

# Onderzoek naar werkbare dagen voor veldwerkzaamheden op akkerbouwbedrijven

*Workable days for field operations on arable farms*

door: G. Hokke en Ing. T. Tanis



Mansholtlaan 10—12, Wageningen, tel.19119

publikatie 109  
oktober 1978  
prijs f 7,50

# Samenvatting

Met behulp van een model en door middel van praktijkwaarnemingen is het aantal dagen vastgesteld waarop kleigrond van  $\pm 30\%$  afslibbaar over een reeks van dertig jaar aan bepaalde eisen ten aanzien van de bewerkbaarheid voldeed. Uit onderzoek is bekend onder welke omstandigheden de grond geschikt is voor het maken van een pootbed voor aardappelen, zodat het mogelijk was een kansverdeling te geven voor het aantal werkbare dagen voor deze bewerking.

Hoewel voor andere bewerkingen de eisen die aan de grond worden gesteld minder exact zijn geformuleerd, geeft het onderzoek toch ook hiervoor wel aanwijzingen. Voor weinig intensieve grondbewerkingen wordt aangenomen dat de bovengrens van het vochtgehalte, waarbij deze bewerkingen nog kunnen worden uitgevoerd, ligt bij veldcapaciteit (vochtspanning 100 millibar) of iets daaronder. Er zijn ook aanwijzingen dat het dan mogelijk is om aardappelen en bieten te rooien. Verder onderzoek in deze richting zou gewenst zijn.

Voor de praktijkwaarnemingen is vastgesteld dat de grond kan worden bewerkt wanneer deze als zeer droog, droog of vochtig is aangemerkt, terwijl dan ook de bieten en aardappelen kunnen worden geroid. Vergelijking van de modeluitkomsten met deze waarnemingen wijst uit dat de waarneming „vochtig” ongeveer overeenstemt met een vochtspanning van 100 mbar.

Het bekende feit dat het weer zeer grillig is, blijkt duidelijk uit de resultaten van dit onderzoek. Het aantal werkbare dagen kan van jaar tot jaar zeer sterk verschillen, terwijl ook in hetzelfde jaar de verschillen tussen de maanden groot zijn. De kans dat een „slechte” maand wordt opgevolgd door een „goede” is niet groot. Uit het onderzoek blijkt dat, wanneer in een bepaalde maand het aantal werkbare dagen beneden het gemiddelde ligt, dit in tweederde van het aantal jaren eveneens het geval is in de volgende maand.

Niet slechts het aantal werkbare dagen verschilt van jaar tot jaar sterk, maar eveneens het verdelingspatroon van deze dagen in een periode. Nagegaan is hoe lang een aaneengesloten reeks van werkbare dagen gemiddeld duurt. Bij een werkbaarheids-criterium van 200 mbar vochtspanning is dit in de tweede helft van maart en de eerste helft van april twee tot drie dagen en in de tweede helft van april zes dagen. Voor 100 mbar is de gemiddelde duur van de werkbare periode in de tweede helft van maart en de eerste helft van april vier tot vijf dagen, in de tweede helft van april twee dagen. In september en oktober is de duur van een aaneengesloten werkbare periode gemiddeld zes dagen en in november drie.

# Inhoud

Voorwoord

Samenvatting

Inleiding

1 Gevolgde werkwijze bij het onderzoek

1.1 Modelonderzoek

1.2 Praktijkwaarnemingen

1.3 Vaststellen van bewerkbaarheidscriteria

2 Resultaten

2.1 Gebruik van de tabellen

2.2 Werkbaarheid in de verschillende perioden van het jaar

2.3 Vergelijking van werkbare dagen voor de bodemlaag van 0-5 cm en 0-10 cm

2.4 Vergelijking uitkomsten modelonderzoek — praktijkwaarnemingen

3 Verschillen tussen de jaren

3.1 Aantal werkbare dagen

3.2 Verdelingspatroon van de werkbare dagen

4 Summary

5 Literatuur

Bijlagen

# Inleiding

De aanschaf van werktuigen en de keuze van de te volgen werkwijze vindt in de akkerbouw dikwijls gevoelsmatig of op grond van ervaringsfeiten plaats. Wanneer het slechts kleine wijzigingen betreft, bestaat hiertegen geen bezwaar. Voor grote veranderingen echter, die grote investeringen vergen en die gevolgen hebben voor de gehele arbeidsorganisatie van het bedrijf en dikwijls ook betrekking hebben op meerdere bedrijven, ligt de juiste oplossing niet altijd voor de hand. In die situatie is er behoefte aan calculaties die de te nemen beslissing funderen.

De ter beschikking staande rekenapparatuur en het groeiend aantal programma's voor het oplossen van vraagstukken op het gebied van machinekeuze en de daarmee verbonden arbeidsorganisatie en kosten, bieden hiertoe ook de mogelijkheid. Het behoeft echter geen betoog dat met de toename van deze mogelijkheden ook de behoefte aan juiste invoergegevens toeneemt. Met name ten aanzien van het aantal dagen, waarop bepaalde bewerkingen kunnen worden uitgevoerd, doet deze behoefte zich gevoelen.

Bij de machinekeuze gaat het er om het uit te voeren pakket van werkzaamheden en aan te schaffen machines zo op elkaar af te stemmen, dat de hoeveelheid werk kan worden verricht met inachtname van de beoogde kwaliteit en tegen zo laag mogelijke kosten. De beschikbare tijd voor de uitvoering van de werkzaamheden speelt hierbij een belangrijke rol.

Voor elke veldbewerking, die moet worden uitgevoerd, bestaat er een tijdstip waarop de omstandigheden optimaal zijn. De omstandigheden kunnen zijn de toestand van de grond, het gewas, het weer of combinaties hiervan. Op akkerbouwbedrijven speelt deze problematiek vooral in de voorjaarsperiode en tijdens de oogst van gewassen. Afwijking van het optimale tijdstip van zaaien en poten kan opbrengstderiving tot gevolg hebben, doordat de groeiperiode te kort wordt of doordat de bewerking plaatsvindt op een moment waarop de grond niet in goede conditie is.

Bij de oogst kunnen opbrengstverliezen, een minder goede kwaliteit van het ge oogste produkt, of schade aan de structuur van de grond het gevolg zijn van werken onder minder gunstige omstandigheden.

Een grote capaciteit van de werktuigen maakt het mogelijk de bewerkingen op een zo gunstig mogelijk tijdstip uit te voeren, maar hieraan zijn uiteraard hogere werktuigkosten verbonden. De werktuigcapaciteit dient zodanig te worden gekozen, dat het totaal van werktuigkosten enerzijds en van verliezen ten gevolge van een niet tijdige en/of minder goede uitvoering van het werk anderzijds, minimaal is.

Het optimale tijdstip voor het uitvoeren van een bewerking wordt voornamelijk bepaald door de weersomstandigheden in het betreffende jaar. De grilligheid waarmee het weer zich aandient, maakt de vaststelling van het optimale bewerkingstijdstip en de duur daarvan tot een uiterst gecompliceerd vraagstuk. Het is duidelijk dat een keus, die is gebaseerd op een gemiddelde situatie over een groot aantal jaren, tot moeilijkheden zal leiden. Er bestaat daarom niet slechts behoefte aan gegevens be-

treffende het aantal werkbare dagen, maar tevens is het nodig te weten in welk percentage van de jaren op dit aantal gerekend kan worden. Dan is het namelijk mogelijk de kosten van machinecapaciteit en weerrisico's tegen elkaar af te wegen. De resultaten van een onderzoek naar werkbare dagen, dat hierna zal worden beschreven, zijn daarom weergegeven in een vorm die dit mogelijk maakt. Deze resultaten zijn verkregen door gebruikmaking van een model en uit waarnemingen die over een lange reeks van jaren in de praktijk zijn verricht.

