de resultaten met de overige programmeringen vergelijkbaar te maken werd een aantal geheeltallige combinaties opgelegd en later de beste van de aangegeven combinaties gekozen. Nemen we bovendien de bepaling van variantie-covariantie-matrix in beschouwing dan verdient de MOTAD-benadering de voorkeur boven het Markowitz-model, gezien de grote overeenkomst in de eindresultaten.

De speltheoretische benaderingen zijn sterk gevoelig voor extremen. De maximin programmeringen hebben als bezwaar, dat de uitkomsten sterk beïnvloed worden door de State of Nature met relatief lage saldi voor alle activiteiten t.o.v. andere States of Nature. Deze tendens is in tabel 4 terug te vinden, vanwege het lage aandeel pootaardappelen in het 75- en 100-ha-bedrijf, t.o.v. de andere benaderingen.

De minimax programmering wordt nogal sterk beïnvloed door één gewas dat in een bepaald jaar een extreem hoog saldo heeft. Gewezen wordt op het saldo van pootaardappelen in het jaar 1976/77. Het groot aandeel van pootaardappelen in het bouwplan, bij het 50-ha-bedrijf zelfs meer dan het basis LP-model, is daarvan het resultaat bij de minimax-benadering. Tenslotte dient vermeld te worden dat eerst voor elke State of Nature apart een basis LP-model opgelost wordt, om de maximale opbrengst vast te stellen. Deze arbeidsopbrengsten worden vervolgens als restricties opgevoerd bij de programmering om het maximale verlies te minimaliseren (zie paragraaf 2).

In tabel 4 zijn de bouwplannen van de verschillende benaderingen en de ongelijkheidscoëfficiënten gegeven. Hoe lager de ongelijkheidscoëfficiënt hoe beter de werkelijkheid benaderd wordt. Is de ongelijkheidscoëfficiënt 0 dan zijn de uitkomsten van de programmeringen identiek aan de werkelijke waarden. De ongelijkheidscoëfficiënt *) is berekend op basis van de (groepen van) gewassen: 1) granen, 2) conservenerwten en koolzaad, 3) karwijzaad, 4) suikerbieten, 5) pootaardappelen.

Uit de serie geprogrammeerde bouwplannen nemen we voor het Markowitz-, MOTAD- en FLCF-model de resultaten bij f 7.900,- inkomen voor het 50-ha-bedrijf en bij f 35.000,- voor de 75- en 100-ha-bedrijven.

Het basismodel en het FLCF-model hebben de hoogste ongelijkheidscoëfficiënten. Alleen bij het 50-ha-bedrijf scoort de minimax-benadering nog hoger.

De maximin scoort steeds vrij laag.

Tenslotte worden in tabel 5 nog de arbeidsopbrengsten per bedrijf gegeven voor de gemiddelde saldi en de saldi per State of Nature.

Een van de aspecten van het risicogedrag is het streven naar een stabielere inkomen. Daarom is nagegaan wat het inkomen per State of Nature is gegeven het bouwplan dat de risico programmering opleverde. De standaardafwijking van de inkomens is het grootst bij de basismodel programmeringen behalve bij 50 ha waar de minimax procedure de grootste oplevert. De Maximin-, de Markowitz- en de MOTAD-programmeringen leveren de kleinste standaardafwijkingen.

De minimax had op de normatieve programmering na bij 75 en 100 ha de grootste standaardafwijking.

Naast deze grote standaardafwijking heeft de minimax-procedure een zeer laag gemiddeld inkomen bij 50 ha en een nauwelijks hoger inkomen dan de overige benaderingen bij het 100-ha-bedrijf.

*) De ongelijkheidscoëfficiënt is als volgt gedefinieerd:

$$OC = \sqrt{\frac{\sum (R_i - V_i)^2}{\sum (R_i)^2}}$$

R_i is werkelijk bouwplanaandeel.

V_i is geprogrammeerd planaandeel.

i is gewas(groep).

