

I N S T I T U U T V O O R B O D E M V R U C H T B A A R H E I D

RAPPORT 5-1973

DE BETEKENIS VAN DE ONTWATERING VOOR DE BODEMSTRUCTUUR OP
DE ZAVEL- EN LICHT E KLEIGRONDEN

door

P. BOEKEL

1973

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp 5-1973

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Voor de praktijk belangrijke aspecten van de bodemstructuur op zavel- en lichte kleigronden	5
a. Slempigheid	5
b. Bewerkbaarheid en berijdbaarheid van de grond	6
c. Actuele structuur	9
3. Invloed van de ontwatering op de structuuraspecten en de daarmee samenhangende voor- of nadelen	10
a. Invloed op de verslemping	10
b. Invloed op de bewerkbaarheid en de berijdbaarheid in het voorjaar	16
c. Invloed op de bewerkbaarheid en de berijdbaarheid in nazomer en herfst	26
d. Invloed op de actuele structuur	33
4. Totale financiële opbrengstdervingen bij verschillende, onvoldoende ontwateringstoestanden	37
5. Samenvatting en conclusie	39
6. Literatuur	41

1. INLEIDING

De prijzen van de akkerbouwprodukten zijn de laatste jaren duidelijk achtergebleven bij de algemene prijsontwikkeling. Dat betekent dat ter verkrijging van een redelijk inkomen in de landbouw nu en in de toekomst bepaalde maatregelen zullen moeten worden genomen waardoor de produktiekosten worden verlaagd, terwijl de opbrengsten op een zo hoog mogelijk niveau blijven. Een steeds toenemende mechanisatie bij afnemende personeelsbezetting is daarvan het gevolg. Om deze ontwikkeling mogelijk te maken zullen de inrichting van het bedrijf en de kwaliteit van de grond aan hoge eisen moeten voldoen. Wat dit laatste betreft spelen vooral de natuurkundige eigenschappen van de grond een belangrijke rol. Men kan dit duidelijk onderkennen in de huidige waardering door de praktijk. Vroeger werden de zware kleigronden in verband met hun goede chemische vruchtbaarheid hoger gewaardeerd dan de lichte gronden. Vandaag den dag is dat als gevolg van de geringere bewerkins- en mechanisatiemogelijkheden en de daardoor lagere bedrijfsinkomsten op de zware gronden juist andersom, (Hibma en Vollema 1964). In dit geval is het kleigehalte van doorslaggevende betekenis. Een andere factor die de laatste jaren als zeer belangrijk voor de fysische eigenschappen van de grond naar voren is gekomen, is de ontwateringstoestand in herfst, winter en voorjaar. Het onderzoek van de laatste jaren op klei- en zavelgronden in het noorden en zuiden van ons land heeft duidelijk de invloed van de ontwateringstoestand op de verslemping in de winter, de bewerkbaarheid en berijdbaarheid in het voor- en najaar en de actuele structuur in de zomer aangetoond (Boekel, 1968a, b, 1971a, b). Daarbij is tevens de indruk verkregen, dat de ontwatering in veel gevallen niet voldoende is om een goede bedrijfsvoering mogelijk te maken, om goede gewasopbrengsten te krijgen en dus om tot voldoende bedrijfsuitkomsten te komen. Toch voldoet in vele gevallen de ontwatering aan de algemeen aanvaarde ontwateringsnormen. Daarbij moet wel bedacht worden dat deze normen in sterke mate hun oorsprong vinden in de empirie en dat er nog maar weinig

studies op dat terrein zijn verricht (Bijkerk, 1963). Het door ons uitgevoerde onderzoek geeft een duidelijke aanwijzing dat deze normen, zeker onder de huidige omstandigheden, niet meer voldoen. Om te kunnen aangeven welke ontwatering dan wel nodig is moeten de voordelen van een diepere ontwatering voor verschillende aspecten van de bouwvoorstructuur financieel geëvalueerd worden. Dan kan ook een uitspraak over de rentabiliteit van verbeteringen op het gebied van de waterhuishouding worden gedaan.

2. VOOR DE PRAKTIJK BELANGRIJKE ASPECTEN VAN DE BODEMSTRUCTUUR OP ZAVEL- EN LICHT KLEIGRONDEN

Verschillende aspecten van de bodemstructuur kunnen worden onderscheiden die door de ontwatering beïnvloed worden en ieder voor zich een bepaalde betekenis hebben voor de bedrijfsvoering of voor de groei van de gewassen. Deze aspecten zijn: (a) slem-pigheid, (b) bewerkbaarheid en berijdbaarheid en (c) actuele structuur van de grond. Alvorens op de betekenis van de ontwa-tering in te gaan zal eerst het één en ander over deze aspecten naar voren worden gebracht.

a. Slem-pigheid

Dit is een euvel dat op vele slib- en leemhoudende gronden optreedt (Boekel 1971a, b). Het is gekenmerkt door het ontstaan van verdichtingen aan het grondoppervlak (oppervlakkige verslem-ping) en in ernstige gevallen door het geheel ineenzakken van de bouwvoor onder invloed van de dispergerende en mechanische wer-king van water (inwendige verslemping). Verslemping treedt vooral op in herfst en winter, wanneer de bouwvoor lange tijd aan de invloed van de weersomstandigheden is blootgesteld, en in het voorjaar wanneer de grond bij het zaaiklaar maken nogal fijn en vlak is gemaakt.

De bezwaren van een te sterke verslemping kunnen op ver-schillende manieren en op verschillende momenten naar voren komen. In de eerste plaats kan bij de in de herfst gezaaide of gepote gewassen (wintergranen, tulpen) door sterke verdichting en daardoor onvoldoende zuurstofvoorziening in de winter en het voorjaar veel uitval optreden en kan de groei van het nog aan-wezige gewas te wensen overlaten (fig. 1).

In de tweede plaats zullen percelen die vóór de winter op wintervoor zijn geploegd en daarna tamelijk sterk zijn verslemp-

in het voorjaar nogmaals diep en intensief moeten worden bewerkt om een voldoende actuele structuur te verkrijgen. Naast dit nadeel van extra werk houdt een dergelijke voorjaarsgrondbewerking het gevaar in dat de grond te los wordt, waardoor enerzijds moeilijk op de juiste diepte kan worden gezaaid, en anderzijds de vochtvoorziening in de ontkiemingsperiode ongunstig kan worden beïnvloed.

Tenslotte kan verslemping moeilijkheden opleveren op percelen waarop in het voorjaar een fijn zaaibed voor bv. bieten of uien wordt klaargemaakt en waarbij kort na de inzaai zware regenval optreedt. Er kan dan een slemplaag worden gevormd die bij drogen hard wordt. De jonge kiemplantjes komen dan moeilijk of niet boven of worden beschadigd. Met dit probleem wordt men niet ieder jaar geconfronteerd, maar gemiddeld hoogstens eenmaal in de 5 à 6 jaar.

b. Bewerkbaarheid en berijdbaarheid van de grond

De huidige landbouw is sterk gemechaniseerd. Het aantal machines waarmee geregeld op het land wordt gereden en gewerkt neemt nog steeds toe. Dat rijden en werken moet ook onder vaak minder gunstige omstandigheden kunnen gebeuren, zonder dat de grond daarbij te sterk wordt verdicht of versmeerd. De grond moet over een periode die voldoende is om alle werkzaamheden te kunnen verrichten, voldoende weerstand tegen de erop uitgeoefende krachten kunnen bieden.

Er moet verschillende malen in de grond worden gewerkt, enerzijds om de tijdens de verzorging en de oogst van het gewas verdichte grond weer in een goede en homogene structuurtoestand te brengen, anderzijds om onkruid te bestrijden. Aangezien de kosten van grondbewerking een belangrijk deel van de totale produktiekosten vormen, biedt een gemakkelijke bewerkbaarheid grote voordelen. Ook bij het mechanisch rooien van bv. aardappelen en tulpen is een goede verkruielbaarheid een belangrijke eigenschap, omdat de aanwezigheid van veel grove kluiten de sorteerkosten sterk doet oplopen.

Wat de bewerkbaarheid betreft is verder het tijdstip waarop in het voorjaar met de voorjaarsgrondbewerking en inzaai kan worden begonnen van veel belang, omdat de opbrengst van verscheidene gewassen daar sterk van afhangt. In verband met de geringe personeelsbezetting en de hoge kosten



Fig. 1. Enkele gevolgen van ernstige verslemping.

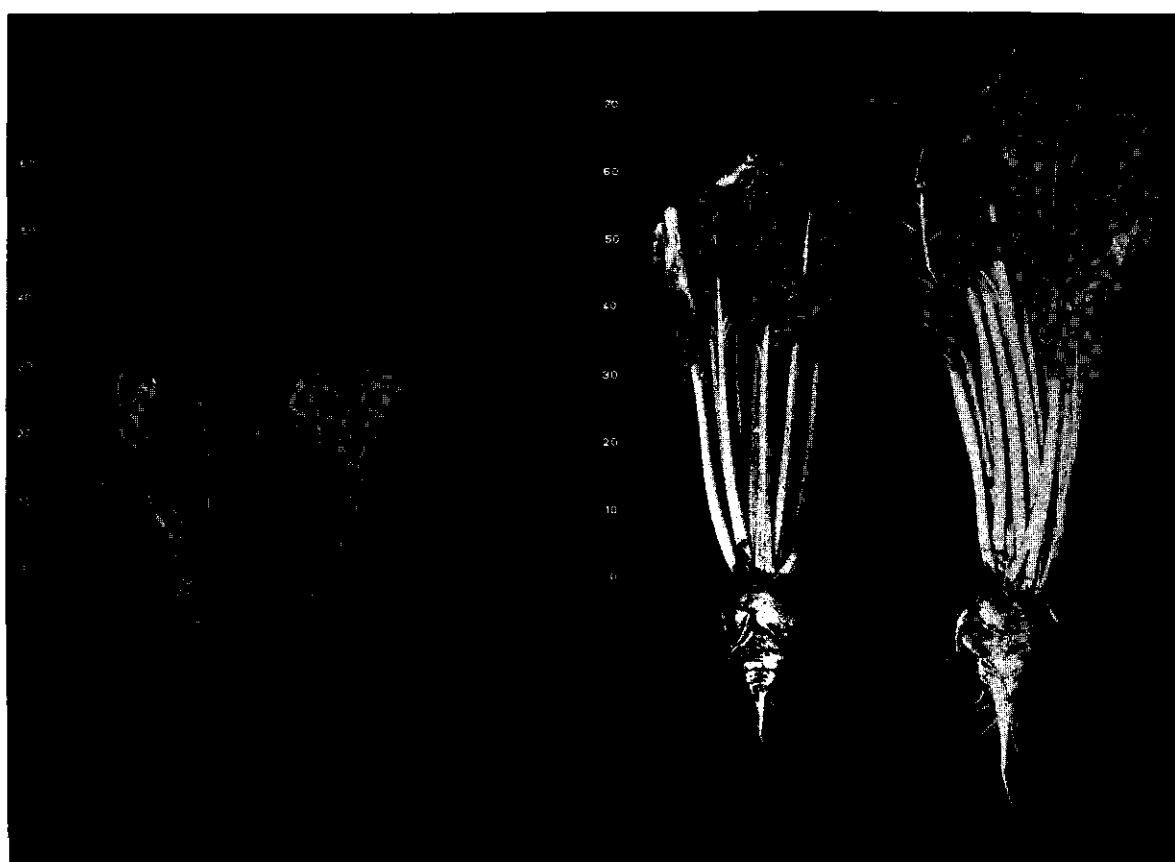


Fig. 2. Invloed van de actuele structuur op de groei van enkele gewassen.

