

P. BOEKEL

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.)

De bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar

Inleiding

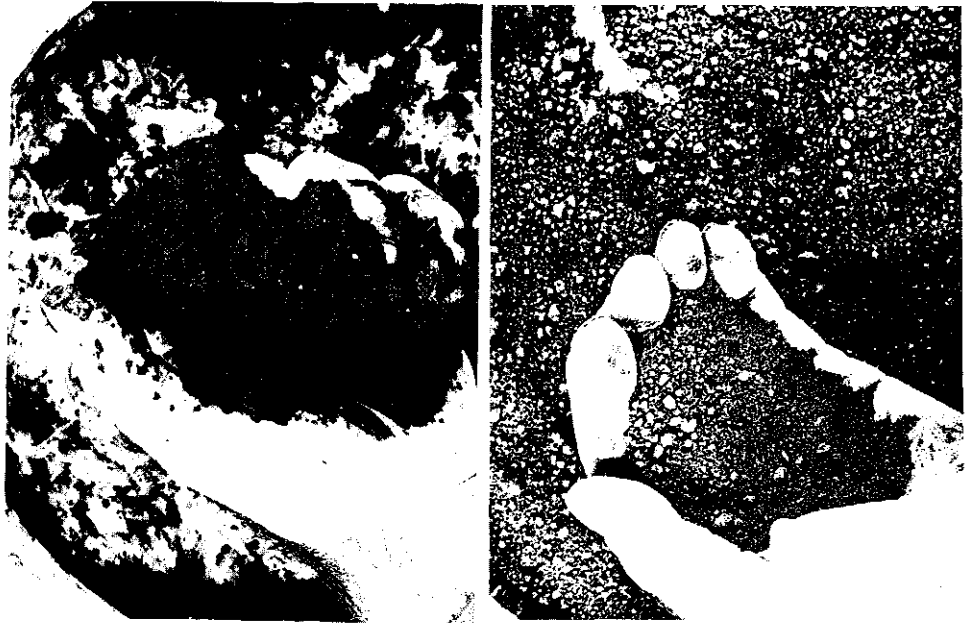
De meeste akker- en tuinbouwgewassen worden in het voorjaar gezaaid of gepoot. De grond moet dan in een daarvoor geschikte toestand verkeren. Dat houdt in dat enerzijds ter verkrijging van een goed zaai- of pootbed de bovenste 5 à 10 cm goed moet willen verkruiemelen, en dat anderzijds de daarbij gehanteerde werktuigen de grond niet te sterk mogen verdichten. Doorslaggevend daarbij is veelal de vochttoestand van de grond. Natte gronden zijn plastisch, gemakkelijk vervormbaar en niet te verkruiemelen. Bij vermindering van het vochtgehalte neemt de vervormbaarheid af. Bij een bepaald vochtgehalte gaat de vervormbare toestand in een verkruiembare toestand over. Dit vochtgehalte vormt voor de bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar een belangrijke grenswaarde.

De meeste gronden zijn vroeg in het voorjaar te nat om bewerkt te worden. Er moet dan met bewerking worden gewacht totdat het vochtgehalte door verdamping voldoende is verlaagd. Wanneer de eerder genoemde grenswaarde *snel* wordt bereikt, kan vroeg in het voorjaar worden begonnen. Dat levert belangrijke voordelen ten aanzien van groei en opbrengst op (*Wind*, 1960; *Boekel*, 1973). Verder geeft een groter aantal dagen waarop de grond bewerkbaar is het voordeel van een betere werkverdeling in het voorjaar.

In de praktijk zal men daarom de nodige aandacht aan de bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar moeten besteden. Om te kunnen aangeven wat daarvoor moet gebeuren, zal bekend moeten zijn welke factoren daarop van invloed zijn en hoe groot die invloed is. In dit verband is het aannemelijk dat naast de weersomstandigheden en de ontwatering ook de aard en de structuur van de grond van invloed zijn. De laatste jaren werd daarnaar onderzoek verricht. Daarbij werd uiteraard ook aandacht besteed aan methoden ter bepaling van de genoemde bewerkbaarheid. Daarover zal eerst worden gerapporteerd.