Tabel 4. De geprogrammeerde bouwplannen in ha en de ongelijkheidscoëfficiënten

Programmering	Winter- tarwe	Winter- gerst	Zomer- gerst	Conser- erwten	Karwij- zaad	Kool- zaad	Suiker- bieten	Poot- aard- appelen	Onge- lijk- heids- coëff.
Bedrijfsgr. 50 ha									
Basismodel	0,0	16,7	9,7	7,1	2,3	0,0	11,4	2,8	0,12
Markowitz	0,0	16,7	9,7	7,1	2,3	0,0	11,4	2,8	0,12
MOTAD	0,0	16,7	9,7	7,1	2,3	0,0	11,4	2,8	0,12
FLCP	0,0	16,7	9,7	7,1	2,3	0,0	11,4	2,8	0,12
Minimax	16,7	0,0	9,8	0,1	0,0	0,0	12,5	10,8	0,28
Maximin	2,4	16,7	6,8	8,3	1,5	0,0	11,2	3,1	0,14
Bedrijfsgr. 75 ha									
Basismodel	17,8	0,0	0,0	12,5	12,5	0,0	13,4	18,8	0,62
Markowitz	21,6	0,0	5,9	11,2	11,2	0,0	18,8	6,3	0,37
MOTAD	21,6	0,0	5,9	11,2	11,2	0,0	18,8	6,3	0,37
FLCP	17,8	0,0	0,0	12,5	12,5	0,0	13,4	18,8	0,62
Minimax	25,0	0,0	0,0	8,5	8,5	0,4	15,7	16,9	0,43
Maximin	24,2	0,0	6,5	8,6	8,6	0,0	18,8	8,3	0,27
Bedrijfsgr. 100 ha									
Basismodel	20,8	0,0	0,0	16,7	16,7	0,0	25,0	20,9	0,65
Markowitz	30,5	0,0	0,0	13,2	13,2	0,0	25,0	18,0	0,49
MOTAD	30,5	0,0	0,0	13,2	13,2	0,0	25,0	18,0	0,49
FLCP	20,8	0,0	0,0	16,7	16,7	0,0	25,0	21,0	0,65
Minimax	33,3	0,0	7,9	5,7	5,7	0,0	25,0	22,4	0,49
Maximin	4,7	33,7	13,7	16,7	3,0	0,0	22,3	6,3	0,25

Tabel 5. Arbeidsopbrengsten per bedrijf per State of Nature bij het geprogrammeerde risicobouwplan

Programmering	Gemiddelde	73/74	74/75	75/76	76/77	77/78	Standaardafwijking
50 ha							
Basismodel	7962	-5734	-1356	-9069	69466	-13583	31013
Markowitz	7962	-5734	-1356	-9069	69466	-13583	31013
MOTAD	7962	-5734	-1356	-9069	69466	-13583	31013
Minimax 0	-7300	-47572	-40290	-46673	1360445	-38038	71767
Maximin 0	7734	-6602	-1413	-9888	69887	-13372	31331
75 ha							
Basismodel	54348	3859	-33021	-22346	323464	-252	135061
Markowitz	34991	31170	-7084	-3978	161839	-7042	65055
MOTAD	34991	31170	-7084	-3978	161839	-7042	65055
Minimax 0	50126	3269	-21942	-18225	288431	-926	119546
Maximin 0	36419	21351	-6393	-6366	179825	-6364	72507
100 ha							
Basismodel	76392	29661	-29387	-15921	390144	7398	158174
Markowitz	66805	26868	-20161	-13543	338769	2045	136947
MOTAD	66805	26868	-20161	-13543	338769	2045	136947
Minimax 0	69778	-675	-13731	-16988	357737	4501	146046
Maximin 0	49228	20096	30615	13711	174612	6953	63190

5. CONCLUSIES

Het doel van de risicoprogrammering is het gedrag van de boer beter te beschrijven dan mogelijk is met de gebruikelijke lineaire programmeringen. Indien de ongelijkheidscoëfficiënt als maatstaf wordt genomen mag de conclusie getrokken worden dat op de bedrijven van 75 en 100 ha het gedrag inderdaad beter wordt beschreven door alle benaderingen van de risicoprogrammeringen. Aangezien de normatieve programmering bij de 50 ha de beste beschrijving geeft zal het gedrag van de boer de volgende kenmerken bezitten. Hij streeft naar een inkomen waarbij zowel aan de consumptieve als aan de investeringsbehoefte voldaan kan worden.

