

NOTA 1006

oktober 1977

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

BODEMTECHNIEK

ir. A. L. M. van Wijk

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

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

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

INHOUD

	pag.
1. BEGRIPSOMSCHRIJVING	1
2. BODEMGESCHIKTHEID EN BODEMGEBRUIK	2
3. OORZAAK EN AARD VAN DE GEBREKEN	3
4. DOELLEN EN ASPECTEN VAN BODEMTECHNIEK	5
5. PROFIELVERBETERING	6
5.1. Opbrengst en vochtvoorziening	6
5.2. Voorbeelden van profielverbetering	9
5.2.1. Plaatgronden	10
5.2.2. Veenkoloniale grond	12
5.2.3. Profielverbetering voor stedelijke beplanting	13
6. TOPLAAGVERBETERING	15
6.1. Bewerkbaarheid	16
6.2. Draagkracht	19
6.2.1. Grasland	19
6.2.1.1. Bezanding	20
6.2.1.2. Ontwatering	21
6.2.2. Sport- en recreatieterreinen	25
7. EGALISATIE	29
8. UITVOERINGSASPECTEN	32
8.1. Grondverbeteringswerktuigen	32
8.2. Werktuigeffecten	35
9. LITERATUUR	37

1. BEGRIPSOMSCHRIJVING

Bodemtechniek richt zich op het meer geschikt maken van gronden voor hun huidige of voor een nieuwe bestemming. Het toepassingsgebied van de bodemtechniek is ruimer dan met de meer traditionele benaming grondverbetering wordt aangegeven. Grondverbetering bedreven in het kader van de cultuurtechniek omvatte onderzoek en uitvoering van ingrepen in de grond met het doel de landbouwkundige productieomstandigheden duurzaam te verbeteren. Ook de civieltechniek kent het begrip grondverbetering. Doch daar behelst het activiteiten die uitsluitend de verbetering van de draagkracht van de grond voor civieltechnische constructies beogen.

Bevolkingsgroei, welvaartstijging, grotere behoefte aan vrije tijd en herwaardering van waarden gaan gepaard met een groeiend ruimtelijk beslag van niet-agrarische bodemgebruiksvormen, zoals sport- en recreatieterreinen, landschapselementen, natuurterreinen en groenvoorzieningen in de steden. Deze bestemmingen stellen veelal andere eisen aan de grond dan het voormalig landbouwkundig gebruik. In de landbouw komt een steeds zwaarder accent te liggen op productiviteitsverhoging als voorwaarde voor inkomensgroei. Dit betekent dat uit hoofde van productieverhoging en kostenverlaging andere en zwaardere eisen aan de productiemiddelen, waaronder grond, worden gesteld. Een en ander heeft tot gevolg dat er een verruiming in belangstelling is opgetreden van het verbeteren van groeiomstandigheden naar het verbeteren of aanpassen van gebruiksomstandigheden van grond voor een groter aantal bestemmingen. Gezien de inhoud van het traditionele begrip grondverbetering deze verbreding van interesse, activiteiten en toepassings-terreinen niet voldoende dekt wordt sinds een aantal jaren de benaming bodemtechniek gehanteerd.

2. BODEMGESCHIKTHEID EN BODEMGEBRUIK

De mate waarin een grond beperkingen heeft hangt af van de eisen die de gebruikswijze aan de grond stelt. Bij de teelt van landbouwgewassen worden vanuit de opbrengstenkant eisen gesteld aan de chemische en fysische bodemvruchtbaarheid. Vanuit de kostenkant worden accenten gelegd op bewerkbaarheid en draagkracht in verband met mechanisatie en intensivering.

Veranderingen in bestemming en ontwikkelingen in gewassenkeus en teeltmethode noodzaken tot aanpassing van de bodemomstandigheden. Vanwege de andere gebruikswijze en het andere gebruikseizoen gaat de omzetting van een weiland in een sportveld veelal gepaard met ingrijpende bodemtechnische maatregelen. Een accentverschuiving in het bouwplan van granen naar hakvruchten houdt zwaardere eisen in ten aanzien van de bewerkbaarheid van de grond in voor- en najaar. Bedrijfsintensivering in de veehouderij betekent zwaardere eisen ten aanzien van de draagkracht van de grond.

Gedane verbeteringen kunnen hun effect verliezen. Voorbeelden hiervan zijn: verandering van bodemgebruik, veroudering van dalgronden, het weer dichtgaan zitten van losgemaakte gronden en afname van de draagkracht van sportvelden en grasland ten gevolge van toename van het organisch stofgehalte van de toplaag. Ook de ontwikkeling van kennis en nieuwe technieken kan aanleiding zijn verbeteringen uit te voeren of gedane verbeteringen opnieuw te waarderen.

Een en ander betekent dat bijstelling van de geschiktheid van gronden noodzakelijk blijft en dat op grondverbetering dient te worden afgeschreven. Het effect van bodemtechnische maatregelen, bij landbouwkundige toepassingen af te meten aan opbrengstverhoging en/of kostenverlaging, dient afgewogen te worden tegen de som van rente over en afschrijving op het voor de verbetering aangewende kapitaal. Het effect van bodemtechnische maatregelen ten behoeve van niet landbouwkundige bodemgebruiks-

vormen laat zich veel moeilijker vaststellen.

3. OORZAAK EN AARD VAN DE GEBREKEN

Gebreken zoals die zich in gronden voor kunnen doen zijn terug te voeren tot enkele hoofdoorzaken. Dit zijn:

- granulaire samenstelling
- organisch stofgehalte
- chemische samenstelling
- dichtheid
- gelaagdheid

Granulaire samenstelling. Wat de juiste granulaire samenstelling van een grond moet zijn is moeilijk aan te geven omdat de structuur van de grond behalve door de granulaire samenstelling mede door het vochtgehalte bepaald wordt. Gronden met een hoog percentage klei (deeltjes < 0.002 mm) en leem (deeltjes < 0.05 mm) maar ook gronden met een erg laag gehalte aan deze componenten geven problemen. De eerste zijn zware gronden die vooral bij afwezigheid van kalk en organische stof, een slechte structuur hebben. Hierdoor bezitten ze een gebrekkige vochtvoorziening en waterafvoer en een moeilijke bewerkbaarheid. Dit geeft op zijn beurt weer aanleiding tot een beperking in gewassenkeus, moeilijke oogstbaarheid van gewassen (kluitvorming) en hogere bewerkingskosten. Bij een te laag gehalte aan fijne delen (lichte zandgronden) is de vochtvoorziening de limiterende factor en bepaalt de ligging ten opzichte van het grondwater welke gewassen verbouwd kunnen worden.

Organische stof. De rol van organische stof in de grond is veelzijdig. Enerzijds vormt het het adsorptiecomplex voor voedingsionen in schrale zandgronden anderzijds draagt het bij tot de structuurstabiliteit van vele gronden. Eigenschappen als de hoeveelheid voor planten beschikbaar vocht, de verdichtbaarheid en stuif(erosie)gevoeligheid hangen sterk samen met het organisch stofgehalte. Een te hoog organisch stofgehalte gaat echter weer ten koste van de draagkracht (veengronden).

Chemische samenstelling. De ionenbezetting van het adsorptie-complex is medebepalend voor de structuurtoestand. Een hoge Na-Mg-bezetting in combinatie met de afwezigheid van kalk en met een hoog kleigehalte geeft een slechte structuur met zwel- en krimpverschijnselen (knip- of knikklei). Plaatselijk komen kleigronden (katteklei) en oligotrofe venen voor met een zuurgraad (pH) die zo laag is dat de wortelgroei wordt belemmerd. Afwezigheid van kalk en organische stof in combinatie met een hoog gehalte aan deeltjes tussen 0.002 en 0.105 mm (zavelgrond) leidt tot een instabiele bodemstructuur. Vooral onder natte omstandigheden vervloeien (verslempen) deze gronden gemakkelijk. Het gevolg hiervan is een sterke afname van de doorlatendheid en een lang nat blijven in het voorjaar, waardoor de grondbewerking, opkomst en groei kan worden vertraagd. Dit kan verkorting van het groeiseizoen en opbrengstreductie betekenen.

Dichtheid. Bodemmaterialen kunnen een te hoge dichtheid hebben vanwege de aard van het materiaal en de wijze van afzetten (bijv. humusarme zandondergronden), vanwege bodemvormende processen (bijv. klei-inspoelingshorizonten, textuur B of verkitten ijzer- en humusinspoelingshorizonten in podzolgronden) of vanwege de uitvoering van werken als grondbewerking (ploegzool) en grondverzet. Een hoge dichtheid kan via de water- en luchthuishouding en via de mechanische weerstand van de grond de wortelgroei beperken. Een geringer doorworteld bodemvolume betekent minder beschikbaar vocht voor de plant en een geringere bewortelingsdiepte betekent minder mogelijkheden voor vochtonttrekking aan diepere bodemlagen en/of het grondwater. Daarnaast kan een te hoge dichtheid aanleiding geven tot langdurig te hoge vochtgehalten in verband met de bewerkbaarheid of draagkracht van de grond.

