

EEN DSS T.B.V. DE GROENTENVERWERKENDE INDUSTRIE

J. M. van Berlo

In dit artikel wordt een opzet gegeven van een Decision Support System (DSS) ten behoeve van de contractteelt in de groentenverwerkende industrie. Voor de tactische zaaien oogstplanning is reeds een werkend prototype voor de PC ontwikkeld.

Inleiding

In de agribusiness worden veel beslissingen onder onzekerheid genomen. Een voorbeeld hiervan is de contractteelt ten behoeve van de groentenverwerkende industrie. Aan de hand van de jaarlijks te verwachten verkopen van het groentenverwerkend bedrijf worden in de winter van het jaar daarvoor contracten met de betreffende boeren gesloten. Hierin wordt de grootte van het te betelen areaal per boer per gewas en de opbrengstprijzen per ton per kwaliteitsklasse vastgelegd.

Als voorbeeld wordt in dit artikel uitgegaan van het gewas doperwtten. De contractteelt kan zowel rechtstreeks door de fabriek als via commissarissen plaats vinden. Beide streven er naar om tijdens de oogstcampagne de aanvoer zo gelijkmatig mogelijk te spreiden. Dit betekent dat in de oogstperiode van dag tot dag de gewenste te verwerken hoeveelheden precies worden aangegeven. De spreiding van de aanvoer poogt men te bereiken door gebruik te maken van vroegheidsverschillen tussen rassen, door verschillende zaaitijdstippen te kiezen en door te telen in verschillende gebieden en op verschillende grondsoorten. Het optimale oogststadium van doperwtten duurt slechts één tot drie dagen. Het is derhalve zeer moeilijk om de bovengenoemd doel te bereiken door een bepaald gewas vroeger of later te oogsten (Chen, 1974, Dekker & Buishand, 1983, Moes, 1981). Een betere voorspelling van oogstdata en hun relatie met opbrengst (kwaliteit en kwantiteit) zal de beheersing van de goederenstroom aanzienlijk kunnen verbeteren.

Planning

Bij de planning van een continue grondstoffaanvoer ten behoeve van de verwerkende industrie zijn ondermeer een tweetal aspecten van belang.

Warmtesom-theorie:

Bij het opstellen van het zaaischema is het niet mogelijk om te werken met een vast aantal groeidagen (Dekker & Buishand, 1983). Naarmate vroeger wordt gezaaid, en de temperatuur dus lager is, zal de periode van zaai tot oogst langer duren. Het aantal warmte-eenheden (temperatuuressom) van de periode zaai tot oogst is echter steeds nagenoeg gelijk. Uitgaande van het 30-jarig gemiddelde temperatuurverloop en van het gemiddelde aantal benodigde warmte-eenheden kan enerzijds de verwachte oogst-

datum worden berekend. Anderzijds kan uitgaande van de geplande oogstdatum de zaaidatum per ras per perceel worden aangegeven.

Het precieze temperatuurverloop in een bepaald jaar zal echter verschillen van het 30-jarig gemiddelde. De geplande oogstperiode, de periode waarin alle percelen worden geoogst, zal hierdoor of langer of korter worden. Dit kan betekenen dat de verwerkingscapaciteit van het bedrijf op bepaalde dagen of te klein (overbezetting) of te groot (overcapaciteit) zal zijn.

Door het temperatuurverloop van dag tot dag bij te houden en door gebruik te maken van de warmtesom-theorie en het voorspelde verdere temperatuurverloop zal dit capaciteitsprobleem reeds eerder gesignaleerd kunnen worden.

Kwaliteit:

