

NN31545.0895

895

januari 1976

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

MODELONDERZOEK NAAR DE SAMENHANG VAN MECHANISATIEGRAAD,  
TOELAATBARE WERKOMSTANDIGHEDEN EN DE OPBRENGST VAN  
SUIKERBIETEN OP EEN MIDDELZWARE ZAVEL

J. Buitendijk

1 EX

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking



JCH 107-01  
107337

## I N H O U D

|  | blz. |
|--|------|
| 1. INLEIDING   | 1    |
| 2. BEPALING VAN DE WERKBARE DAGEN  | 2    |
| 2.1. Het begrip werkbaarheid   | 2    |
| 2.2. Bepaling van de verdeling van het aantal<br>werkbare dagen  | 2    |
| 3. RESULTATEN  | 3    |
| 3.1. Totaal aantal werkbare dagen in het najaar  | 3    |
| 3.2. De kansverdeling van het aantal werkbare dagen  | 4    |
| 3.3. Begindatum van de oogstperiode  | 7    |
| 3.4. Kansverdeling van de begindatum   | 10   |
| 3.5. Gewasopbrengst, afhankelijk van de begindatum<br>van de oogstperiode  | 13   |
| 3.6. Invloed van de keuze van de oogstzekerheid,<br>het benodigd aantal werkbare dagen en de werk-<br>baarheidsgrens op de opbrengst | 16   |
| 4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES  | 19   |
| LITERATUUR   | 21   |

## 1. INLEIDING

In het najaar van 1974 ondervond de oogst van hakvruchten in Zuid-West Nederland grote moeilijkheden.

De oorzaak hiervan werd enerzijds veroorzaakt door de neiging te laat met de oogst te beginnen, anderzijds door het uitzonderlijke neerslagpatroon (BOELS en WIND, 1975).

Door zo'n calamiteit rijst de vraag op welke datum met de oogst moet worden begonnen om schades zoals in 1974 zijn opgetreden te voorkomen.

De begindatum zal vanuit ondernemersstandpunt gezien zo worden gekozen dat de bedrijfswinst maximaal is; die datum wordt echter ook deels door de suikerfabriek bepaald. De oogstwerkzaamheden beïnvloeden de bedrijfswinst enerzijds via de kosten zoals de kosten van het machinepark, rooiverliezen, oogstverliezen, structuurschade anderzijds via de opbrengsten: uitstellen van de oogst geeft een langer groeiseizoen waardoor een hogere opbrengst ontstaat.

Om de optimale bedrijfswinst te kunnen bepalen is inzicht nodig in a: de kans op een aantal werkbare dagen per periode

b: de samenhang tussen begindatum van de oogstperiode, de oogstcapaciteit, de toelaatbare werkomstandigheden en de opbrengst.

Getracht is bedoelde samenhang voor een normaal gedraineerde middelzware zavelgrond te bepalen, ondermeer is daarbij gebruik gemaakt van een analoog model onverzadigde stroming (WIND, 1972).

## 2. BEPALING VAN DE WERKBARE DAGEN

### 2.1. H e t b e g r i p w e r k b a a r h e i d

Door WIND (1976) en PERDOK en TANIS (1975) wordt de vochtspanning ( $\psi$ ) van de grond gehanteerd als norm voor de werkbaarheid van de grond. De vochtspanning is een negatieve waarde uitgedrukt in cm waterkolom. In het hiernavolgende volgende wordt de vochtspanning weergegeven als een onderdruk.

De grond wordt werkbaar genoemd wanneer de vochtspanning gedurende zekere tijd groter of gelijk is aan een zekere grenswaarde. De grenswaarde noemen we de werkbaarheidsgrens.

De werkbaarheidsgrens is dus die vochtspanning van de grond waarbij nog net kan worden gewerkt.

De werkbaarheidsgrens is afhankelijk van de werkzaamheden die uitgevoerd dienen te worden: voor het zaaien van suikerbieten is een andere grens vereist dan voor het oogsten ervan. Tevens is de werkbaarheidsgrens afhankelijk van de grondsoort: voor zandgrond gelden andere normen dan voor kleigrond.

Omdat over de werkbaarheidsgrens voor het oogsten van suikerbieten nog niet veel bekend is - VAN WIJK en FEDDES (1975) nemen een grens van  $\psi > 100$  cm aan - is voor een groot aantal werkbaarheidsgrenzen het aantal werkbare dagen bepaald.

### 2.2. B e p a l i n g v a n d e v e r d e l i n g v a n h e t a a n t a l w e r k b a r e d a g e n

Voor het bepalen van de verdeling van de werkbare dagen is inzicht nodig in het verloop van de vochtspanning van de grond gedurende de oogstperiode. Daartoe is gebruik gemaakt van een hydraulisch analogon zoals beschreven door WIND (1972).

Door de regen en verdampingscijfers in het analogon in te voeren kan het verloop van de vochtspanning worden verkregen. In het model zijn ingevoerd de regen- en verdampingscijfers van het KNMI-station Vlissingen van 1 september tot en met 29 november (90 dagen) van de jaren 1955 tot en met 1974 (20 jaren). Met een

pakket computerprogramma's is de op ponsband verkregen output vrij eenvoudig statistisch te werken.

Door het verdampingsoverschot dat in de meeste jaren in de zomermaanden ontstaat zal er op 1 september een zeker vochttekort zijn ten opzichte van de evenwichtssituatie. Dit tekort is aan de hand van de regen en verdampingscijfers van de voorgaande maanden zo nauwkeurig mogelijk geschat. De grondsoort is een zavel onder andere voorkomend in de Hoekse Waard. Aangenomen is dat het klimaat constant is dit wil zeggen er is geen tendens naar nattere of drogere herfst. Statistisch gezien is 20 jaar een korte reeks voor het uitvoeren van kansberekeningen. Uitbreiding van de reeks is wegens het ontbreken van meteorologische gegevens niet mogelijk geweest.

### 3. RESULTATEN

#### 3.1. Het totaal aantal werkbare dagen

De oogst van suikerbieten vindt plaats in de herfst. Veelal onder verslechterende weersomstandigheden.

Het aantal werkbare dagen in de herfst wordt vooral bepaald door de verdeling van de neerslag. De regen valt op het maaiveld, de grond wordt hierdoor natter en kan alleen opdrogen door verdamping en transport naar drain of grondwater. Voor kleigronden is de verticale doorlatendheid vrij klein - al of niet extra belemmerd door een ploegzool. In het najaar is de verdamping gering, zodat bij een regelmatig regenpatroon de bovengrond niet meer opdroogt maar steeds natter wordt (BOELS en WIND, 1975). Het aantal werkbare dagen per tijdvak zal dan ook afnemen. Het is duidelijk dat het aantal werkbare dagen sterk varieert met de keuze van de werkbaarheids grens. Het aantal werkbare dagen zal groot zijn als bij een lage vochtspanning nog wordt gewerkt en afnemen naarmate een drogere grond vereist is. Het is danook van groot belang te weten bij welke werkbaarheids grens de verschillende werkzaamheden nog uitgevoerd kunnen worden.