# 1 Gevolgde werkwijze bij het onderzoek

Zoals in de inleiding reeds is vermeld, wordt in deze publikatie verslag gedaan van een onderzoek dat is verricht met behulp van een model en van een onderzoek gebaseerd op praktijkwaarnemingen. Van beide zal nu de gevolgde werkwijze worden uiteengezet.

## 1.1 Modelonderzoek

Door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding is een hydraulisch model ontwikkeld waarmee stroming en opslag van het water in de grond kunnen worden nagebootst (1). Dit model bestaat uit een aantal communicerende vaten, dat elk een laag uit het bodemprofiel voorstelt. De vorm van elk vat geeft de vocht karakteristiek (vochthoudend vermogen en doorlatenheid van de grond) van de betreffende laag weer. De vochtbeweging van de ene laag naar de andere geschiedt door een aantal verbindingsslangen op verschillend niveau. Naarmate de grond natter is, zijn de vaten in het model voller en functioneren meer verbindingsslangen. De stroming is verder afhankelijk van het verschil in waterniveau tussen de vaten. De drainagediepte en de drainage-intensiteit worden geregeld door onttrekking van een hoeveelheid water uit een laag (vat), overeenkomend met de desbetreffende diepte van de drains.

De invoer van het model bestaat uit neerslag- en verdampingsgegevens die op een ponsband zijn vastgelegd. Deze invoer vindt elke minuut plaats, waarbij een etmaal in vijf minuten wordt afgewerkt. De hoeveelheid neerslag en verdamping worden in vijf gelijke hoeveelheden over het desbetreffende etmaal verdeeld. De neerslag en de verdamping beïnvloeden rechtstreeks de hoeveelheid water in de bovenste grondlaag. In het model wordt dit gerealiseerd door toevoeging, resp. onttrekking van water via het eerste vat. De toevoeging en onttrekking vinden plaats met behulp van kleppen die door de reeds genoemde ponsband met weergegevens worden gecommandeerd. De hydrostatische druk onderin een vat is een maat voor de vochtspanning in die laag. De vochtspanning wordt op een ponsband vastgelegd.

Wanneer voldoende fysische gegevens bekend zijn van een bepaalde grond, kan hiervan een model worden gebouwd, dat op ongeveer dezelfde wijze reageert op neerslag, verdamping en drainage als deze grond. Het model waarmee voor dit onderzoek is gewerkt, vertoont de eigenschappen van een kleigrond met ongeveer 35% afslibbare delen, een gehalte aan koolzure kalk van ongeveer 8% en een gehalte aan organische stof van 3%; een grond zoals die bijv. voorkomt op de proefboerderij „Zuid-Holand” te Westmaas.

De resultaten in deze publikatie hebben betrekking op een drainagediepte van 100 cm beneden maaiveld, waarbij voldaan wordt aan het drainagecriterium voor land-

bouwgronden. (Een afvoer van 7 mm per etmaal bij een opbolling van 50 cm.) Er is ook gewerkt met andere ontwateringsdiepten. Over de invloed van de drainage diepte is gepubliceerd door WIND (2).

Met gebruikmaking van de weergegevens van het KNMI-station te de Bilt is voor de jaren 1941 t/m 1973 het verloop van de bodemvochtigheid vastgesteld voor de maanden maart en april. Het jaar 1945 is hierbij buiten beschouwing gelaten, omdat van dat jaar niet voldoende gegevens beschikbaar waren. Het onderzoek heeft dus betrekking op een reeks van 32 jaar.

Om ook voor andere perioden, bijv. de herfstperiode, berekeningen te kunnen uitvoeren, moet het model worden aangepast. Onder invloed van berijden tijdens verzorging en oogst van gewassen is nl. de bodem verdicht, ook de begroeiing kan invloed hebben. Het inzicht hierin is nog niet voldoende om reeds nu deze periode in het onderzoek te betrekken.

## 1.2 Praktijkwaarnemingen

In de Hoekse Waard zijn over een reeks van 30 jaren waarnemingen verricht betrekking hebbend op de vochtigheid van de grond. De grond is hierbij op het oog beoordeeld, waarbij de volgende kwalificaties zijn gehanteerd: zeer droog, droog, vochtig, nat, zeer nat en bevroren.

De waarnemingen zijn het gehele jaar door verricht. Behalve de vochtigheidstoestand van de grond zijn tevens notities gemaakt over de weersomstandigheden op die dag. Dankzij deze waarnemingen is het mogelijk een vergelijking te maken tussen de resultaten die het model heeft opgeleverd en deze waarnemingen.

## 1.3 Vaststellen van bewerkbaarheidscriteria

De resultaten van het model wijzen uit hoe vaak en wanneer bepaalde vochtgehalten van de grond in een periode van 32 jaar voorkomen. Om hieruit het aantal werkbare dagen voor bijv. de grondbewerking af te leiden, is het nodig het verband te weten tussen bewerkbaarheid en vochtgehalte. Door PERDOK e.a. (3) is onderzoek gedaan, gericht op de bewerkbaarheid van de grond voor het maken van een pootbed voor aardappelen. Een grond van 33% afslibbaar op het proefbedrijf te Westmaas bleek bewerkbaar te zijn bij 24 gewichtsprocenten vocht, dat vrijwel overeenstemt met een vochtspanning van 500 mbar (pF 2,7). Opgemerkt moet worden dat de vereiste vochtspanning voor het zaai- of pootklaar maken sterk afhangt van de zwaarte van de grond. Deze kan variëren van wel 100 mbar vochtspanning (pF 2) op zeer lichte zavel tot 1000 mbar (pF 3) op zeer zware klei.

Uiteraard bestaat er voor wat betreft de eisen die aan de vochtigheid van de grond worden gesteld verschil tussen de bewerkingen. Voor het pootklaar maken van de grond moet deze berijdbaar zijn, terwijl bij dit berijden de grond niet zodanig mag worden samengedrukt dat blijvende schade aan de structuur wordt toegebracht. Tevens moet de grond tot op de gewenste diepte goed verkruielbaar zijn.

Voor het zaaien van bieten stelt men eveneens hoge eisen aan de verkruielbaarheid

van de grond, maar deze eis heeft betrekking op een minder dikke laag. Op grond hiervan zal het aantal werkbare dagen voor het zaaien van bieten hoger zijn dan voor het poten van aardappelen. Voor het zaaien van granen stelt men minder hoge eisen aan de verkruielbaarheid van de grond, hetgeen dus inhoudt dat deze bewerking reeds bij een vochtiger grond kan worden uitgevoerd. Voor het strooien van kunstmest geldt slechts de eis van het berijdbaar zijn van de grond.

Het genoemde onderzoek van Perdok was gericht op het pootklaar maken van de grond voor aardappelen. Voor het bepalen van criteria voor de andere bewerking is aanvullend onderzoek gewenst.

