

INSTITUUT VOOR MECHANISATIE, ARBEID EN GEBOUWEN
waarin opgenomen het ILR, ITT en ILB

SAMENHANG TUSSEN BIOLOGISCHE EN TECHNISCHE SYSTEMEN IN EEN LANDBOUWBEDRIJF

door: Ir. E. van Elderen,
afd. Operations Research



Mansholtlaan 10-12, Wageningen

E-277956

S5/0213

INSTITUUT VOOR MECHANISATIE, ARBEID EN GEBOUWEN
waarin opgenomen IIR, ITT en ILB

SAMENHANG TUSSEN BIOLOGISCHE EN TECHNISCHE SYSTEMEN IN EEN
LANDBOUWBEDRIJF

door: Ir. E. van Elderen, Afd. Operations Research

t.b.v. Post Academische Opleiding

"Systeemontwikkeling in de landbouwtechniek", mei 1975

BEDRIJF

Een landbouwbedrijf is een systeem waarin, met behulp van biologische subsystemen, zoals gewassen en dieren, produkten worden geproduceerd. De produktieprocessen zijn voor een groot deel natuurlijke processen, d.w.z. ze verlopen zonder dat de bedrijfsleider ingrijpt. Zo nu en dan neemt deze echter een beslissing, bijvoorbeeld om grondbewerking uit te voeren, te zaaien, kunstmest te strooien, onkruid of ziekten te bestrijden, te oogsten, de kas te verwarmen, het vee te voederen, te melken, te verweiden. De uitvoering van de genomen beslissing geschiedt met het technische subsysteem.

Na de bespreking van de beide subsystemen (het biologische en het technische) wordt ingegaan op de werkindeling, ofwel de beslissingen over de werkuitvoering. Vervolgens wordt, op basis van de zo verworven inzichten, aandacht geschonken aan enkele facetten van de bedrijfsplanning.

BIOLOGISCH SYSTEEM

Bij het zaaien of poten van een gewas wordt beslist over het ras, de standdichtheid en de wijze waarop de bewerking wordt uitgevoerd. De beslissing is gebaseerd op de te verwachten opbrengst; deze opbrengst is uitgedrukt in kg/ha als er sprake is van één produkt met waarde, doch in f /ha als er naast een hoofdprodukt (in kwaliteitsklassen) ook nevenprodukten tegelijkertijd ontstaan, zoals stro bij de graanproduktie.

De opbrengsten zijn bekend uit de ervaring van de bedrijfsleider of door zijn kennis uit literatuur over proeven. Veelal is de opbrengst afhankelijk van het tijdstip van zaaien; de opbrengst is ook een functie van de tijd.

De bedrijfsleider zal een tijdstip van bewerking nastreven dat dicht bij het tijdstip van de optimaal te verwachten opbrengst ligt.

De bemesting beïnvloedt de hoogte van de opbrengst. Ook hier zal door ervaring en proeven het effect van zo'n bewerking worden geschat en een geschikt tijdstip van uitvoering worden gekozen. De verzorging is hiermee vergelijkbaar en kan eveneens aan de orde zijn in een periode waarin het effect nog slechts gering zal zijn.

Het oogsten van een gewas heeft te maken met de opbrengst als functie van de tijd; veelal is er een tijdinterval met een maximale opbrengst, dat wordt voorafgegaan door een tijdinterval met een toenemende, gevolgd door één met een afnemende opbrengst. De drie intervallen kunnen lang of kort zijn. Enkele voorbeelden zijn:

gewas	Tijdinterval		
	toenemende opbrengst	maximale opbrengst	afnemende opbrengst
gras	lang	kort	kort
graan	kort		lang
aardappelen		lang	
bloemkool	kort	kort	kort

De toenemende opbrengst is te danken aan meer kg (gras) of aan meer kg die voldoen aan betere condities van het produkt (rijpheid, vochtgehalte). Een onrijp graangewas levert weliswaar veel kg maar geen waardevolle korrel; niet volgroeide bloemkool is onverkoopbaar.

De afnemende opbrengst wordt veroorzaakt door achteruitgang in kwaliteit van de vruchten of door verliezen, bijv. wanneer graan uit de aar waait, aren afbreken als het stro brosser wordt, de grond meer aanhangt en de waarde vermindert, e.d.