Met behulp van de vochtspanningsgegevens van 20 herfstten, verkregen uit het hydraulisch analogon, kan voor elke willekeurige werkbaarheidsgrens het aantal werkbare dagen per jaar worden bepaald (tabel 1).

In tabel 1 wordt per jaar aangegeven het aantal dagen waarop de vochtspanning groter of gelijk is aan een zekere grenswaarde. Omdat het hier een overschrijdingswaarde betreft zal het aantal werkbare dagen toenemen naarmate de gekozen grenswaarde lager is. In deze tabel zijn ook opgenomen de zaterdag en zondagen.

Uit de tabel blijkt duidelijk hoe slecht de omstandigheden in 1974 geweest zijn. Vergelijking van 1974 met 1968 doet vermoeden dat in 1968 de omstandigheden nog slechter zijn geweest. In 1968 is echter alleen een klein aantal dagen met een vochtspanning van  $> 100$  cm geweest. Dit is veroorzaakt door de natte zomer van 1968 waardoor er maar een gering vochttekort in de bodem aanwezig was. Bij een werkbaarheidsgrens van  $\psi \geq 100$  cm is het aantal werkbare dagen in 1968 en 1974 nagenoeg gelijk. Ligt de werkbaarheidsgrens bij  $\psi < 100$  cm dan neemt het aantal dagen in 1968 veel sneller toe dan in 1974. Omdat in 1968 geen al te grote oogstmoeilijkheden zijn opgetreden kan verondersteld worden dat de werkbaarheidsgrens in de buurt van de vochtspanning van 100 cm ligt.

### 3.2. De kansverdeling van het aantal werkbare dagen

Door aan elk jaar een gelijk gewicht toe te kennen wordt de kans  $P$  op een aantal werkbare dagen in de herfstperiode bij een zekere werkbaarheidsgrens:  $P = \frac{1}{n+1}$  waarin  $n$  het aantal herfstten is. Door de gegevens uit tabel 1 van hoog naar laag te rangschikken kan er een cumulatieve frequentieverdeling van worden gemaakt (fig.1). In deze figuur wordt weergegeven de overschrijdingskans op een  $x$  aantal dagen bij een zekere werkbaarheidsgrens. Er is bijvoorbeeld een kans van 80% op 18 of meer dagen met een vochtspanning gelijk of groter dan 100 cm, dit wil zeggen in 8 van 10 jaren zijn in de herfstperiode minstens 18 dagen, waarop de vochtspanning  $> 100$  cm, in 2 van de 10 jaren is het aantal kleiner dan 18.

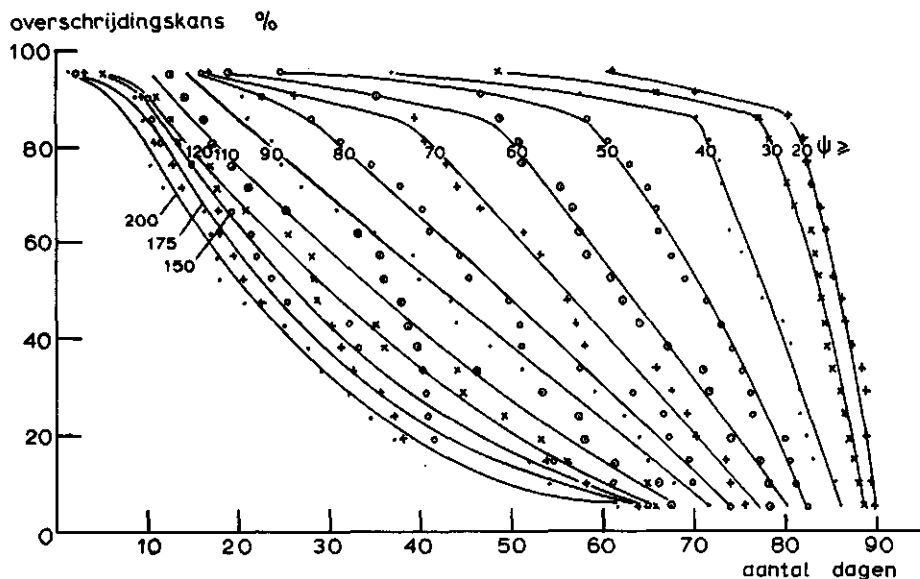


Fig. 1. Kans (P) op een aantal dagen waarop een bepaalde vochtspanning wordt overschreden berekend over 20 jaar

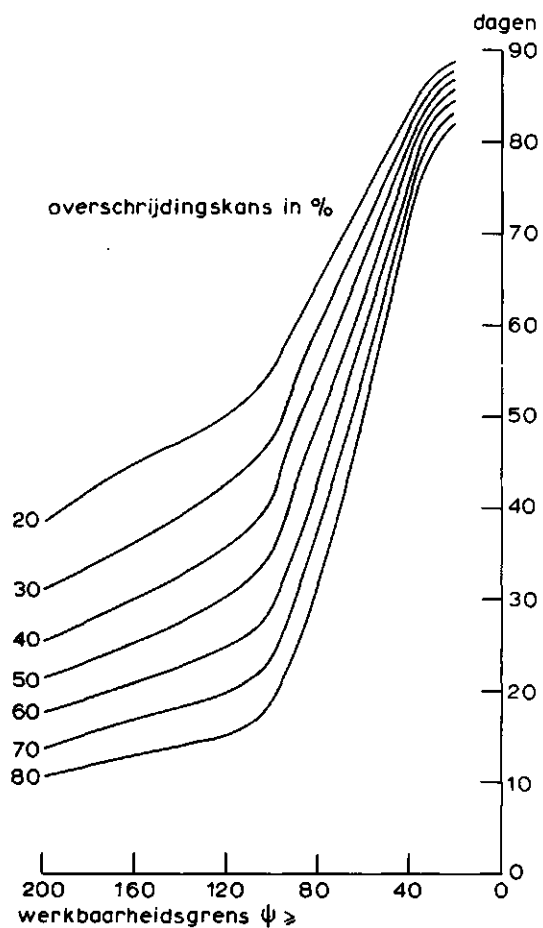


Fig. 2. Aantal dagen waarop de vochtspanning groter of gelijk is van een zekere grenswaarde voor verschillende overschrijdingskansen