Gesteld kan worden dat voor veel bewerkingen de uiterste grens waarbij nog een bewerking kan worden uitgevoerd ongeveer bij de veldcapaciteti zal liggen (100 mbar vochtspanning of pF 2. VAN WIJK en FEDDES (4) hanteren voor het zaaien van zomergranen een vochtspanning van 100 mbar. In buitenlandse literatuur wordt als criterium voor het vaststellen van het aantal dagen waarop grondbewerking kan worden uitgevoerd dikwijls een maximumvochtgehalte aangehouden dat ligt tussen de veldcapaciteit en 90% hiervan (5, 6, 7, 8, 9).

Bij de praktijkwaarnemingen is een dag als werkbaar beschouwd wanneer de grond als zeer droog, droog of vochtig is beoordeeld. Hierbij is dan geen rekening gehouden met de verschillen tussen de bewerkingen. Niet alle dagen waarop de grond als vochtig is aangemerkt, zullen dan ook geschikt zijn voor het uitvoeren van een diepe en intensieve grondbewerking.

Op grond van het voorgaande kan, voor de grond waarop dit onderzoek betrekking heeft, voor het uitvoeren van een weinig intensieve en vrij oppervlakkige grondbewerking, met de nodige voorzichtigheid het criterium van 100 mbar worden gehanteerd. Zoals uit het vervolg van deze publikatie zal blijken, wijzen ook de resultaten van de vergelijking tussen de modeluitkomsten en de praktijkwaarnemingen in deze richting. Voor het pootklaar maken van aardappelland zal de vochtspanning voor zavel- en kleigrond zeker 200 mbar moeten bedragen, terwijl deze op zwaardere gronden hoger zal moeten zijn.

Voor de herfstperiode mag worden aangenomen dat het mogelijk is op een vochtige grond aardappelen en bieten te rooien en wintertarwe te zaaien. Ook kan er op die dagen worden geploegd, waarbij nog kan worden opgemerkt dat deze bewerking, vooral later in het seizoen, ook wel onder minder gunstige omstandigheden wordt uitgevoerd.

In het voorgaande is er steeds van uitgegaan dat een grond beter bewerkbaar is naarmate deze droger is. Het is echter bekend dat het ook voorkomt dat de grond te droog is voor het uitvoeren van een bewerking. Een voorbeeld hiervan is het rooien van aardappelen, dat op een zware, droge grond soms moeilijk uitvoerbaar is en/of gepaard gaat met beschadiging van het produkt. Deze gevallen dragen echter zo'n incidenteel karakter dat met dit aspect bij het berekenen van het aantal werkbare dagen geen rekening is gehouden.



## 2 Resultaten

In dit hoofdstuk zal worden ingegaan op de resultaten van het onderzoek. Deze zijn weergegeven in tabelvorm in een aantal bijlagen. Het gebruik van deze tabellen zal eerst worden behandeld. Vervolgens zal worden ingegaan op de werkbaarheid in de verschillende perioden van het jaar. Daarna zullen de verschillende uitkomsten tussen de laag van 0 - 5 cm en 0 -10 cm worden behandeld. Tenslotte zullen de uitkomsten van het model worden vergeleken met de waarnemingen die in de praktijk zijn gedaan.

### 2.1 Gebruik van de tabellen

De tabellen in de bijlagen 1 t/m 8 bevatten de resultaten van het onderzoek. De nummers 1 t/m 4 hebben betrekking op het modelonderzoek en 5 t/m 8 op de praktijkwaarnemingen. De werkbare dagen die in deze tabellen zijn vermeld hebben betrekking op een zevendaagse werkweek. Afhankelijk van het feit of men van een zesdaagse of vijfdaagse werkweek wil uitgaan, moet van dit aantal resp. 6/7 of 5/7 deel worden genomen. In het verdere betoog zal de eerste helft van de maand met 1 en de tweede helft met 2 worden aangeduid (bijv. 1 t/m 15 maart = maart 1 en 16 t/m 31 maart = maart 2).

In de bijlagen kan het gemiddelde aantal dagen per halve maand worden afgelezen waarop de grond aan een bepaald werkbaarheids criterium voldeed. Het is bekend dat het weer zich volgens een zeer grillig patroon aandient en dat de verschillen tussen de jaren zeer groot zijn. Hierop wordt in het vervolg nog nader ingegaan. De grote verschillen tussen de jaren blijken ook uit de spreiding die achter het gemiddelde is vermeld. Het is duidelijk dat een machinekeuze die op deze gemiddelde situatie is gebaseerd, in een aantal jaren tot moeilijkheden kan leiden, in elk geval zal noodzaken tot het maken van overuren, omdat in ongeveer de helft van de jaren het aantal werkbare dagen lager zal zijn.

Het risico dat in een bepaald jaar minder werkbare dagen voorkomen dan men heeft verondersteld, kan men verkleinen door uit te gaan van een grotere kans op het voorkomen van een zeker aantal. De tabellen zijn daarom zo samengesteld dat kan worden afgelezen hoe groot de kans is op  $x$  of meer werkbare dagen.

Voorbeeld: In maart 1 kwamen in 50% van de jaren zeven dagen min of meer voor, waarop de grond voldeed aan het werkbaarheids criterium 100 mbar vochtspanning, in 60% van de jaren zes of meer, in 70% vijf dagen of meer, enz. (bijlage 1).

Deze weergave maakt het mogelijk het verschil in werkbare dagen te bepalen in afhankelijkheid van de grootte van de kans daarop. Een grotere kans (dus meer zekerheid) betekent een lager aantal werkbare dagen en dus een grotere vereiste machine-

capaciteit. Op deze wijze kunnen extra machinekosten en weerrisico's tegen elkaar worden afgewogen.

Bij de weergave van de resultaten van de praktijkwaarnemingen is eveneens onderscheid gemaakt tussen enkele werkbaarheidscriteria, nl. droog, vochtig en nat. De waargenomen werkbare dagen zijn in de tabellen cumulatief weergegeven, evenals dit bij het modelonderzoek het geval is, en wel als volgt:

droog = zeer droog + droog;

vochtig = zeer droog + droog + vochtig;

nat = zeer droog + droog + vochtig + nat.

De tabellen zijn verder op dezelfde wijze samengesteld en kunnen worden gebruikt zoals reeds is uiteengezet.

## 2.2 De werkbaarheid in de verschillende perioden van het jaar

De mogelijkheid om een grondbewerking te kunnen uitvoeren hangt sterk af van de vochtigheidstoestand van de grond. Deze varieert in de verschillende perioden van het jaar vrij sterk onder invloed van de hoeveelheid neerslag en de verdamping. De gemiddelde waarden per maand van neerslag en verdamping, gedurende de periode die in het onderzoek is betrokken, zijn gegeven in tabel 1.

Tabel 1 Neerslag, verdamping en neerslagoverschot in mm per maand (gemiddelde over de periode 1941 t/m 1974).

Maand	Neerslag	Verdamping	Neerslagoverschot	Maand	Neerslag	Verdamping	Neerslagoverschot
januari	64	2	62	juli	78	92	- 14
februari	54	10	44	augustus	96	75	21
maart	46	28	18	september	68	41	27
april	50	54	- 4	oktober	70	19	51
mei	57	86	- 29	november	76	5	71
juni	66	98	- 32	december	75	1	74

Deze gemiddelden zijn berekend met behulp van door het K.N.M.I. verstrekte gegevens voor het station te de Bilt. De verstrekte gegevens over de verdamping (bepaald volgens de methode Penman) hebben betrekking op een vrij wateroppervlak.