Gelaagdheid. Discontinuiteiten met de diepte ten gevolge van de afwisseling van lagen met verschillende eigenschappen kunnen storend zijn voor de waterbeweging in de grond en voor de beworteling. Een voorbeeld hiervan is de storende invloed van grind, schelp of grofzandige lagen in klei- of zandgronden op de op- en neerwaartse stroming van water.

Naast gebreken van de grond zelve kan de bedrijfsuitoefening on-
hevig zijn aan beperkingen samenhangend met de wijze waarop de
grond voorkomt, zoals grootte, vorm en vlakheid van de percelen.
Deze kunnen aanleiding zijn tot hogere bewerkingskosten of waar
het onegale percelen betreft tot opbrengstreducties.

4. DOELEN EN ASPECTEN VAN BODEMTECHNIEK

In het voorafgaande is de belangrijkste doelstelling voor het
verrichten van bodemtechnische maatregelen naar voren gekomen.
Dat is de verbetering van de groeiomstandigheden en/of van de
gebruiksgeschiktheid voor landbouwkundige en niet landbouwkundige
bodemgebruiksvormen. De bodemtechnicus richt zijn activiteiten
echter op dichterbij gelegen doelen. De belangrijkste daarvan zijn:

- verbetering van de vochtvoorziening
- verbetering van de bewerkbaarheid
- verbetering van de draagkracht
- verbetering van de productieomstandigheden

In het navolgende wordt aan de hand van een indeling, welke
samenhangt met het doel en de wijze van het opheffen van gebreken
een aantal voorbeelden van bodemtechnisch onderzoek en uitvoering
besproken. In navolging van WIND (1969) wordt onderscheiden:

- | | |
|-----------------------|--|
| - profielverbetering | - gericht op een betere vochtvoorziening van
het gewas door het wegnemen van
belemmeringen voor de wortelgroei ten
gevolge van een te hoge mechanische
weerstand, een onvoldoende luchthuis-
houding en/of een te lage zuurgraad van
bodemplagen |
| | - incidenteel gericht op verbetering van de
waterafvoer |
| - top laagverbetering | - gericht op de bewerkbaarheid |
| | - gericht op verbetering van de draagkracht
in verband met de berijd-, beweid-,
bespeelbaarheid |

- egalisatie en slootdemping
- . gericht op verbetering van de productie-omstandigheden

5. PROFIELVERBETERING

5.1. Opbrengst - vochtvoorziening

Veel onderzoek is verricht naar de relatie tussen de opbrengst en de verdamping van een gewas. Ruwweg geldt dat de opbrengst rechtevenredig is met de werkelijke verdamping of met de verhouding tussen werkelijke en potentiële verdamping. Onder potentiële verdamping (E_{pot}) wordt verstaan de verdamping van een gewas dat de bodem volledig bedekt en optimaal van water is voorzien. Vanwege een vochttekort of een onvolledige bodembedekking is de werkelijke verdamping vaak kleiner dan de potentieel mogelijke. In die gevallen zal er een opbrengstreductie optreden.

Voor zijn watervoorziening is de plant aangewezen op de neerslag (N), die tijdens het groeiseizoen valt, aangevuld met een hoeveelheid, die de grond levert. Onder Nederlandse klimatologische omstandigheden is de potentiële verdamping groter dan de neerslag, die tijdens het groeiseizoen valt. Dat wil zeggen tijdens het groeiseizoen is er sprake van een neerslagtekort i. c. $E_{\text{pot}} - N > 0$. Afhankelijk van enkele klimatologische grootheden varieert het neerslagtekort van jaar tot jaar. Dit neerslagtekort kan geheel of gedeeltelijk vanuit de bodemvoorraad (B) worden aangevuld. De mate waarin dit gebeurt bepaalt de grootte van de opbrengstdepressie (tabel 1).

Tabel 1 Frequentie van voorkomen van neerslagtekort ($E_{\text{pot}} - N$), vochttekort ($E_{\text{pot}} - N - B$) en relatieve opbrengstdepressie (P) bij verschillend vochtvoorraad in de bodem, voor grasland

Overschrijdings- frequentie (%)	VOCHTVOORRAAD (mm)								
	E_{pot} (mm)	N (mm)	$(E_{\text{pot}} - N)$ (mm)	50		100		150	
				$(E_{\text{pot}} - N - B)$ (mm)	P (%)	$(E_{\text{pot}} - N - B)$ (mm)	P (%)	$(E_{\text{pot}} - N - B)$ (mm)	P (%)
1x per 1 jaar	450	345	105	55	12	5	1	-	0
1x per 2 jaar	500	310	190	140	28	90	18	40	8
1x per 5 jaar	515	275	240	190	37	140	27	90	18
1x per 10 jaar	525	255	270	220	42	170	32	120	23
1x per 20 jaar	550	220	330	280	51	230	42	180	33

De getallen betreffende E_{pot} en $(E_{\text{pot}} - N)$ zijn ontleend aan het CULTUURTECHNISCH VADEMECUM en hebben betrekking op de periode april t/m september. Indien door bodemtechnische maatregelen de vochtvoorraad waarover het gras in het groeiseizoen kan beschikken vergroot zou worden van 50 tot 100 respectievelijk 150 mm dan neemt de opbrengst over de beschouwde jaren toe met ongeveer 10 respectievelijk 20%. Gemiddeld blijkt elke 10 mm vocht extra gepaard te gaan met een opbrengstverhoging van 2%. Ter dekking van het gemiddeld neerslagtekort voor akkerbouwgewassen moet de grond zo'n 150 mm kunnen leveren.

De bijdrage die de grond aan de aanvulling van het neerslagtekort kan leveren is afhankelijk van de bodemfysische eigenschappen van de grond, de bewortelingsdiepte en de grondwaterstand. Gronden zonder grondwaterinvloed in de wortelzone (hangwaterprofielen) beschikken over een hoeveelheid vocht die wordt vastgehouden tussen veldcapaciteit (ca. $pF = 2$) en verwelkingspunt ($pF = 4,2$). Deze hoeveelheid kan voor verschillende grondsoorten sterk uiteenlopen (tabel 2).

Tabel 2 Beschikbaar vocht in mm per 10 cm bewortelde bodemdikte

grondsoort	beschikbaar vocht
humusarm niet lemig fijn zand	12
humeus lemig fijn zand	26
kalkrijke zavel	22
zeeklei	23
rivierklei	9
löss	25
broekveen	34

Het is duidelijk dat verdieping van de beworteling via bodem-technische maatregelen belangrijke hoeveelheden extra bodemvocht kan ontsluiten. Ook de ondergrond draagt bij aan de hoeveelheid voor de plant beschikbaar vocht. Door het uitdrogen van de wortelzone zal een toenemend verschil in zuigspanning tussen wortelzone en ondergrond ontstaan. Hierdoor zal bodemvocht vanuit de ondergrond naar de wortelzone capillair opstijgen.

Indien de grondwaterstand invloed heeft op het vochtgehalte van de wortelzone neemt de hoeveelheid voor de plant beschikbaar vocht aanmerkelijk toe, zoals gegevens van WIND en HIDDING (1961) laten zien (tabel 3).

Tabel 3 Maximale hoeveelheid beschikbaar vocht in mm over een groeiseizoen van 100 dagen

Voorjaarsgrond- waterstand cm -m. v.	niet verbeterd (worteldiepte 30 cm)			gediepploegd (worteldiepte 60 cm)			totale vochtwinst
	wortel- zone	onder- grond	totaal	wortel- zone	onder- grond	totaal	
30	103	87	190	208	87	295	105
60	71	84	156	169	87	256	100
90	60	74	134	115	84	199	65
120	51	38	89	83	74	157	68
150	44	23	67	69	38	107	40
180	40	14	54	62	23	85	31

Bij hogere grondwaterstanden heeft de wortelzone een hoger vochtgehalte dan overeenkomt met veldcapaciteit (ca. $pF = 2.0$) zodat de hoeveelheid beschikbaar vocht in de wortelzone aanzienlijk hoger is dan bij diepe grondwaterstanden. Bovendien is de bijdrage uit de ondergrond groter bij geringe grondwaterdiepten. Naarmate de grondwaterdiepte groter wordt neemt de bijdrage vanuit de ondergrond af vanwege toename van de transportafstand en afname van het capillair geleidingsvermogen, dat een functie is van het vochtgehalte. Vergroting van de bewortelingsdiepte is effectiever bij hogere grondwaterstanden. Dit voordeel weegt voor de meeste gronden echter niet op tegen de nadelen van hoge grondwaterstanden. Hoge grondwaterstanden in het voorjaar kunnen leiden tot aanzienlijke verlating van zaai- of poottijdstip met de daaraan gekoppelde opbrengstdepressie (zie par. 6.1.) en tot een slechtere structuur en luchthuishouding van de grond. De invloed van de capillaire aanvoer blijkt optimaal te zien bij grondwaterstanden van 100 tot 120 cm beneden maaiveld. De voorbeelden laten zien dat bij de beoordeling van het te verwachten effect van bodemtechnische maatregelen, die vergroting van de vochtvoorraad beogen door verdieping van het wortelstelsel, de twee belangrijkste criteria zijn:

- de hoeveelheid beschikbaar vocht in de te verbeteren bodemlaag
- de grondwaterdiepte

5.2. Voorbeelden van profielverbetering

Van oudsher wordt profielverbetering toegepast. Het meest bekend en omvangrijk zijn de verveningen en het in aansluiting daarop systematisch in cultuurbrengen van de dalgronden in de Veenkoloniën.