A. Geringere ontwikkeling van het graan in rijsporen.

B. Ontwikkeling van bieten op slechte (links) en goede (rechts) structuur.

van de mechanisatie is het tijdstraject waarin kan worden gereden en gewerkt, eveneens erg belangrijk.

c. Actuele structuur

Ter verkrijging van een goede groei en een hoge opbrengst is het noodzakelijk dat de plantenwortels in de grond zich goed kunnen ontwikkelen en een behoorlijke activiteit kunnen ontplooien (fig. 2). Naast een voldoende hoeveelheid water en voedingsstoffen is ook een dusdanige ruimtelijke opbouw vereist dat een voldoende transportmogelijkheid voor zuurstof (aanvoer vanuit de atmosfeer) en koolzuur (afvoer vanuit de grond) kan plaats vinden (Boekel, 1966, 1970b). Dit structuuraspect, aangeduid als actuele structuur, hangt voor een belangrijk deel samen met de beide voorgaande aspecten. Gronden die slempig of moeilijk bewerkbaar zijn, zullen ook een wat slechtere actuele structuur hebben.

3. INVLOED VAN DE ONTWATERING OP DE STRUCTUURASPECTEN EN DE DAARMEE SAMENHANGENDE VOOR- OF NADELEN

a. Invloed op de verslemping

Interne verslemping treedt van jaar tot jaar in verschillende mate op. Dat hangt samen met de weersgesteldheid in de herfst- en winterperiode en de invloed daarvan op de grondwaterstand. Hierover werd de laatste jaren op noordelijke en zuidelijke zavelgronden veel onderzoek verricht. Steeds werd vrijwel eenzelfde invloed gevonden van de gemiddelde grondwaterstand in de winter op de verslemping (Boekel 1971a, b), waarbij de laatste volgens een in fig. 3 weergegeven verslempingsschaal in het voorjaar werd beoordeeld. De gemiddelde invloed zoals die bij verschillende gehalten aan afslibbare delen werd gevonden, is weergegeven in fig. 4. Deze heeft betrekking op percelen met een goede kalktoestand en bij een gehalte aan organische stof, zoals dat gemiddeld bij de verschillende gehalten aan afslibbare delen voorkomt. De invloed van ontwatering blijkt daaruit duidelijk.

Hierbij moet worden opgemerkt dat een bepaalde verslemping ontstaat onder invloed van een langdurige (enkele maanden) ontwateringssituatie. Een kortstondige (enkele dagen) hogere grondwaterstand heeft slechts weinig invloed op de mate van verslemping. Bij de lichtste gronden is de verslemping het sterkst en daar zal een ondiepe grondwaterstand dan ook de meeste schade kunnen aanrichten.

In de akkerbouw komt die schade in de eerste plaats naar voren bij *wintertarwe*. Op een te dichte grond met een te laag luchtgehalte zal een sterke uitval in de winter en een te geringe groei en opbrengst in de zomer kunnen optreden. In grote lijnen is bekend welke luchtgehalten bij de verschillende verslempingstoestanden voorkomen (tabel I). Ook is bekend welke invloed het luchtgehalte gemiddeld over een aantal jaren op de opbrengst van verschillende gewassen heeft (fig. 5). Daarmee kan worden aangegeven welke opbrengstdepressies bij wintertarwe als gevolg van een verschillende verslemping kunnen worden verwacht (tabel I).

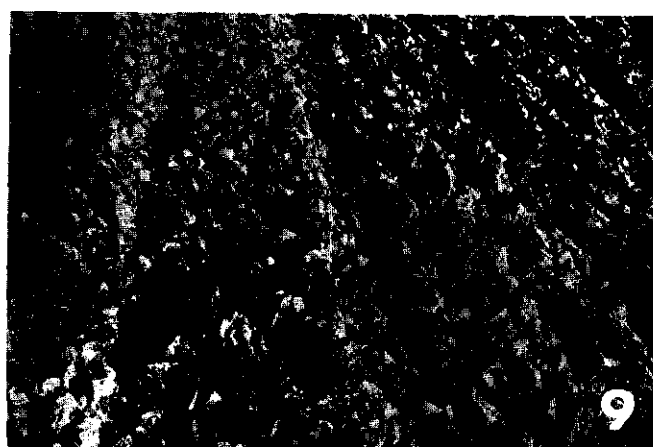
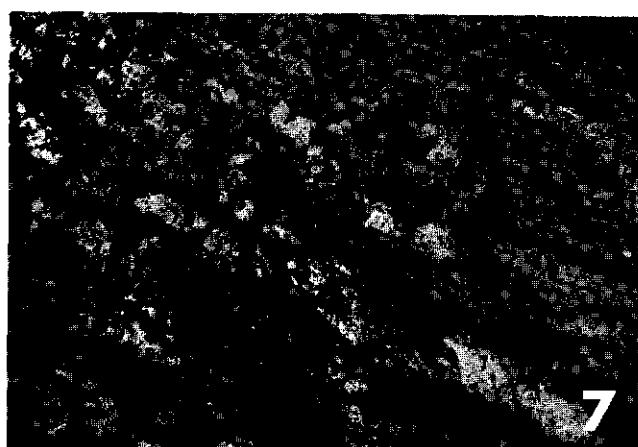
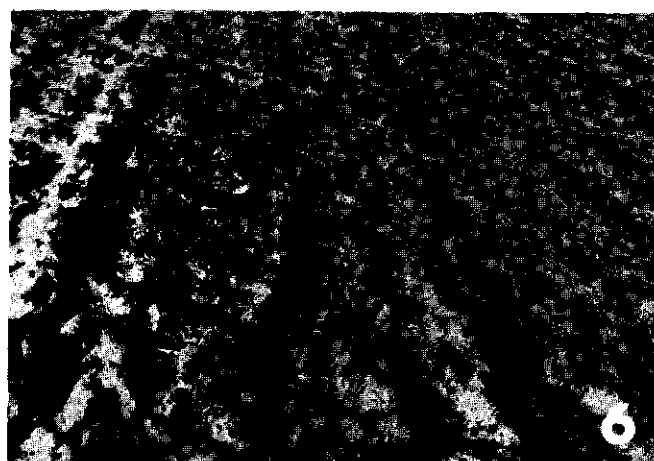
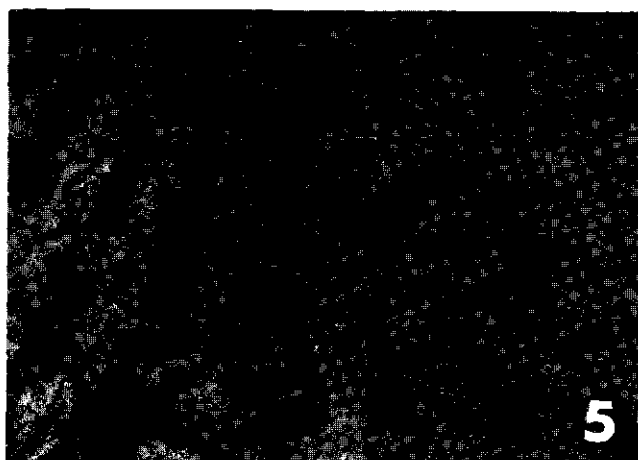
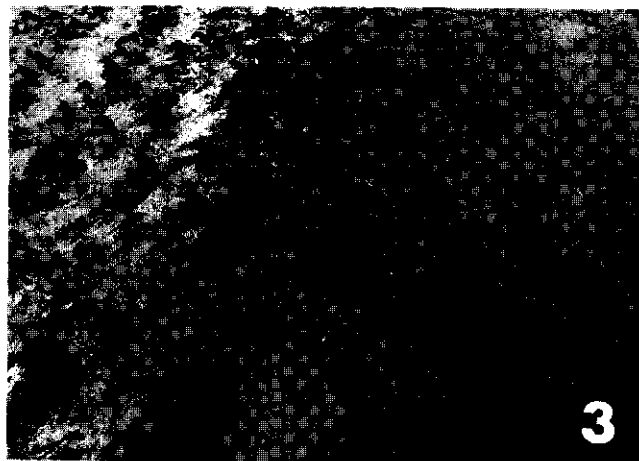


Fig. 3. Beoordeling van verslemping in het voorjaar op percelen die op wintervoor zijn geploegd.

TABEL I. Verslempingstoestand, luchtgehalte en opbrengst aan wintertarwe

	Verslempingsbeeld					
	2	3	4	5	6	7
Luchtgehalte bij pF2	6	8	10	13	17	20
Opbrengstdepressie w-tarwe (%)	40	28	16	6	0	0
Opbrengstdepressie w-tarwe (in kg)	2000	1350	800	300	0	0
Opbrengstdepressie w-tarwe (in guldens)	800	540	320	120	0	0

Aan de hand van fig. 4 en met behulp van de gegevens uit tabel I kan worden afgeleid welke opbrengstderving door onvoldoende groei als gevolg van verslemping kan worden verwacht bij verbouw van wintertarwe op percelen van verschillend zwaarte als gevolg van een onvoldoend diepe grondwaterstand (fig. 5).

Bij de verbouw van *gewassen die in het voorjaar worden gezaaid of gepoot*, kan verslemping ook bepaalde consequenties hebben. Gronden die gedurende de winter zwaar verslempd zijn, kunnen in het voorjaar voor de inzaai op verschillende manieren worden aangepakt. Om een goed zaai-bed voor granen en bieten te krijgen, kan bv. oppervlakkig worden bewerkt. Daarbij blijft het onderste, maar vaak grootste deel van de bouwvoor in een dichte toestand met een ongunstige actuele structuur. Dat zal een opbrengstdepressie zoals in fig. 6 is weergegeven, tot gevolg kunnen hebben. Op dezelfde wijze als voor wintertarwe kan ook voor deze gewassen worden afgeleid welke opbrengstdepressie via verslemping en minder goede groei door te hoge grondwaterstand kan worden opgelopen. Die zal voor zomertarwe dan gelijk zijn aan die van wintertarwe (fig. 5). Die voor suikerbieten en aardappelen is weergegeven in fig. 7.

Daarbij moet worden opgemerkt, dat de opbrengst van aardappelen minder sterk zal worden beïnvloed door het in elkaar slempen van de grond in de winter dan bij granen en bieten, omdat ter verkrijging van voldoende losse grond in de aardappelrug meestal een wat diepere en intensievere grondbewerking plaatsvindt. De in fig. 6 weergegeven invloed van de structuur op de opbrengst aan aardappelen is daarom

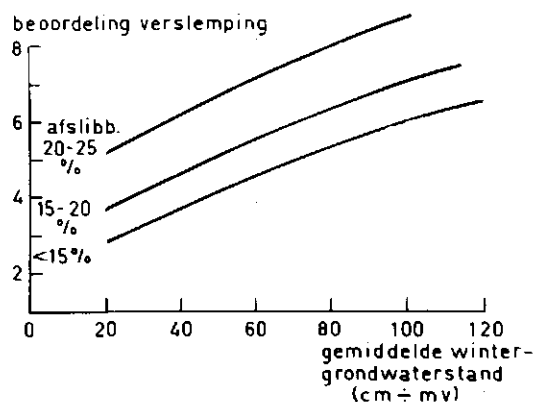


Fig. 4. Invloed van de ontwatering op de verslemping bij verschillende gehalten aan afslibbaar.