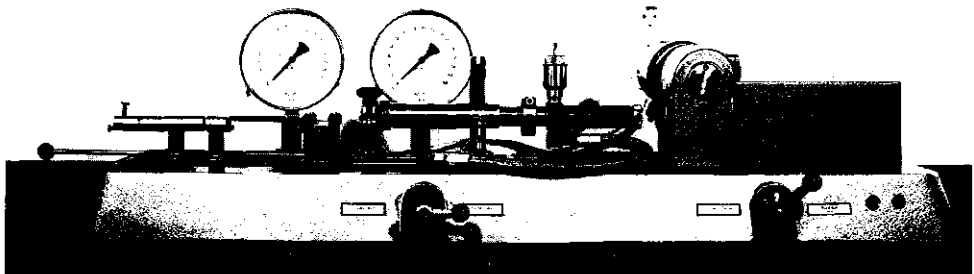
Bepaling van de bewerkbaarheid in het voorjaar

De meest eenvoudige manier is de grond op het gevoel en op het oog te beoordelen. Daarbij wordt door het kneden van de grond een indruk verkregen over de vervormbaarheid en/of verkruiembaarheid. Er wordt een cijfer gegeven in een schaal van 2-8 waarbij een laag cijfer wordt gegeven voor een weke massa, en een hoog cijfer voor een rulle grond (figuur 1). Een andere mogelijkheid vormt de bepaling van de vervormbaarheid van de grond met behulp van de *zg. plasticiteitsmeter*, een apparaat dat vooral wordt gebruikt ten behoeve van de keramische industrie en door *Rid* (1963) als eerste ook voor bodemkundige karakterisering werd gebruikt. Met dit apparaat wordt de kracht gemeten die nodig is om grond vanuit een cylinder met een diameter van 3 cm door een kleinere opening met een diameter van 1 cm te persen (figuur 2). Een plastische grond

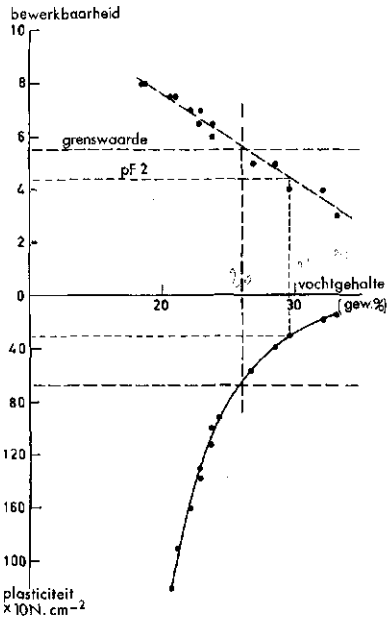


Figuur 1. Beoordeling van de bewerkbaarheid op het gevoel en op het oog.

vergt daarbij een geringe kracht, een kruimelige grond een grote kracht. De methode is alleen bruikbaar bij gronden met meer dan 15% lutum. Het is belangrijk te weten welke bewerkbaarheidswaarden in de praktijk gewenst zijn. Hoewel niet alle boeren dezelfde normen hanteren is bij toetsing in de praktijk gebleken dat gemiddeld met de voorjaarsgrondbewerking werd begonnen bij een beoordelingswaarde van 6⁻. Volgens figuur 3 komt dat voor deze grond overeen met een plasticiteitswaarde van ongeveer 700 N/cm². Voor een goede bewerkbaarheid moet de plasticiteitswaarde hier dus boven 700 liggen. Ook bij andere gronden bleek dat het geval. Het daarbij behorende vochtgehalte, dat ook altijd wordt bepaald, is voor de in figuur 3 genoemde grond 26% (gew. %). Deze vochtgehalte-grenswaarde varieert echter met de grondsoort en neemt



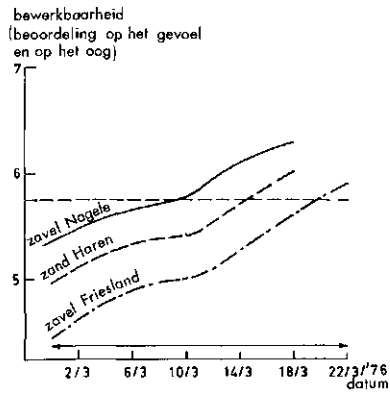
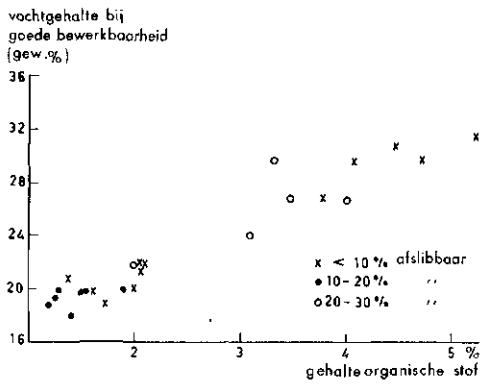
Figuur 2. Plasticiteitsmeter.