Meer recentelijk richt de aandacht van de bodemtechniek zich op de plaatgronden (30 000 ha), de veenkoloniale gronden (100 000 ha) en de veldpodzolgronden (300 000 ha) (WIND, 1977).

5.2.1. Plaatgronden

Plaatgronden, voornamelijk voorkomend in Zeeland en de IJsselmeerpolders, zijn gronden met een dun kleidek op een humusarme zandondergrond. Vanwege een te hoge mechanische weerstand van het zand zijn de bewortelingsmogelijkheden beperkt tot het kleidek. Zand met een poriënvolume kleiner dan 40% (HIDDING and VAN DEN BERG, 1961) of met een indringingsweerstand (penetrometer) van meer dan 30 kg cm^{-2} (HOUBEN, 1972) is niet bewortelbaar. Bij een kleidek dunner dan 60 à 80 cm zijn plaatgronden droogtegevoelig (VAN DUIN, 1970). Vanwege de verwachting dat het humusarme zand na louter losmaken weer dicht gaat zitten zijn bij de plaatgrondverbetering in het algemeen werktuigen, zoals diepploeg, mengwoeler of mengrotor, ingezet welke de klei met het onderliggende zand mengen. Inderdaad bleek na ca. 10 jaar na het mengwoelen geen teruggang in de beworteling waar te nemen. Maar ook bleek de vergroting van het poriënvolume van het zand met 2 tot 4% na ondergrondbreken, waarbij geen menging optreedt, na drie jaar onveranderd te zijn (FEITSMA, 1969).

Onderzoek van HOUBEN (1972) toonde aan dat 20 jaar na het losmaken van een zandondergrond nog steeds een gunstig effect op de beworteling wordt waargenomen. Voor gronden met een lutumgehalte van $\leq 12\%$ en een humuspercentage van 3% of lager, dus lichte zavel- en humusarme zandgronden heeft HAVINGA (1975) vastgesteld bij welke minimale dichtheid en diepte van voorkomen een blijvend gunstig effect van een diepe grondbewerking mag worden verwacht (fig. 1)

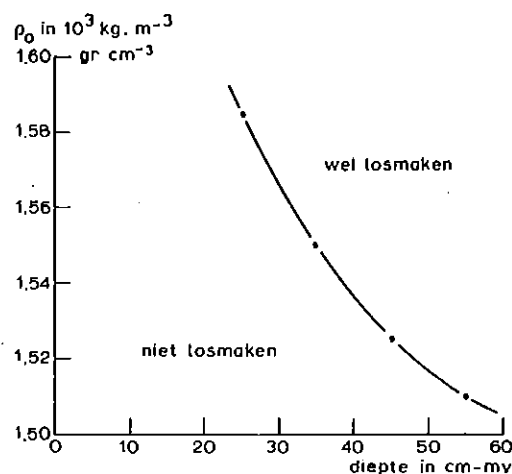


Fig. 1 Verband tussen de diepten onder maaiveld en de oorspronkelijke dichtheid van de grond (ρ_0) waarbij een diepe grondbewerking met een kans van 95% een gunstig effect zal hebben.

Gronden met een volumegewicht beneden de woelgrens zullen door woelen juist verdicht worden.

Het beoogde effect van plaatgrondverbetering, kan tweeledig zijn, namelijk het verschrallen van een te zware kleibovengrond en vergroting van de bewortelingsdiepte. In verband met het eerste is men gebonden aan een bepaalde bewerkingstiepte samenhangend met de dikte van het kleidek. Lutumgehalten (deeltjes

0.002 mm) van het klei - zand mengsel lager dan 12 tot 14% zijn ongewenst vanwege te grote schraalheid en slempgevoeligheid.

Het effect van de verbetering kan sterk wisselend zijn. Bepalend is de extra hoeveelheid beschikbaar vocht ontsloten in de zandondergrond en de grondwaterdiepte. HIDDING en WIND (1963) vonden voor een plaatgrond met een kleidek van 30 cm bij een zeer diepe, een aangepaste en een hoge grondwaterstand meeropbrengsten van respectievelijk 0,17 en 2%. FEITSMA (1969) kwam voor Oostelijk Flevoland bij een kleihoudende uiterst fijnzandige ondergrond met aanzienlijk meer beschikbaar vocht en minder diepe voorjaarswaterstanden tot 10% meeropbrengst.

HAVINGA (1978) geeft een overzicht van resultaten van een tiental proefvelden waar plaatgrondverbetering is toegepast (tabel 4). De reactie van de diverse gewassen op de verbetering is over de jaren nogal wisselend, maar gemiddeld duidelijk positief.

Tabel 4 Absolute opbrengsten op de onbehandelde objecten en de relatieve meeropbrengsten op de objecten: diepploegen (pl.), mengwoelen (W) en mengfrezen (M)

Jaar	Zomergerst				Tarwe				Peulvruchten				Suikerbieten				Aardappels			
	onbe- han- deld	pl.	W	M	onbe- han- deld	pl.	W	M	onbe- han- deld	pl.	W	M	onbe- han- deld	pl.	W	M	onbe- han- deld	pl.	W	M
1962					4000	32	14		2500	0			34,0 ²⁾	16	10		29,0	6	- 4	
1963	4050 ¹⁾	5			3600	7			2700	0			69,7	- 8			30,7	10	- 1	- 3
1964					4000			14	1600	- 5			38,6		15	41				
1965					5300		0	5					56,4			-15	53,0		- 2	
1966	3000		17	11									60,0		- 5	1	50,5		- 2	
1967	5800			12	4000		24	4					51,9	2	1	36	45,8		-23	4
1968					4600	- 4	12	9					60,9			7				
1969	5200		-12		6500				2600	-22	5		46,3		2	28				
1970													70,8			- 6				

1) kg. ha⁻¹
2) ton ha⁻¹

5.2.2. Veenkoloniale grond

Het algemeen voorkomende profiel in de Veenkoloniën is een bouwvoor van sterk humeus zand (organisch stofgehalte > 10%) ter dikte van 10 tot 20 cm op een laag veen variërend in dikte van 0 tot meer dan 2 meter. Onder het veen komt meestal een fossiel podzol-profiel of soms kelleem voor. Het veen onder de bouwvoor is niet of nauwelijks bewortelbaar vanwege een hoog vochtgehalte (luchtgebrek) en een te lage zuurgraad. De pH (KCl) van dit veen varieert van 2.7 tot 3.7. Volgens WIND (1967) is een zuurgraad van 3.5 limiterend voor de wortelgroei. De hoeveelheid water waarover de gewassen op een dergelijke grond kunnen beschikken bedraagt zo'n 70 mm, 30 mm uit de bouwvoor en 40 mm capillaire aanvoer uit het niet bewortelde veen. Ter dekking van het gemiddelde neerslagtekort van akkerbouwgewassen moet de grond zo'n 150 mm kunnen leveren. Menging van het zure veen met materiaal met een hogere zuurgraad, i. c. de bouwvoor en de zandondergrond vergroot de bewortelingsdiepte en ontsluit een aanzienlijke hoeveelheid bodemvocht uit het veen, circa 35 mm per 10 cm (tabel 5).

Tabel 5 Bodemvoorraad water in een niet en wel gemengwoelde veenkoloniale grond met 25 cm veen (WIEBING en WIND, 1977)

Voorjaarsgrondwaterstand cm -m. v.	BODEMVOORRAAD (mm)	
	niet verbeterd	wel verbeterd
40	134	275
60	133	251
80	127	227
100	114	207
120	100	194
140	90	175
220	70	133

De bewortelingsdiepte is afhankelijk van de dikte van de veenlaag. Gestreefd wordt naar een in verband met de bewerkbaarheid niet

te venige, maar ook naar een niet te schrale en een niet stuifgevoelige bouwvoor met zo'n 10 tot 15% organische stof. Dit wordt veelal bereikt door de bouwvoor en het veen met een hoeveelheid van de zandondergrond te mengen ter dikte van circa 1 maal de veenlaag. Bij een bouwvoor van 20 cm en een veenlaag van 70 cm is de bewerkingdiepte 160 cm. De bewerking wordt uitgevoerd met diepploegen, mengwoelers en de laatste jaren met mengploegen die de werking van de eerste twee, keren en mengen, regelbaar combineren.