De invloed van het weer op de veldgewassen is van grote betekenis voor het gehele verloop van het groei- en afbraakproces. In kassen wordt deze invloed beperkt door de groei-omstandigheden bewust te veranderen; in gebouwen is de weersinvloed op vee niet erg groot meer.

TECHNISCH SYSTEEM

De elementen van het technische systeem zijn de middelen:

- de mensen voor de uitvoering van het werk of voor de bediening;
- de werktuigen;
- de trekkers;
- de transportmiddelen;
- de gebouwen en de installaties.

Met deze middelen worden werkploegen gevormd, bijv. een trekkerbestuurder, een trekker en een kunstmeststrooier. Zo'n werkploeg voert een bewerking uit volgens een bepaalde methode. De methode, het "hoe" van een bewerking, is het complement van de werkploeg, de middelen en het "wat", dat de bewerking uitvoert.

De middelen zijn in beperkte aantallen aanwezig; dit heeft tot gevolg dat niet elke werkploeg zo maar kan worden gecombineerd met elke andere. Als alle mensen bezig zijn met het oogsten dan is ander werk uitgesloten (behalve geautomatiseerd werk dat zonder toezicht kan gebeuren).

De mogelijkheden tot combineren van werkploegen wordt opgesomd in de werkploegencombinaties, waarin alle middelen voorkomen van die werkploegen die tegelijkertijd bewerkingen kunnen uitvoeren. Op een tweemansbedrijf vormen bijvoorbeeld het zaaien en het kunstmeststrooien, als afzonderlijke bewerkingen, een mogelijke combinatie. Dit is ook het geval als beiden dezelfde bewerking (bijv. ploegen) uitvoeren ieder met de daarbij behorende middelen.

Een bewerking is sterk afhankelijk van de eigenschappen van het te bewerken produkt en het materiaal (gewas en grond) in die zin, dat het effect van de bewerking meer of minder gunstig is. Het binnenhalen van bijv. nat geregend hooi is ongewenst; het oogsten van aardappelen uit te natte grond is onmogelijk; het drogen van graankorrels met 30% vocht vergt meer droogkosten dan die met 20%.

Voor produkten in het veld worden deze eigenschappen beïnvloed door het weer en zijn daardoor, evenals het weer, variabel van karakter. Dit is danook de reden dat het aantal werkbare uren voor een bewerking in het veld een stochastische grootheid is.

Het aantal werkbare uren voor het maaidorsen van graan tussen 0 en 24 uur heeft voor de eerste helft van augustus een cumulatieve kansverdeling, die er als volgt uitziet:

Korrelvocht- gehalte	kans					
	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	werkbare uren					
≤ 19%	82	72	62	52	37	30
≤ 23%	144	127	124	119	105	68

Opm.: de werkbare uren tussen 8 en 18 uur bedragen ongeveer 55% van bovengenoemde aantallen.

Welke kans - 0,5, 0,7 of 0,8 - de bedrijfsleider verkiest om rekening mee te houden, blijft hier buiten beschouwing.

Wel is het duidelijk dat het aantal uren dat de werkploegen-combinaties, waarin maaidorsen als werkploeg voorkomt, wordt beperkt door het aantal beschikbaar geachte werkbare uren voor maaidorsen.

Opmerking: Onder "Bedrijfsplanning" wordt verder ingegaan op de vereenvoudigingen die veelal hierbij worden ingevoerd om tot problemen van redelijke omvang te komen.

WERKINDELING

Bij de uitvoering van het werk in een landbouwbedrijf dient de bedrijfsleider te letten op het gewas, het dier (het biologische systeem) en rekening te houden met de mogelijkheden (het technische systeem). Hij moet op een gegeven moment de beste werkploegencombinatie kiezen.

Een eerste stap, om tot een beslissing te komen, is het nagaan hoe urgent een bewerking op dat moment is. Hierbij wordt teruggegrepen op de opbrengst als functie van de tijd (zie onder: Biologisch systeem). Dit beperkt zich dan niet alleen tot de oogstbare produkten, doch geldt eveneens voor alle materialen die bij de bewerking zijn betrokken, zoals oogstbaar hoofdprodukt, bijprodukt en achterblijvende grond, òf zaaizaad en grond, òf grasopbrengst en achterblijvende grasmat. Met het laatste voorbeeld is duidelijk dat de resterende grasmat in de beschouwing behoort te worden betrokken; een langzaam toenemende grasopbrengst (nog afgezien van de kwaliteit) wordt op den duur meer dan tenietgedaan door de minder goede hergroei van het volgende gewas. Zo ook moet de achterblijvende grond worden gewaardeerd met het oog op de volgende teelten - hoofdgewas voor volgend jaar of een nagewas voor dit jaar.