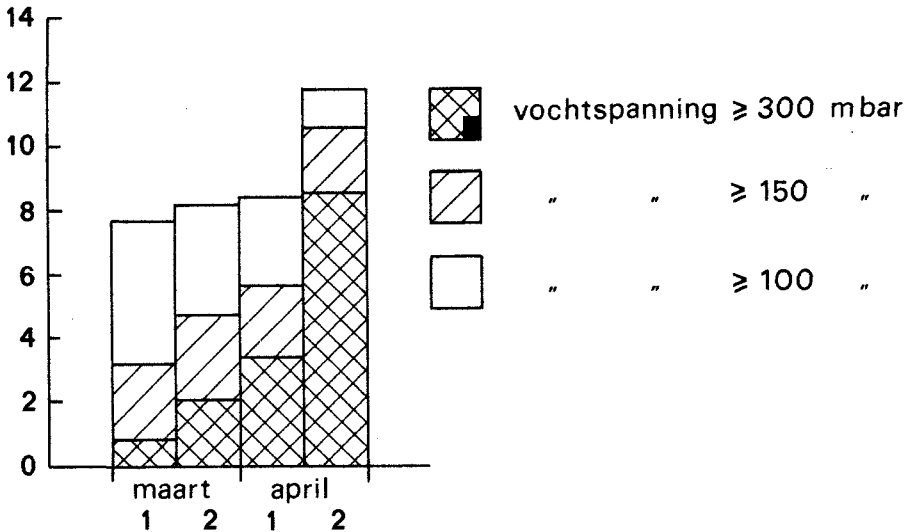
Om verdamping uit de bodem te berekenen zijn de maandgemiddelden vermenigvuldigd met een factor  $f$ , die is ontleend aan de klimaatatlas van Nederland (10). Hoewel dit een ruwe benadering is (de verdamping is sterk afhankelijk van de aard van het bodemoppervlak) geven de cijfers toch een indicatie over de mate van verdamping in de verschillende maanden. Door de neerslaghoeveelheid te verminderen met de verdamping wordt het neerslagoverschot verkregen.

De neerslaghoeveelheid is het laagst in de eerste helft van het jaar. In maart en april valt de minste regen; de regenval neemt vervolgens toe tot augustus, waarin ze een hoogtepunt bereikt en ligt tijdens de winter op een wat lager niveau. Behalve de neerslag speelt ook de verdamping een grote rol. Deze is in de winterperiode erg

laag, neemt toe tot juni, om daarna weer af te nemen. In de maanden april t/m juli hebben we een negatief neerslagoverschot, d.w.z. dat de verdamping groter is dan de hoeveelheid neerslag. Na september zien we het neerslagoverschot vrij sterk toenemen, meer als gevolg van de afnemende verdamping dan van de hoeveelheid neerslag.

Hoewel het neerslagoverschot niet de enige factor is die de bewerkbaarheid van de grond bepaalt, oefent dit wel een grote invloed uit op het aantal werkbare dagen in een bepaalde periode. In afbeelding 1 is dit aantal per halve maand weergegeven voor drie vochtspanningen in de laag van 0 - 5 cm.

dagen/halve maand



Afb. 1 Gemiddeld aantal werkbare dagen per halve maand (model).

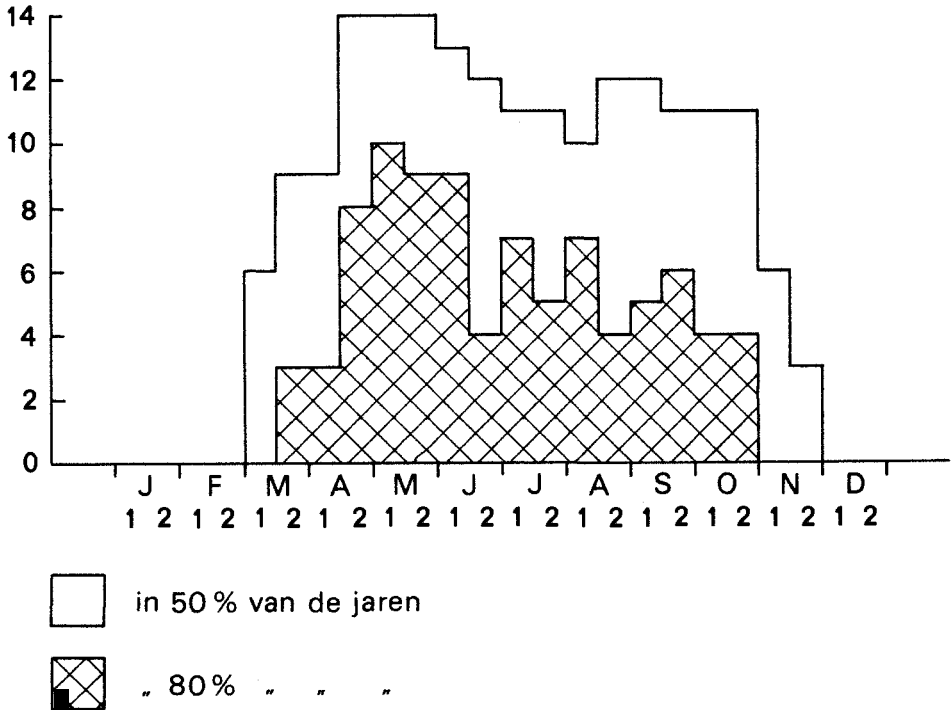
Uit deze afbeelding blijkt dat er bij een lage vochtspanning, van omstreeks 100 mbar, in maart en april slechts weinig verschil bestaat tussen de halve maanden. In ongeveer de helft van het aantal dagen blijkt de grens van veldcapaciteit te worden bereikt. Naarmate er echter een hogere vochtspanning als werkbareheids criterium wordt gehanteerd, nemen de verschillen tussen de halve maanden toe. In de tweede helft van april neemt de werkbareheid voor alle vochtspanningen sterk toe. De grens van 100 mbar wordt dan in driekwart van het aantal dagen bereikt.

Uit afbeelding 1 is tevens af te leiden dat in maart en april 1 de vochtspanning meestal lager is dan 150 mbar. Deze zal zich dan veelal bevinden tussen 50 en 150 mbar. In april 2 is het traject van 100 - 300 mbar erg belangrijk. Bij toekomstig onderzoek naar werkbareheids criteria verdient het aanbeveling hiermee rekening te houden en binnen deze waarden de nodige differentiatie aan te brengen.