Het effect van de veenkoloniale grondverbetering, circa 5 000 ha per jaar, is groot. WIND en POT (1976) berekenden over 14 proefjaren een meeropbrengst van 7% voor zomertarwe, 7 tot 8% voor aardappelen en 12 tot 13% voor suikerbieten. Bij het gebruikelijke veenkoloniale bouwplan is dit een voordeel van circa 300 gld/ha/jaar. De kosten van mengwoelen bedragen circa 800 tot 1 200 gld/ha. Een bijkomend voordeel van de verbetering is een beter bewerkbaar zijn van de gemengwoelde grond ten opzichte van de oorspronkelijke.

5.2.3. Profielverbetering voor stedelijke beplanting

Bouwterreinen in stedelijke gebieden worden vaak ter verbetering van de ontwatering en draagkracht opgespoten met een of meerdere meters zand. Dit zand bevat geen kleideeltjes en organische stof en daardoor nauwelijks voedingsstoffen. Bovendien heeft het na opspuiten een zodanige dichtheid dat het niet doorwortelbaar is. Hierdoor zijn de mogelijkheden voor verankering en vochtopname door de beplanting uiterst beperkt. Langs bodemtechnische weg kan hierin verbetering worden gebracht door losmaken van het zand, het opbrengen van een laag ('zwarte') grond en door het opbrengen en vervolgens vermengen van grond met het opgespoten zand. Bij niet al te grote opspuitdikten kan ter plaatse van de plantsoenstroken een deel van het oorspronkelijk profiel door diepploegen of woelen naar boven worden gebracht.

In proeven op opgespoten zand gaf het losmaken van zand een lichte verbetering van de aanslag en groei van populier, wilg en els. Het opbrengen van 10 cm klei en het doorfrezen tot 40 cm gaf een opvallende verbetering van de groei van deze houtsoorten. Grotere laagdikten van 20 en 30 cm klei en tot 80 cm doorfrezen bracht nog slechts een lichte verbetering ten opzichte van 10 cm klei

tot 40 cm doorfrezen (WBSG, 1970). De verbetering door losmaken en klei bijmengen berust op een vergroting van de vruchtbaarheid en de beschikbare vochtvoorraad van het zand. Ter aanvulling van het gemiddeld neerslagtekort tijdens het groeiseizoen moet de grond ongeveer 150 mm bodemvocht kunnen leveren. Dit kan worden gerealiseerd via verschillende combinaties van hoeveelheden van op te brengen klei of zavel en diepten van doormengen (tabel 6, WARDENIER, 1976).

Tabel 6 Grondverbeteringsmaatregelen en kosten ter verkrijging van ca 150 mm beschikbaar vocht in opgespoten zand uitgaande van een voorjaarsgrondwaterstand van 100 cm -m. v.

Grondverbetering	beschikbaar vocht (mm)			Kosten gld/m ²
	wortelzone	ondergrond	totaal	
0 cm zavel + 70 cm losmaken	59	94	153	0.70
10 cm zavel + 65 cm mengen	66	90	156	1.34
20 cm zavel + 55 cm mengen	70	80	150	1.99
30 cm zavel + 50 cm mengen	82	71	153	2.57
40 cm zavel	94	50	144	3.13

Hoe het gebruikelijk stadsplantsoen reageert op de verschillende verbeteringswijzen wordt door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders onderzocht op enkele praktijkvelden.

Een aparte plaats binnen de stedelijke groenvoorziening nemen de straatbomen in. Het groeimilieu van deze in het algemeen solitaire bomen is aanzienlijk extremer dan dat van bomen in bos of veld. Bij een vaak groter verdampend oppervlak, een hogere straling ten gevolge van reflectie en een hogere windsnelheid in steden kan aan de verdampingsbehoefte meestentijds niet worden voldaan door een tot een klein plantgat beperkt wortelstelsel. De aanvoer van water naar de wortels is beperkt door directe afvoer van regenwater over de verharde oppervlakte. Bij meer doorlatende wegdekken neemt door vervuiling de toevoer van water en zuurstof in de loop der tijd af (BAKKER en UITTENBOGAARD, 1974).

De eisen die een boom aan het bodemmilieu stelt stroken niet met de eisen van een goede bestrating. Wegen worden aangelegd op verdicht humusarm zand. Dit zand heeft een laag vochthoudend vermogen en een voor beworteling te hoge dichtheid. Om aan een voor de stadsboom minimaal noodzakelijk bodemmilieu te voldoen wordt gezocht naar funderingsmateriaal voor trottoirs dat zodanig verdicht kan worden dat het weinig zetting geeft maar toch doorwortelbaar blijft. Toevoeging van tuinturf tot 2 à 5% aan zand en zorgvuldige verdichting gaf een mengsel dat gedurende drie proefjaren doorwortelbaar bleef en slechts weinig zetting vertoonde. Bovendien nam de hoeveelheid beschikbaar vocht toe met 5 respectievelijk 10 mm per laag van 10 cm bij 2 en 5% tuinturf. Indien mogelijk wordt het zand-organische stofmengsel aangebracht tot ongeveer 10 cm boven de grondwaterstand zodat van het capillair water kan worden geprofiteerd. Andere organische materialen, zoals stalmest, gemakkelijker verteerbaar dan tuinturf, kunnen door het grote zuurstofverbruik bij vertering van deze materialen zeer lage zuurstofgehalten in het plantgat veroorzaken (BAKKER, 1975).

6. TOPLAAGVERBETERING

Voorbeelden van toplaagverbetering zijn de es-, enk- of enggronden die door een eeuwenlange bemesting van de weinig vruchtbare en droogtegevoelige bouwvoor een humeus dek van 50 à 70 cm dikte verkregen hebben. Bekend zijn ook de opgevaren of opgebaggerde gronden. Dit zijn bouwvoren die vanwege hun schraalheid (duinzand) of bewerkbaarheid (zware kleigronden) in de loop der eeuwen opgehoogd zijn met slootbagger, mest of stadscompost. Ten behoeve van de bloembollenteelt zijn grote oppervlakten duinzandgrond gediepdelfd of omgespoten om een door ziektekiemen besmette of te venige of te kleiige bovengrond onder in het profiel weg te werken. Aanzienlijke oppervlakten zand op kleigronden (Texel, Wieringermeer, Noord-oostpolder, overslaggronden in Zeeland) zijn door diepploegen omgezet in lichte klei- of zavelgronden.

De voorbeelden laten zien dat toplaagverbetering gericht kan zijn op zeer uiteenlopende aspecten van de bouwvoor. Twee aspecten die

tegenwoordig de meeste aandacht krijgen zijn de bewerkbaarheid en de draagkracht van de toplaag.

6.1. Bewerkbaarheid

De bewerkbaarheid van de grond hangt nauw samen met de granulaire samenstelling en de vochttoestand. Naarmate de bouwvoor een hoger kleigehalte heeft is hij moeilijker verkruimelbaar, vooral bij afwezigheid van kalk en organische stof. Dergelijke zware kleigronden hebben bovendien een uiterst smal vochtgehaltetraject waarin ze goed verkruimelbaar zijn. Zijn ze natter dan leidt bewerking tot vervloeien of versmeren, zijn ze droger dan vormen zich bij bewerking kluiten. Verbouw van bol-, knol- en wortelgewassen op deze gronden is moeilijk wegens problemen bij de zaai- en pootbedbereiding (kluitvorming), kieming en opkomst (droogliggen van zaad en knollen) en mechanisch oogsten (oogstverliezen, tarra). Verbetering van de bewerkbaarheid kan worden verkregen door vervanging door of vermenging van de te zware bouwvoor met lichtere lagen uit de ondergrond, of door opbrengen en vermengen met zand van elders aangevoerd. De haalbaarheid van een dergelijke toplaagverschraling hangt af van de profielopbouw en de beschikbaarheid (winningsdiepte, transportafstand en -wijze) van het zand. In het algemeen werkt verschraling weinig opbrengstverhogend en is alleen rendabel wanneer ze leidt tot aanzienlijke kostenbesparing bij de oogst. De baten van kleiverschraling bleken zich gunstig te verhouden tot de kosten bij een bouwplan met veel aardappelen en bloembollen (WIND, 1969).