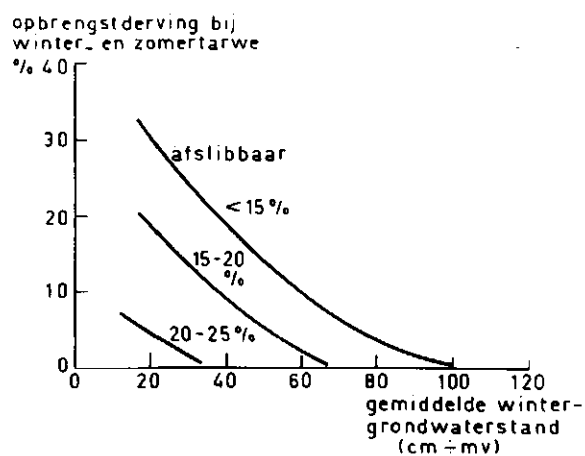


Fig. 5. Invloed van het luchtgehalte op de opbrengst aan granen, bieten en aardappelen.

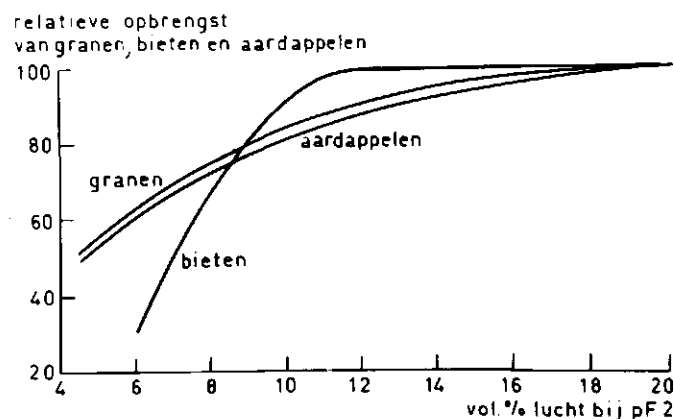


Fig. 6. Opbrengstderving bij winter- en zomertarwe als gevolg van verslemping bij verschillende grondwaterstanden en gehalten aan afslibbaar.

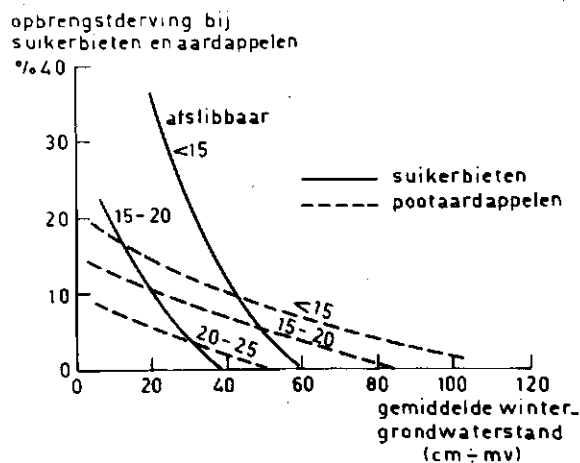


Fig. 7. Opbrengstderving bij suikerbieten en aardappelen als gevolg van verslemping bij verschillende grondwaterstanden en gehalten aan afslibbaar.

hier voor de helft in rekening gebracht.

Om de in het voorgaande genoemde opbrengstdervingen bij zomergranen, bieten en aardappelen te ontlopen, zou men kunnen overwegen de bouwvoor opnieuw diep te bewerken. Dat brengt dan uiteraard meer kosten met zich mee. Naarmate de grond sterker is verslemt, zal meer aan voorjaarsgrondbewerking moeten worden besteed. In het ergste geval zijn dat de kosten van 1 maal ploegen + 1 maal eggen, ten bedrage van tenminste f 80,- per ha (Gewestelijke Raad voor Groningen van het Landbouwschap, 1969).

Daar komt nog bij dat het diep losmaken van de grond in het voorjaar grote risico's t.a.v. ontkieming, opkomst en eerste groei oplevert. Als gevolg van een verminderde capillaire opstijging van water kan in droge perioden de bovenlaag sterk indrogen waardoor de ontkieming en de opkomst in het voorjaar worden verminderd of vertraagd en de opbrengst wordt gereduceerd. Bij granen, bieten en aardappelen is dit in de praktijk en bij het onderzoek gebleken. Een duidelijk voorbeeld hiervan is het proefveld in Kruisland, waar in 1968 bij voorjaarsploegen 17% minder opbrengst aan aardappelen werd verkregen dan bij herfstploegen (Van Ouwerkerk en Pot 1968). Ook uit een door Van Ouwerkerk (1971) samengesteld overzicht over de invloed van het tijdstip van ploegen op opbrengsten kan worden geconcludeerd dat in bepaalde jaren het voorjaarsploegen belangrijke opbrengstdepressies tot gevolg heeft. Daaruit kan globaal worden afgeleid dat in jaren met een droog voorjaar - sinds 1950 is dat in 1/3 van de jaren het geval geweest - de opbrengstdepressies bij voorjaarsploegen voor zomergranen, bieten en aardappelen gemiddeld resp. 10%, 10% en 15% waren. Uitgaande van deze gegevens kan de gemiddelde totale schade bij diepe grondbewerking in het voorjaar (tabel II) worden vastgesteld.

TABEL II. Schade in de vorm van extra grondbewerkingskosten en opbrengstderving bij diepe voorjaarsgrondbewerking

	Opbrengstderving in droge jaren, %	gemiddeld per jaar			Extra kosten grondbew., guldens	Totale schade, guldens
		%	kg	guldens		
Granen	10	3 1/3	170	68,-	80	148
Bieten	10	3 1/3	1700	119,-	80	199
pootg. Aardappelen	15	5	1000	250,-	80	330
cons.			2000	250,-		

Zware verslemping heeft gemiddeld dus altijd een zekere schade tot gevolg, hoe de grond in het voorjaar ook wordt bewerkt. Men kan zich nu afvragen welke werkwijze het beste kan worden toegepast om bij een bepaalde ondiepe grondwaterstand de schade door verslemping zo laag mogelijk te houden. Daartoe moeten de gegevens uit tabel II worden gecombineerd met de resultaten in fig. 7. Dat is weergegeven in fig. 8.

Daaruit kan worden geconcludeerd dat op de lichtste zaveln bij een grondwaterstand ondieper dan ongeveer 70 cm onder maaiveld bij verbouw van granen en aardappelen in het voorjaar beter een diepe grondbewerking kan worden toegepast. Bij de verbouw van bieten is dat wenselijk bij een gemiddelde grondwaterstand ondieper dan 50 cm. Dan wordt een geringere opbrengstderving verkregen dan bij een oppervlakkige grondbewerking.

Uit de tot nu toe verkregen gegevens kan voor een bepaald bedrijf de totale schade worden afgeleid, die wordt veroorzaakt door verslemping, teweeggebracht door een onvoldoende ontwatering. Daarbij zal ervan worden uitgegaan dat er geregeld vier gewassen worden verbouwd: wintertarwe, zomergraan, bieten en aardappelen, ieder voor 1/4 deel. Verder wordt aangenomen dat in het voorjaar voor de inzaai van zomergewassen een diepe grondbewerking wordt toegepast als dat voordeliger is. Het resultaat is vermeld in tabel III.

TABEL III. Opbrengstderving bij een volledig bouwplan als gevolg van verslemping door onvoldoende ontwatering op zavelgronden van verschillende zwaarte

		Opbrengstderving (in guldens) bij een grondwaterstand van							
Afslibb. (%)	Gewas	30	40	50	60	70	80	90	100
< 15	w-tarwe	475	370	270	190	120	70	35	0
	z-graen	150	150	150	150	100	50	20	0
	bieten	200	200	180	0	0	0	0	0
	aard.	330	330	330	330	325	220	125	40
	per 4 j.	1155	1050	930	670	545	340	180	40
15-20	w-tarwe	270	180	100	40	0	0	0	0
	z-graen	150	150	80	20	0	0	0	0
	bieten	170	40	0	0	0	0	0	0
	aard.	330	330	330	290	180	85	0	0
	per 4 j.	920	700	510	350	180	85	0	0
20-25	w-tarwe	25	0	0	0	0	0	0	0
	z-graen	60	0	0	0	0	0	0	0
	bieten	0	0	0	0	0	0	0	0
	aard.	310	170	30	0	0	0	0	0
	per 4 j.	395	190	30	0	0	0	0	0

b. Invloed op de bewerkbaarheid en berijdbaarheid in het voorjaar

Uit onderzoek dat de laatste jaren aan het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid heeft plaats gevonden, is gebleken dat de ontwatering een belangrijke invloed heeft op de bewerkbaarheid en berijdbaarheid van de grond (Boekel, 1971c). Bij een diepe grondwaterstand in winter en vroege voorjaar zal als gevolg van een lager vochtgehalte vroeger met de voorjaarsactiviteiten kunnen worden begonnen dan bij een ondiepe grondwaterstand. Tevens is het tijdstraject waarin de verschillende werkzaamheden kunnen plaats vinden, ruimer. Dat biedt verschillende voordelen. In de eerste plaats worden bij vroege inzaai van de zomergewassen meestal hogere opbrengsten verkregen dan bij late inzaai. Een tweede voordeel vormt het grotere aantal dagen dat de grond in het voorjaar bewerkbaar en berijdbaar is, waar-

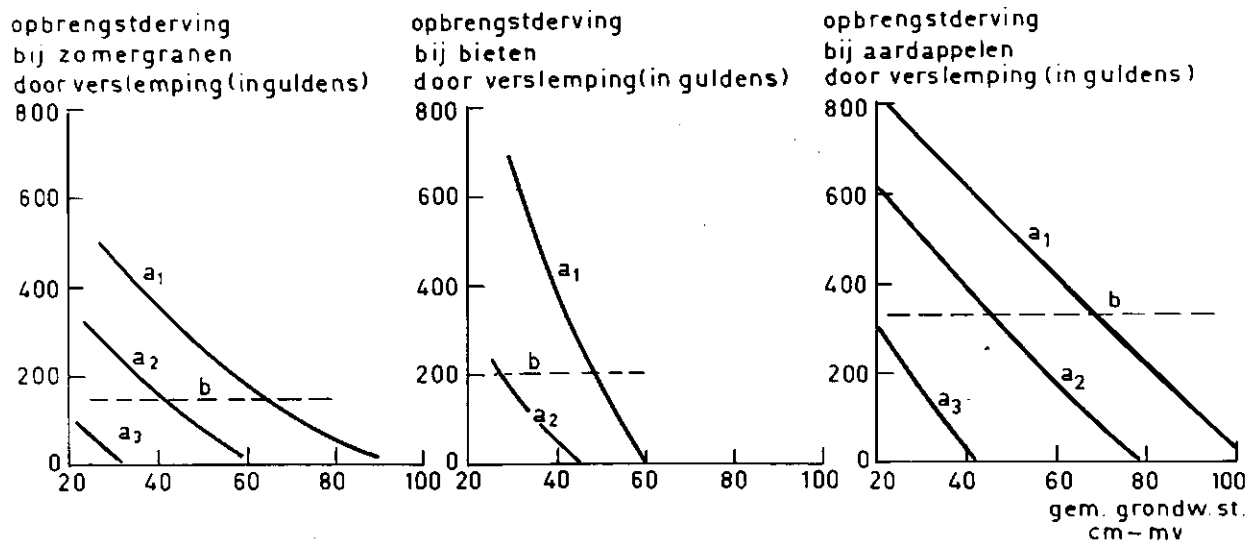


Fig. 8. Totale opbrengstderving door onvoldoende ontwatering via verslemping.
 a = bij oppervlakkige grondbewerking in het voorjaar: a_1 = afslibbaar < 15%,
 a_2 = afslibbaar 15-20%, a_3 = afslibbaar 20-25%.
 b = bij diepe grondbewerking in het voorjaar.