Tabel I. Totaal aantal dagen in de periode 1 september tot en met 29 november (90 dagen), waarop de vochtspanning van de grond groter of gelijk is aan de gestelde werkbaarheidsgrens. De laagste totalen zijn onderstreept

| Werk-<br>baar-<br>heids-<br>grens | JAREN |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                   | 55    | 56   | 57   | 58   | 59   | 60   | 61   | 62   | 63   | 64   | 65   | 66   | 67   | 68   | 69   | 70   | 71   | 72   | 73   | 74   |
| $\psi > 200$                      | 9,8   | 16,4 | 10,0 | 17,0 | 51,8 | 11,8 | 20,8 | 37,0 | 10,4 | 19,2 | 25,2 | 18,2 | 32,2 | 1,4  | 61,6 | 17,8 | 54,0 | 28,4 | 34,6 | 8,8  |
| 175                               | 13,8  | 17,8 | 10,4 | 18,0 | 53,8 | 12,8 | 22,4 | 38,2 | 10,8 | 32,8 | 31,8 | 19,6 | 35,6 | 2,0  | 64,0 | 20,4 | 58,2 | 50,2 | 37,2 | 9,4  |
| 150                               | 15,0  | 19,4 | 10,4 | 22,0 | 54,6 | 15,0 | 25,4 | 40,6 | 11,6 | 33,6 | 40,2 | 21,4 | 40,8 | 2,6  | 65,0 | 23,8 | 61,2 | 32,2 | 41,6 | 10,6 |
| 140                               | 16,0  | 20,2 | 10,6 | 23,2 | 55,0 | 16,0 | 26,2 | 41,4 | 11,6 | 34,2 | 43,6 | 22,4 | 42,8 | 2,8  | 65,0 | 25,2 | 61,8 | 33,2 | 45,6 | 11,8 |
| 130                               | 16,8  | 20,6 | 10,6 | 24,4 | 55,6 | 16,2 | 27,8 | 42,6 | 12,0 | 34,8 | 46,4 | 24,8 | 44,2 | 3,6  | 65,0 | 26,8 | 63,2 | 34,4 | 49,6 | 12,6 |
| 120                               | 17,0  | 21,0 | 11,0 | 28,6 | 56,2 | 17,8 | 28,2 | 44,2 | 12,4 | 35,2 | 49,2 | 25,6 | 44,8 | 5,2  | 65,4 | 28,4 | 65,0 | 36,0 | 53,4 | 12,8 |
| 110                               | 19,4  | 22,8 | 12,4 | 31,0 | 56,6 | 18,2 | 33,8 | 45,2 | 15,0 | 36,0 | 52,4 | 28,4 | 46,6 | 6,8  | 66,2 | 30,8 | 65,8 | 36,4 | 56,8 | 13,4 |
| 100                               | 21,0  | 25,4 | 16,2 | 38,6 | 58,0 | 19,2 | 39,6 | 46,0 | 17,0 | 36,2 | 57,4 | 35,6 | 53,2 | 12,6 | 66,2 | 33,2 | 67,4 | 37,6 | 61,4 | 14,0 |
| 90                                | 24,8  | 30,8 | 20,6 | 52,2 | 64,0 | 21,2 | 43,8 | 47,6 | 27,0 | 39,4 | 62,4 | 43,4 | 59,2 | 23,8 | 67,8 | 35,0 | 71,6 | 40,0 | 65,0 | 14,4 |
| 80                                | 31,4  | 40,2 | 28,2 | 57,4 | 69,4 | 22,8 | 50,8 | 49,6 | 37,8 | 44,2 | 67,2 | 51,0 | 63,0 | 34,6 | 69,8 | 40,8 | 74,2 | 45,4 | 66,8 | 16,2 |
| 70                                | 39,6  | 51,4 | 40,6 | 65,8 | 74,0 | 26,4 | 57,2 | 58,0 | 42,8 | 53,2 | 69,4 | 56,2 | 67,8 | 44,2 | 73,6 | 46,6 | 75,6 | 53,2 | 70,2 | 16,6 |
| 60                                | 48,8  | 58,2 | 55,4 | 71,0 | 78,2 | 35,4 | 64,0 | 67,2 | 51,2 | 56,8 | 71,6 | 62,2 | 71,6 | 50,8 | 78,4 | 57,4 | 77,4 | 60,8 | 74,0 | 19,0 |
| 50                                | 60,8  | 69,2 | 65,0 | 76,6 | 82,6 | 46,8 | 71,4 | 74,0 | 58,6 | 66,4 | 75,2 | 73,0 | 76,2 | 63,2 | 81,4 | 66,0 | 80,6 | 67,8 | 80,2 | 24,8 |
| 40                                | 71,8  | 79,8 | 73,2 | 82,2 | 86,2 | 57,6 | 75,4 | 80,8 | 70,4 | 73,2 | 80,6 | 77,6 | 81,6 | 77,2 | 85,6 | 73,0 | 83,0 | 74,0 | 81,8 | 36,8 |
| 30                                | 85,2  | 86,0 | 78,0 | 88,6 | 88,4 | 66,2 | 80,2 | 87,8 | 78,0 | 77,4 | 83,2 | 84,0 | 87,2 | 84,6 | 86,6 | 83,0 | 84,4 | 81,0 | 83,8 | 48,6 |
| 20                                | 89,0  | 89,8 | 82,8 | 89,0 | 89,4 | 70,2 | 82,0 | 88,4 | 82,4 | 80,4 | 84,6 | 86,4 | 88,8 | 87,4 | 88,8 | 85,4 | 86,6 | 84,6 | 83,8 | 61,2 |



Het verband tussen de werkbaarheidsgrens en het aantal werkbare dagen voor gelijkblijvende overschrijdingskansen wordt weergegeven in fig. 2. Er is bijvoorbeeld een kans van 80% op 10 of meer werkbare dagen bij een werkbaarheidsgrens van  $\geq 200$  cm, 15 of meer dagen bij een werkbaarheidsgrens van  $\geq 120$  cm en 50 of meer dagen bij een werkbaarheidsgrens van  $\geq 60$  cm enzovoort (fig. 2). Opvallend is de sterke stijging van het aantal werkbare dagen wanneer de werkbaarheidsgrens lager dan 100 cm ligt.

Dit is wellicht te verklaren uit het feit dat de ontwateringsdiepte van de grond op 100 cm -mv gesteld is. Vochtspanningen  $> 100$  cm kunnen alleen voorkomen tengevolge van verdamping. Omdat de verdamping in de herfst steeds afneemt zal het aantal dagen met een vochtspanning  $\geq 100$  cm kleiner zijn dan het aantal dagen met vochtspanningen  $< 100$  cm. Het zal wellicht nuttig zijn de invloed van de ontwateringsdiepte nader te onderzoeken.

### 3.3. B e g i n d a t u m v a n d e o o g s t p e r i o d e

De begindatum van de oogstperiode is van groot belang op de uiteindelijke opbrengst. Uitstel van de begindatum heeft een langer groeiseizoen tot gevolg en daardoor een hogere opbrengst (fig. 3).

Wanneer bij een zekere vochtspanning van de grond niet meer gewerkt wordt neemt de kans op oogstderving toe. De begindatum van de oogstperiode moet zodanig worden gekozen dat met een zekere kans het totaal te oogsten oppervlak bij een gegeven aantal werkbare dagen vóór een bepaalde datum geoogst is. Dit aantal werkbare dagen noemen we het benodigd aantal werkbare dagen: BWD. Met behulp van de gegevens uit het analogon kan per jaar de begindatum van de oogstperiode worden bepaald, afhankelijk van het benodigd aantal werkbare dagen.