Bij de praktijkmetingen is de grond bewerkbaar geacht wanneer deze zeer droog, droog of vochtig is bevonden. Het aantal dagen dat hieraan voldeed is weergegeven in afbeelding 2 en wel met het aantal dagen dat in 50 en 80% van de jaren is waargenomen. De lijn voor 50% komt ongeveer overeen met het gemiddelde aantal. In de

winterperiode december t/m februari zijn er in de helft van het aantal jaren geen werkbare dagen. Evenals bij het model (afb. 1) is er geen verschil in werkbaarheid tussen maart 2 en april 1. April 2 en mei hebben gemiddeld het hoogste aantal werkbare dagen, nl. veertien. Van juni t/m oktober schommelt het aantal werkbare dagen tussen tien en dertien om daarna snel te dalen.

dagen/halve maand



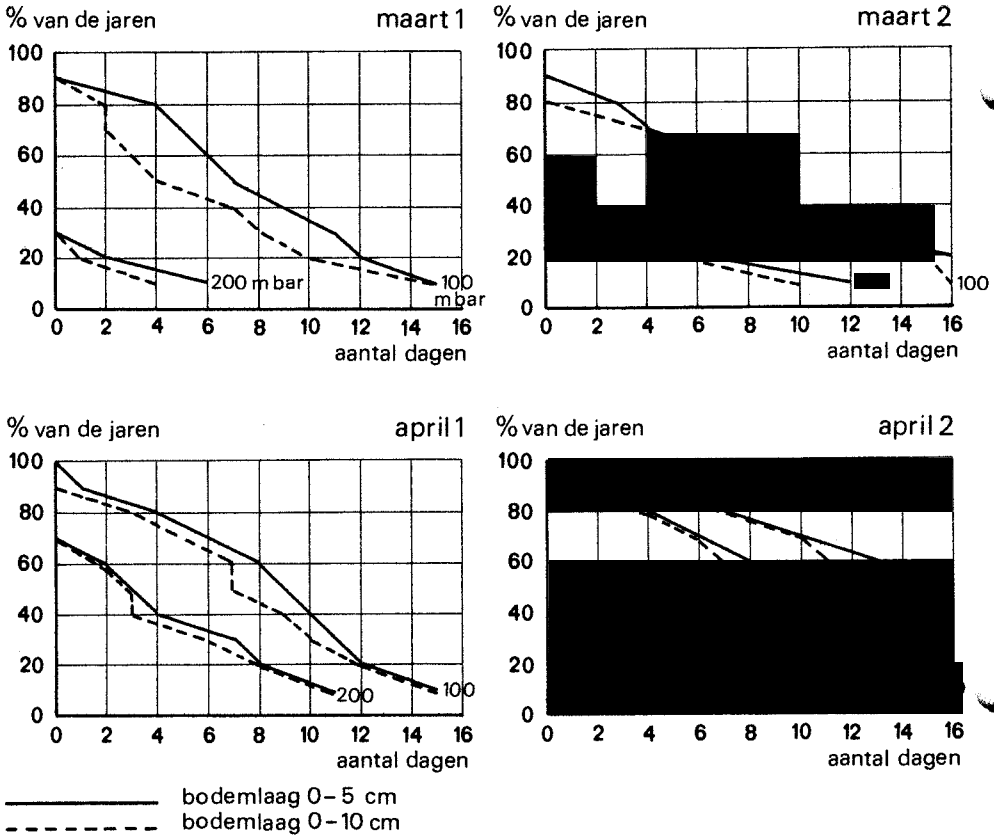
Afb. 2 Aantal werkbare dagen per halve maand (praktijkwaarnemingen).

Er is reeds opgemerkt dat het aantal werkbare dagen in de helft van de jaren lager zal zijn dan het hier weergegeven gemiddelde aantal. Uit afbeelding 2 is ook het aantal dagen af te lezen dat in 80% van de jaren is waargenomen. In de periode maart t/m november blijkt dit minder dan de helft te bedragen van dat wat in 50% van de jaren werd geregistreerd.

### 2.3 Vergelijking van werkbare dagen voor de bodemlaag van 0 - 5 cm en 0 - 10 cm

Uit een grond, waar geen gewas op staat, verdwijnt het water op twee manieren, nl. door verdamping aan de oppervlakte en doordat het water wegzakt naar diepere lagen. Het ligt dus voor de hand te veronderstellen dat in het voorjaar de bovenlaag

van de grond eerder bewerkbaar is dan de onderliggende lagen. Naarmate de bewerking „oppervlakkiger” is, kan dus op meer werkbare dagen worden gerekend, althans wanneer we uitgaan van een natte grond die steeds droger wordt. Wanneer de grond droog is, doet zich in een incidenteel geval, nl. bij een regenbui, het omgekeerde voor. De bovenlaag bevat dan gedurende korte tijd meer water. In de voorjaarsperiode hebben we echter meestal met de eerstgenoemde situatie te maken. Om na te gaan of er inderdaad verschil bestaat, is met behulp van het model het vochtverloop vastgesteld voor de laag 0 - 5 cm en voor de laag 0 - 10 cm; voor beide lagen is ook het aantal werkbare dagen berekend. De resultaten hiervan zijn weergegeven in afbeelding 3.



Afb. 3 Verschil in aantallen werkbare dagen tussen de bodemlagen 0 - 5 cm en 0 - 10 cm voor vochtspanningen van 100 en 200 mbar (model).

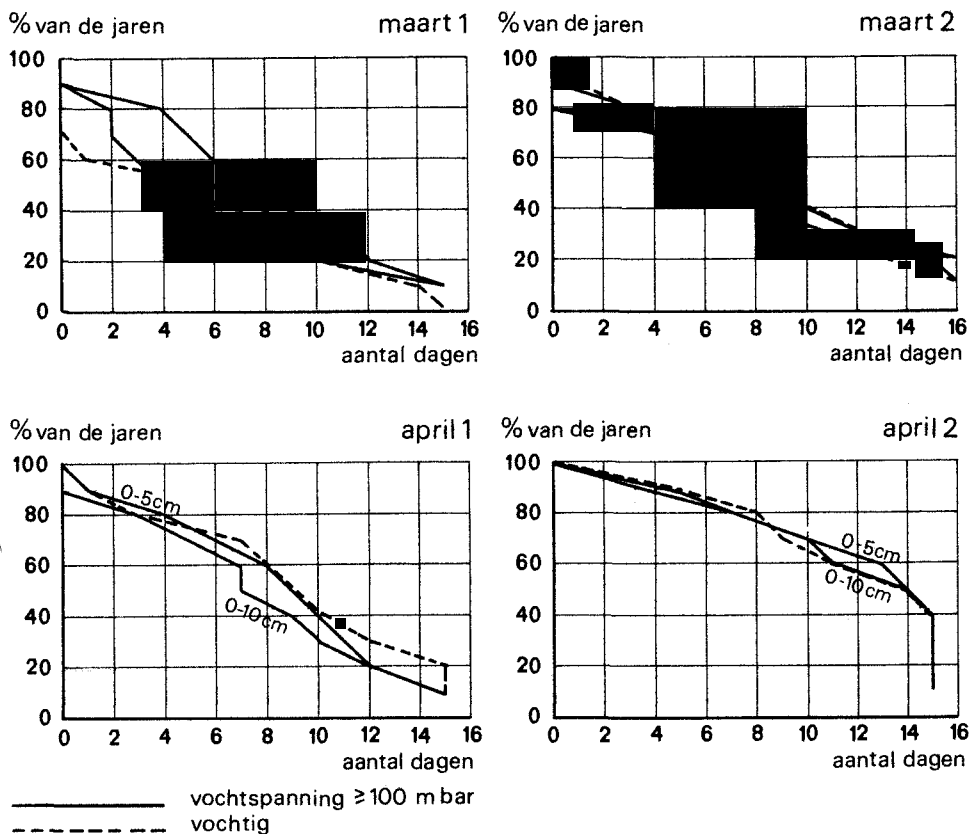
Het verschil in werkbare dagen tussen de beide lagen blijkt in maart 1 voor een vochtspanning van 100 mbar 2-3 dagen te bedragen. Gezien het geringe aantal werkbare dagen in deze periode dus een vrij groot verschil. Naarmate het seizoen vordert en de grond droger wordt, neemt het verschil in vochtigheid tussen de beide lagen kennelijk af. In maart 2 en april 1 is het verschil erg klein en in april 2 is het nage-

noeg verdwenen. Bij een vochtspanning van 200 mbar zien we dezelfde tendens, hoewel de verschillen hier kleiner zijn.