Ter vermijding van verwarring met opbrengsten wordt deze functie hier waardefunctie genoemd en uitgedrukt in f/ha . Dit temeer daar de functie niet aan één produkt en de opbrengst daarvan is gebonden, doch afhangt van alle materialen (zaaizaad, produkten, grond òf produkt en dier) die de bewerking ondergaan. Daarom verdient het dan ook de voorkeur om over de waardefunctie van materiaal of materialen te spreken, die een bewerking dienen te ondergaan of zelfs kortweg de waardefunctie van een bewerking. In de Amerikaanse literatuur wordt de naam "timeliness function" gebruikt, hoewel slechts de "recoverable yield" of opbrengst wordt opgenomen.

De vorm van deze functie over de tijd is vergelijkbaar met die van de opbrengstfunctie en vertoont eveneens een toenemend, een maximaal en een afnemend gedeelte.

Hoe wordt de waardefunctie benut om de urgentie van een bewerking te vinden? Terwille van het voorbeeld wordt verondersteld dat alle percelen, die voor een bepaalde bewerking in aanmerking komen, dezelfde waardefunctie hebben, zodat met één kromme kan worden volstaan. In afb. 1 is een waardefunctie gegeven met drie verschillende momenten waarop de bewerking begint. Als de bewerking wordt uitgevoerd met een constante capaciteit, dan is het oppervlak onder de curve en begrensd door begin en einde van de bewerking (t_1 en t_2 , t_3 en t_4 of t_5 en t_6) evenredig met de te verwachten waarde (in f).

Uit de figuur is duidelijk dat beslissen om op t_1 te beginnen niet de optimale keuze is evenmin als het uitstellen van de bewerking tot t_5 . Indien door uitstel van het begin van de bewerking de te verwachten waarde toeneemt, is de bewerking zeker niet urgent. Als de waarde afneemt door uitstel is de bewerking wel urgent. De afname van de waarde door uitstel van een bewerking gedurende bijv. één dag of één uur, is de urgentie van de bewerking. Omdat de urgentie van de bewerking uitgedrukt is in f/dag of f/h zijn de bewerkingen met elkaar vergelijkbaar.

De factoren, die de duur van een bewerking beïnvloeden (en daarmee ook de te verwachten waarde en de urgentie), zijn de volgende:

- de capaciteit van de bewerking in ha/h; de duur neemt af bij toename van de capaciteit;
- het aantal werkbare uren, waarin de bewerking kan plaatsvinden;
- het aantal ha of de omvang van de bewerkingsopdracht, die moet worden verricht;
- de beschikbaarheid van de werkploeg; dit laatste wordt beïnvloed door de urgentie van andere bewerkingen, die beslagleggen op de aanwezige middelen; bijv. op een éénmansbedrijf is het binnenhalen van hooi en het schudden van hooi niet tegelijkertijd mogelijk, terwijl voor beide het weer goed moet zijn.

Rekening houdend met deze factoren is het mogelijk de urgentie van een bewerking te berekenen. Deze urgentie geldt voor een bepaald tijdstip waarop de genoemde factoren bekend zijn of een verwachtingswaarde gegeven is, bijv. van het aantal werkbare uren vandaag en de volgende dagen onder de nu bekende weersverwachtingen.

De tweede stap die nodig is om tot een beslissing te komen over de toe te passen werkploegencombinatie, betreft de toekenning van een urgentie aan de werkploegen. Hier wordt volstaan met het noemen van een aantal facetten die een rol spelen:

- verdeling van de urgentie van een bewerking over al die werkploegen, die de bewerking kunnen uitvoeren; bij één werkploeg is dit eenvoudig;
- rekening houden met het effect van de bewerking op de daardoor ontstane materialen; bijvoorbeeld het persen van stro of hooi in pakken betekent, dat het stro niet meer in het veld kan worden gedroogd. Derhalve is het onverstandig pakken te maken als de weersverwachting een grote kans op regen aangeeft en men niet in staat is de pakken tijdig binnen te halen; het niet geperste stro of hooi kan in het veld wellicht nog wel weer droog worden;
- variabele kosten om uitstel van een bewerking te voorkomen zijn mogelijk door:
 - . vergroten van de capaciteit van de bewerking door:
 - a) meer verliezen te accepteren (bijv. korrelverlies bij maai-dorsen);
 - b) werkploegen van derden aan te trekken of afzonderlijke middelen aantrekken, waardoor nieuwe werkploegen ontstaan;
 - . uitbreiden van het aantal werkbare uren door:
 - c) overwerk van mensen toe te passen;
 - d) eigenschappen van produkten te accepteren die met kosten achteraf nog zijn te brengen in de range, die normaal door de bedrijfs-leider wordt geaccepteerd bijv. het nadrogen van te vochtig hinnengehaald hooi of van te vochtig gemaaidorste korrel;
 - e) vermijden van af- en aanlooptijden van werkploegen als deze tot op dit moment van beslissen reeds zijn ingeschakeld (eventueel in een andere werkploegencombinatie) en ook als door voortzetting de gehele bewerking wordt voltooid (perceel volledig afgewerkt).

Als op deze wijze een urgentie aan elke werkploeg is toegekend, dan kan de derde stap worden gezet om na te gaan welke werkploegencombinatie de hoogste score behaalt, gemeten aan de urgenties van de daartoe behorende werkploegen.

Er bestaan rekenprocedures voor dit zogenaamde multidimensionale knapsack probleem om de werkploegencombinatie met de hoogste score op te sporen.

Bij een niet al te groot aantal werkploegencombinaties is het ook mogelijk voor elk de score te berekenen en die met het maximum te nemen.

In bovenstaande is een weg aangegeven die de bedrijfsleider voortdurend aflegt om telkenmale tot een beslissing te komen over de keuze van de werkploegencombinatie. Het onderzoek om bedrijfsproblemen langs deze weg te benaderen is in de landbouw nog maar pas begonnen, doch er zijn vele andere benaderingen voorhanden die inzicht in de bedrijfsplanningsproblemen geven.

In het volgende zal een poging worden gedaan om voor een aantal benaderingen aan te geven waar de vereenvoudigingen of uitbreidingen in de probleemstelling aanwezig zijn; het bovenstaande zal dienen om de vereenvoudigingen, de vooronderstellingen en de uitbreidingen op te sporen.

BEDRIJFSPLANNING

De interesse om te beschikken over hulpmiddelen, die het leiden van een bedrijf verbeteren, is groot. Vanouds hebben bedrijfseconomen zich deze problemen aangetrokken en getracht met behulp van boekhoudkundige gegevens tot verheldering te komen. De saldomethode om de gewassenkeuze te begeleiden is een voorbeeld.

Een verdere verfijning is mogelijk geworden door lineaire programmeringsmodellen te hanteren, waardoor met meer beperkingen en relaties rekening kan worden gehouden; zeker als de computer wordt benut om het vele rekenwerk te verrichten.

Tussen beide methoden in staat nog de in handwerk uit te voeren Programming.

Bovengenoemde methoden gaan uit van een gegeven verzameling aan middelen om het werk te verrichten. Doch hoe kan nu het langere termijn probleem van de werktuig- en trekkrachtkeuze worden aangepakt? Hiertoe wordt eveneens de lineaire programmering gebruikt, waarbij tevens een geheel aantal werktuigen moet worden gekozen.

Een andere methode is die van het maken van zogenaamde arbeidsbegrotingen met een aantal verschillende middelen (mensen, werktuigen, trekkers, transportmiddelen, gebouwen en installaties) of methoden van bewerking. Uit deze hoek van de arbeidskunde is de belangstelling gegroeid voor een nauwkeuriger in acht nemen van de beperkingen tengevolge van het type weer (goed, matig) en van de werkploegencombinaties. Hieruit is het organisatiespel ontstaan dat ook in het onderwijs goed is toe te passen. Tijdens "matig" weer zijn niet alle bewerkingen uit te voeren; uiteraard zijn de grenzen tussen de weertypen niet scherp en hangen bovendien af van het produkt dat wordt bewerkt. Na "slecht" weer zal grasmaaien reeds binnen enkele uren kunnen worden voortgezet, terwijl het hooischudden of het maaidorsen een groot aantal drogende uren vergt.