Aangenomen is dat 30 november die uiterste datum is waarop de totale oppervlakte geoogst moet zijn.

Door vanaf 30 november het aantal dagen te sommeren waarop de vochtspanning groter of gelijk is aan de werkbaarheidsgrens, wordt de begindatum gevonden op dat tijdstip waarop de som gelijk is aan

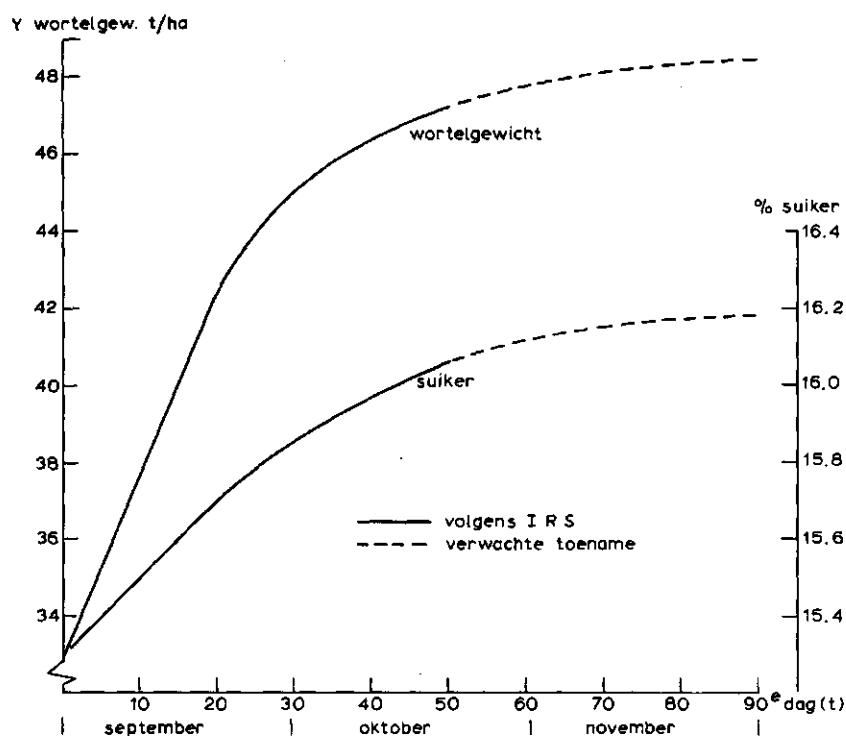


Fig. 3. Gemiddelde toename wortelgewicht en suikergehalte van suikerbieten (1953 t/m 1972)

het benodigd aantal werkbare dagen. Zijn bijvoorbeeld 6 werkbare dagen benodigd en de werkbaarheidsgrens is 100 cm dan worden vanaf 30 november alle dagen gesommeerd waarop de vochtspanning > 100 cm is. De datum waarop de 6e dag is bereikt is de begindatum.

Dit kan worden gedaan voor een aantal werkbaarheidsgrenzen, en variatie in het benodigd aantal werkbare dagen voor alle jaren. Een voorbeeld hiervan is gegeven in tabel 2.

Voor een BWD van 12 is de begindatum van de oogst bepaald voor de laatste 20 herfstten bij verschillende werkbaarheidsgrenzen.

De getallen geven het aantal dagen weer na 1 september.

In 1962 moet bijvoorbeeld op de 44e dag na 1 september dit wil zeggen 14 oktober met de oogst begonnen zijn om in 12 dagen voor 30 november het te oogsten oppervlak geogst te hebben. Getallen  $\leq 0$  geven aan dat al vóór 1 september met de oogst zou moeten zijn begonnen.

Tabel 2. Begindata (1 = 1 september) oogstperiode van 12 werkbare dagen in de verschillende jaren bij verschillende werkbaarheidsgrenzen

| BWD 12<br>Werkbaar-<br>heidsgrens | JAREN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|
|                                   | 55    | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68  | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 |
| $\psi > 200$                      | -2    | 19 | -2 | 6  | 41 | 0  | 21 | 44 | -1 | 25 | 43 | 21 | 28 | -10 | 54 | 7  | 56 | 39 | 55 | -3 |
| 175                               | 2     | 19 | -1 | 7  | 43 | 7  | 22 | 44 | -1 | 26 | 52 | 21 | 32 | -9  | 56 | 9  | 57 | 39 | 55 | -2 |
| 150                               | 3     | 19 | -1 | 11 | 43 | 9  | 23 | 44 | 0  | 26 | 57 | 21 | 36 | -9  | 56 | 25 | 57 | 39 | 56 | -1 |
| 140                               | 5     | 19 | -1 | 13 | 44 | 9  | 24 | 44 | 0  | 26 | 59 | 22 | 36 | -9  | 56 | 26 | 57 | 39 | 58 | 0  |
| 130                               | 8     | 19 | -1 | 14 | 44 | 10 | 25 | 44 | 0  | 26 | 60 | 24 | 37 | -8  | 56 | 27 | 57 | 39 | 60 | 1  |
| 120                               | 8     | 19 | -1 | 17 | 45 | 10 | 25 | 45 | 13 | 26 | 62 | 25 | 38 | -7  | 57 | 27 | 58 | 39 | 64 | 1  |
| 110                               | 11    | 19 | 1  | 20 | 45 | 11 | 36 | 45 | 15 | 26 | 64 | 27 | 38 | -5  | 57 | 28 | 58 | 39 | 65 | 2  |
| 100                               | 12    | 20 | 4  | 34 | 47 | 11 | 43 | 45 | 17 | 26 | 67 | 32 | 43 | 0   | 57 | 29 | 60 | 39 | 68 | 3  |
| 90                                | 16    | 25 | 9  | 59 | 53 | 12 | 46 | 45 | 24 | 29 | 68 | 45 | 55 | 50  | 58 | 30 | 62 | 40 | 70 | 3  |
| 80                                | 19    | 35 | 40 | 79 | 58 | 13 | 76 | 45 | 57 | 33 | 71 | 50 | 56 | 58  | 60 | 43 | 64 | 45 | 71 | 4  |
| 70                                | 44    | 47 | 72 | 79 | 69 | 16 | 76 | 51 | 57 | 58 | 72 | 52 | 75 | 74  | 63 | 48 | 65 | 56 | 73 | 11 |
| 60                                | 52    | 75 | 75 | 79 | 78 | 29 | 76 | 68 | 59 | 61 | 72 | 59 | 76 | 76  | 67 | 61 | 67 | 63 | 74 | 13 |
| 50                                | 65    | 79 | 76 | 79 | 79 | 51 | 76 | 72 | 62 | 68 | 74 | 65 | 77 | 77  | 70 | 72 | 70 | 69 | 75 | 18 |

Ook in deze tabel is het verschil tussen 1968 en 1974 frappant. Bij een werkbaarheidsgrens van  $\psi \geq 100$  cm moet in 1968 de oogst al vóór 1 september aanvangen en in 1974 op 3 september, bij een werkbaarheidsgrens van  $\psi > 90$  cm verandert er in 1974 niets terwijl in 1968 de begindatum van de oogst uitgesteld kan worden tot de 50e dag.