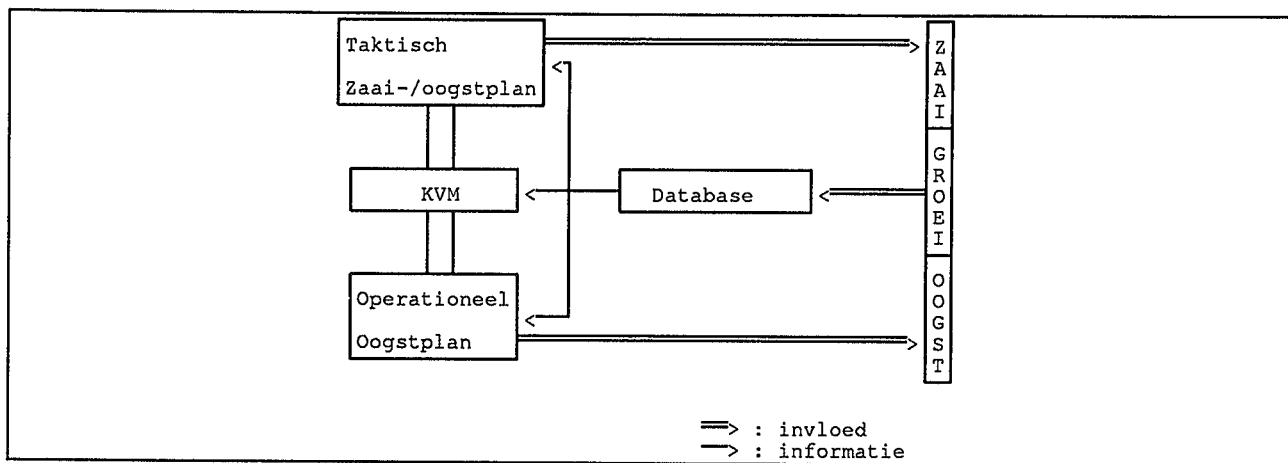
Bij doperwtten speelt de sortering een belangrijke rol (Dekker & Buishand, 1983). In de praktijk worden erwten gesorteerd in 3 maten: extra fijn (doorsnede 7.5 mm), zeer fijn (doorsnede tussen 7.5 en 8.2 mm) en fijn (doorsnede 8.2 mm). Van een partij geoogste erwten zijn de kleinste erwten altijd het zachtst en de grootste altijd het hardst. Momenteel gaat de belangstelling uit naar de sorteringen extra fijn en zeer fijn waarbij extra fijn de voorkeur heeft. Tussen de verschillende rassen bestaan grote verschillen in de verhoudingen van de verschillende sorteringen. Naast keuze van het erwtenras heeft ook de oogstdatum invloed op de sorteringsverhouding. De grootte van de invloed van de oogstdatum op de verschuiving in de sorteringsverhouding is weer mede afhankelijk van het ras.

De bepaling van de oogstdatum geschiedt aan de hand van de hardheid van een steekproef ongesorteerde erwten (mengmonster). Deze hardheid wordt uitgedrukt in een zogenaamde TM-waarde. Voor de verwerkende industrie (met name conserven) dienen de erwten een TM-waarde tussen 90 en 140 te hebben. Het traject van 90 tot 140 verloopt bij erwten binnen ongeveer 3 dagen. Boven een TM-waarde van 140 laat men de erwten uitrijpen (bijvoorbeeld spliterwtten).

Bovenstaande maakt duidelijk dat planning van zaai en oogst redelijk complex is en dat eenmaal gemaakte plannen door veranderende klimatologische omstandigheden snel hun geldigheid kunnen verliezen. Het is daarom noodzakelijk om een instrument te hebben dat snel plannen kan genereren zowel op tactisch als op operationeel niveau. Eveneens van belang is dat bij veranderende omstandigheden snel alternatieven kunnen worden gegenereerd.

Decision Support System (DSS)

Bovengenoemde probleem kan worden aangepakt met behulp van een te ontwikkelen DSS. Middels wiskundige modellering en de rekenkracht van de computer kunnen



Figuur 1: Overzicht van de elementen van het DSS.

zeer snel optimale zaai- en oogstplannen worden gegenereerd en kunnen consequenties van veranderingen van allerlei externe variabelen zoals kosten van het zaaizaad, beschikbare oogst- en verwerkingscapaciteit, klimatologische veranderingen etc. op de planning zeer snel worden doorgerekend (Sippel, 1973).

Het DSS bevat de volgende elementen (zie fig.1):

- model voor een taktisch zaai-/oogstplan;
- kwaliteitsverloopmodel (KVM) voor:
 - het berekenen van TM-waarden op het verwachte oogsttijdstip;
 - het evalueren van taktische en operationele oogstplannen;
- model voor een operationeel oogstplan;
- database.