De vraag, welke laag moet worden aangehouden voor de berekening van het aantal werkbare dagen, wordt in dit onderzoek niet beantwoord. Wel blijkt dat deze kwestie slechts een rol van betekenis speelt in de eerste helft van maart. Het onderzoek naar de bewerkbaarheid van de grond (3), had betrekking op de laag van 0 - 8 cm. Zoals hierna zal blijken, komt het aantal werkbare dagen dat in de praktijk is waargenomen in de eerste helft van maart het meest overeen met de modeluitkomsten van de laag van 0 - 10 cm.

## 2.4 Vergelijking uitkomsten modelonderzoek-praktijkwaarnemingen

In dit gedeelte zullen de uitkomsten van het model en de praktijkwaarnemingen met



Afb. 4 Vergelijking van de aantallen werkbare dagen volgens het modelonderzoek en de praktijkwaarnemingen.

elkaar worden vergeleken voor de periode maart en april. Hierbij wordt het aantal dagen, waarop van de grondlagen 0 - 5 cm en 0 - 10 cm de vochtspanning 100 mbar of meer bedroeg, vergeleken met het aantal waarop de grond in het veld zeer droog, droog of vochtig was. Deze vergelijking is in beeld gebracht in afbeelding 4.

In april 2 blijkt er tussen de uitkomsten een grote mate van overeenstemming te bestaan. Zowel de praktijkwaarnemingen als de resultaten van het model voor beide grondlagen bevinden zich nagenoeg op hetzelfde niveau. Ook in maart 2 en april 1 is de overeenstemming vrij groot.

In hoofdstuk 2.3 is reeds geconstateerd dat er voor wat de modeluitkomsten in de eerste helft van maart betreft een vrij groot verschil in werkbare dagen is tussen de 0 - 5 cm en 0 - 10 cm lagen. De praktijkwaarnemingen stemmen het meest overeen met de uitkomsten voor de laag van 0 - 10 cm van het model.

Verder is nog nagegaan met welke vochtspanning de waardering „droog” overeenstemt. Dit blijkt in maart 1 en april 2 een vochtspanning van ongeveer 200 mbar te zijn en in maart 2 en april 1 van 150 mbar. De overeenkomst is echter minder groot dan tussen vochtig en 100 mbar.

Wanneer de grond in de herfstperiode als „vochtig” is beoordeeld, mag worden aangenomen dat het dan mogelijk is om bieten te rooien. Indien de overeenkomst tussen vochtig en 100 mbar vochtspanning, die in het voorjaar blijkt te bestaan, ook voor het najaar geldt, zou dit betekenen dat het werkbaarheids criterium voor het rooien van bieten ook 100 mbar is. Dit stemt overeen met de conclusie van BUITENDIJK (11) dat de werkbaarheids grens voor het rooien van suikerbieten in de buurt van 100 mbar vochtspanning ligt.

## 3 Verschillen tussen de jaren

Een van de meest kenmerkende eigenschappen van het weer is de grilligheid waarmee het zich aan ons voordoet. Dit heeft tot gevolg dat er grote verschillen tussen de jaren bestaan voor wat betreft:

- het totaal aantal dagen waarop een bewerking kan worden uitgevoerd;
- de wijze waarop deze dagen over een periode zijn verdeeld.

Op beide aspecten zal in het onderstaande worden ingegaan.

### 3.1 Aantal werkbare dagen

In bijlage 9 is voor de voorjaarsperiode per jaar aangegeven op welke dag de grond een vochtspanning had van minimaal 100 mbar (veldcapaciteit) en/of voldeed aan het criterium „vochtig” volgens waarneming in het veld. De modeluitkomsten hebben betrekking op de laag van 0 - 5 cm. In bijlage 10 worden voor de herfstperiode op dezelfde wijze de praktijkwaarnemingen weergegeven.

Voor de periode 1946 t/m 1973 kan voor de voorjaarsperiode een vergelijking worden gemaakt tussen de waarnemingen en de modeluitkomsten. Van de overige jaren staan slechts gegevens van een van beide ter beschikking. Bedacht dient te worden dat in het model de neerslagcijfers van de Bilt zijn ingevoerd, terwijl de waarnemingen de situatie in de Hoekse Waard weergeven. Hoewel tussen beide gebieden geen groot klimaatverschil bestaat, kan de situatie op een bepaalde dag als gevolg van buien wel sterk verschillen. Ondanks dit feit blijkt er toch ook nu weer een vrij grote mate van overeenstemming te bestaan. De grootste verschillen komen ook hier weer tot uiting in de eerste helft van maart, waar het model een groter aantal werkbare dagen oplevert. Op de mogelijke oorzaken hiervan is reeds in het voorgaande ingegaan.

Het klaarmaken van het land en de inzaai van de gewassen speelt zich voor een belangrijk deel af in de tweede helft van maart en in april. De boer streeft er naar deze werkzaamheden omstreeks half april te beëindigen. Uit tabel 2 is voor de verschillende jaren af te lezen op hoeveel dagen in het betreffende jaar de grond volgens het model droger was dan veldcapaciteit (vochtspanning »100 mbar).

Uit deze tabel blijkt dat bovenvermeld doel, nl. beëindiging van de zaai- en pootwerkzaamheden vóór half april, in een aantal jaren niet gerealiseerd kan worden.

In deze reeks van 32 jaren waren er acht (dus 25%) met tien of minder werkbare dagen vóór 15 april, waarbij dan nog bedacht dient te worden dat hierbij de zaterdagen en zondagen zijn inbegrepen. In een aantal gevallen wordt dit gecompenseerd door een hogere werkbaarheid in de tweede helft van april. In de jaren 1966 en 1970 was



Tabel 2 Aantal dagen waarop de vochtspanning minstens 100 resp. 200 mbar bedroeg.

Jaar	Vochtspanning $\geq$ 100 mbar			Vochtspanning $\geq$ 200 mbar		
	maart 2	april 1	april 2	maart 2	april 1	april 2
1941	10	8	12	0	3	7
1942	10	10	15	2	3	15
1943	16	15	15	16	10	15
1944	7	11	14	2	8	11
1945			geen waarnemingen			
1946	7	15	15	0	14	14
1947	0	4	15	0	2	15
1948	12	7	15	9	4	15
1949	7	6	15	2	3	11
1950	4	6	7	0	0	4
1951	0	0	13	0	0	8
1952	6	10	15	1	4	14
1953	16	9	15	13	4	12
1954	16	10	15	4	6	15
1955	7	9	15	0	0	15
1956	16	13	15	10	11	12
1957	4	15	15	0	11	15
1958	12	12	11	1	3	10
1959	1	7	7	0	0	4
1960	16	14	15	4	9	15
1961	14	5	12	0	0	7
1962	9	1	7	0	0	4
1963	0	10	9	0	7	5
1964	4	10	9	0	2	6
1965	1	11	0	0	4	0
1966	3	1	4	0	0	1
1967	11	1	15	2	0	10
1968	7	12	15	3	8	15
1969	10	9	7	1	7	1
1970	2	0	1	0	0	0
1971	3	15	15	0	13	13
1972	16	4	13	12	0	8
1973	16	7	14	12	2	6

dit echter niet het geval en waren de omstandigheden over de gehele periode bijzonder ongunstig, met slechts resp. acht en drie werkbare dagen.