#### 3.4. Kansverdeling van de begindatum

Door de aldus verkregen begindata van de oogstperiode op dezelfde wijze als de gegevens uit tabel 1 onder te brengen in een cumulatieve kansverdeling kan voor ieder benodigd aantal werkbare dagen de begindatum worden vastgesteld waarop met de oogst moet worden begonnen om - met een zekere kans - het benodigd aantal werkbare dagen ter beschikking te hebben.

Ter verduidelijking wordt het begrip oogstzekerheid geïntroduceerd. Een oogstzekerheid van 80% wil zeggen dat in 8 van de 10 jaren tussen de begindatum van de oogst en 30 november een voldoende aantal werkbare dagen voorkomt om het totaal oppervlak te oogsten; in 2 van 10 jaren is het aantal werkbare dagen niet toereikend, dit alles uiteraard bij een zekere werkbaarheidsgrens. De keuze van de oogstzekerheid beïnvloedt de begindatum van de oogstperiode met dien verstande dat de begindatum uitgesteld kan worden naarmate de oogstzekerheid kleiner wordt maar het risico op een tekort aan werkbare dagen wordt groter.

In fig. 4 wordt weergegeven de invloed van de keuze van de oogstzekerheid op de begindatum in afhankelijkheid van de werkbaarheidsgrens. Is het benodigd aantal werkbare dagen op 4 gesteld en de werkbaarheidsgrens op 120 cm dan is de begindatum bij een oogstzekerheid van 90% 9 september, bij 80% 19 en bij 70% 22 september.

Is het benodigd aantal werkbare dagen echter 12 dan blijkt dat bij een oogstzekerheid van 80 en 90% de werkbaarheidsgrens niet boven 140 respectievelijk 110 cm gelegd kan worden of er moet voor 1 september worden begonnen met de oogst.

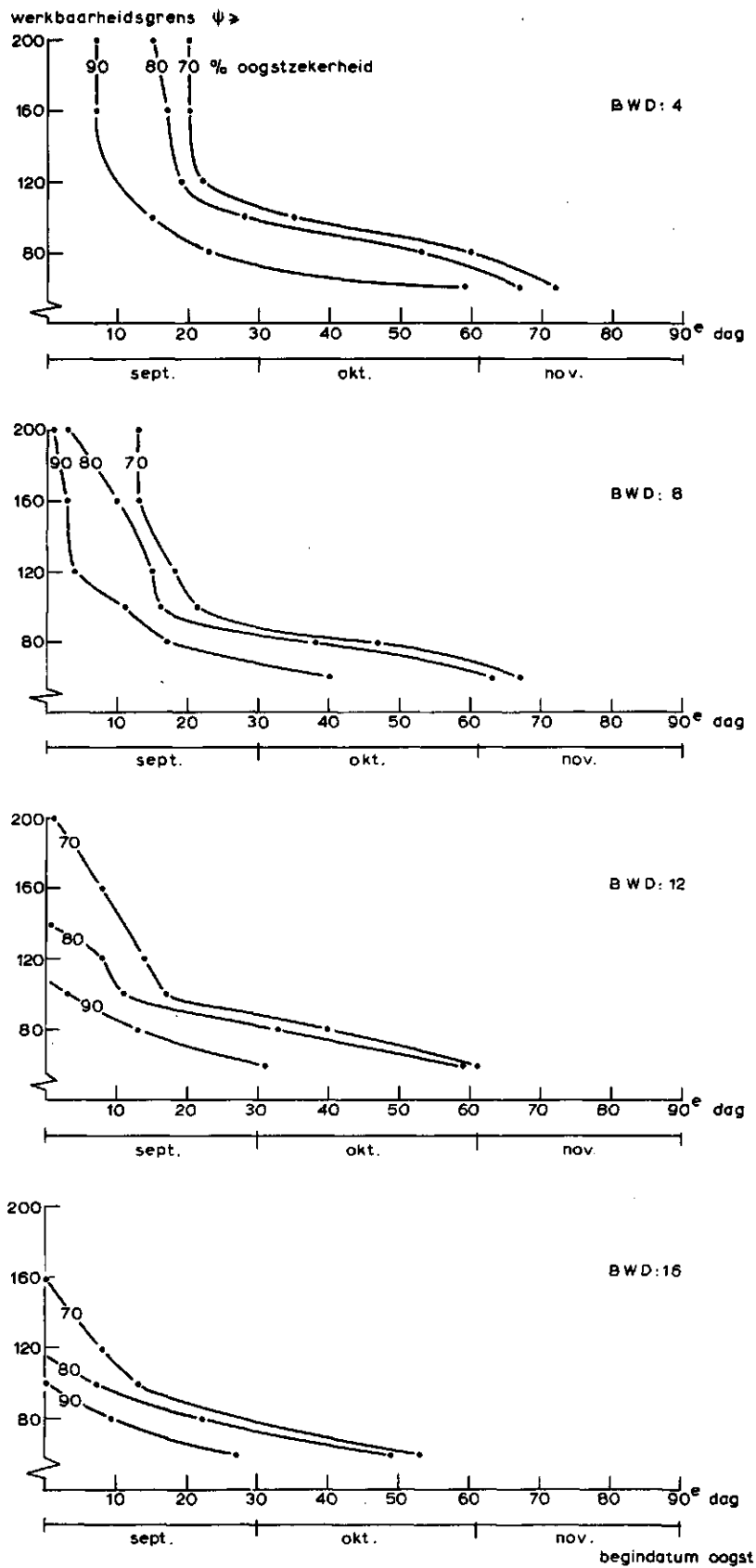


Fig. 4. Invloed van de keuze van de oogstzekerheid op de begindatum van de oogst bij verschillen in BWD

In fig. 5 wordt het verband getoond tussen het benodigd aantal werkbare dagen en de begindatum van de oogstperiode voor een oogstzekerheid van 80%. Is bijvoorbeeld het benodigd aantal werkbare dagen 14 en de werkbaarheidsgrens 120 cm dan is de begindatum 1 september, kan het benodigd aantal dagen verminderd worden tot 4, dan hoeft pas op 19 september begonnen te worden.