Figuur 3 (links). Samenhang tussen bewerkbaarheid, plasticiteit en vochtgehalte.

Figuur 4 (rechts boven). Invloed van de gehalten aan organische stof en afslibbare delen op de grenswaarde voor goede bewerkbaarheid.

Figuur 5 (rechts). Verloop van de bewerkbaarheid in het voorjaar.



vooral bij een toenemend gehalte aan organische stof toe (figuur 4). Dat is ook het geval met de voor een goede bewerkbaarheid gewenste vochtspanning.

Verschillen in de bewerkbaarheid in het voorjaar

De bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar kan sterk uiteenlopen. In sommige gevallen kan reeds na enkele dagen droog weer met de zaai- of pootbedbereiding worden begonnen, in andere gevallen moet lang worden gewacht, vooral wanneer tussentijds nog wat regen valt. Een voorbeeld van die verschillen toont figuur 5. Voor enkele gronden is daarin het verloop van de bewerkbaarheid gedurende de maand maart, gewaardeerd volgens de in figuur 1 gegeven schaal, weergegeven. Daaruit blijkt dat in het droge voorjaar van 1976 de Noordoostpoldergrond reeds vroeg in maart kon worden bewerkt, terwijl op een zavelgrond van dezelfde zwaarte in Noord-Friesland nog enkele weken moest worden gewacht. Naast een verschil in begindatum betekent dit uiteraard ook een groot verschil in aantal dagen dat in het voorjaar op de grond kan worden gewerkt. Een ander verschil is gevonden in de vochtverdeling in de bouwvoor (0-20 cm) na een droge periode. Een voorbeeld daarvan is gegeven in tabel 1.

De lössgrond heeft in de verschillende lagen van de bouwvoor ongeveer hetzelfde vochtgehalte en dezelfde bewerkbaarheid. Dat wijst op een gelijkmatig opdrogen

Tabel 1. Vochtverdeling in de bouwvoor na een droge periode.

Grond	Vochtgehalte (A) en bewerkbaarheid (B) in de laag				
	0—4	4—8	8—12	12—16	16—20 cm
Lössgrond	A 23,4	23,6	22,8	23,0	23,2
Lössgrond	B 5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Zavelgrond	A 18,7	22,8	23,4	24,1	24,5
Zavelgrond	B 6,5	5,5	5,2	4,8	4,5

van de bouwvoor. Dat betekent echter dat het vrij lang duurt voordat de bovenste laag voor bewerking geschikt is. De zavel toont een geheel ander beeld nl. een groot verschil in vochtgehalte en bewerkbaarheid tussen de verschillende lagen waarbij de bovenste 4 cm snel geschikt is voor bewerking terwijl de daarop volgende lagen vrij lang nat en plastisch blijven.

Welke toestand de voorkeur verdient hangt af van de intensiteit van de zaaibereiding (diepte en aantal van bewerkingen, te gebruiken werktuigen). Volgens ons is het belangrijk dat in korte tijd een toestand wordt bereikt waarbij de bovenste 5—10 cm (dikte hangt af van het te verbouwen gewas en van de daarbij benodigde grondbewerking) droog genoeg voor verkrumeling is (waardering van de bewerkbaarheid = 6⁻, plasticiteit 700 N/cm²) en waarbij de volgende 10—15 cm droog genoeg is om schadelijke verdichting te voorkomen (waardering bewerkbaarheid > 5, plasticiteit > 400 N/cm²).

De verschillen in opdrogen van gronden in het voorjaar zijn niet alleen het gevolg van de overmaat aan water boven de bewerkbaarheidsgrens maar ook van hoeveelheid en snelheid van het capillair transport van water naar de oppervlakte. Onder vrij natte omstandigheden kan voor dit transport de volgende vergelijking worden gegeven (*Rijtema*, 1969).

$$K = K_0 e^{-a\psi}$$

waarin K = capillair geleidingsvermogen (cm/etm.)