Het systeem heeft betrekking op een aantal fasen in de teelt van het gewas:

Fase I: ZAAI

Eerst wordt met behulp van element 1 een taktisch zaai-/oogstplan gegenereerd. Vervolgens wordt gecontroleerd of de berekende oogsthoeveelheden overeenkomen met het grondoppervlak van de beschikbare percelen en worden percelen toegewezen aan zaai- en oogstdata. Met behulp van het kwaliteitsverloopmodel (element 2) kan vervolgens de gevoeligheid van het taktisch zaai-/oogstplan voor verschillende klimatologische scenario's worden onderzocht. Daarna kan eventueel met behulp van element 1 wederom een nieuw zaai-/oogstplan worden berekend.

Fase II: GROEI

Gedurende de groei van het gewas wordt de inhoud van de database aangevuld en of bijgesteld. Er bestaat gedurende de groeifase bijna geen mogelijkheid tot bijsturing van de ontwikkeling van het gewas. Met behulp van het kwaliteitsverloopmodel kan echter continu een voorspelling worden gegeven van de ontwikkeling van de TM-waarde van de erwten op de betreffende percelen. Daarmee kan wederom worden berekend in hoeverre de oogstcampagne nog volgens het oorspronkelijk taktisch oogstplan zal verlopen. Knelpunten in oogst en of verwerking zullen eerder duidelijk worden en er zal beter op kunnen worden

geanticipeerd. Naarmate het oogsttijdstip naderbij komt zal de voorspelling zoals die door het kwaliteitsverloopmodel wordt gegeven betrouwbaarder worden.

Fase III: OOGST

Ten tijde van de oogstcampagne zal met behulp van element 3 met regelmatige tussenpozen een operationeel oogstplan kunnen worden gegenereerd. Element 3 gaat namelijk uit van door het kwaliteitsverloopmodel berekende verwachte TM-waarden voor het betreffende gewas per perceel per dag. Naarmate de berekende tijdstippen voor de TM-waarden verder weg in de toekomst liggen zullen deze minder betrouwbaar zijn. Vandaar dat regelmatig met de meest recente informatie nieuwe verwachte TM-waarden en daarmee een nieuw operationeel oogstplan dienen te worden berekend. Eveneens kan ook de gevoeligheid van gegenereerde operationele oogstplannen voor verschillende klimatologische scenario's worden doorgerekend.

Beschrijving van de elementen van het DSS

Om enig inzicht in de werking van de verschillende elementen te verschaffen worden naast doel en consequenties de input en output van de elementen 1, 2, en 3 in respectievelijk de figuren 2, 3 en 4 weergegeven.

Taktisch zaai-/oogstplan:

Doel: Het model berekent een zaaiplan dat ten tijde van de oogst een zodanige produktstroom levert dat de beschikbare oogst- en verwerkingscapaciteit optimaal worden benut en de kosten van de totale hoeveelheid te gebruiken zaaigoed minimaal zijn.

Spelingsmogelijkheden:

- consequenties van prijsveranderingen van het zaad voor het zaai-/oogstplan kunnen worden doorgerekend;
- consequenties van veranderingen in kiemkracht van het zaad voor het zaai-/oogstplan kunnen worden doorgerekend;
- consequenties van veranderingen in oogst- of verwerkingscapaciteit voor het zaai-/oogstplan kunnen worden doorgerekend;

Input:

- Periode gedurende welke kan worden geoogst.
- Periode gedurende welke kan worden gezaaid.
- Beschikbare oogstcapaciteit per dag [ha].
- Beschikbare verwerkingscapaciteit per dag [ton].
- Gewenste minimale hoeveelheid erwten per sortering [ton].
- Gewenste minimale hoeveelheid erwten voor elk ras [ton].
- Hoeveelheid benodigd zaaizaad per ras [kg/ha].

Dit wordt berekend a.h.v.:

- Aantal benodigde planten per ras per m²
- 1000 korrelgewicht [g]
- Verwacht veidopkomstpercentage
- Kosten van het zaaizaad per ras [fl/kg].
- Gemiddelde verdeling per ras over de sorteringen.
- Gemiddelde opbrengst per ras [ton/ha].

Output:

- Te oogsten areaal per ras per dag [ha]
- Zaaidata en in te zaaien areaal per ras [ha]
- Tekort of overschot aan oogstcapaciteit per dag [ha]
- Tekort of overschot aan verwerkingscapaciteit per dag [ton]

Figuur 2: In-en output van het taktisch zaai-/oogstplan.