Behalve door de samenstelling wordt de bewerkbaarheid bepaald door de vochttoestand van de grond. Met de toename van de kennis van het stromingsproces in het onverzadigde deel van de bodem en met het beschikbaar komen van modellen waarmee de onverzadigde stroming gesimuleerd kan worden, richt zich de aandacht de laatste tijd op verbetering van de bewerkbaarheid door beïnvloeding van het vochtgehalte van de toplaag via de ontwatering.

Het tijdstip van bewerken van de grond in het voorjaar bepaalt het tijdstip van zaaien en poten en daarmee de lengte van het

groeiseizoen. Weliswaar neemt de lengte van het groeiseizoen niet evenredig toe met het aantal dagen eerder zaaien, maar er kan wel een extra opbrengst door worden verkregen. Het tijdstip van bewerken hangt af van de vochttoestand van de grond. Voor het zaaien van zomergraan en het zaaien/poten van hakvruchten moet de vochtspanning in de bovengrond circa 100 respectievelijk 300 cm bedragen. Met behulp van modellen voor de onverzadigde stroming kan het vochtspanningsverloop in de bouwvoor in samenhang met neerslag, verdamping en ontwateringstoestand worden gesimuleerd (WIND, 1976). Aan de hand van genoemde werkbaarheidscriteria kan het aantal werkbare dagen en de data waarop ze voorkomen worden vastgesteld. Hiermee is het tijdstip van zaaien of poten bekend en kan uit het verband tussen opbrengstdepressie en het aantal dagen te laat zaaien (fig. 2) de relatieve opbrengstdaling ten gevolge van een late bewerkbaarheid en zaaidatum worden berekend.

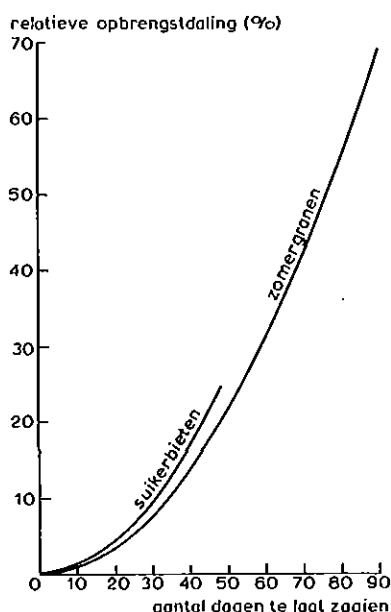


Fig. 2. Relatieve opbrengstdaling bij hakvruchten en zomergranen als gevolg van het aantal dagen te laat zaaien.

VAN WIJK en FEDDES (1975) berekenden voor een zavelgrond de opbrengstreducties ten gevolge van te laat zaaien over een periode van 22 jaar (1951 - 1973) (tabel 7)

Tabel 7 Procentuele opbrengstreducties van hakvruchten en zomergranen ten gevolge van te laat zaaien/poten in een nat, droog respectievelijk gemiddeld voorjaar bij vier ontwateringsdiepten

type voorjaar	ONTWATERINGSDIEPTE (cm -m. v.)							
	40		80		100		150	
	hakvr.	gr.	hakvr.	gr.	hakvr.	gr.	hakvr.	gr.
nat	18.6	55.6	16.0	35.0	14.8	21.0	11.7	17.0
droog	3.8	18.2	1.4	9.0	0.6	7.0	0.2	4.2
gemiddeld	11.7	36.3	6.7	17.8	5.4	11.0	3.8	8.0

Verbetering van de ontwatering verkleint door een vroegere bewerkbaarheid de opbrengstreducties ten gevolge van te laat zaaien aanzienlijk. De invloed van de ontwateringsdiepte op het zaaitijdstip van zomergranen is groter dan bij hakvruchten. Dit komt doordat het optimale zaaitijdstip van zomergranen vroeger in het voorjaar valt, wanneer de bijdrage van de verdamping aan het bereiken van de voor bewerking vereiste vochtspanning nog van weinig betekenis is.

De werkbaarheid van de grond in het najaar is van belang voor de oogstbaarheid van gewassen als aardappelen en bieten. De omstandigheden waarbij deze producten worden geoogst beïnvloeden enerzijds de kwaliteit (rooibeschatting, tarra) en de hoeveelheid geoogst product (oogstverliezen) en anderzijds de bedrijfsvoering via de arbeidsfilm en het in te zetten machinepark. Daarnaast kan op meer oogstzekere gronden de rooidatum van suikerbieten met minder risico naar een later tijdstip worden verschoven, hetgeen tot een hogere opbrengst kan leiden door verlenging van het groeiseizoen (fig. 3).

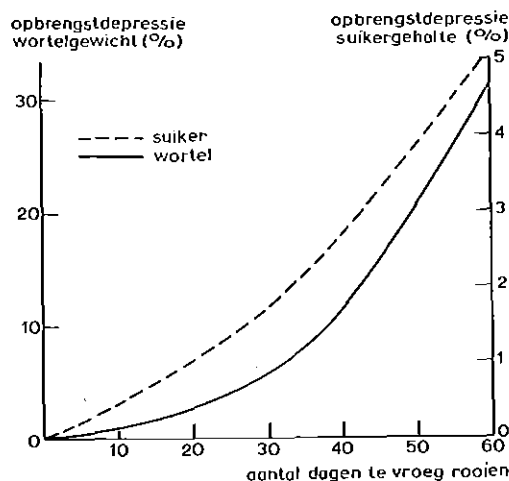


Fig. 3 Relatieve opbrengstdaling bij suikerbieten als gevolg van het aantal dagen te vroeg rooien. De opbrengst bij oogsten op 30 oktober is op 100% gesteld.

In welke mate de oogstzekerheid (bewerkbaarheid) in het najaar afhangt van de ontwateringsdiepte is vanwege de van jaar tot jaar sterk uiteenlopende vochttoestand van de grond aan het einde van het groeiseizoen een complex vraagstuk dat nog veel onderzoek vraagt.

6.2. Draagkracht

6.2.1. Grasland

De draagkracht van grasland is van grote betekenis voor de intensivering en mechanisatie van het weidebedrijf. In het voorjaar is de draagkracht bepalend voor het tijdstip van de stikstofbemesting en het uitrijden van mest. Waar dit niet tijdig kan gebeuren treedt een verlating van de hergroei van het gras en van het begin van het weideseizoen op. Daarbij brengen beperkingen in de mestafvoer de noodzaak tot grotere mestopslagcapaciteit met zich mee. In de zomer en het najaar is de draagkracht van betekenis voor eventuele verliezen bij beweiding en ruwvoederwinning. Op natte weinig draagkrachtige gronden zijn deze verliezen circa 8 tot 10% hoger dan op

beter draagkrachtige gronden. In het najaar bepaalt de draagkracht tevens de lengte van het weideseizoen.

De draagkracht hangt af van het volumegewicht (dichtheid) en de vochttoestand van de zodelaag. Verbetering van de draagkracht kan worden verkregen door vergroting van het volumegewicht en door verlaging van het vochtgehalte van de toplaag. Het eerste kan worden bereikt door belasting, verlaging van het organisch stofgehalte of indroging. Belasten, bijvoorbeeld door rollen zal bij hogere organische stofgehalten nauwelijks een blijvend effect hebben.

6.2.1.1. Bezanding. Veel effectiever blijkt verhoging van het volumegewicht door bezanding te zijn (tabel 8)

Tabel 8 Volumegewicht, indringingsweerstand (conus 1 cm^2) bij verschillende vochtspanningen en opbrengst over de jaren 1964 t/m 1966 voor een onbehandelde, gefreesde en bezande (6 cm) veengrond (SCHOTHORST en BEUVING, (1968)

Object	Vol. gew. (g 1 cm ³)	Indringingsweerstand (kg/cm ²)			Opbrengst(%)			
		pF	0.4	2.0	2.7	0	100	200 kg N
onbehandeld	0.33		4.0	5.4	8.6	79	100	107
gefreesd	0.31		3.0	4.4	8.2	74	91	108
bezand	1.67		12.6	18.6	28.4	92	115	123

De zodelaag is niet vertrappingsgevoelig indien de indringingsweerstand hoger is dan 7 kg/cm^2 of 10 kg/cm^2 , gemeten met een penetrometer met een conus van 5 respectievelijk 1 cm^2 . Ook bij nagenoeg verzadigde omstandigheden (pF 0.4) levert een laagje zand van 6 cm voldoende draagkracht. Een bezandingsdikte van 6 cm werd als minimum ervaren en dikten groter dan 8 cm als overbodig. De hogere opbrengsten op het bezande object kunnen worden verklaard door vervroeging van de produktie door vroegere bemestingsmogelijkheden.

De bezanding kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. Toegepast is de bezandingsmachine of grondvrijzel van Rathjens.