In tabel 1 is voor enkele methoden aangegeven hoe invloedsfactoren in rekening zijn gebracht. In de cursus zal door anderen nog meer informatie worden verstrekt.

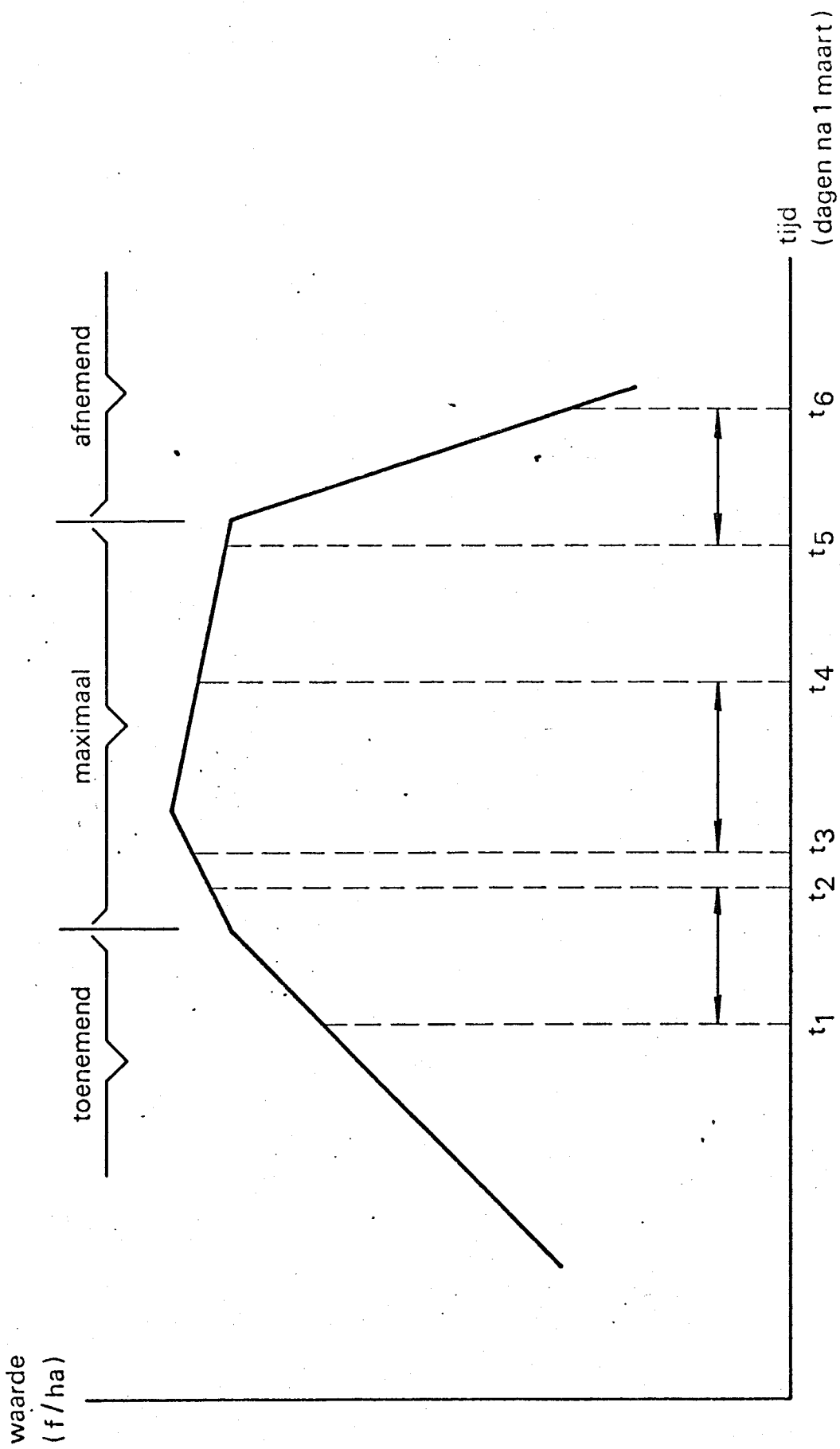
Om met een bedrijfsleider een bedrijfsplanningsprobleem op te lossen, is het van belang te weten waar en wanneer een methode niet meer zou mogen worden toegepast.