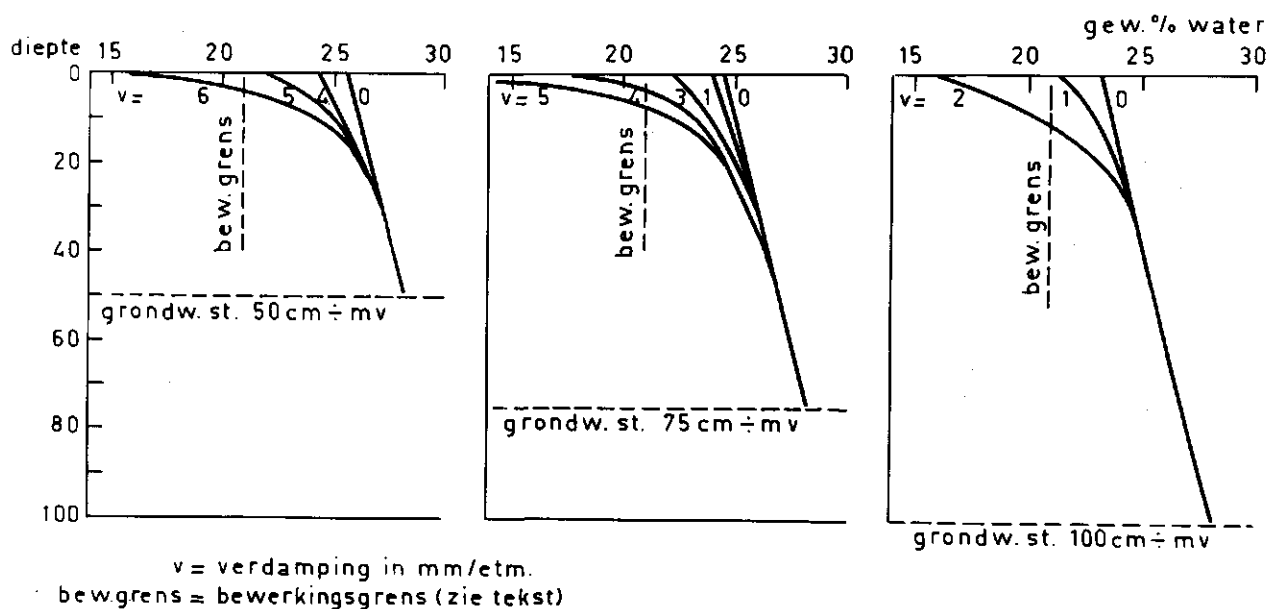


Fig. 9. Verloop van het vochtgehalte in het profiel bij verschillende grondwaterstanden en verschillende verdampingssnelheden.
 v = verdamping in mm/etmaal.
 bew. grens = bewerkingsgrens (zie tekst).

door een arbeidspiek kan worden voorkomen.

De kwantitatieve invloed van de ontwatering op de bewerkbaarheid en berijdbaarheid in het voorjaar werd op verschillende manieren nagegaan. In de eerste plaats werd op een aantal proefobjecten met uiteenlopende waterstand op zavelgronden in noordelijk Groningen vastgesteld hoeveel dagen met droog weer moest worden gewacht voordat met de voorjaarsbezigheden kon worden begonnen (Boekel, 1971a). Deze uitkomst geldt uiteraard alleen voor het desbetreffende voorjaar. De situatie kan in andere jaren door andere weersomstandigheden daarvan sterk afwijken. Daarom is geprobeerd ook op andere wijze gegevens te verkrijgen over de invloed van ontwatering op de bewerkbaarheid in het voorjaar. Aan de hand van gegevens over verdamping en capillair vochttransport in de onverzadigde toestand kon worden berekend hoe het verloop van de pF en het daarbij behorende vochtgehalte in het bodemprofiel is (Rijtema, 1969). In fig. 9 zijn de op deze wijze bepaalde vochtgehalten bij verschillende verdampingswaarden en grondwaterstanden weergegeven. In deze figuur is tevens de zg. bewerkingsgrens aangegeven. Dat is het vochtgehalte waarboven deze grond niet kan worden bereden en bewerkt, zonder de structuur te verknoeien. Bij vochtgehalten gelijk aan of lager dan de bewerkingsgrens kan de grond wel zonder schadelijke gevolgen worden bereden en bewerkt. Deze grenswaarde, die afhangt van de samenstelling van de grond, kan in het laboratorium worden bepaald.

Uit fig. 9 blijkt dat bij een constante grondwaterstand van 50 cm een verdamping noodzakelijk is van ongeveer 6 mm per dag om de toplaag van 10 cm voldoende droog te krijgen. Bij een grondwaterstand van 75 cm is de daarvoor noodzakelijke verdamping ongeveer $4\frac{1}{2}$ mm/dag, bij een grondwaterstand van 100 cm $1\frac{1}{2}$ mm/dag. Aangezien in de maanden maart en april de verdamping gemiddeld maar in de orde van grootte van 1 à 2 mm per dag ligt, zal in die periode een grondwaterstand van ongeveer 100 cm gewenst zijn om het vochtgehalte van de toplaag snel beneden de bewerkingsgrens te krijgen en op het land terecht te kunnen. Bij een ondiepere grondwaterstand zal dit pas het geval zijn wanneer door verdamping of drainage de hoeveelheid water boven de bewerkingsgrens is afgevoerd. Dat zal in het vroege voorjaar pas het geval zijn wanneer de grondwaterstand tot ongeveer 1 m daalt.

Uit de evenwichtstoestand van het verloop van het vochtgehalte met veranderende diepte, afgeleid uit de vochtkarakteristieken van de bodemlagen, kan worden berekend hoeveel mm water bij verschillende grondwaterstanden uit een gemiddeld zavelprofiel moet worden verwijderd om op een grondwaterstand van ongeveer 1 m te komen. Met behulp van de gemiddelde verdampingscijfers van het KNMI, aangenomen dat de werkelijke verdamping hiermee overeenkomt, kan dan globaal worden afgeleid hoe lang het in een droge periode duurt dat het te veel aan water door verdamping is verwijderd en hoe lang dus op zijn kortst met de voorjaarsgrondbewerking zou moeten worden gewacht (tabel IV).

TABEL IV. Aantal dagen dat bij verschillende grondwaterstanden nodig is om alleen via verdamping in de toplaag de bewerkingsgrens te verkrijgen

Grondwaterstand (cm $\pm$ mv.)	Hoeveelheid water (in mm) dat moet worden verwijderd om de grondwater- stand op 100 cm $\pm$ mv. te brengen	Aantal aaneensluitende dagen dat gemiddeld met ingang van 1 maart nodig is om de bewer- kingsgrens te bereiken
20	43,0	36
30	39,5	34
40	35,0	30
50	30,5	27
60	25,5	23
70	20,0	19
80	14,5	16
90	8,0	11
100	0	4

Deze resultaten zijn samen met de uitkomsten van het onderzoek op de proefplekken in noordelijk Groningen, weergegeven in fig. 10. Daarin zijn ook de eerder door Wind (1963) gevonden cijfers opgenomen.

Bij berekening vinden we een groter aantal "wachtdagen" dan bij vaststelling in de praktijk. Dat is ook wel te verwachten omdat in een droge periode bij een ondiepere grondwaterstand een deel van het water naar drains en sloten zal afstromen. Uit fig. 10 kan globaal worden afgeleid dat op de proefpercelen in Groningen dat ongeveer 1 mm per dag moet zijn geweest. Dat is een acceptabele waarde. Voor een verdere beschouwing over de consequentie van deze "wachttijden", zal dan ook

aantal aaneengesloten dagen met droog weer
dat met de voorjaarsgrondbewerking
moet worden gewacht

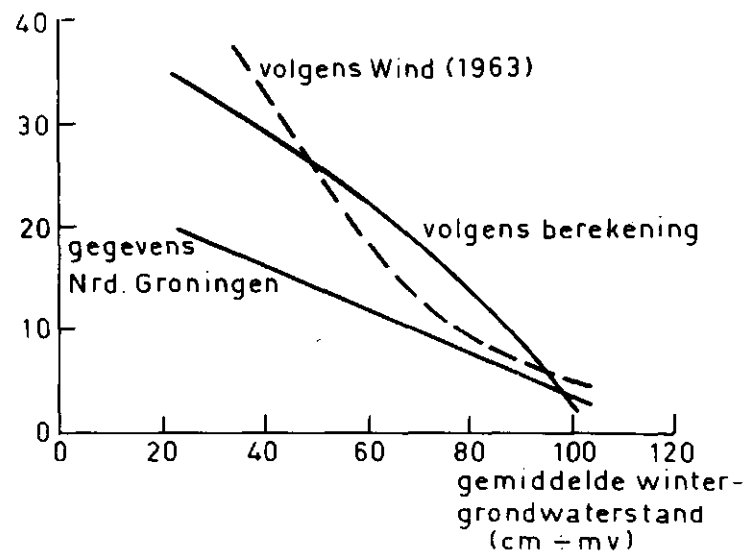


Fig. 10. Invloed van de ontwatering op het aantal "wachtdagen" in het voorjaar.