Deze machine kan zand van onder veendikten van 3 meter omhoog halen en in een dunne laag over het maaiveld spreiden. Deze bewerking is echter kostbaar. Daarnaast is het, afhankelijk van de veendikte, mogelijk zand van onder het veen op te ploegen. Een andere mogelijkheid is, eventueel in combinatie met andere werken, zand van elders aan te voeren (zuigen en spuiten). Deze wijze van verschrallen is echter zo kostbaar, dat hij pas in aanmerking komt, wanneer andere methoden niet toepasbaar zijn.

Het verschrallingszand mag met het oog op de doorlatendheid en het watervrije poriënvolume niet te fijn zijn en nauwelijks of geen organische stof bevatten. Vermenging van dit zand met de oorspronkelijke bouwvoor gaat ten koste van de beoogde draagkracht.

6.2.1.2. Ontwatering. Verbetering van de draagkracht door ontwatering is en wordt op veel grotere schaal toegepast dan bezanding, daar met aanzienlijk lagere investeringen een voldoende draagkrachtige zodelaag wordt verkregen. Een diepere ontwatering maakt de zodelaag droger en dichter en daardoor meer draagkrachtig (fig. 4).

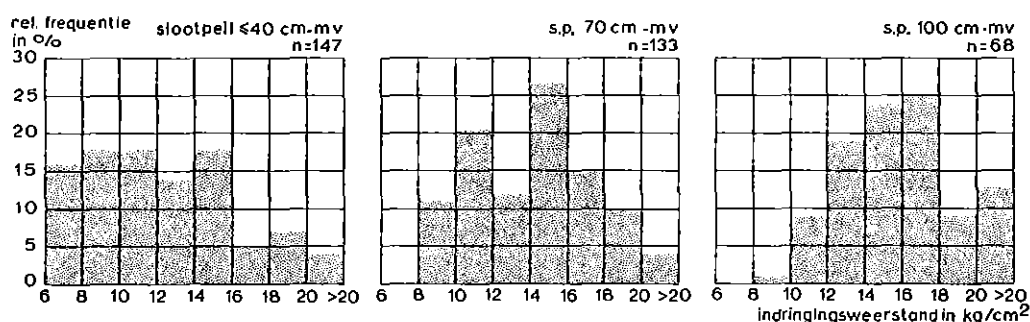


Fig. 4 Procentuele verdeling van n waarnemingen van de indringingsweerstand (conus 1 cm²; omgerekend uit de waarden gevonden met conus 5 cm²) gemeten tijdens de zomers (mei t/m sept.) van 1970 t/m 1973 op 12 veengraslandpercelen.

Toplaag: lutum 26-40%, org. stof 32-50%

De waarnemingen in de figuur stammen hoofdzakelijk uit nattere zomerperiodes, waarin de draagkracht een probleem zou kunnen zijn. De zodelaag is niet vertrappingsgevoelig indien de indringingsweerstand groter is dan 10 kg/cm^2 (conus 1 cm^2). Bij een slootpeil van 0.40 m -m.v. en minder is 34% van de waarnemingen beneden 10 kg/cm^2 . Bij een slootpeil van 0.70 m is dit 11% en bij een slootpeil van 1.00 m is dit nog slechts 1%.

Ten aanzien van het effect van de ontwatering op de opbrengst vonden VAN WIJK en FEDDES (1975) dat dit effect voornamelijk tot uiting komt in de opbrengst van de 1e en 2e snede (tot circa half juni), welke ongeveer 40% van de totale opbrengst bedraagt. Er bestaat een duidelijke relatie tussen de relatieve opbrengstdaling van de 1e en 2e snede en de gemiddelde grondwaterstand in winter en voorjaar (fig. 5).

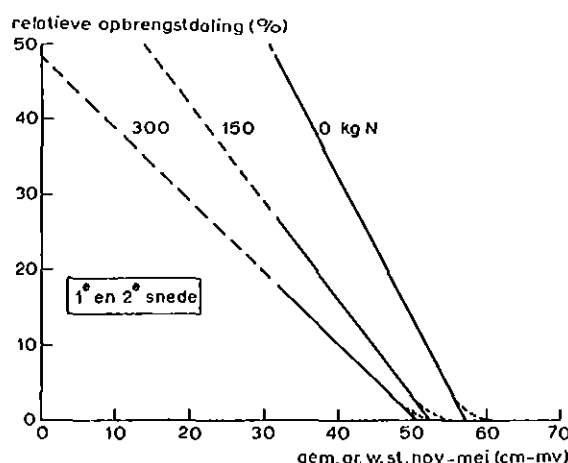


Fig. 5 Relatieve opbrengstdaling van de 1e + 2e snede in afhankelijkheid van de gemiddelde grondwaterstand van november-mei bij stikstofgiftten van 0, 150 en 300 kg ha^{-1}

De door hoge winter- en voorjaarswaterstanden geïnduceerde nadelige effecten op de opbrengst (verlate en tragere hergroei door verlating van de stikstofbemesting bij onvoldoende draagkracht, door lage bodemtemperaturen, onvoldoende aeratie, vertraagde stikstofmineralisatie etc.) treden niet op bij een gemiddelde grondwaterstand in winter en voorjaar beneden 50 à 60 cm -m.v. Naar-

mate het bemestingsniveau hoger is, is de opbrengstdaling ten gevolge van hoge grondwaterstanden lager, dat wil zeggen door stikstofbemesting worden nadelige effecten van een slechte ontwatering gedeeltelijk gecompenseerd. Naarmate het bemestingsniveau afneemt moet de ontwateringsdiepte toenemen om een gelijk opbrengstniveau te halen, dat wil zeggen met diepere ontwatering neemt de stikstof-mineralisatie toe. Vooral in veengronden kan de extra stikstof-mineralisatie ten gevolge van ontwatering zeer groot zijn. Een peilverlaging van 40 tot 100 cm -m. v. gaat in het westelijk veenweidegebied gepaard met een extra stikstofopname door het gewas van circa 250 kg/ha/jaar. Bij een opnamepercentage van 50% van de in de bodem aanwezige stikstof, geeft dit een totale mineralisatie van rond 500 kg N/ha/jaar.

De bedrijfseconomische betekenis van de draagkrachtvergroting door ontwatering wordt onderzocht op de proefboerderij te Zegveld. Via een gescheiden weideboekhouding voor verlaagd (slootpeil ca 80 cm -m. v.) en normaal peil (slootpeil ca 30 cm -m. v.) werd een duidelijk verschil in netto zetmeelwaarde-opbrengst gevonden (tabel 9).

Tabel 9 Netto opbrengst van grasland bij verlaagd en normaal peil in kg ZW per ha (Stichting Proefcentrum 1974-1975)

jaar	verlaagd peil	normaal peil
1970	4364	3839
1971	4858	4637
1972	6141	4555
1973	5588	5567
1974	6787	6244
1975	5085	4720
gem.	5470	4927

Gemiddeld wordt een extra netto zetmeelwaarde van 543 kg ten gunste van het verlaagd peil gevonden. Bij een prijs van 0.65 gld/kg zetmeel uit krachtvoer en een kosten van winning van de extra kilo's van 0.20 gld/kg geeft dit een inkomstenverhoging van circa 250 gld/ha.

Op de lange termijn bezien is dit bedrag een onderschatting van het effect daar het met uitzondering van 1972 relatief droge zomers betrof. Voor een natte zomer als 1972 wordt met gegeven prijzen een extra inkomen van ruim 700 gld/ha berekend.

Gezien deze gunstige ervaringen is polderpeilverlaging, vooral in veenweidegebieden sterk in de belangstelling en wordt reeds op ruime schaal toegepast.

Een gevolg van polderpeilverlaging vooral waar het dikkere veenpakketten betreft is de zakking van het maaiveld. Het zakkingproces van veenweidegronden is uitvoerig bestudeerd door SCHOTHORST (1977). Hij onderscheidt bij zakking ten gevolge van ontwatering drie componenten:

- klink : bij daling van de grondwaterstand neemt door vermindering van de opwaartse druk het gewicht van de grond toe. Dit veroorzaakt een samendrukking van het veen onder de grondwaterstand.
- krimp : door vochtonttrekking wordt het veen in de bovengrond verdicht en neemt in volume af.
- oxydatie : door een betere doorluchting van de bovengrond na ontwatering wordt de biochemische afbraak van het veen versterkt.