Uit tabel 2 is eveneens het aantal dagen af te lezen waarop de vochtspanning 200 mbar of meer bedroeg, hetgeen een indicatie zou kunnen zijn voor het potentieel van aardappelen. Voor deze bewerking komt in maart 2 in de helft van de jaren geen enkele werkbare dag voor, terwijl in de eerste helft van april in eenderde deel van de jaren deze bewerking niet kon worden uitgevoerd. In het jaar 1970 is in de gehele periode maart 2 t/m april geen enkele dag als werkbaar aangemerkt, terwijl er zes jaren waren met minder dan vijf werkbare dagen. Wanneer de pootcapaciteit zodanig is dat de te poten oppervlakte in zes dagen kan worden afgewerkt, dan zal het toch nog in de helft van de jaren nodig zijn deze bewerking in de tweede helft van april uit te voeren.

Voor de herfstperiode is het aantal dagen waarop het in de verschillende jaren volgens waarnemingen in de praktijk werkbaar was weergegeven in tabel 3. Het aantal werkbare dagen is in oktober weinig lager dan in september; in november is echter

een duidelijke teruggang te zien. In het jaar 1950 was er blijkens dit overzicht in september geen enkele dag waarop het mogelijk was om aardappelen te rooien, terwijl er in 20% van de jaren minder dan 15 werkbare dagen waren (inclusief de weekeinden). Het jaar 1974 had slechts negen werkbare dagen in september, terwijl in oktober en november geen enkele dag meer werkbaar was. Wanneer we de gehele periode september t/m november overzien, dan vertonen de jaren 1950, 1954, 1960 en 1974 een bijzonder ongunstig beeld.

Uit dit materiaal is nagegaan of een ongunstige periode meestal wordt gevolgd door een ongunstige of niet. Het blijkt dat in de herfstperiode de kans groot is dat een ongunstige periode inderdaad weer door een ongunstige wordt gevolgd. Een periode is hierbij als ongunstig aangemerkt wanneer het aantal werkbare dagen minder bedraagt dan het gemiddelde van die periode. Een ongunstige maand september werd in tweederde van de jaren gevolgd door een eveneens ongunstige maand oktober. Een vergelijking van oktober en november vertoont precies hetzelfde beeld.

Tabel 3 Aantal dagen waarop de grond zeer droog, droog of vochtig was.

Jaar	September	Oktober	November
1945	23	24	9
1946	21	22	5
1947	30	31	22
1948	30	31	30
1949	25	22	4
1950	0	17	0
1951	12	31	7
1952	16	13	0
1953	27	31	30
1954	9	3	4
1955	24	15	15
1956	20	12	4
1957	5	11	22
1958	21	12	12
1959	30	29	17
1960	13	4	0
1961	25	12	10
1962	19	25	8
1963	18	21	7
1964	27	15	12
1965	16	27	12
1966	27	25	11
1967	24	27	18
1968	16	11	9
1969	29	31	17
1970	24	12	4
1971	30	31	17
1972	20	28	11
1973	24	17	18
1974	9	0	0

Indien beide maanden, dus september en oktober, een laag aantal werkbare dagen hebben, dan is de kans op een „goede” novembermaand zeer klein. In de hier onderzochte reeks van jaren waren er zeven jaar waarin het totaal aantal werkbare dagen van september en oktober beide beneden het gemiddelde lag. Slechts in één en-

kel jaar is dit gecompenseerd door een aantal dat in november boven het gemiddelde lag.

In het voorjaar blijkt een ongunstige tweede helft van maart in 40% van de jaren te worden gevolgd door een eveneens ongunstige eerste helft van april, terwijl een te laag aantal werkbare dagen in april 1 ook in 40% van de jaren wordt gevolgd door een te klein aantal in april 2. Ook hier zien we dat, naarmate de ongunstige periode langer duurt, de kans op een daaropvolgende slechte periode toeneemt. In de jaren waarin maart 2 en april 1 beide weinig werkbare dagen hebben, levert ook april 2 in 60% van de jaren te weinig werkbare dagen op.

Samenvattend kan worden gezegd dat de kans dat een periode met weinig werkbare dagen wordt goedge maakt door een daaropvolgende periode met veel werkbare dagen niet groot is. De verklaring hiervoor is eenvoudig. In een periode met weinig werkbare dagen bevat de grond veel vocht, dat betekent een ongunstige uitgangssituatie voor de daaropvolgende periode. In dat geval zal een groot aantal werkbare dagen slechts dan kunnen voorkomen, indien de neerslag erg gering en/of de verdamping erg groot is.