Heeft hij dat gewenste inkomen bereikt dan kan hij aan minimering van de spreiding van het inkomen denken. Met bovenstaande veronderstelling valt de keuze op de risicoprogrammering die de variantie minimeert wanneer het inkomen bereikt is; de Markowitz- of de MOTAD-programmeringen.

Een ander aspect van de risico-programmering is de hoeveelheid werk die ervan verricht moet worden om de resultaten te verkrijgen. Deze is het laagst bij het basis model. Bij het Markowitz-model moet de variantie-covariantie-matrix berekend worden. Indien geen kwadratische programmeringsalgorithme aanwezig is, die geheel-tallige activiteiten kan verwerken als deze in het probleem aanwezig zijn, moet van tevoren zelf een selectie gemaakt worden of een aantal mogelijkheden doorgerekend worden en achteraf gekozen. Deze handelingen vergen relatief veel rekentijd en tijd van de onderzoeker. Bij de minimax-programmering moet voor elke State of Nature een optimale oplossing berekend worden. Deze oplossingen dienen vervolgens als randvoorwaarden bij de minimering van de regret-functie (het verschil tussen maximaal haalbaar en gerealiseerd inkomen) opgenomen te worden. De MOTAD-benadering en de maximin behoeven slechts een paar extra restrictierijen, hetgeen zeer weinig extra tijd vergt in vergelijking met de normale programmering. Op basis van tijd verdienen de MOTAD- en de maximin-programmeringen de voorkeur. De minimax-programmering wordt nogal sterk beïnvloed door een gewas dat in een bepaald jaar een extreem hoog saldo heeft.

Indien het afwegen van variantie van het inkomen tegen inkomen risicogedrag is, dan vallen het hier gebruikte model van Markowitz en de MOTAD-benadering er buiten. Deze twee programmeringen minimeren slechts de variantie bij een bepaald inkomen. Ook het oorspronkelijke Markowitz-model voldoet eraan, maar het vaststellen van de juiste risico-aversie parameter levert dan problemen op, waaraan in dit onderzoek is voorbijgegaan.

Het bepalen van het gewenste minimuminkomen vergt een aparte studie en is belangrijk gezien de invloed op de resultaten. Een goed gefundeerde bepaling van het minimaal gewenst inkomen, maakt het acceptabel de MOTAD-benadering en het Markowitz-model te gebruiken. Gezien de grote overeenkomsten van de resultaten van beide benaderingen verdient de MOTAD de voorkeur. Een op de praktijk gebaseerd inkomen geeft dan aan, dat erboven uitsluitend aan risicominimering behoeft te worden gedacht. Het gebruik van de MOTAD-benadering verdient de voorkeur voor toepassing in de praktijk boven de andere methoden. Een betere beschrijving van het beslissingsgedrag van de boer zal echter nog veel onderzoek vergen. Het risico-aspect is slechts één van de vele factoren die zijn gedrag bepalen.

LITERATUUR

Bakker, T (1984). Horizonten van zelfvoorziening: Mogelijkheden voor de voedselvoorziening in autarkische omstandigheden. Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag.

Boussard, J.M. and M. Petit (1967). Representation of farmers behaviour under uncertainty with a Focus of Loss Constraint Programming. Journal of farm economics

Boussard, J.M. (1979). Risk and uncertainty in programming models; A review In: J. Roumasset, J.M., Boussard and I. Singh eds, Risk, uncertainty and agricultural development. Southeast Asian Regional Center for graduate study and Research in Agricultural and the Agricultural Development Council

BUL (1979). Bedrijfsuitkomsten Landbouw. Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag.