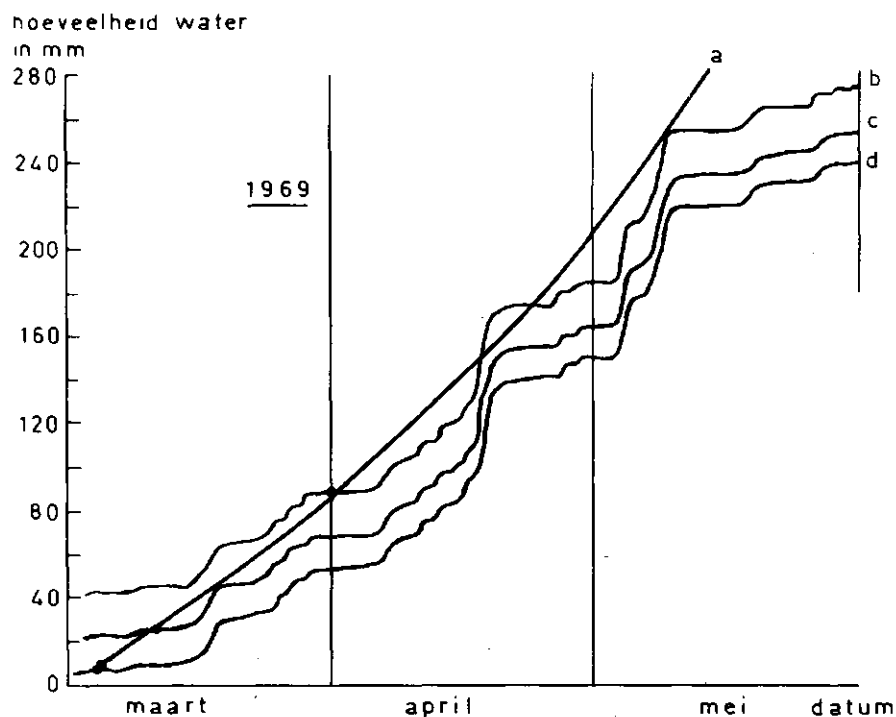


Fig. 11. Vaststelling van bewerkingstijdstip en aantal werkbare dagen.

- a = hoeveelheid water door verdamping en drainage afgevoerd.
- b = hoeveelheid water bij 40 cm grondwaterstand te veel in de grond aanwezig, en regenval
- c = hoeveelheid water bij 80 cm grondwaterstand te veel in de grond aanwezig, en regenval.
- d = hoeveelheid water bij 100 cm grondwaterstand te veel in de grond aanwezig, en regenval
- = begin werkbare periode.

van de situatie worden uitgegaan, dat per dag 1 mm water ondergronds afstroomt.

De bewerkingmogelijkheden in het voorjaar hangen ook direct samen met de weersomstandigheden, die uiteraard van jaar tot jaar sterk kunnen wisselen. Op dagen met wat regenval kan er meestal niet worden bewerkt. Door slecht weer kan daarom de betekenis van ontwatering worden versterkt. Om een enigszins betrouwbaar beeld van de waarde van een goede ontwatering te krijgen zal de bewerkbaarheid in samenhang met vochtgehalte en ontwatering over een groot aantal jaren moeten worden bekeken.

Daarbij is er van uitgegaan dat op 1 maart het vochtgehalte in de bouwvoor nog vrijwel in evenwicht is met de grondwaterspiegel, dat er geen neerwaartse vochtbeweging t.g.v. regen is, en dat de verdamping op dit tijdstip zeer gering is. Uit de pF-curven kan dan worden afgeleid hoe hoog dat vochtgehalte bij verschillende grondwaterstanden is. Daar de bewerkingsgrens (het voor grondbewerking juist voldoende lage vochtgehalte) ook bekend is, kan worden vastgesteld hoeveel water op 1 maart met het oog op de voorjaarsgrondbewerking nog te veel aanwezig is. Het verloop van de vochttoestand in de loop van de tijd kan worden nagegaan door de aanvoer (in de vorm van regenval) en de afvoer (in de vorm van drainage en verdamping) daarbij te betrekken.

Daartoe werden over de periode 1950-1972 voor ieder jaar uit de maandstaten van het KNMI de regencijfers van de maanden maart, april en mei ontleend en in de vorm van een sommatiecurve weergegeven. Daarbij is op 1 maart als beginniveau genomen de hoeveelheid water die in de grond meer aanwezig was dan toelaatbaar voor een goede grondbewerking. Bij de verschillende begingrondwaterstanden (40, 80 en 100 cm ÷ mv.) levert dat resp. de curven b, c en d van fig. 11 op.

Verder werd de afvoer van water globaal benaderd door als verdamping aan te nemen de door het KNMI vermelde gegevens over verdamping van een vrij wateroppervlak. Onder vrij vochtige omstandigheden in het voorjaar en bij afwezigheid van begroeiing is dat voor een lichte, wat bezakte kleigrond wel aanvaardbaar, hoewel er aanwijzingen zijn dat de werkelijke verdamping meestal wel wat lager is.

We blijven echter aan de veilige kant wanneer we het laatste aanhouden. Voor afvoer via afstroming naar drains en sloten is een gemiddelde van 1 mm/etm aangehouden. Voor beide te zamen is ook een sommatiecurve samengesteld (fig. 11, curve a). Op het moment dat door verdamping en drainage een hoeveelheid water is afgevoerd die gelijk is aan de hoeveelheid die in het begin te veel in de grond aanwezig is, vermeerderd met de regenval, kan met de bewerking van de grond worden begonnen. Dat tijdstip is dus later naarmate de grondwaterstand hoger is en naarmate er meer regen valt.

Van alle jaren in de genoemde periode werd een dergelijk overzicht zoals in fig. 11 gegeven opgesteld. Daaruit werd in de eerste plaats afgeleid wanneer bij verschillende grondwaterstand in het voorjaar met bewerking en inzaai kan worden begonnen. Verder kon ook worden nagegaan hoeveel dagen in de maanden maart, april en mei de grond bewerkbaar was. Daarbij werden de dagen met meer dan 0,5 mm regenval als onbruikbaar voor grondbewerking aangemerkt. De op deze wijze verkregen gegevens over de jaren 1950-1971 zijn vermeld in tabel V.

De betekenis van de ontwatering komt zowel in het tijdstip als het tijdstraject duidelijk naar voren. Bij een grondwaterstand van 1 m $\pm$ mv. begin maart kan gemiddeld 3 weken eerder worden bewerkt en is de grond in de maanden maart en april 15 dagen meer bewerkbaar (zaterdag en zondag meegerekend) dan op percelen met een grondwaterstand van 40 cm $\pm$ mv. Ook komt duidelijk naar voren dat de invloed van de ontwatering van jaar tot jaar sterk uiteenloopt.

TABEL V. Bewerkingstijdstip in het voorjaar en aantal werkbare dagen

Jaar	Tijdstip waarop in voorjaar kan worden begonnen bij een grondwaterstand (cm $\pm$ mv.) van				Aantal werkbare dagen in maart en april bij een grondwaterstand (cm $\pm$ mv.) van			
	100	80	60	40	100	80	60	40
1950	5 mrt.	15 mrt.	19 mrt.	23 mrt.	29	24	22	19
1951	9 "	10 "	16 "	25 apr.	30	16	8	5
1952	12 "	17 "	2 apr.	5 "	34	28	21	18
1953	4 "	13 "	16 mrt.	19 mrt.	37	31	28	23
1954	16 "	22 "	24 "	6 apr.	35	30	27	23
1955	4 "	13 "	19 "	23 mrt.	36	31	27	24
1956	16 "	21 "	24 "	28 "	35	31	28	24
1957	4 "	12 "	26 "	3 apr.	42	36	27	23
1958	4 "	14 "	18 "	22 mrt.	37	33	29	25
1959	4 "	15 "	24 "	1 apr.	31	24	21	16
1960	9 "	15 "	19 "	22 mrt.	40	35	31	28
1961	7 "	14 "	18 "	26 "	31	25	21	17
1962	5 "	12 "	19 "	22 "	32	28	25	23
1963	4 "	18 "	23 "	27 "	30	24	22	19
1964	4 "	10 "	15 "	24 "	35	29	24	19
1965	4 "	12 "	30 "	2 apr.	26	19	12	9
1966	7 "	20 "	23 "	2 "	21	15	12	10
1967	5 "	14 "	21 "	24 "	29	16	12	8
1968	8 "	24 "	28 "	30 mrt.	31	27	23	21
1969	4 "	10 "	25 "	30 "	34	24	18	14
1970	11 "	17 "	10 apr.	11 apr.	19	13	6	5
1971	7 "	14 "	21 mrt.	28 mrt.	41	36	34	32
Gem.	7 mrt.	15 mrt.	23 mrt.	29 mrt.	33	26	21	18

Wat is nu het voordeel, omgerekend in een geldswaarde, van de vroegere bewerkbaarheid en het grotere aantal werkbare dagen in het voorjaar?

Het is bekend dat bij verschillende gewassen in ons klimaat de zaai-tijd van invloed is op de opbrengst. Dat blijkt uit onderzoek dat in het verleden heeft plaats gevonden en dat door Wind (1960) werd samengevat. Ook Van der Galiën en De Jong (1966) geven enkele resultaten betreffende granen en bieten en Hibma en de Zeeuw (1966) over pootaardappelen. De uitkomsten lopen echter nogal uiteen. Dat is ook wel begrijpelijk omdat de weersgesteldheid van jaar tot jaar en ook van gebied tot gebied sterk kan verschillen. Dat kan o.a. tot gevolg hebben dat niet altijd op hetzelfde moment de voor ontkieming vereiste temperatuur (zomergranen 3 à 4°C; bieten ong. 6°C, aardappelen 8-10°C) wordt bereikt. Inzaai of poten van gewassen voordat de minimumtemperatuur is bereikt, heeft geen zin en zal de opbrengst niet verhogen. Het is belangrijk te weten hoe groot de opbrengstdepressie is wanneer later wordt gezaaid of gepoot dan het moment waarop de minimumtemperatuur is bereikt. Uit de in de literatuur beschikbare gegevens kon dat worden afgeleid op de wijze zoals in fig. 12 voor zomergerst is gedaan. Het voor de verschillende gewassen verkregen resultaat is weergegeven in fig. 13.

De in tabel V vermelde gegevens over bewerkingstijdstip en bewerkingstraject werden met behulp van de in fig. 13 weergegeven curven en van cijfers over het temperatuurverloop in het voorjaar omgezet in opbrengstdervingen, zoals die voor granen, bieten en aardappelen in de periode 1950-1971 jaarlijks bij verschillende ontwateringssituaties zouden zijn opgetreden (tabel VI).

TABEL VI.

Jaar	Opbrengstderving zomergranen in % bij grondwaterstand				Opbrengstderving suikerbieten in % bij grondwaterstand				Opbrengstderving pootgaard. in % bij grondwaterstand			
	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
1950	2	13	31	50	0	5	35	50	0	0	12	30
1951	0	0	0	24	0	0	0	24	0	0	0	4
1952	2	4	29	31	0	0	12	14	0	0	7	8
1953	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0
1954	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1955	0	0	11	12	0	0	14	15	0	0	0	1
1956	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1957	0	3	17	22	0	0	16	25	0	0	0	0
1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1959	1	15	16	50	0	10	11	40	0	0	0	21
1960	2	2	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0
1961	2	2	5	36	0	0	0	14	0	0	0	12
1962	0	0	11	11	0	0	6	10	0	0	7	9
1963	0	0	31	50	0	0	10	30	0	0	9	25
1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1965	0	0	1	50	0	0	0	40	0	0	0	12
1966	2	40	44	50	0	26	30	40	0	5	8	17
1967	1	2	40	45	0	0	14	20	0	0	0	2
1968	0	5	16	18	0	0	2	3	0	0	0	0
1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1970	0	0	8	36	0	0	0	20	0	0	0	17
1971	0	5	7	11	0	$\frac{1}{2}$	2	5	0	0	0	0
Gem. in %	0,5	4,1	12,5	23,2	0	1,9	7,0	15,7	0	0,25	2,0	7,4
" in f	10	70	220	450	0	67	245	560	0	19	150	550

Uit deze cijfers blijkt duidelijk dat een minder goede of slechte ontwatering door een gemiddeld latere bewerkingsmogelijkheid in het voorjaar ook tot een aanmerkelijk lagere geldelijke opbrengst leidt.