Opmerkelijk is de verschuiving van de begindatum wanneer de werkbaarheidsgrens lager dan 100 cm wordt. Leggen we in het zojuist gegeven voorbeeld de werkbaarheidsgrens bij 80 cm dan is de begindatum bij een oogstperiode van 14 dagen 1 oktober en bij 4 dagen 23 oktober. Uit de fig. 4 en 5 blijkt dat uitstel van de oogstdatum dit wil zeggen verlenging van het groeiseizoen kan worden verkregen door:

- verlaging van de werkbaarheidsgrens
- vermindering van het benodigd aantal werkbare dagen

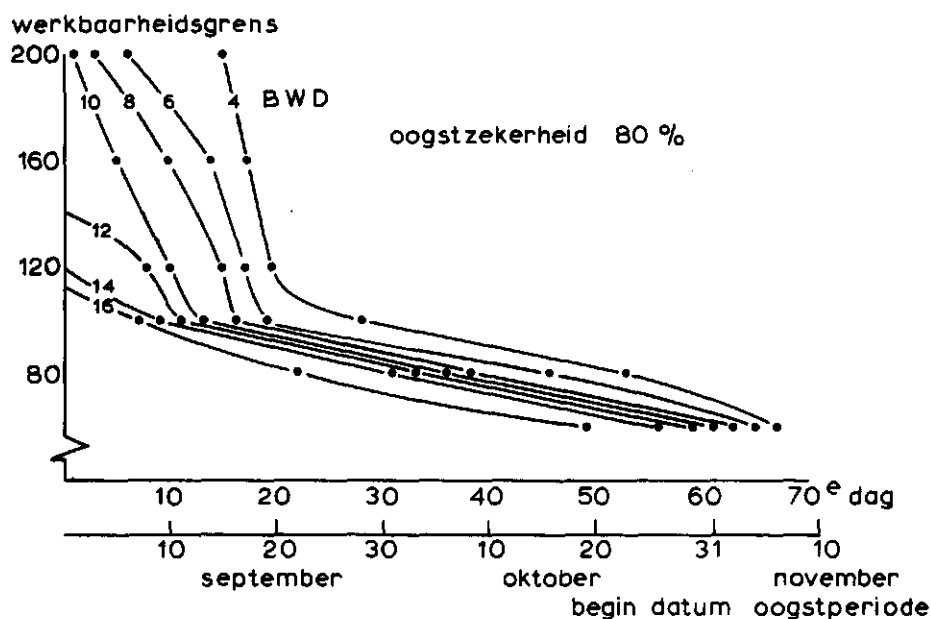


Fig. 5. Invloed van het benodigd aantal werkbare dagen (BWD) op de begindatum van de oogst

### 3.5. Gewasopbrengst, afhankelijk van de begindatum van de oogstperiode

De benodigde tijd voor het oogsten van suikerbieten wordt bepaald door: de machine intensiteit  
de machine capaciteit

Onder machine intensiteit wordt verstaan de te oogsten oppervlakte per machine, uitgedrukt in ha per machine.

De capaciteit wil zeggen de oogstsnelheid, uitgedrukt in ha per dag per machine. Het verband tussen beide begrippen is:

$$BWD = \frac{\text{machine intensiteit}}{\text{machine capaciteit}}$$

Is bijvoorbeeld de intensiteit 100 ha voor 2 machines en de capaciteit is 4 ha per dag per machine is  $BWD = \frac{100/2}{4} = 12,5$ .

Het benodigd aantal werkbare dagen is dus sterk afhankelijk van de mechanisatiegraad. Verhoging van de mechanisatiegraad heeft tot gevolg dat het benodigd aantal werkbare dagen kan afnemen maar wekt uiteraard kostenverhogend terwijl verlaging van de mechanisatiegraad kostenbesparend werkt, maar daar staat tegenover dat het aantal werkbare dagen moet toenemen. Op het kostenaspect wordt in dit verband niet nader ingegaan.

De opbrengstcurve van suikerbieten wordt gekenmerkt door een steeds stijgende opbrengst naarmate het groeiseizoen verstrijkt (fig. 3). De opbrengst Y is afhankelijk van het tijdstip t.

De groeicurve is berekend aan de hand van gegevens van het I.R.S., Instituut voor de Rationele Suikerproductie en is een langjarig gemiddelde berekend over 20 jaar (VAN DEN HIL, 1975).

Niet gehinderd door de beperkingen van de grond zal het financieel het meest aantrekkelijk zijn zo laat mogelijk te oogsten, immers zowel het wortelgewicht als het suikergehalte blijft toenemen en uitbetaling geschiedt op basis van het suikergehalte.

Aan één aspect is in dit onderzoek voorbijgegaan namelijk de termijnlevering. In verband met de continuïteit van de bieten-campagne moet elke boer een gedeelte van zijn oogst op een bepaald

tijdstip aan de fabriek geleverd hebben. Voor de vroege levering wordt een prijscompensatie toegepast in verband met een lagere suikeropbrengst, voor de late levering geldt deze compensatie voor suikerverlies en afdek materiaal tijdens de opslagperiode. Een ontegenzeggelijk feit is echter, dat de suikerproductie toeneemt naarmate de groeiperiode langer is, evenzeer staat vast dat de lengte van de campagne van invloed is op de prijs die de fabriek zijn leveranciers kan betalen. In dit artikel zal niet getracht worden aan te geven welke premies, reducties of compensaties moeten worden toegepast in afhankelijkheid van de leveringsdatum. Het is een uitsluitend landbouwtechnische beschouwing, die mogelijk wel een bijdrage kan leveren tot de meningsvorming hieromtrent.

De opbrengst per jaar is berekend door de uit fig. 4 verkregen begindata als werkelijke begindatum voor elk jaar te beschouwen. Door vanaf die datum het aantal werkbare dagen tot het maximaal benodigd aantal te sommeren kan het relatief geogst oppervlak berekend worden. Omdat gerekend wordt met oogstzekerheden van 70, 80 en 90% zal in respectievelijk 6, 4 en 2 van de 20 herfstten een gedeelte niet geogst worden.

Het relatief geogst oppervlak  $A_{rel.}$  kan worden beschreven:

$$A_{rel.} = \frac{1}{BWD} \cdot \sum_{t_e}^{t_b} \varepsilon(t) < 1 \quad (1)$$

waarin:

$t_b$  = de begindatum van de oogstperiode

$t_e$  = het einde van de oogstperiode (29 november)

$\varepsilon(t) = 1$  wanneer een dag als werkbaar wordt beschouwd

$\varepsilon(t) = 0$  wanneer een dag als niet-werkbaar wordt gesteld

Door de op die manier verkregen data  $t$  te vermenigvuldigen met de opbrengst  $Y$  van de groeicurve kan de relatieve oogst worden berekend.