Daartoe kunnen de volgende vragen worden gesteld:

- is de saldomethode bruikbaar zonder arbeidsbegroting;
- is de werktuigkeuze m.b.v. lineaire programmering mogelijk, zonder werkploegen of werkploegencombinaties in het model te betrekken;
- in hoe verre is het weergeven van dynamische verschijnselen (bijv. vruchtopvolging) door statische verhoudingen (niet meer dan één derde aardappelen) storend;
- geeft een arbeidsbegroting inzicht in de mogelijkheden van de technische hulpmiddelen als werkploegencombinaties niet in de beschouwing worden betrokken;
- hoeveel jaren dient het benodigd aantal werkbare uren van het type "goed" weer tenminste voor te komen; hoe wordt het resultaat van het organisatie-spel beïnvloed als dit aantal jaren anders wordt gekozen en is in de overige jaren voldoende bewerking mogelijk in overuren;
- wanneer is zo'n detaillering (met hoge kosten) als bij simulatie en werkindeling verantwoord en hoeveel jaren zijn voldoende voor betrouwbare uitspraken;
- is het toewijzen van verscheidene bewerkingen aan het type "goed" weer toelaatbaar. Ongetwijfeld stellen niet al deze bewerkingen dezelfde eisen aan de materialen, ondanks het feit dat ze globaal eenzelfde aantal werkbare uren volgens die eisen aantreffen;
- welke methode is geschikt voor gewassenkeuze, welke voor werktuigenkeuze en hoe te werk gaan als beide moeten worden bepaald?

BESLUIT

De bedrijfsplanningsproblemen zijn bepaald niet uitgeput met het noemen van de gewassen- en de werktuigenkeuze; andere problemen zijn die rond de financiering en de liquiditeit, de bedrijfsvergroting en de aanpassing bij opvolging. Deze blijven hier echter onbesproken.



Afb. 1. Waarde functie met drie verschillende tijdstippen van begin van de bewerking: t_1 , t_3 en t_5 en tijdstippen van einde van de bewerking: t_2 , t_4 en t_6 .

Tabel 1 Overzicht van invloedsfactoren en hoe deze in het algemeen in bedrijfsplanningmethoden zijn opgenomen

	Saldo- methode	Lineaire Program- mering + werktuig- keuze	Arbeids- begroting	Organisa- tiespel	Simulatie gewascoogst	Werk- indeling	
Factoren	a	b	c	d	e	f	g
1. Bedrijfs grootte (ha)	gegeven	gegeven (of para- meter op bep. niveaus)		gegeven	gegeven	gegeven	gegeven
2. Omvang van gewasoppervlak (ha) of aantal dieren	resultaat van de methode			gegeven	gegeven	gegeven	gegeven
3. Bewerkingen, bewerkingsoverdracht (omvang afh. van 2) volgorde van bewerkingen in een periode		gegeven in relevante perioden	alle gegeven	belangrijkste gegeven	één gegeven	gegeven	gegeven
			hier en daar een voorwaarde	slechts indien product beschikbaar			
4. Methoden duur van toepassing		gegeven	gegeven	gegeven	gegeven resultaat	gegeven	gegeven resultaat
5. Taaktijd		gegeven	gegeven	gegeven	gegeven	gegeven	gegeven
6. Middelen (mensen, trekkers, werktuigen, e.d.)		gegeven	aantal of soort is resultaat	gegeven	gegeven	gegeven	gegeven
7. Werkploegen en werkploegencombinaties					keuze	gegeven	keuze
8. Perioden		enkele belangrijke met vaste grenzen	24-half maandelijks	relevante periode met gegeven grenzen	afh. van gewas en voortgang van het werk		
9. Werkbare uren		voor de belangrijkste middelen	alle bewerkingen	alle bewerkingen			berekening urgentie met gem. aantal
aantal dat n van de 10 jaren tenminste voorkomt		n = 7 à 8	n = 7 à 8	n = 7 à 8	n = 7 à 8		
10. Weerverloop (opvolging van type van werkbare uren)					kan eventueel volgen van het weer in bepaalde jaren		
11. Criterium	saldo van gewas, dier	variabele kosten en opbrengsten		loonwerk bedrag van 7 (als 10 afwezig)			urgentie
12. Resultaat	"bouw"plan	bouwplan + werktuigen	arbeids- werktuigen- trekker-"film"	bewerkingskosten	opbrengst, var. kosten		opbrengst, var. kosten