De totale geldelijke depressies die gemiddeld per jaar bij verschillende grondwaterstanden als gevolg van te laat zaaien bij een bouwplan met 1/4 wintergraan, 1/4 zomergraan, 1/4 suikerbieten en 1/4 pootaardappelen worden geleden, zijn vermeld in tabel VII.

TABEL VII. Opbrengstderving bij verschillende ontwatering via tijdstip van zaaien of poten

Gewas	Opbrengstderving in guldens per ha bij een grondwaterstand van							
	30	40	50	60	70	80	90	100
w-tarwe	0	0	0	0	0	0	0	0
z-granen	600	450	320	220	130	70	25	10
s.bieten	800	560	390	245	150	67	0	0
p.aard.	810	550	310	150	70	19	0	0
Gem. per ha per jaar	553	390	255	154	88	39	6	3

Deze gegevens zullen verderop in dit rapport, wanneer de totale baten van goede ontwatering worden samengevat, nader worden gehanteerd.

c. Invloed op de bewerkbaarheid en berijdbaarheid in nazomer en herfst

In de nazomer en de herfst, wanneer oogst- en grondbewerkingsmaatregelen moeten plaats vinden, kan de ontwateringstoestand eveneens een rol gaan spelen. Dat is niet alle jaren even sterk het geval, omdat door de wateronttrekking aan de grond in de zomermaanden de grondwaterpiegel meestal diep wegzakt en het in de herfst enige tijd duurt voordat het grondwater weer zo hoog komt dat het van invloed is op het vochtgehalte in de toplaag.

In extreem natte nazomers en herfstten kan echter vooral de oogst van aardappelen en bieten moeilijkheden opleveren en kan een goede ontwatering deze moeilijkheden aanmerkelijk beperken. Hetzelfde geldt voor

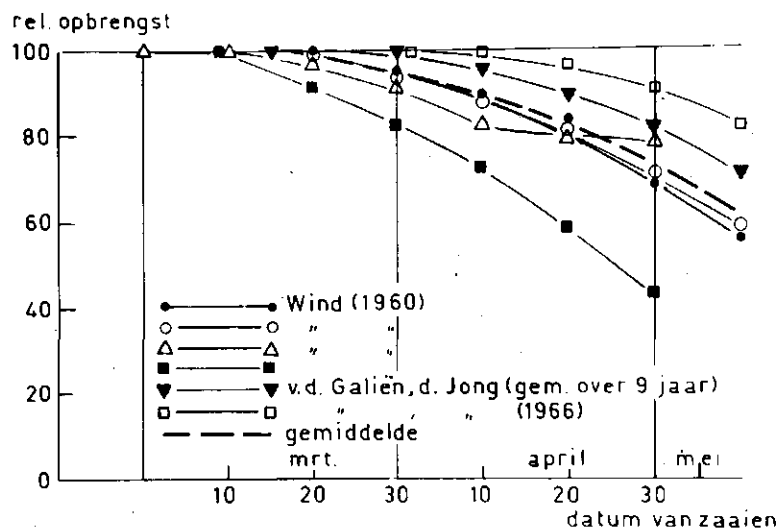


Fig. 12. Samenvatting van de in de literatuur bekende gegevens over de invloed van zaai-datum op de opbrengst aan zomergerst.

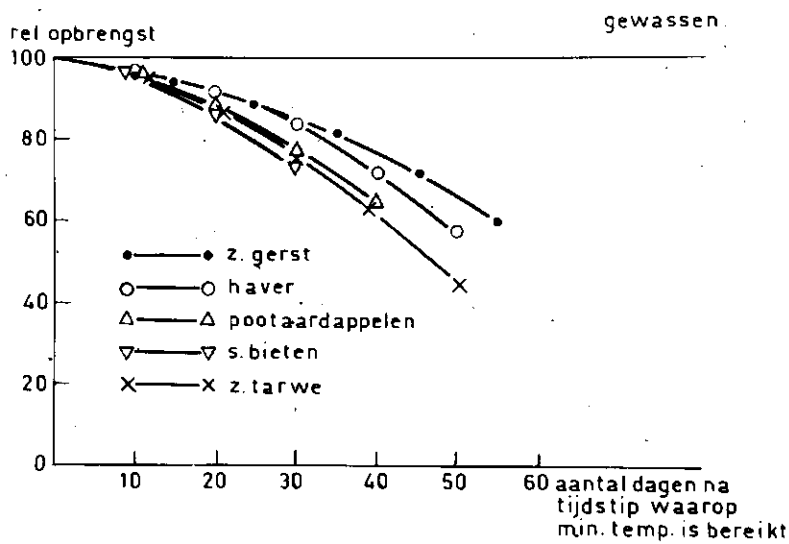


Fig. 13. Invloed van de zaaitijd op de opbrengst van verschillende gewassen.

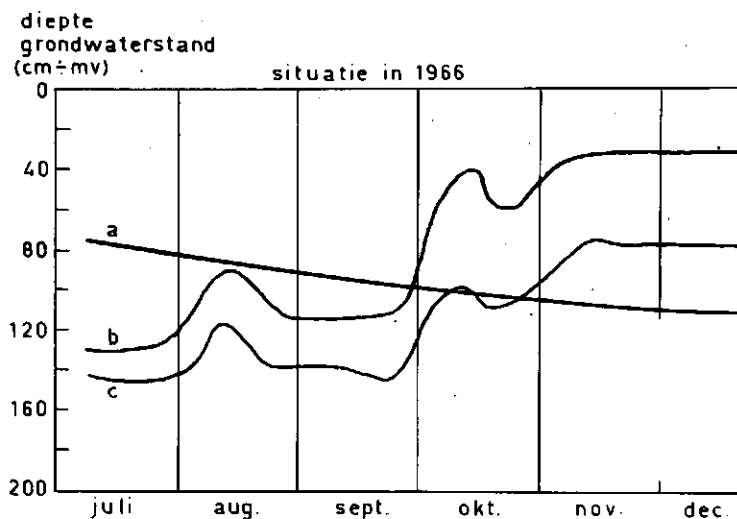


Fig. 14. Verloop van de grondwaterstand in zomer en herfst en de "grenswaardelijijn" (zie tekst).

a = grenswaarde grondwaterstand

b = grondwaterstand op slecht ontwaterd object

c = grondwaterstand op goed ontwaterd object

de in de herfst plaatsvindende grondbewerking. In het kader van dit rapport is het gewenst ook deze voordelen van een diepe ontwatering zo goed mogelijk kwantitatief aan te geven.

Daartoe werd over een periode van 10 jaar voor twee percelen, waarvan één een goede en een andere een slechte ontwatering had, globaal nagegaan op welke dagen in de maanden juli t/m december de grond voor berijden en bewerken al of niet geschikt was. Als criterium daarvoor is genomen de ligging van de grondwaterstand (fig. 14b, c) ten opzichte van die van de grenswaardelijn (a). Deze grenswaardelijn geeft voor ieder tijdstip de grondwaterstand aan waarbij het vochtgehalte in de bovenlaag van het profiel (0-10 cm) bij de op dat tijdstip gemiddeld aanwezige verdamping overeenkomt met, of lager is dan de bewerkingsgrens. Komt de grondwaterstand hoger dan de grenswaardelijn, dan zal de bouwvoor te nat zijn en zal het berijden en bewerken moeilijkheden geven. De voertuigen en machines zullen in de grond wegzakken, hetgeen betekent dat de oogst moeizamer gaat en meer tijd kost en dat de structuur van de grond vernoeid wordt. Ook de dagen dat er meer dan 1 mm regen per dag is gevallen, zijn als ongeschikt beschouwd voor oogst- en grondbewerkingsactiviteiten. Voor het jaar 1966 zijn de zo verkregen wel en niet werkbare dagen bij goede en slechte ontwatering vermeld in tabel VIII, terwijl een overzicht van het aantal "werkbaar" dagen in de nazomer en herfst van de jaren 1962 t/m 1971 is gegeven in tabel IX.

Het aantal dagen dat de grond "werkbaar" is, loopt van jaar tot jaar sterk uiteen als gevolg van de zeer verschillende weersomstandigheden. De invloed van de ontwatering komt enkele jaren sterk, andere jaren minder of in het geheel niet naar voren.

De vraag is nu hoeveel "werkbaar" dagen in de verschillende maanden nodig zijn en wat er gebeurt wanneer het aantal te weinig is.

Het benodigde aantal dagen hangt uiteraard van verschillende omstandigheden af als grootte van het bedrijf, bedrijfsinrichting, machine- en personeelsbezetting, bouwplan enz. Het is niet doenlijk om al deze factoren bij onze beschouwing te betrekken. Daarom zal voor één bepaald geval met verschillende ontwateringssituaties een globale waardering van het aantal werkbare dagen worden gegeven.

Daarbij wordt uitgegaan van een bedrijf van 100 ha met hetzelfde, eerder gehanteerde bouwplan van:

25 ha wintertarwe
25 ha zomergraan
25 ha aardappelen
25 ha suikerbieten

Hoeveel dagen zijn dan in de nazomer en herfst nodig?

Om daar een uitspraak over te doen werden taaktijden gehanteerd die door Preuter (1971) werden genoemd.

Voor ons geval kwamen we daarbij tot het volgende resultaat.

augustus: 50 ha graan oogsten

maaidorsen 8 ha/dag	= 6 dagen
stro persen 12 ha/dag	= 4 dagen
stoppelploegen 7 ha/dag	= <u>7 dagen</u>
Totaal	14 dagen

Verschillende werkzaamheden kunnen gelijktijdig gebeuren zodat ongeveer 10 à 12 werkdagen = 12 à 15 totale dagen (met zondagen) nodig zijn.

september: 25 ha aardappelen oogsten

rooien 3 ha/dag	= 8 dagen
cultiveren	= <u>1 dag</u>
Totaal	8 à 9 dagen

= ongeveer 10 à 11 totale dagen

<i>oktober: 25 ha bieten rooien</i> 2½ ha/dag	= 10 dagen
50 ha w. voor ploegen 5 ha/dag	= 10 dagen
25 ha w-tarwe zaaien 15 ha/dag	= <u>2 dagen</u>
	22 dagen

Door verschillende werkzaamheden
gelijktijdig te verrichten

ongeveer 12 dagen =
14 totale dagen nodig

<i>november: 25 ha w. voor ploegen</i> 5 ha/dag	= 5 dagen =
	6 totale dagen

In de genoemde situatie zijn ongeveer 45 dagen nodig om alle werkzaamheden te kunnen verrichten.