K_0 = capillair geleidingsvermogen bij vochtspanning

nul = onder bepaalde voorwaarden het verzadigde doorlatend vermogen

ψ = vochtspanning in cm

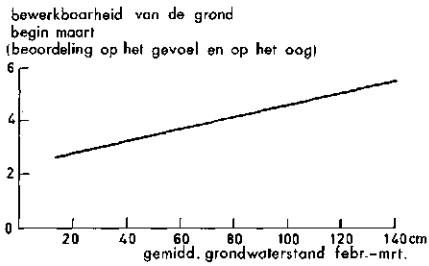
a = constante afh. van de grondsoort

De waarden voor K_0 en a zijn voor een aantal gronden globaal bekend (tabel 3).

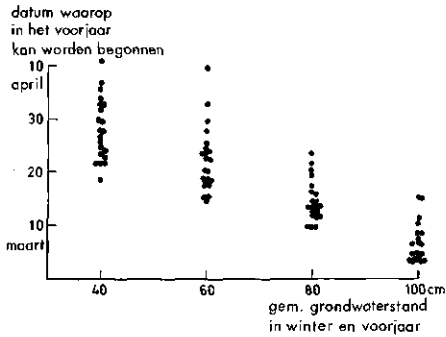
Dat maakt het mogelijk om voor verschillende gronden het capillair geleidingsvermogen bij verschillende vochtspanningen te berekenen. Wij komen hierop nog terug.

Invloed van verschillende factoren op de bewerkbaarheid van de grond

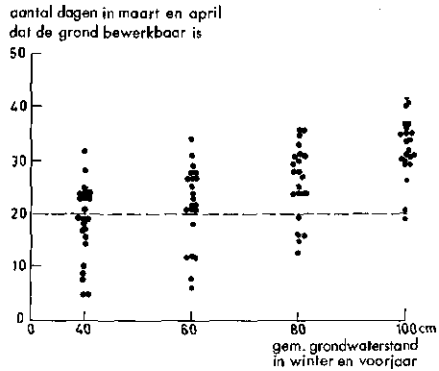
De invloed van die factoren werd nagegaan, waarvan bekend is dat ze ook ten aanzien van andere bodemfysische verschijnselen een rol spelen. Het ging daarbij vooral om de ontwatering en de samenstelling van de grond (gehalten aan humus en afslibbare delen, kalktoestand). Het is gebleken dat verschillende interacties kunnen optreden, hetgeen betekent dat de invloed van een bepaalde factor (bijv.



Figuur 6 (links). Invloed van de grondwaterstand op de bewerkbaarheid.

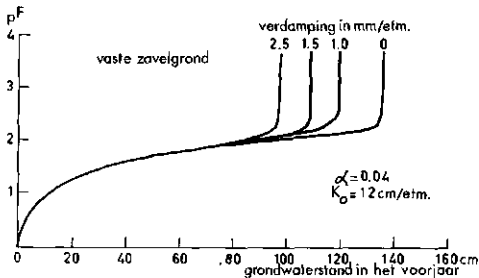


Figuur 7a en b (onder). Invloed van de grondwaterstand op enkele bewerkbaarheidsaspecten van de grond in het voorjaar.

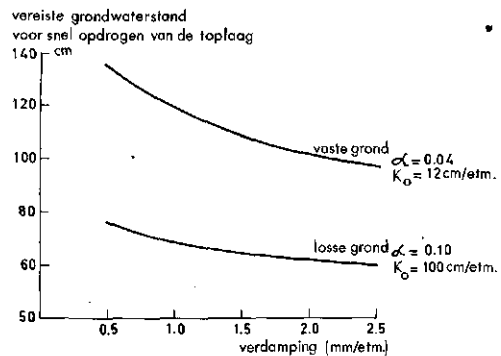


ontwatering) afhangt van het niveau van een andere factor (bijv. humusgehalte). De *ontwatering* is een belangrijke factor voor de voorjaarsbewerkbaarheid. Dat is duidelijk naar voren gekomen bij onderzoek op proefobjecten en praktijkpercelen op lichte kleigronden. Bij een diepere grondwaterstand in winter en voorjaar was de bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar steeds duidelijk beter dan bij een ondiepe waterstand (figuur 6). Van dit resultaat uitgaande werd met behulp van gegevens over regenval en verdamping voor een periode van ruim 20 jaar berekend op welk tijdstip de grond bij verschillende ontwaterings-situaties zou kunnen worden bewerkt (Boekel, 1974). Het resultaat daarvan, weergegeven in figuur 7, laat zien dat bij een gemiddelde grondwaterstand van ongeveer 1 m beneden maaiveld in winter en vroege voorjaar meestal voldoende

Figuur 8. Invloed van de grondwaterstand op de vochtspanning van de toplaag bij verschillende verdampingswaarden.