De relatieve oogst  $Y_{rel.}$  wordt dan:

$$Y_{rel.} = \frac{1}{BWD} \cdot \sum_{t_e}^{t_b} \varepsilon(t) \cdot Y(t) \text{ in ton.ha}^{-1} \quad (2)$$



Uit (1) blijkt dat de relatief geogoste oppervlakte kleiner kan zijn dan 1. De grootte van dat resterende gedeelte  $A_{rest}$  kan worden uitgedrukt als:

$$A_{rest} = \frac{1}{BWD} \left\{ BWD - \sum_{t_e}^{t_b} \epsilon(t) \right\} \quad (3)$$

Dit gedeelte van het totale oppervlak wordt geacht geogost te zijn na 29 november. Tengevolge van rooiverliezen, vorstschade en extra tarra is de opbrengst hiervan gesteld op 0,5 Y(e) waarin Y(e) de opbrengst is op 30 november. De opbrengst van dit gedeelte wordt dan

$$Y_{rest} = \frac{1}{BWD} \left\{ BWD - \sum_{t_e}^{t_b} \epsilon(t) \right\} \cdot 0,5 Y(e) \quad (4)$$

Door samenvoeging van (2) en (4) ontstaat de totale opbrengst  $Y_{tot}$  per jaar:

$$Y_{tot} = \frac{1}{BWD} \cdot \left[ \sum_{t_e}^{t_b} \epsilon(t) \cdot Y(t) + \left\{ BWD - \sum_{t_e}^{t_b} \epsilon(t) \right\} \cdot 0,5 Y(e) \right] \quad (5)$$

De grootte van de opbrengst wordt weergegeven in fig. 6 voor verschillende oogstzekerheden wordt daar het verband getoond tussen de opbrengst en de keuze van de werkbaarheidsgrens bij verschillen in het benodigd aantal werkbare dagen. De opbrengst is weergegeven als een procentuele opbrengst gerelateerd aan de potentiële opbrengst wanneer op 1 september geogost zou zijn. Uit de figuur blijkt duidelijk dat de opbrengst stijgt naarmate de werkbaarheidsgrens bij een lagere vochtspanning wordt gelegd. Dit wordt nog versterkt door het benodigd aantal werkbare dagen te verkleinen. Is bijvoorbeeld bij een oogstzekerheid van 80% de werkbaarheidsgrens  $\psi \geq 100$  cm dan is de opbrengst bij een BWD van 16 dagen 121%, bij een oogstduur van 4 dagen is de opbrengst gestegen tot 130%.

De lijnen van een BWD van 12 en 16 lopen niet geheel door tot de 200 cm grens. Dit is te verklaren uit fig. 4. Daar blijkt dat bij deze aantal werkbare dagen de begindatum van de oogst zou vallen vóór 1 september. Deze combinatie van werkbaarheidsgrens en benodigd aantal werkbare dagen blijkt niet realistisch en is buiten beschouwing gelaten.

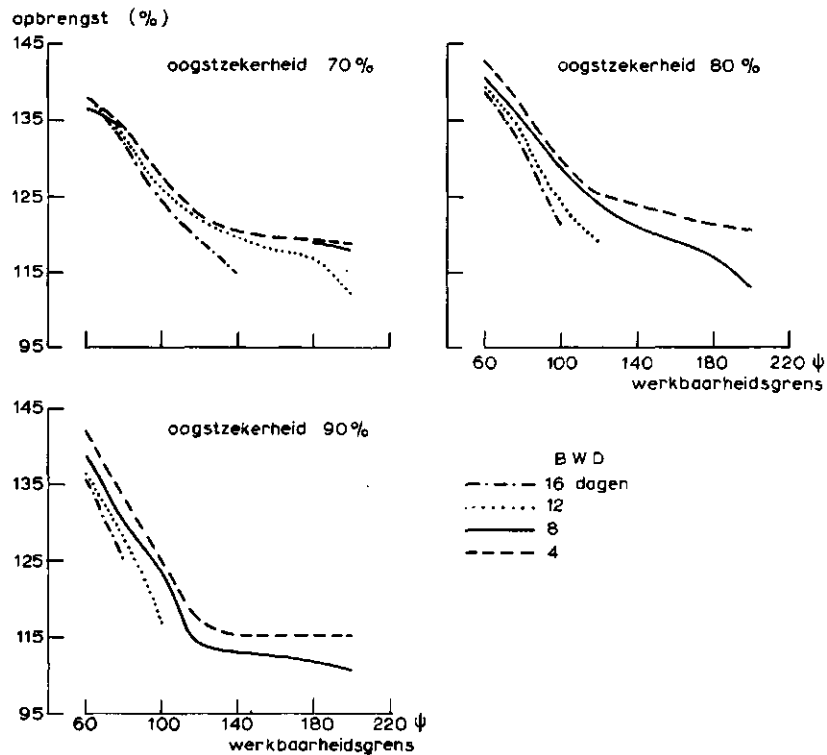


Fig. 6. Verband tussen de procentuele opbrengst en de werkbaarheidsgrens bij verschillen in BWD en oogstzekerheid. 100% is de potentiële opbrengst bij oogst op 1 september

### 3.6. Invloed van de keuze van de oogstzekerheid, het benodigd aantal werkbare dagen en de werkbaarheidsgrens op de opbrengst

Uit fig. 6 blijkt dat de grootte van de opbrengst wordt bepaald door 3 factoren: de oogstzekerheid

het benodigd aantal werkbare dagen

de werkbaarheidsgrens

De oogstzekerheid oefent net als de andere 2 factoren, invloed

uit op de begindatum van de oogst. Is de oogstzekerheid klein dan kan de begindatum uitgesteld worden, de kans op oogstderving neemt echter toe. Is de oogstzekerheid groot dan is de kans op oogstderving kleiner maar de begindatum van de oogst valt vroeg waardoor tengevolge van de functie  $Y(t)$  de opbrengst ongunstig wordt beïnvloed.

Fig. 7 toont de invloed van de keuze van de oogstzekerheid op de procentuele opbrengst voor verschillende werkbaarheidsgrenzen benodigd aantal werkbare dagen.

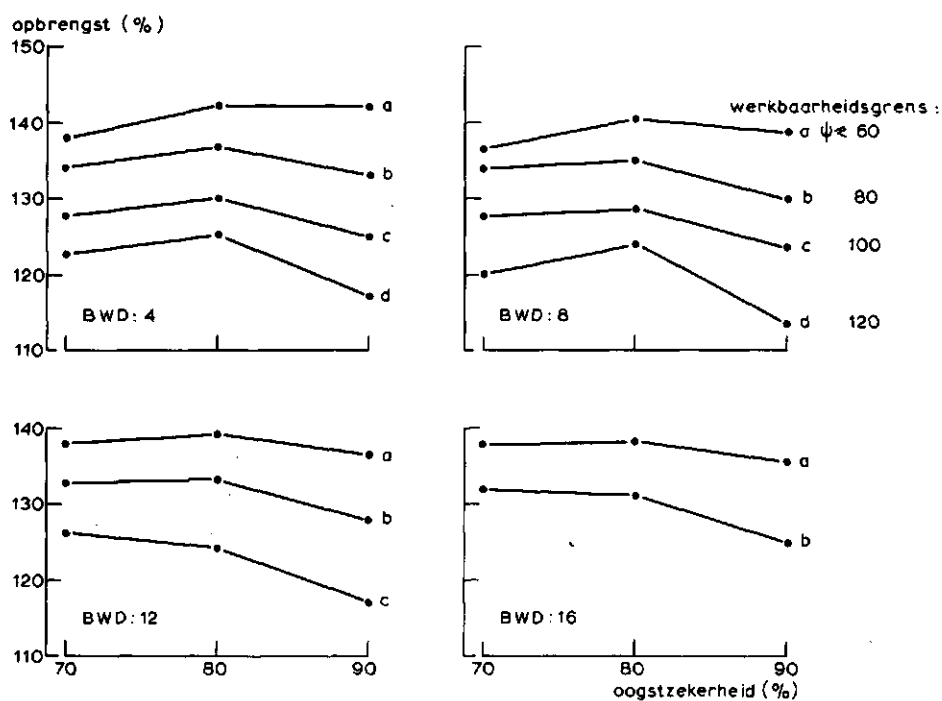


Fig. 7. Invloed van de keuze van de oogstzekerheid op de procentuele opbrengst. 100% is de potentiële opbrengst bij oogst op 1 september.