TABEL VIII. Afleiding van het aantal "werkbare dagen" uit fig. 14 en regenvalgegevens

Maand:		juli			augustus			september			oktober			november			december		
Dag	Regen- val, mm	Be- werkb. a	b	Regen- val, mm	Be- werkb. a	b	Regen- val, mm	Be- werkb. a	b	Regen- val, mm	Be- werkb. a	b	Regen- val, mm	Be- werkb. a	b	Regen- val, mm	Be- werkb. a	b	
1		+	+	3,0	-	-	4,5	-	-	+	+	+	11,8	-	-	-	11,8	-	-
2		+	+	10,0	-	-	14,6	-	-	5,0	-	-	4,5	-	-	-	4,5	-	-
3		+	+	1,2	-	-	5,5	-	-	6,5	-	-	11,0	-	-	-	11,0	-	-
4		+	+	1,5	-	-	0,5	+	+	8,5	-	-	6,0	-	-	-	6,0	-	-
5		+	+	2,6	-	-	4,0	-	-	7,5	-	-	1,2	-	-	-	1,2	-	-
6		+	+	10,0	-	-	0,6	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
7		+	+	1,7	-	-	-	+	+	0,7	+	+	6,5	-	-	-	6,5	-	-
8		+	+	9,0	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
9	0,6	-	-	-	+	+	+	+	+	12,8	-	-	13,1	-	-	-	13,1	-	-
10		+	+	9,0	-	-	-	+	+	-	-	-	3,5	-	-	-	3,5	-	-
11	3,5	-	-	1,0	+	+	-	+	+	1,2	-	-	4,0	-	-	-	4,0	-	-
12	4,0	-	-	-	+	+	0,5	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
13	1,6	-	-	-	+	+	2,6	-	-	+	+	-	11,5	-	-	-	11,5	-	-
14	2,8	-	-	2,6	-	-	5,0	-	-	+	+	-	3,0	-	-	-	3,0	-	-
15	19,0	-	-	2,3	-	-	27,5	-	-	+	+	-	1,4	-	-	-	1,4	-	-
16	1,7	-	-	1,0	+	+	5,0	-	-	+	+	-	15,5	-	-	-	-	-	-

17	7,0	-	-	+	+	+	+	+	0,6	+	-	1,7	-	-	2,7	-
18	0,5	-	-	+	+	+	+	+	1,1	+	-	1,5	-	-	1,7	-
19	1,3	-	-	+	+	+	+	+		+	-	2,0	-	-	2,5	-
20	3,5	-	-	+	+	+	+	+		+	-	2,2	-	-	21,6	-
21	16,0	-	-	+	+	+	+	+		+	-	5,5	-	-	3,0	-
22	4,0	-	-	+	+	+	+	+	0,5	+	-	7,0	-	-	4,5	-
23		+	+	-	-	+	+	+	10,0	-	-		-	-	6,0	-
24		+	+	-	-	+	+	+	3,0	-	-		-	-	9,2	-
25	7,5	-	-	-	-	+	+	+	0,6	-	-		-	-	2,5	-
26		+	+	+	+	+	+	+	0,8	-	-	8,5	-	-	0,7	-
27	3,0	-	-	+	+	+	+	+	1,5	-	-	1,3	-	-		-
28	0,5	+	+	+	+	+	+	+		+	-	6,0	-	-	0,5	-
29	0,1	+	+	+	+	+	+	+		+	-	4,0	-	-	1,5	-
30	10,5	-	-	-	-	+	+	+		+	-	5,5	-	-	18,0	-
31	8,5	-	-	+	+					-	-				1,0	-
Totaal	95,6		70,0		72,0		60,3		101,8		152,9					
Aantal werkbare dagen		14	14	16	16	21	21	21	15	1	0	0	0	0	0	0

a = slecht ontwaterd perceel

b = goed ontwaterd perceel

+ = bewerk- en berijdbaar

- = niet bewerk- en berijdbaar.

TABEL IX. Aantal dagen dat de grond in nazomer en herfst bewerkbaar en berijdbaar is bij een goede en slechte ontwatering

Aantal dagen dat de grond bewerkbaar is									
Maand	:	augustus	september	oktober	november	december	totaal		
Ontwat.:		<u>goed slecht</u>	<u>goed slecht</u>	<u>goed slecht</u>	<u>goed slecht</u>	<u>goed slecht</u>	<u>goed</u>	<u>slecht</u>	
Jaar:									
1962		15 15	10 10	13 12	19 17	8 0	65	54	
1963		12 12	18 18	13 0	0 0	0 0	43	30	
1964		21 21	20 20	18 7	11 0	0 0	78	48	
1965		18 18	21 21	28 28	18 18	0 0	85	85	
1966		16 16	21 21	15 1	0 0	0 0	52	38	
1967		19 19	14 14	8 4	5 0	0 0	46	37	
1968		17 17	7 2	5 0	0 0	14 0	43	19	
1969		13 13	21 15	19 19	1 0	12 0	66	47	
1970		24 24	20 20	12 9	0 0	0 0	56	53	
1971		18 18	25 25	25 25	7 5	16 0	91	73	

Wanneer het aantal dagen dat de grond geschikt is voor die werkzaamheden, niet voldoende is, betekent dat niet dat de werkzaamheden niet zullen gebeuren.

Aardappelen en bieten zullen moeten worden geoogst en er zal ook moeten worden geploegd. Alleen het zaaien van wintertarwe kan achterwege blijven, zodat daarvoor in de plaats een zomergraan kan worden gezaaid. Het noodzakelijke werk zal dan wel meer moeite kosten, meer tijd vragen en dus meer kosten met zich meebrengen. Ook zal vaak meer schade aan de grond worden toegebracht. Het is niet precies te zeggen hoeveel de schade bedraagt maar een globale schatting leverde de volgende gegevens op:

Meer kosten of schade op niet geschikte grond t.o.v. wel geschikte grond:

(a) aardappelen rooien	f 100/ha
(b) bieten rooien	f 100/ha
(c) wintertarwe zaaien is niet mogelijk zomergraan brengt minder op, schade van	f 150/ha
(d) wintervoorploegen, meer kosten en schade aan grond	f 50/ha

Aan de hand van de gegevens in tabel IX, en met behulp van de hierboven vermelde schattingen van de te verwachten schadeposten bij onvoldoende werkbare dagen, werd voor de laatste 10 jaren de schade bij slechte ontwatering t.o.v. de toestand bij goede ontwatering nagegaan (tabel X).

Bij een slechte ontwateringssituatie (grondwaterstand gemiddeld in herfst, winter en vroege voorjaar 40 cm onder maaiveld) moet dus gerekend worden met een nadeel van ongeveer f 30,- per ha per jaar t.o.v. percelen of bedrijven met goede ontwatering (grondwaterstand in dezelfde periode van ongeveer 1 m $\pm$ mv.) als gevolg van een slechte berijds- en bewerkbaarheid van de grond in nazomer en herfst.

d. Invloed op de actuele structuur

In vele gevallen zal de actuele structuur bij een slechte ont-

TABEL X. Geldelijk nadeel bij de werkzaamheden in nazomer en herfst op een bedrijf met onvoldoende ontwatering.

Jaar	Schade bij slechte ontwatering door werkzaamheden in				
	aug.	sept.	okt.	nov.	totaal
1962	0	0	0	0	0
1963	0	0	8125	0	8125
1964	0	0	0	750	750
1965	0	0	0	0	0
1966	0	0	8125	0	8125
1967	0	0	2930	1042	3972
1968	0	1100	3120	1250	5470
1969	0	0	0	1250	1250
1970	0	0	1875	0	1875
1971	0	0	0	0	0

Totaal over 10 jaar op bedrijf van 100 ha f 29.567,-

watering in herfst, winter en voorjaar slechter zijn dan bij goede ontwatering. De gevolgen van de sterkere verslemping zullen in het voorjaar meestal niet worden weggewerkt en met de voorjaarswerkzaamheden zal niet altijd worden gewacht totdat de grond geschikt is. Zowel bij onderzoek op praktijkpercelen in het Oldambt (Boekel, 1964), als bij regionaal structuuronderzoek op de kleigronden in Zuid-Nederland (Boekel en Pelgrum, 1969) kwam de invloed van de ontwatering op de actuele structuur duidelijk naar voren. Bij visuele beoordeling was het verschil tussen goed en slecht ontwaterde percelen ongeveer 1 punt in de schaal van 1-10.

De schade die door de slechtere structuur op de onvoldoende ontwaterde percelen kan optreden kan van jaar tot jaar sterk variëren door het sterk wisselende niveau van de bodemstructuur. Dit wordt geïllustreerd door tabel XI, die de situatie weergeeft op in hoofdzaak graan- en bietenpercelen bij een gemiddelde grondwaterstand van 60 à 70 cm onder maaiveld.

Wanneer de grondwaterstand ondieper is en in de orde van grootte ligt van 30 à 40 cm t.m.v., dan is de structuur gemiddeld $\frac{1}{2}$ punt lager en zijn

TABEL XI. Frequentie van de actuele structuur in de verschillende jaren en door onvoldoende actuele structuur veroorzaakte opbrengstdepressies.

Jaar	Percentage van de percelen met een actuele structuur van						Gemidd. opbrengst depressie (%)	
	2	3	4	5	6	7	granen	bieten
1961	1	6	24	43	23	3	14,1	11,1
1962	0	1	6	24	41	28	6,8	2,2
1963	0	2	7	28	46	17	6,8	3,2
1964	0	0	0	12	56	32	3,4	0
1965	0	5	23	30	30	12	10,9	11,3
1966	0	0	28	40	26	0	13,7	11,3
1967	0	1	17	31	43	8	7,4	5,0
1968	0	0	7	34	54	5	7,1	1,8
1969	0	0	0	23	61	16	4,8	0
1970	0	0	3	24	62	11	5,5	0,7
1971	0	0	0	21	63	16	4,6	0
	0,1	1,4	10,5	28,2	45,8	13,5	7,8	4,2

de gemiddelde opbrengstdepressies voor granen en bieten resp. 10,6 en 7,7%. Bij een diepere grondwaterstand van ongeveer 1 m $\pm$ mv. is de structuur gemiddeld $\frac{1}{2}$ punt beter en bedragen de opbrengstdepressies resp. 3,7 en 1,5%. In de praktijk zal bij een goede ontwatering (100 cm $\pm$ mv.) via een betere actuele structuur ongeveer 7% meer graan en 6% meer bieten worden verkregen dan bij slechte ontwatering (30 cm $\pm$ mv.). Wanneer voor pootaardappelen de helft van dit percentage wordt aangenomen (3%), worden bij het eerder gehanteerde bouwplan van wintergranen, zomergranen, suikerbieten en pootaardappelen dan de in tabel XII vermelde opbrengstdepressies in guldens verkregen.

Hierbij is aangenomen dat de opbrengstdepressie evenredig afneemt met de daling van het grondwaterstand. Verder is gerekend met een maximale opbrengst van 5000 kg bij wintergraan, 4500 kg bij zomergranen, 50.000 kg bij suikerbieten en 20.000 kg bij pootaardappelen. Als prijs is aangehouden f 40,- per 100 kg bij granen, f 70,- per ton voor suikerbieten en f 30,- per 100 kg aardappelen.