Figuur 9. Vereiste grondwaterstand voor snel opdrogen van de toplaag van losse en vaste grond.



vroeg kan worden begonnen, en voldoende dagen met een voor bewerking geschikte grond beschikbaar zijn.

De in het voorgaande geconstateerde invloed van de ontwatering is verklaarbaar omdat bij hoge grondwaterstand de vochtspanning lager en het vochtgehalte en het capillair geleidingsvermogen hoger zijn dan bij lage waterstand. Er moet door verdamping dan meer water worden verwijderd voordat de grond droog genoeg is. Dat wordt ook duidelijk wanneer aan de hand van gegevens over verdamping en capillair vochttransport in de onverzadigde toestand (*Rijtema*, 1969) met een door *De Willigen* (pers. meded.) afgeleide formule wordt berekend welke vochtspanning zich bij verschillende grondwaterstanden aan het oppervlak instelt. Die formule is:

$$\psi = -\frac{1}{\alpha} \ln \left\{ \frac{v}{K_0} - \left(\frac{v-K_0}{K_0} \right) e^{\alpha(x-X)} \right\}$$

- waarin ψ = zuigspanning in cm
 α = factor afh. van de grondsoort (cm⁻¹)
 v = verdamping in cm/etm.
 K_0 = capillair geleidingsvermogen bij vochtspanning 0
 x = diepte beneden maaiveld in cm
 X = grondwaterstand in cm

Een dergelijke berekening is uitgevoerd voor een zavelgrond. Het resultaat daarvan is weergegeven in figuur 8. Daaruit blijkt dat op een dergelijke grond pas bij een grondwaterstand van ruim 1 m beneden maaiveld het capillair transport bovenin zo gering is dat bij een verdamping van enkele mm's per etmaal duidelijke indroging optreedt. Bij een ondiepe grondwaterstand is dat meestal niet het geval en stelt zich aan het oppervlak een vochtspanning in die weinig hoger is dan de diepte van de grondwaterstand. Alleen bij sterk drogende omstandigheden zou de verdampingssnelheid het capillaire transport kunnen overvleugelen. Is dat niet het geval dan moet eerst zoveel water verdampen dat de grondwaterstand op een diepte van ruim 1 m komt. En dat kost veel tijd.

Het capillaire transport dat bij het opdrogingsproces een grote rol speelt, wordt ook in sterke mate beïnvloed door de ruimtelijke opbouw van de grond. Die ruimtelijke opbouw hangt enerzijds af van de aard van de gronddeeltjes en in de tweede plaats van de wijze waarop die gronddeeltjes zijn gerangschikt (actuele structuur of losheid van de grond). De invloed van de actuele structuur werd bij een zavelgrond nagegaan door allereerst in het laboratorium de K_0 en de α van vaste en losse grond te bepalen en vervolgens te berekenen bij welke grondwaterstand een snel opdrogen van de bovenlaag plaats vindt. Het resultaat daarvan is weergegeven in figuur 9. De invloed van de losheid van de grond op het capillair geleidingsvermogen en de snelheid van opdrogen is dus zo groot dat op losse grond met een aanmerkelijk ondiepere grondwaterstand zou kunnen worden volstaan.

Maar in de praktijk is de actuele structuur na de winter bij ondiepe ontwatering meestal slechter dan bij diepe ontwatering, waarmede dus het directe ongunstige effect van hoge grondwaterstand nog wordt versterkt. Mogelijk zou dit effect kunnen worden teniet gedaan door een grondbewerking direct na de winter.

Gezien dit resultaat zou kunnen worden verwacht dat ook andere structuurverbeterende factoren als humusgehalte, kalktoestand en bepaalde grondbewerkingsmaatregelen de voorjaarsbewerkbaarheid zouden bevorderen.

De invloed van het *humusgehalte* werd nagegaan op de drie organische stofbedrijven te Nagele, waar onder invloed van uitéénlopende organische bemestingen verschillen in humusgehalte van ongeveer 0,5% zijn ontstaan. Op deze kalkrijke, goed ontwaterde grond bleek een wat hoger humusgehalte echter een wat plastischer grond met een wat ongunstiger bewerkbaarheid tot gevolg te hebben (tabel 2).