Input:

- Zaaidata, in te zaaien areaal per ras per perceel [ha]
- Klimatologische geschiedenis per perceel vanaf het zaaitijdstip tot "nu"
- Klimatologische voorspelling per perceel vanaf "nu" tot de geplande oogstdatum

Output:

- TM-waarde van het mengmonster per perceel per dag
- Tekort of overschot aan oogstcapaciteit per dag [ha]
- Tekort of overschot aan verwerkingscapaciteit per dag [ton]

Figuur 3: In- en output van het kwaliteitsverloopmodel.

- indien door weersomstandigheden niet kan worden gezaaid kan voor de resterende perioden een alternatief zaai-/oogstplan worden doorgerekend;
- indien op bepaalde dagen in de toekomst niet kan worden geoogst kan hiermee in het zaaiplan rekening worden gehouden. Bovendien kunnen de (financiële) consequenties van deze strategische beslissing worden verduidelijkt;
- consequenties van het wel of niet gebruiken van bepaalde (goedkopere of duurdere) rassen op bepaalde grondsoorten kunnen worden verduidelijkt.

Kwaliteitsverloopmodel (KVM):

Doel: Voorspelling van de gewasgroei en daarmee de datum waarop het gewas oogstbaar zal zijn. Het model voor het taktisch zaai-/oogstplan of het operationele oogstplan wordt aan het kwaliteitsverloopmodel gekoppeld. De dagelijkse temperatuurgegevens vanaf de zaaidatum (eventueel per lokatie) worden als invoer gebruikt en met behulp daarvan kan een voorspelling c.q. bijstelling worden gegeven van het berekende oogstplan. Naarmate het tijdstip van oogst naderbij komt zal de output van het kwaliteitsverloopmodel betrouwbaarder worden. Knelpunten in oogst- en of verwerkingscapaciteit kunnen eerder worden ontdekt en derhalve beter worden opgevangen.

Spelingsmogelijkheden:

- Consequenties van verschillende klimatologische omstandigheden in de toekomst op zowel het taktisch zaai-/oogstplan als het operationeel oogstplan kunnen worden berekend. De gevoeligheid van het taktisch zaaiplan voor verschillende klimatologische omstandigheden in de toekomst kan daarmee inzichtelijk worden gemaakt.

Operationeel oogstplan:

Doel: Het model berekent voor elk perceel het optimale oogsttijdstip, aan de hand van de door het simulatiemodel voorspelde TM-waarde of de werkelijk gemeten TM-waarde voor het betreffende gewas per dag. Het kan voorkomen dat bepaalde percelen, ten gevolge van een tekort aan oogst en of verwerkingscapaciteit op bepaalde dagen, niet worden geoogst ten behoeve van de gesteriliseerde verwerking. Men laat de erwten dan op de betreffende percelen uitrijpen om deze later gedroogd te oogsten (bijvoorbeeld spliterwten).

Spelingsmogelijkheden:

- consequenties van veranderingen in verwerkingscapaciteiten op het operationele oogstplan kunnen worden doorgerekend;
- consequenties van veranderingen in de geldelijke waarden van de verschillende sorteringen (ook die van spliterwten) op het operationele oogstplan kunnen worden doorgerekend. Zo kan direct inzichtelijk worden gemaakt wat het gevolg is van het laten uitrijpen van bepaalde percelen in termen van zowel capaciteitsbenutting als geldelijke opbrengst;

Database:

Doel: De database voedt de elementen 1, 2 en 3 en bevat onder andere rasspecifieke gegevens zoals per ras en per grondsoort:

- een tabel die op basis van de warmtesom-theorie is gevormd. Uit deze tabel is af te lezen wanneer een bepaald ras dient te worden gezaaid opdat deze op een van te voren vastgestelde datum kan worden geoogst. Voor elk ras geldt een andere combinatie van zaai- en oogstdatum;
- gemiddelde verdeling van de fracties van de verschillende sorteringen per ras;
- verdeling van de fracties van de verschillende sorteringen per ras bij verschillende TM-waarden van het mengmonster.

Daarnaast bevat de database gegevens over de klimatologische historie vanaf de zaaidatum tot "nu" (temperatuur, neerslag etc.).