Uit de figuren (7) blijkt dat een oogstzekerheid van 80% de hoogste opbrengst geeft, bovendien blijkt dat verschil tussen 80 en 90% groter is dan tussen 80 en 70%. Hieruit kan afgeleid worden dat het nemen van risico's voordeliger is dan een te voorzichtige houding.

Opbrengstverhoging wordt ook veroorzaakt door vermindering van het benodigd aantal werkbare dagen en verlaging van de werkbaarheidsgrens (fig. 6).

Beide factoren beïnvloeden elkaar gunstig maar hebben ook hun specifieke kosten. In tabel 3 en 4 wordt aangegeven het aandeel van elk van deze factoren in de opbrengstverhoging. Dit is uiteraard van groot belang bij de afweging van de voor en nadelen van die factoren.

Tabel 3. Procentuele opbrengstverhoging tengevolge van vermindering van het benodigd aantal werkbare dagen. BWD = 12 is op 100% gesteld. Oogstzekerheid 80%

| $\psi$ \ BWD | 12  | 10    | 8     | 6     | 4     |
|--------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 120          | 100 | 101,1 | 103,4 | 104,7 | 105,5 |
| 100          | 100 | 101,1 | 103,6 | 104,7 | 105,1 |
| 80           | 100 | 100,5 | 101,1 | 102,4 | 102,6 |
| 60           | 100 | 100,4 | 100,7 | 101,3 | 102,2 |
| gem.         | 0   | 0,8   | 2,2   | 3,3   | 3,9   |

Tabel 4. Procentuele opbrengstverhoging tengevolge van verlaging van de werkbaarheidsgrens bij verschillen in BWD. Oogstzekerheid 80%

| BWD \ $\psi$ | 120 | 100   | 80    | 60    |
|--------------|-----|-------|-------|-------|
| 4            | 100 | 103,8 | 109,2 | 113,7 |
| 6            | 100 | 104,9 | 109,7 | 113,5 |
| 8            | 100 | 104,4 | 109,3 | 113,9 |
| 10           | 100 | 104,6 | 111,6 | 116,9 |
| 12           | 100 | 104,6 | 112,2 | 117,3 |
| gem.         | 0   | 4,5   | 10,4  | 15,1  |

Bij de berekening van tabel 3 is uitgegaan van de veronderstelling dat bij een oogstperiode van 12 dagen de opbrengst 100% is.

Uit de tabel valt een lichte opbrengststijging waar te nemen wanneer het benodigd aantal werkbare dagen afneemt, terwijl de toename kleiner wordt naarmate de werkbaarheidsgrens daalt.

Voor het verkrijgen van tabel 4 is de opbrengst bij een werkbaarheidsgrens van 120 cm op 100% gesteld.

De toename tengevolge van verlaging van de werkbaarheidsgrens blijkt veel groter dan de toename veroorzaakt door een kleiner benodigd aantal werkbare dagen. De totale opbrengstverhoging wordt dus voor het grootste gedeelte bewerkstelligd door verlaging van de werkbaarheidsgrens, verkorting van de oogstperiode heeft een veel kleiner opbrengstverhogend effect.

Door de factor kosten in de berekening te betrekken zal een juister oordeel over deze aspecten kunnen worden gegeven.

#### 4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Met behulp van een hydraulisch analogon is getracht verband te leggen tussen de vochtspanning van de grond, het aantal werkbare dagen, de lengte van de oogstperiode en de opbrengst van suikerbieten op een middelzware zavel. Hiertoe is de vochtspanning in de bovenlaag gedurende 20 herfstten gesimuleerd. Uitgegaan is van de gedachte dat de groeicurve van suikerbieten in ogenschouw nemende - uitstel van de oogstdatum binnen zekere grenzen verhoging van de opbrengst zal bewerkstelligen.

Uitstel van de oogstdatum kan worden verkregen door de werkbaarheidsgrens, dat is die vochtspanning van de grond waarbij nog gewerkt kan worden, te verhogen of door het benodigde aantal werkbare dagen te verminderen - dit wil zeggen de machineintensiteit te vergroten - en door combinatie van beide factoren. In verband met de specifieke kosten - die hier buiten beschouwing zijn gelaten - is geprobeerd het aandeel in de extra opbrengst van beide factoren afzonderlijk te bepalen.

Geconcludeerd kan worden dat het aantal werkbare dagen toeneemt wanneer de werkbaarheids grens bij een lagere vochtspanning wordt gelegd. (Werken onder nattere omstandigheden). Dit heeft tot gevolg dat de oogstperiode later in het groeiseizoen valt waardoor een verhoging van de opbrengst ontstaat.

Vergroting van de machine-intensiteit heeft ook tot gevolg dat de oogstdatum kan worden uitgesteld, maar het opbrengstverhogend effect is veel kleiner.

Door de specifieke kosten van beide factoren bij de interpretatie van de gegevens te betrekken zal een juister beeld kunnen worden gegeven.

Met betrekking tot de keuze van de oogstzekerheid kan gesteld worden dat een al te voorzichtige houding nadeliger is voor de opbrengst dan het nemen van een klein risico.

Onderzoek naar de invloed van de ontwateringsdiepte als extra dimensie van dit onderzoek verdient aanbeveling.

Tenslotte zij erop gewezen, dat in dit onderzoek op geen enkele wijze rekening is gehouden met eventuele premies voor vroege en late levering, noch met veranderingen die daarin worden aangebracht wanneer in de toekomst meer late leveringen zouden plaatsvinden.

## LITERATUUR

- BOELS, D. en G.P. WIND, 1975. Enkele cultuurtechnische aspecten van de oogstproblemen in 1974. Landbouwk. Tijdschr. 87, 96-100
- HIL, J. VAN DEN, 1975. Premies voor de vroege en late levering. Maandblad Suikerunie 7, 7, 8-10
- PERDOK, U.D. en T. Tanis, 1975. Onderzoek naar het aantal werk-  
bare dagen voor de voorjaarsgrondbewerking. Bedrijfs-  
ontwikkeling. 6, 633-635
- WIND, G.P., 1972. A hydraulic model for simulation of non-hysterctic  
vertical unsaturated flow of moisture in soils. Journal of  
Hydrology 15, 227-246
- \_\_\_\_\_ 1976. Application of analog and numerical models for an  
investigation in the influence of drainage on workability  
in Spring. Neth. Journ. Agr. Sci. 1976 in press
- WIJK, A.L.M. VAN en R.A. FEDDES, 1975. Invloed van de waterhuis-  
houding op de opbrengst van landbouwgewassen. Nota ICW  
867