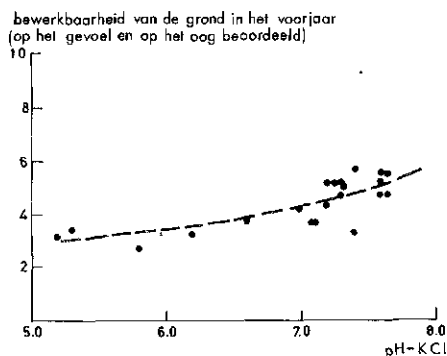
Tabel 2. Bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar bij verschillende humusgehalten.

Object	Humusgehalte	Poriënvolume	Pasticiteit N/cm ²	Bewerkbaarheid (voorjaar)	Vochtgehalte (gew. %)		
					Gemidd. voorjaar	pF 2	bij bewerk. grens
Kunstmestakker	2,1	49,8	700	5,9	21,6	22,6	22,5
Klaverland	2,3	50,4	570	5,8	22,6	23,4	23,0
Wisselweide	2,6	51,9	540	5,7	23,7	24,9	23,5

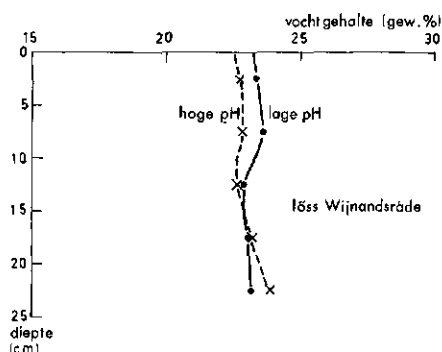
Hierbij moet wel duidelijk worden gesteld dat deze jonge grond van nature een dusdanig goede structuur heeft dat een snel opdrogen van de bovengrond toch al verzekerd is. Hoewel men zou verwachten dat op minder stabiele gronden een verhoging van het humusgehalte wel een gunstig effect zou sorteren, is dat in de praktijk nog niet gebleken. Dat zal nog verder moeten worden nagegaan. De *kalktoestand* oefent een gunstig effect uit op de bewerkbaarheid van de bovengrond. Dat is o.a. gebleken bij een onderzoek op een aantal percelen zavelgrond in Groningen en Friesland (figuur 10). Ook op het kalkproefveld op lössgrond droogde de grond met hoge pH oppervlakkig sneller op dan de grond met lage pH (figuur 11).

De invloed van het *gehalte aan afslibbare delen* is wat meer complex. Gelet op het oppervlak drogen de zware kleigronden meestal wat sneller op dan de zavel-

Figuur 10. Invloed van de kalktoestand op de bewerkbaarheid.



Figuur 11. Vochtgehalte in de top-laag bij verschillende kalktoestanden.



gronden, maar gelet op een wat dikkere laag of de gehele bouwvoor is dat juist andersom. Dat daarbij het capillair geleidingsvermogen een grote rol speelt blijkt vooral wanneer we dat met behulp van de door *Rijtema* gegeven formule en verdere gegevens voor verschillende grondsoorten voor enkele zanden en kleigronden berekenen.

Tabel 3. Capillair geleidingsvermogen van enkele grondsoorten.

	K_0 (cm/etm.)	α	K (bij pF 2) (cm/etm.)
Grof zand	300	0,138	$3 \cdot 10^{-5}$
Fijn zand	50	0,050	$3 \cdot 10^{-1}$
Zavel	25	0,035	$8 \cdot 10^{-1}$
Löss	35	0,049	$8 \cdot 10^{-1}$
Klei	1,3	0,048	$13 \cdot 10^{-8}$

Hieruit blijkt dat niet alleen grof zand, maar ook kleigronden een zodanig laag capillair geleidingsvermogen hebben dat het aan het oppervlak optredende vochtverlies door verdamping slechts in zeer beperkte mate door aanvoer van beneden wordt aangevuld. Volgens deze gegevens is voor zavel en löss het capillair geleidingsvermogen hoog en zullen dergelijke gronden gelijkmatig opdrogen, waarbij de toplaag laat geschikt zal zijn. Maar vooral op dergelijke gronden zal de ruimtelijke opbouw van grote invloed zijn. Tabel 4 geeft daarvan een voorbeeld.