Resultaten en conclusies

Input:

- Output van het kwaliteitsverloopmodel: TMwaarde van het mengmonster (ongesorteerde partij erwten) per dag.
- Verdeling per ras over de sorteringen bij verschillende TMwaarde van het mengmonster.
- Opbrengst per ras per ha bij verschillende TMwaarde [ton].
- Beschikbare verwerkingscapaciteit per dag [ton].
- Kosten van tekort of overschot van verwerkingscapaciteit per dag [fl/ton]
- Gewenste minimale hoeveelheid erwten voor elke sortering [ton].
- Geldelijke waarde van de verschillende sorteringen [fl/ton].

Output:

- Oogsttijdstip per perceel.
- Tekort of overschot aan verwerkingscapaciteit per dag [ton].

Figuur 4: In- en output van het operationeel oogstmodel.

Ten behoeve van de DSS-elementen 1 en 3 zijn 2 MILP-modellen (Mixed Integer Linear Programming) ontwikkeld. Deze modellen werken met zogenaamde binaire variabelen die slechts de waarde 0 of 1 kunnen aannemen. Deze variabelen geven aan of een activiteit, zoals het oogsten van een bepaald ras op een bepaalde perceel op een bepaalde dag, wel (waarde 1) of niet (waarde 0) plaats kan vinden.

Het model voor het genereren van het taktisch zaai-/oogstplan is zowel geïmplementeerd op een Microvax-II met behulp van het pakket SCICONICS als op een Olivetti XP-5 met behulp van het pakket XPRESS-MP. In beide gevallen wordt in ongeveer 5 minuten voor 6 erwtenrassen en een oogstperiode van 1 maand een zaai-/oogstplan gegenereerd. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat de beschikbare verwerkingscapaciteit per dag constant is. Indien men per dag de beschikbare verwerkingscapaciteit verschillend instelt kunnen de rekentijden afhankelijk van de afstemming tussen beschikbare oogst- en verwerkingscapaciteit langer worden. Het model is nog niet gevalideerd in de praktijk en vergeleken met de planning van een verwerkend bedrijf. De perspectieven zijn echter vooral door de korte rekentijden zeer hoopvol. Hierdoor is het mogelijk om in korte tijd een aantal alternatieven door te rekenen.

Ten aanzien van het operationele oogstmodel kan worden gesteld dat de "bottle-neck" het voorspellen van de TM-waarde en de bijbehorende verdeling over de verschillende sorteringen per perceel is. Indien hiervoor goede voorspellingen worden gegeven, kunnen consequenties van vervroegen of verlaten van het oogsttijdstip precies in kaart worden gebracht. Een andere "bottleneck" bestaat uit het feit dat de klimatologische historie nauwkeurig dient te worden bijgehouden. Als laatste aspect dient de gebruikersvriendelijkheid te worden genoemd. Het geheel van modellen en database dient te worden geplaatst in een gebruikersvriendelijke "user-interface" opdat de gebruiker zonder al te veel kennis van modellen en informatica de gewenste informatie weet te genereren.

In dit artikel wordt als voorbeeld de teelt van doperwten genomen. Bovenstaande opzet van een DSS zal waarschijnlijk echter kunnen worden toegepast voor elk gewas waarvan de te oogsten hoeveelheid over een bepaalde periode wordt gepland door gebruik te maken van vroegheidsverschillen tussen verschillende rassen en grondsoorten.

Literatuur

Chen, C.S., 1974, *Scheduling of planting and harvesting programs for processing vegetables*. Journal of Agricultural Engineering Research, 19 (1), p. 51-75.

Dekker, P.H.M. en Tj. Buishand, 1983, *Teelt van doperwten*. Teelthandleiding nr.14, PAGV Lelystad, 82 p.

Moes, E., 1981, *Production planning in field production of vegetables, concerning economy, area and capacity for work*. Acta Horticulturae, p. 197-201.

Sippel, J.V., 1973, *Die Planung des Produktionsprogrammes in der Gemüsekonserverindustrie unter Verwendung von Deckungsbeitragsrechnung und linearer Programmierung*. Forschungsberichte zur Ökonomie in Gartenbau, nr.13, 214 p. □

ir. J.M. van Berlo is werkzaam bij het ATO-Agrotechnologie, hoofdafdeling Agrologistiek en Techniek, Haagsteeg 6, postbus 17, 6700 AA Wageningen, tel 08370-19013.