Tabel 10 Totale zakking, klink, oxydatie en krimp in mm van een veengrond in Zegveld bij het oorspronkelijk peil en bij een sinds zes jaar verlaagd peil

slootpeil (cm -m. v.)	totale zakking	klink	oxydatie	krimp
25	45	15	14	16
75	92	27	29	36

De extra zakking ten gevolge van peilverlaging bedroeg in deze zes jaar 8 mm/jaar, waar klink, oxydatie en krimp aan bijdroegen met 2, 2.5 en 3.5 mm/jaar. Te verwachten is dat zolang geen wijziging in de ontwateringstoestand optreedt de zakking ten gevolge van klink en krimp afneemt tot een aanzienlijk lager niveau, doch

die ten gevolge van oxydatie onverminderd voortgaat zolang er veen te oxyderen valt met als neveneffect de genoemde stikstofmineralisatie.

6.2.2. Sport- en recreatieterreinen

Ten behoeve van de openluchtrecreatie en veldsport wordt jaarlijks een toenemende oppervlakte grond aan de landbouwkundige bestemming onttrokken (tabel 11).

Tabel 11 Aantal georganiseerde beoefenaren en het aantal velden voor enkele belangrijke veldsporten op twee peildata
(Bron : CBS)

	AANTAL BEOEFENAREN		AANTAL VELDEN			
	1969	1975	1 jan. 1970		1 jan. 1975	
			wedstrijd	oefen	wedstrijd	oefen
voetbal	618.900	900.000	5197	1096	6427	1649
hockey	46.100	66.900	629	44	797	82
korfbal	56.200	74.500	660	55	772	72
handbal	51.500	72.300	368	29	647	34

Deze niet agrarische bodemgebruiksvormen stellen meestal niet dezelfde eisen aan de grond als het oorspronkelijk gebruik. Ook onderling kunnen de eisen sterk uiteenlopen. Frequentie, intensiviteit en wijze van gebruik, maar ook de weersomstandigheden waaronder het gebruik plaats heeft kunnen aanleiding geven tot een differentiatie in bodemtechnische ontwerpnormen voor de verschillende typen terreinen en daarmee in aanleg. Intensief gebruik van recreatieterreinen beperkt zich tot de periode half mei tot half september en dan nog algemeen bij goede weersomstandigheden. Om aan zowel de gebruiks- als visueel ruimtelijke functie te voldoen moet de toplaag van recreatieterreinen betreding zonder beschadiging kunnen doorstaan met behoud van gunstige groeivoorwaarden voor de vegetatie. Hieraan wordt voldaan indien de toplaag een indringingsweerstand of drukvastheid heeft van 10 kg/cm^2 , gemeten met een conus van 1 cm^2 . Deze waarde komt overeen met

de stevigheidseis voor grasland. Metingen gedurende twee zomers op een aantal recreatieterreinen, sterk verschillend in samenstelling van de toplaag en ontwateringsdiepte en een frequentie-analyse van indringingsweerstanden gemeten gedurende vier zomers op veen-graslandpercelen met een hoog organisch stof- en kleigehalte in de toplaag (fig. 4) toonden aan dat een drooglegging van rond 1 meter -m. v. voldoende garanties biedt voor voldoende stevigheid van de toplaag van recreatieterreinen. Op recreatieterreinen met een uitsluitend zomergebruik kan bezanding of verschraling, zoals wel wordt voorgesteld en toegepast ter verbetering van de draagkracht van organische stof- en kleirijke gronden, achterwege blijven (VAN WIJK en BEUVING, 1975).

Het gebruikseizoen van sportvelden ($\frac{1}{2}$ augustus tot $\frac{1}{2}$ september) valt grotendeels samen met een periode met een neerslagoverschot. Door een sterk gereduceerd contactoppervlak (noppen) zijn de krachten uitgeoefend op de toplaag van sportvelden zeer groot. De druk van een stilstaande voetballer (75 kg) bedraagt afhankelijk van het type schoen ongeveer 9 tot 15 kg/cm². Tijdens het spelen kan de druk oplopen tot waarden boven 40 kg/cm². Voor een goede speelbaarheid moet het speeloppervlak in staat zijn de krachten die erop worden uitgeoefend op te nemen zonder zodanig te vervormen dat herstel van het oppervlak noodzakelijk wordt.

Op grond van praktijkervaringen zijn normen opgesteld voor de granulaire samenstelling van de toplaag. De gemiddelde korrelgrootte moet circa 0.2 mm bedragen, het gehalte aan leem (deeltjes < 0.05 mm) mag niet meer dan 10% bedragen en het gehalte aan organische stof dient tussen 2 en 5% te liggen. Algemeen wordt de toplaag van klei- en leemgronden en gronden rijk aan organische stof bezand of verschraald. De functie van de zandlaag is tweeledig, enerzijds vormt hij een stevig en stroef oppervlak, anderzijds op gronden met een infiltratievermogen kleiner dan de neerslagintensiteit een tijdelijke berging ter voorkoming van plasvorming bij zware regen. Voor de eerste functie kan volstaan worden met een bezandingsdikte van 3 tot 5 cm. De extra bezandingsdikte voor tijdelijke oppervlakteberging hangt samen met het infiltratie-

vermogen van de grond en de toegestane kans op plasvorming
 (fig. 6, VAN WIJK, 1973).

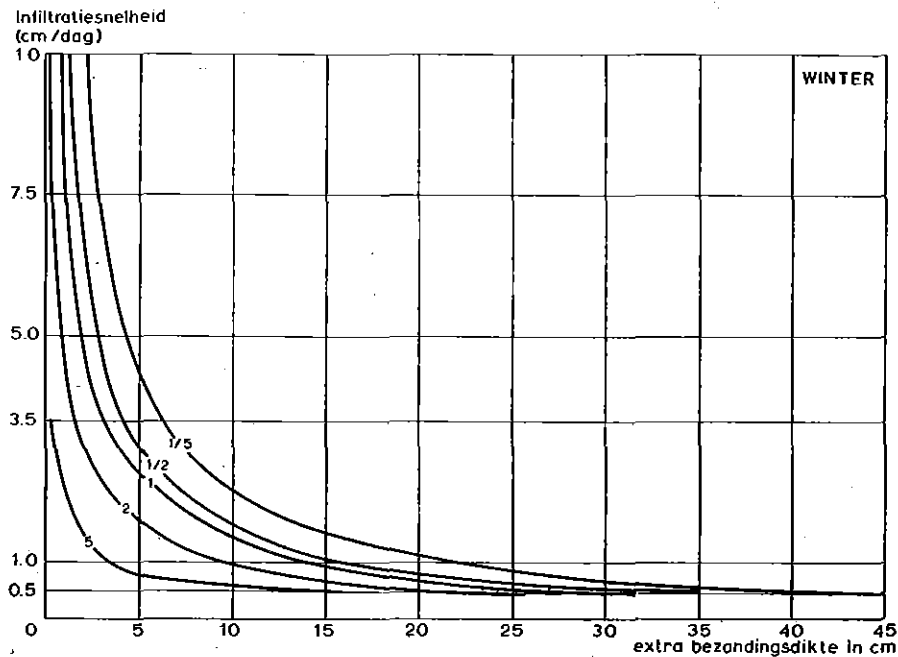


Fig. 6 Relatie tussen infiltratiesnelheid en minimaal benodigde extra bezandingsdikte met de overschrijdingskans in het winterseizoen

Ondanks veelal kostbare bodemtechnische maatregelen, zoals diepe grondbewerking, egalisatie, intensieve drainage en bezanding komen problemen voor die zich uiteten in een slechte bespeelbaarheid en hoge onderhoudskosten. Een van de belangrijkste oorzaken is dat tussen de eis van een voortdurend goed bespeelbaar veld en de wens van vele terreinbeheerders, een gesloten grasmat ook op de meest intensief bespeelbare plaatsen van het veld, een tegenstrijdigheid schuilt. Toch wordt van sportveldbeheerders gevraagd bij een hoge gebruiksfrequentie onder alle weersomstandigheden een bedrijfszeker veld beschikbaar te hebben. Dit vereist inzicht in welke factoren en in de mate waarin deze factoren de bespeelbaarheid beïnvloeden.

De weerstand of de drukvastheid van de toplaag blijkt een goede maat voor de bespeelbaarheid te zijn. VAN WIJK en BEUVING (1975) vonden dat geen beschadiging van de toplaag plaats heeft

wanneer de indringingsweerstand op de meest intensief bespeelde plaatsen tenminste 14 kg/cm^2 en op de minder intensief bespeelde plaatsen 10 kg/cm^2 bedraagt. De indringingsweerstand varieert sterk in de tijd en met de plaats op het veld (fig. 7).