Tabel 4. Invloed van de losheid van de grond op het capillair transport van water.

Actuele structuur Grond	Poriën- volume	K_0 (cm/etm.)	α	K (bij pF 2) (cm/etm.)
Losse zavel	46,5	48,0	0,120	$3 \cdot 10^{-4}$
Vaste zavel	41,3	6,5	0,057	$24 \cdot 10^{-8}$

Deze invloed is in de praktijk welbekend. Een bezakte aangesloten zavelgrond droogt in het voorjaar oppervlakkig traag op. Door losleggen van de bovenste 5—7 cm kan echter dat opdrogingsproces worden bevorderd. Het lijkt aannemelijk dat ook andere grondbewerkingsmaatregelen, voorafgaande aan de voorjaarsbewerking, dat proces kunnen beïnvloeden. Nader onderzoek op dit terrein lijkt dan ook gewenst.

Samenvatting

De bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar is een belangrijke eigenschap. Het tijdstip waarop kan worden ingezaaid of gepoot - belangrijk voor de op-

brengst - de benodigde hoeveelheid arbeid voor verkrijging van een goed zaaibed en de machinekeuze hangen ervan af.

Er werd nagegaan welke factoren daarbij van invloed zijn, en hoe belangrijk die invloed is. Het gaat daarbij vooral om de factoren ontwatering, samenstelling van de grond en actuele structuur.

Om de bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar te waarderen werden verschillende methoden gebruikt nl. een visuele waardering en bepalingen van de plasticiteit en het vochtgehalte.

In de praktijk werden grote verschillen in bewerkbaarheid aangetroffen. Daarbij is duidelijk geworden dat zowel vochtgehalte als vochttransport een belangrijke rol spelen.

Vooraf de ontwateringstoestand blijkt van grote invloed te zijn. Een ondiepere grondwaterstand resulteert in een groter overschot aan water en in een hoger capillair transport naar de toplaag wat een ongunstiger en latere bewerkbaarheid tot gevolg heeft. Deze ongunstige invloed is echter bij een losse ruimtelijke opbouw van de grond duidelijk minder dan bij een dichte grond.

Organische stof toont een ongunstige, kalk een gunstige invloed op de bewerkbaarheid in het voorjaar.

Een hoger kleigehalte en een fijnere zandfractie betekenen een groter overschot aan water boven dat bij de bewerkingsgrens. Het capillair transport echter neemt toe van zand naar zavel en neemt weer af van zavel naar klei. Dit geeft duidelijke verschillen in opdrogingspatroon en bewerkbaarheid. De in dit opzicht ongunstiger toestand van zavel- en lössgronden zou kunnen worden verminderd door het aanbrengen van een grotere losheid van de grond. De vraag is met welke grondbewerking voorafgaand aan de zaaibedbereiding dat bereikt zou kunnen worden.

Literatuur

Boekel, P., 1973. De betekenis van de ontwatering voor de bodemstructuur op de zavel- en lichte kleigronden. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 5-73.

Boekel, P., 1974. De betekenis van de ontwatering voor de bodemstructuur op zavel- en lichte kleigronden en de financiële consequenties daarvan. Bedrijfsontwikkeling 5: 875-880.

Pelgrum, A., 1977. De bodemstructuur op de „drie organische-stofbedrijven”. Bedrijfsontwikkeling 8: 933-947.

Perdok, U. D. en T. Tanis, 1975. Onderzoek naar het aantal werkbare dagen voor de voorjaarsgrondbewerking. Bedrijfsontwikkeling 6: 633-635.

Rid, H., 1963. Arbeitsergebnisse mit einem Apparat zur Messung der Scherfestigkeit und Zerreißfestigkeit des Bodens. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk. 102: 204-211.

Rijtema, P. E., 1969. Soil moisture forecasting. Inst. Cultuurtechn. Waterhuish., Wageningen, Nota 513.

Wind, G. P., 1960. Opbrengstderving door te laat zaaien. Landbouwk. Tijdschr. 72: 111-118.

Wind, G. P., 1972. A hydraulic model for simulation of non hysteric vertical unsaturated flow of moisture in soils. J. Hydrol. 15: 227-246.

Wind, G. P., 1976. Application of analog and numerical models to investigate the influence of drainage on workability in spring. Neth. J. Agric. Sci. 24: 155-172.