TABEL XII. Opbrengstdepressies bij verschillende ontwateringstoestanden, ontstaan via de actuele structuur

	Opbrengstderving in guldens/ha bij een wintergrondwaterstand van (in cm $\frac{1}{2}$ mv.)							
	30	40	50	60	70	80	90	100
w-granen	140	120	100	80	60	40	20	0
z-granen	126	108	90	72	54	36	18	0
suikerbieten	210	180	150	120	90	60	30	0
p.aardappelen	180	154	128	102	76	50	25	0
gem/ha/jaar	164	141	117	94	70	47	23	0

4. TOTALE FINANCIËLE OPBRENGSTDERVINGEN BIJ VERSCHILLENDE, ONVOLDOENDE ONTWATERINGSTOESTANDEN

Wanneer we alle in het voorgaande genoemde opbrengstdepressies als gevolg van onvoldoende ontwatering (tabellen III, VII, X, XII) willen samenvatten zoals in tabel XIII is gedaan, komt de vraag naar voren of de vier verschillende aandelen van de financiële opbrengstderving wel zonder meer opgeteld kunnen worden of dat er wellicht overlappingen in zitten. In dit verband zal de invloed van de actuele structuur voorzichtig gehanteerd moeten worden. In de eerste plaats omdat die bij de verslemping ook al enigszins is ingecalculleerd. In de tweede plaats omdat in de praktijk een slechte actuele structuur vaak het gevolg is van te vroeg en dan vooral onder nog te natte omstandigheden bewerken van de grond. In dit geval zal een deel van de schade die werd toegerekend aan te laat zaaien, niet optreden maar worden vervangen door die van de actuele structuur, en tussen de beide (met en zonder invloed van actuele structuur) optelposten inliggen.

De totale schade die gemiddeld over een groot aantal jaren door ondiepe grondwaterstand in de moderne landbouw wordt geleden is dus aanzienlijk.

Een deel van de schade door te laat zaaien zou ook kunnen worden voorkomen door de dagen dat de grond bewerkbaar is en de weersomstandigheden gunstig zijn, zoveel en zo goed mogelijk te benutten. Dat kan door bv. de weekenden en de avond- en nachturen door te werken. Dat is echter in de tegenwoordige tijd met steeds gunstiger wordende arbeidsomstandigheden moeilijk te accepteren. Wil de landbouw aan die ontwikkeling meedoen, dan zal men in ieder geval moeten proberen het aantal werkdagen zoveel mogelijk werkbaar te maken. En daarvoor is in de eerste plaats een goede ontwatering vereist. In verband met deze resultaten en gezien de situatie in verschillende klei- en zavelgebieden (Boekel en Pelgrum, 1969), is het in veel gevallen zinvol om tot een verbetering van de ontwateringstoestand over te gaan. Een dergelijke beslissing zal uiteraard ook afhangen

TABEL XIII. Totale financiële opbrengstdepressies als gevolg van onvoldoende ontwatering van twee verschillende zavelgronden

		Financiële opbrengstderving in guldens per ha per jaar bij gem. winter grondwaterstand van (in cm $\pm$ mv.)							
		30	40	50	60	70	80	90	100
Bij afslibbaar < 15%									
Verslemping		289	262	232	160	111	67	32	5
Bewerkbaarheid voorj.		553	390	255	154	88	39	6	3
Bewerkbaarheid nazomer en herfst		30	25	20	15	10	5	0	0
Actuele structuur		164	141	117	94	70	47	23	0
Totaal	(zonder invl. act. struc.)	872	677	507	329	209	111	38	8
	(met invl. act. str.)	1036	818	624	423	279	148	61	8
Bij afslibbaar 20-25%									
Verslemping		65	22	0	0	0	0	0	0
Bewerkbaarheid voorj.		553	390	255	154	88	39	6	3
Bewerkbaarheid nazomer en herfst		30	25	20	15	10	5	0	0
Actuele structuur		164	141	117	94	70	47	23	0
Totaal	(zonder invl. act. str.)	648	437	275	169	98	44	6	3
	(met invl. act. str.)	812	578	392	263	168	91	29	3

van de kosten van een dergelijke verbetering. Die kunnen van geval tot geval nogal uiteen lopen. Het is de taak van de cultuurtechnicus om aan te geven waar een verbetering rendabel is. De in dit rapport vermelde gegevens kunnen daarbij als basis dienen.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Het onderzoek van de laatste jaren dat op verschillende proefobjecten en praktijkpercelen op lichte klei- en zavelgrond werd verricht, heeft duidelijk de invloed van de ontwateringstoestand op de verslemping gedurende de winter, op de bewerkingsmogelijkheden en de berijdbaarheid in voor- en najaar, en op de actuele structuur in de zomer aangetoond. Daarbij is ook naar voren gekomen dat de ontwatering van veel praktijkpercelen in land- en tuinbouw onvoldoende is om tot goede bedrijfsuitkomsten te komen. Om te kunnen aangeven welke ontwatering dan wel gewenst is en welke verbeteringen op het gebied van de waterhuishouding rendabel zijn, werden de voordelen van een diepere ontwatering met betrekking tot de verschillende aspecten van de bouwvoorstructuur financieel geëvalueerd.

In de eerste plaats is daarbij de invloed van ontwatering, aangegeven als gemiddelde grondwaterstand in een bepaalde periode, op de structuuraspecten verslemping, bewerkbaarheid en berijdbaarheid in voor- en najaar, en de actuele structuur in beschouwing genomen.

In de tweede plaats zijn de nadelen van een onvoldoende toestand van de genoemde structuuraspecten als gevolg van een bepaalde ontwateringssituatie in een geldswaarde uitgedrukt.

Wat de verslemping betreft is rekening gehouden met het effect van een te dichte grond waardoor de groei van de gewassen achterblijft en met een extra grondbewerking in het voorjaar, die bepaalde moeilijkheden kan opleveren bij inzaai, opkomst en begingroei van enkele gewassen.

Ten aanzien van de bewerkbaarheid en de berijdbaarheid in het voorjaar is met de invloed van het tijdstip van zaaien en poten op de opbrengsten rekening gehouden, terwijl bij de actuele structuur van de grond de betekenis voor groei en opbrengst tot een financieel resultaat is omgerekend.

Bij de financiële waardering van de nadelen van een ongunstiger bewerkbaarheid en berijdbaarheid in de nazomer en herfst zijn de meerkosten van de oogstwerkzaamheden van aardappelen en bieten in beschouwing genomen en is met het al of niet kunnen zaaien van wintergranen

en met de kwaliteit van het op wintervoor ploegen van de grond rekening gehouden.

Uit het uiteindelijke resultaat, vermeld in tabel XIII, blijkt dat een gemiddelde grondwaterstand in de herfst en winter van ongeveer 100 cm $\pm$ mv. met het oog op verslemping, bewerkbaarheid en actuele structuur optimaal is. Bij een gemiddeld ondiepere grondwaterstand wordt als gevolg van lagere opbrengsten en hogere arbeidskosten een lager financieel resultaat verkregen. Bij een grondwaterstand van 40 cm $\pm$ mv. ligt dat in de orde van grootte van f 700,- op de lichtste zavelgronden en van f 500,- per jaar per ha op de wat zwaardere gronden. Bij een gemiddelde grondwaterstand van 70 cm $\pm$ mv. is dat f 230,- resp. f 125,- per jaar per ha. Dit zijn aanzienlijke schadebedragen. Gezien de situatie in de meeste klei- en zavelgebieden in ons land lijkt een verbetering van de ontwatering in veel gevallen zinvol. Voor het nemen van een dergelijke beslissing spelen uiteraard ook de kosten van de noodzakelijke verbetering een rol. Mede aan de hand van de gegevens in dit rapport zal de cultuurtechnicus kunnen aangeven waar een verbetering rendabel is.

LITERATUUR

- Boekel, P., 1964. Problemen van bodemstructuur in het Oldambt. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 2-1964.
- Boekel, P., 1966. De luchthuishouding van de grond in verband met de zuurstofvoorziening van de gewassen. Bodem No. 65/66:2-9.
- Boekel, P., 1968a. Ontwatering van lichte zavelgronden in verband met de structuur van de bouwvoor. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Stencil C 6348.
- Boekel, P., 1968b. Betekenis van het vochtgehalte voor de structuur van de grond. Buffer 14: 27-35.
- Boekel, P., 1970a. Belangrijk voor structuur en bewerkbaarheid: ontwateringstoestand van bouwland op klei en zavel. Plattelandspost 25(21): 13-15.
- Boekel, P., 1970b. Luchtgehalte in de grond in verband met de zuurstofvoorziening van de gewassen. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Stencil C 7370.
- Boekel, P., 1971a. Onderzoek naar de gewenste ontwateringstoestand in verband met verslemping en bewerkbaarheid van kruinige percelen. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Ref.no. C 7915.
- Boekel, P., 1971b. Wat doen we tegen verslemping? Boerderij 55: 1400-1401.
- Boekel, P. en A. Pelgrum, 1968. Ontwateringstoestand en bewerkbaarheid van de grond. Landbode 22: 141.
- Boekel, P. en A. Pelgrum, 1969. Ontwateringstoestand en structuur van de grond. In Landbouwaktualiteiten in Zeeland 1969. 's-Gravenhage, pp. 135-140.
- Bijkerk, C., 1963. Problemen van waterafvoer in agrarische gebieden. Comm. Hydrol. Onderz. T.N.O., Versl. Meded. 9: 28-53.
- Galiën, M. van der, en G.J. de Jong, 1966. Zaaidatum en opbrengst. In: Voorlichting en Onderzoek 1966, Akker- en Tuinbouw. Prov. Dir. Rijkslandbouwvoorl. Friesland, pp. 54-57.
- Gewestelijke Raad voor Groningen van het Landbouwschap, 1969. Tarieven voor Loonwerkzaamheden.

- Hibma, H. en J. Vollema, 1964. Lichte en zware grond. In: Voorlichting en Onderzoek 1964, Akker- en Tuinbouw. Prov.Dir.Rijkslandbouwvoorl. Friesland, pp. 16-17.
- Hibma, H. en A. de Zeeuw, 1966. Pootaardappelen en groeifactoren. Voorlichting en Onderzoek 1966, Akker- en Tuinbouw. Prov.Dir.Rijkslandbouwvoorl. Friesland, pp. 46-47.
- Ouwerkerk, C. van, 1971. Het tijdstip van ploegen, een literatuur overzicht. Niet gepubliceerd.
- Ouwerkerk, C. van, en M. Pot, 1968. Resultaten van het proefveld WB 2968 over het tijdstip van ploegen op slempgevoelige zavel te Kruisland (1967/68). Inst. Bodemvruchtbaarheid, Stencil C 6573.
- Preuter, H., 1971. Grondverbetering door bouwvoorverlichting; een case-studie in het Dollardgebied. Proefstn. Akkerbouw, Publ. No. 1.
- Rijtema, P.E., 1969. Soil moisture forecasting. Inst. Cultuurtech. Waterhuishouding, Nota 513.
- Wind, G.P., 1960. Opbrengstderving door te laat zaaien. Landbouwkd. Tijdschr. 72: 111-118.
- Wind, G.P., 1963. Gevolgen van wateroverlast in de moderne landbouw. Comm. Hydrol. Onderz. T.N.O., Versl. Meded. 9: 55-72.