Day, R.H. (1977). On economic optimazation. In: L.R. Martin ed. A survey of agricultural economic literature, volume 2. University of Minnesota Press

Hazell, P.B.R. (1970). Game theory - An extension of its application to farm planning under uncertainty. Journal of agricultural economics

Hazell, P.B.R. (1971). A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty. American journal of agricultural economics

Land, A. and S. Powell (1973). Fortran codes for mathematical programming. Linear, quadratic and discrete. London, John Wiley.

Monypenny, J.R. (1975). APMAA 1975; model algorithm testing and application. University of New England Armidale

Plas, M. van der en J., Luyt (1977). Programmeren onder onzekerheid; een literatuur overzicht. Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag. Niet gepubliceerd

Renkema, J.H. (1974). De opbouw van Lineaire Programmeringsmodellen ten behoeve van de agrarische bedrijfsplanning. Wageningen, Landbouwhogeschool

Veer, de J. (1977). Bedrijfsuitkomsten, inkomen en continuïteit in de landbouw. Jaarverslag 1977. Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag.

Wijnands, J. (1981). Farm planning with risk crop seed potatoes: A comparison and an application of methods of risk programming. In: C.H. Hanf and G. Schiefer eds (1981). Consideration and modelling of risk in the agribusiness sector. Kiel.

Ontvangen: 21-1-1985

Bijlage 1. Beginmatrix risicoprogrammering

	Win- ter- tar- we	Win- ter- gerst	Zomer- gerst	Con- ser- ven erw- ten	Kar- wij- zaad	Kool- zaad	Suiker- bieten	Poot- aard- appe- len	Loon- werk poot- aard- app.	Arbeid	Poot- aard- appel inven- taris	P0
Grond	1	1	1	1	1	1	1	1				50
Vruchtwisselingseisen												
Wintertarwe	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1				0
Wintergerst	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1				0
Zomergerst	-2	-2	3	-2	-2	-2	-2	-2				0
Granen	1	1	1	-2	-2	-2	-2	-2				0
Koolzaad	-1	-1	-1	-1	-1	5	-1	-1				0
koolzaad + suikerbieten	-1	-1	-1	-1	-1	3	3	-1				0
Karwij + koolzaad	-1	-1	-1	-1	3	3	-1	-1				0
Conservenerwten	-1	-1	-1	5	-1	-1	-1	-1				0
Pootaardappelen	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	3				0
Dekvrucht karwij				-1	1							0
Inzaai wintergraan	2	2	-2	-2	-2	2	-1	-2				0
Inzaai koolzaad	-1	-1	-1	-1	1	1		-1				0
Arbeid 16/ 3-30/ 3	0,4	0,4	3,7	4,1	0,8		4,2	8,5	-6,1	-248,0		248,0
1/ 5-31/ 5	1,0	1,0	0,4		0,4	0,4	5,2			-160,0		160,0
1/ 6-23/ 6	0,4		0,4	0,4		0,4	9,2	5,8		-128,0		128,0
24/ 6-15/ 7				5,1	6,1		6,4	1,6		-128,0		128,0
16/ 7-10/ 8		4,6	2,1	1,9	0,8	9,3		18,5	-7,1	-144,0		144,0
11/ 8- 3/ 9	6,4	3,8	4,9	1,9	5,4	7,3		2,6		-144,0		144,0
1/ 9-29/ 9	3,8	2,8	3,8	2,8	1,6	2,0				-144,0		144,0
30/ 9-30/11	4,4	4,4	4,2	4,2		0,4	12,2	4,2		-325,0		325,0
Totaal	16,4	17,0	19,5	20,4	15,1	19,8	37,2	41,2	-13,2	1920,0		1920,0
Maaidschapaciteit	1	1	1		1	1						120,0
Loonwerk pootaardappelen								-1	1			0
Aardappel rooien								1	-1		-30,0	0