### 3.2 Verdelingspatroon van de werkbare dagen

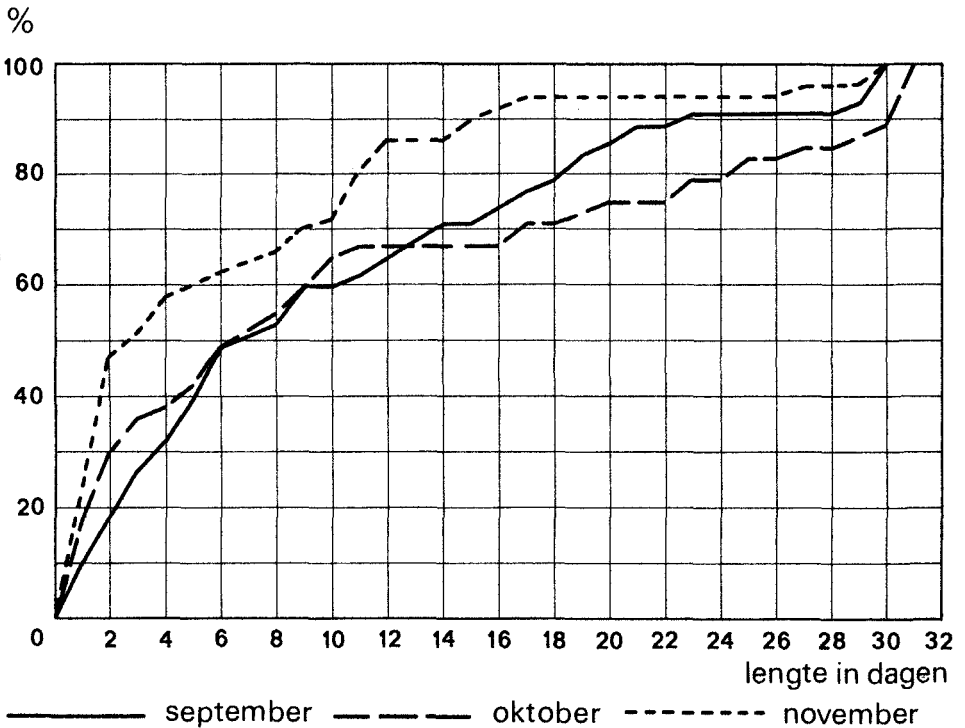
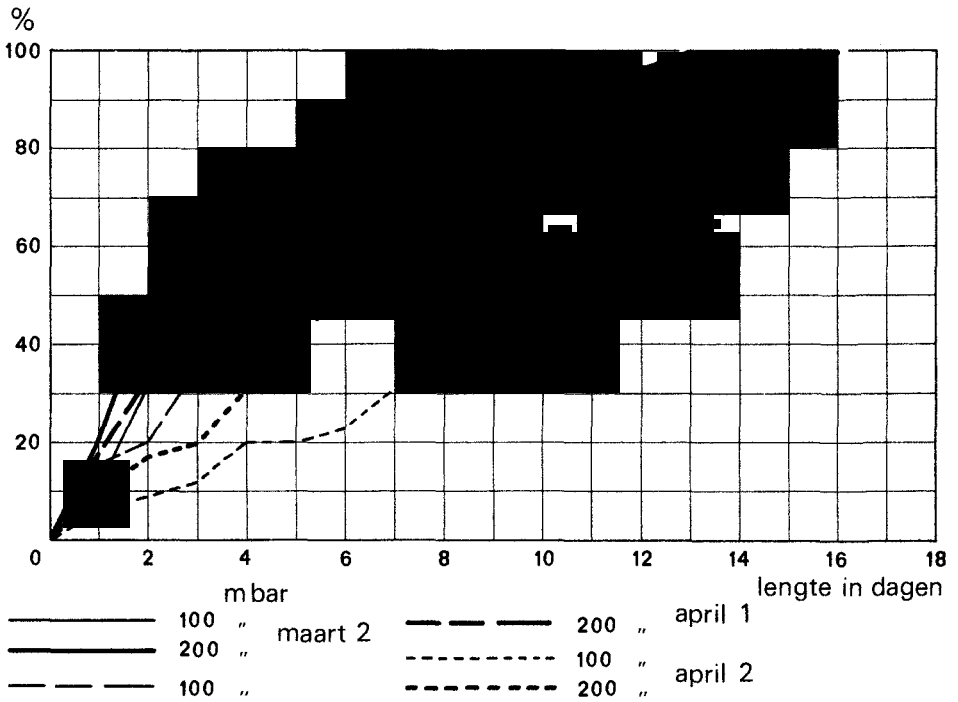
De afbeeldingen in de bijlagen 9 en 10 illustreren dat er tussen de jaren niet alleen verschil bestaat voor wat het totaal aantal werkbare dagen betreft, maar ook dat de verdeling daarvan binnen een jaar, van jaar tot jaar sterk kan verschillen. In sommige jaren zien we vrij lange, aaneengesloten reeksen van werkbare dagen, in andere daarentegen komen de werkbare dagen afzonderlijk voor of in korte reeksen, afgewisseld door onwerkbaar dagen. In deze jaren is het voor de boer extra moeilijk het werk op tijd klaar te krijgen. Het aantal werkbare dagen is dan laag, maar bovendien moet hij erg attent zijn op het tijdig onderkennen van deze dagen. Daarbij komt nog dat het optreden van korte perioden van werkbaarheid ook organisatorische consequenties heeft. Wanneer bijv. in het voorjaar een werkbare dag wordt gevolgd door een regendag dan is het, althans op kleigrond, belangrijk dat het land dat die dag zaai- of pootklaar is gemaakt ook op dezelfde dag wordt ingezaaid of be-poot.

In de herfst kennen we een dergelijk probleem. Men wil in het zwad gerooide bieten soms enige tijd laten drogen, om bij het opladen zoveel mogelijk grond kwijt te raken. Wanneer er echter regen komt, bereikt men het tegengestelde van wat men beoogde.

Om een inzicht te krijgen in de duur van de werkbare periode is hiervan in de afbeeldingen 5 en 6 een cumulatieve frequentieverdeling gegeven. Onder een werkbare periode wordt hier verstaan een aaneengesloten tijdsbestek waarin een bepaalde bewerking kan worden uitgevoerd.

Bij een zelfde werkbaarheids criterium bestaat er geen groot verschil in de lengte van de werkbare periode in maart 2 en april 1. Voor 100 mbar vochtspanning is de gemiddelde duur hiervan resp. vijf en vier dagen en voor 200 mbar twee en drie dagen. In de tweede helft van april is de gemiddelde duur aanmerkelijk langer, voor 100 mbar twaalf dagen en voor 200 mbar zes dagen. 11% van alle werkbare perioden (vochtspanning 100 mbar) is in maart 2 slechts één dag lang, 16% in april 1 en 6% in april 2. Voor 200 mbar zijn deze percentages resp. 19, 16 en 11.

Afb. 5 Procentuele verdeling van de lengte van de werkbare perioden in het voorjaar (model).



Afb. 6 Procentuele verdeling van de lengte van de werkbare perioden in de herfst (praktijkwaarnemingen).

In de herfst (afb. 6) is de gemiddelde periodelengte in september en oktober tweemaal zo groot als in november, nl. zes dagen, tegen drie in november. In september duurt 10% van de werkbare perioden één dag, in oktober is dit 19% en in november 21%.

## 5 Literatuur

- 1 WIND, G.P. A hydraulic model for the simulation of non-hysteric vertical unsaturated flow of moisture in soils. Technical Bulletin 79, ICW (1972).
- 2 WIND, G.P. Application of analog and numerical models for an investigation on the influence of drainage on workability in spring. Netherlands Journal of Agricultural Science 24 (1976).
- 3 PERDOK, U.D., J.J. KLOOSTER en M.C. SPRONG. De bewerkbaarheid van de grond tijdens de voorjaarswerkzaamheden. ILR-rapport 249 (1974).
- 4 VAN WIJK, A.L.M. en R.A. FEDDES. Invloed van de waterhuishouding op de opbrengst van landbouwgewassen. Nota 867, ICW (juni 1975).
- 5 BAIER, W. Estimation of field workdays in Canada from the versatile soil moisture budget. Canadian Agricultural Engineering, Vol. 15 No. 2, december 1973.
- 6 FRISBY, J.C. and M.R. PETERSON. How much time to till. Paper presented at the computers and Farm Machinery Management Seminar at Chicago, December 1968.
- 7 HASSAN, A.E. and R.S. BROUGHTON. Soil moisture criteria for tractability. Canadian Agricultural Engineering, Vol. 17 No. 2, december 1975.
- 8 KISH, A.J. and Ch.V. PRIVETTE. Number of fieldworking days available for tillage in South Carolina. American Society of Agricultural Engineers, Paper no. 74-1019.
- 9 SELIRIO, I.S. and D.M. BROWN. Estimation of spring workdays from climatological records. Canadian Agricultural Engineering, Vol. 14, no. 2, december 1972.
- 10 KLIMAATATLAS VAN NEDERLAND. KNMI 1972.
- 11 BUITENDIJK, J. Modelonderzoek naar de samenhang van mechanisatiegraad, toelaatbare werkomstandigheden en de opbrengst van suikerbieten op een middelzware zavel. Nota 895, ICW (januari 1976).