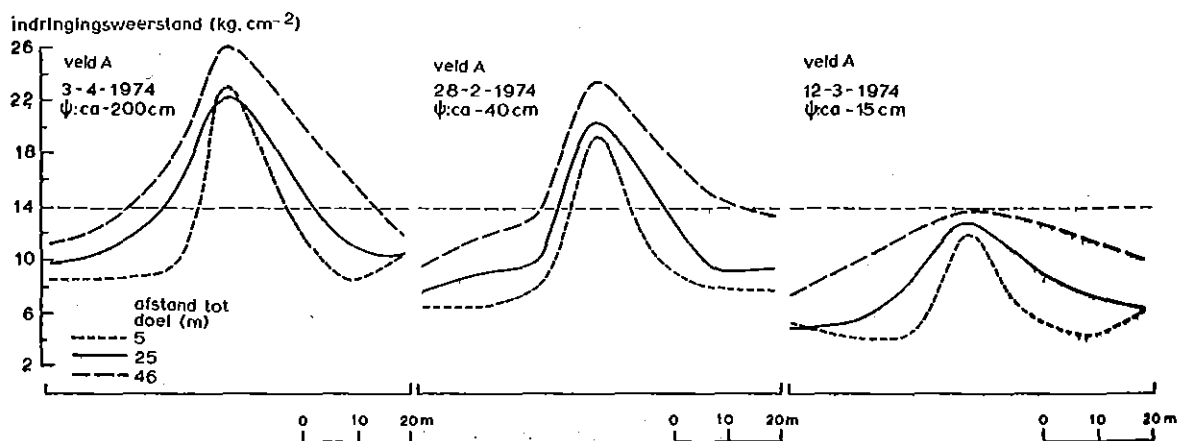


Fig. 7 Verdeling van de indringingsweerstand over een speelhelft van een sportveld bij verschillende vochtspanningen

De twee belangrijkste fysische eigenschappen die de sterkte van de toplaag bepalen zijn de dichtheid en de vochttoestand. Verdichting en ontwatering zijn maatregelen die de speelbaarheid kunnen verbeteren. In welke mate de indringingsweerstand toeneemt met verdichting en ontwatering hangt sterk samen met de granulaire samenstelling en het organisch stofgehalte van het toplaagmateriaal.

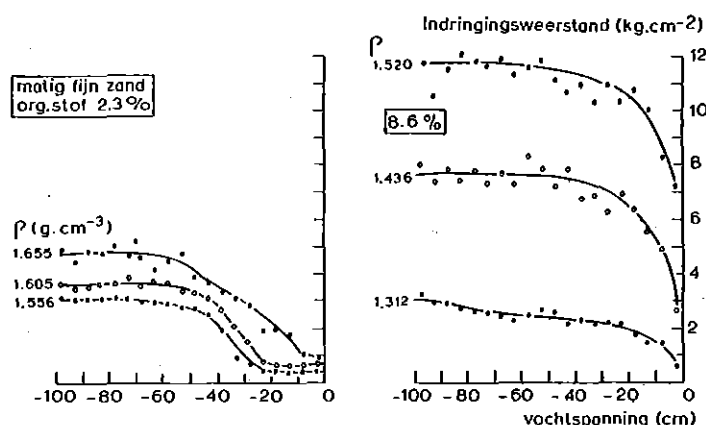


Fig. 8 Relatie tussen indringingsweerstand en vochtspanning bij drie dichtheden voor matig fijn zand met 2.3 en 8.6% organische stof

Figuur 8 laat zien dat vergroting van het volumegewicht (verdichting) van zand met weinig organische stof de mechanische sterkte slechts weinig vergroot, maar daarentegen aanzienlijk bij een hoger organisch stofgehalte (VAN WIJK en BEUVING, 1978). Bij vochtspanningen direct beneden verzadiging neemt de indringingsweerstand zeer sterk af. Een sportvelddrainage moet daarom zodanig gedimensioneerd worden, dat bespeelbaarheid limiterende vochtspanningen boven -40 à -30 cm zo weinig mogelijk voorkomen.

De bijdrage van de graswortels aan de sterkte van de toplaag blijkt sterk samen te hangen met de samendrukbaarheid van het toplaagmateriaal. Verdicht zand met weinig organische stof heeft liggend aan de oppervlakte een indringingsweerstand van ongeveer 4 kg/cm^2 . Onder veldomstandigheden, begroeid met gras, wordt bij eenzelfde dichtheid en vochttoestand een indringingsweerstand van circa 14 kg/cm^2 gemeten. Verdicht zand met een hoger organisch stofgehalte heeft zelf een grote mechanische sterkte, terwijl de bijdrage van de wortels slechts enkele kg's bedraagt. Dit betekent dat een veld met een zeer schrale toplaag, gezien het belang van de grasbeworteling voor de sterkte van de toplaag, veel gevoeliger is voor frequente en intensieve bespeling, die ten koste van het gras gaat, dan een meer humeuze toplaag.

Verdichting en verhoging van het organisch stofgehalte gaat echter ten koste van de doorlatendheid. Hoe bij toenemende dichtheid en humusgehalte vochtomstandigheden die limiterend zijn voor de mechanische sterkte, kunnen worden voorkomen door verbetering van het onderliggend profiel en door het kiezen van een bepaalde draindiepte en -afstand vraagt nader onderzoek.

7. EGALISATIE EN SLOOTDEMPING

Om bij grondbewerking en oogst kostbare tijdverliezen te voorkomen heeft de moderne landbouw behoefte aan vlakke en grote goed bewerkbare percelen. Vandaar worden in het kader van de aanpassing van de cultuurtechnische inrichting aan de individuele bedrijfsvoering egalisatie en perceelsvergroting door slootdemping

of soms door zuigen en spuiten uitgevoerd. Een niet vlakke maaivelds-
ligging heeft als bezwaren:

- verschillen in opbrengst ten gevolge van verschil in vochtvoor-
ziening op hoge en lage delen binnen een perceel.
- verschillen in tijdstip van bewerken bij het zaaien/poten en de oogst
binnen een perceel.

Het opheffen van hoogteverschillen om verschillen in vochtvoor-
ziening door egalisatie te nivelleren is alleen zinvol, indien zowel
de lage delen regelmatig te nat als de hoge delen regelmatig te
droog zijn. Door de lage delen op te vullen, zodat daar geen water-
overlast meer voorkomt, met grond van de hogere delen, kunnen
de hogere delen meer van het grondwater profiteren. Indien niet
aan beide voorwaarden wordt voldaan, dient egalisatie achterwege
te blijven (WIND, 1969). Verschillen in vochttoestand van de bouw-
voor ten gevolge van verschillen in hoogteligging binnen een perceel
kunnen oorzaak zijn dat met de voorjaarsbewerking of de oogst van
een geheel perceel moet worden gewacht totdat ook de natste plekken,
vaak een klein percentage van het geheel, bewerkbaar of oogstbaar
zijn. Dit kan aanleiding geven tot aanzienlijke opbrengstdepressies
(fig. 2). Meestentijds zal een aan de laagte aangepaste drainage
de beste en goedkoopste oplossing bieden.

Bezwaren van een niet vlakke ligging over korte afstand voor
machinale bewerkingen nemen door toenemende afstellingsmogelijk-
heden op de moderne landbouwmachines in betekenis af of zijn
veelal door de boer zelf op te heffen. Indien geëgaliseerd wordt,
is de belangrijkste voorwaarde, het behoud van de bouwvoor. Zowel
op de plaats van ontgraven als op de plaats van ophogen zal de
bovengrond eerst opzij moeten worden gezet, om later weer terug-
gezet te kunnen worden. Dit tweemaal 'op de schop' nemen maakt
egalisatie nogal kostbaar.

Een veel goedkopere methode van grondwinning en grondverzet,
meestal met motief slootdemping, is 'ploegen en afschuiven'. Hier-
bij wordt met een tweescharige ploeg de benodigde ondergrond
op de bouwvoor geploegd en door een bulldozer of kilver naar zijn
bestemming geschoven. Ploegen en afschuiven wordt op ruime

schaal toegepast in ruilverkavelingen op zavelgrond, gemiddeld 1 230 ha/jaar over de periode 1968 t/m 1972 (CULTUURTECHNISCHE DIENST, 1973).

Daarbij is gebleken dat het zeker niet zonder risico's is. Wordt teveel ondergrond opgeploegd, te weinig afgeschoven of andersom dan wordt de bouwvoor van deze zavelgronden verschaald en neemt de verslempingsgevoeligheid toe. Wanneer de zavelgronden in akkerbouw liggen is zonder aanvoer van organische stof, herstel van de schade nauwelijks mogelijk. Door nauwkeurig te ploegen is deze schade te voorkomen.

Een schade, die veel moeilijker te vermijden is, vanwege de nauwe samenhang met het vochtgehalte van de grond, is de verdichting van de ondergrond die bij het afschuiven kan ontstaan. Herstel van deze verdichting langs natuurlijke weg is uitgesloten en langs mechanische weg niet altijd volledig.

BOELS (1976) vond op een lichte zavelgrond een goede samenhang tussen insporingsdiepte van de bulldozer en de bodemverdichting en tussen de dikte van de na afschuiven achtergebleven laag bovengrond en de bouwvoorverschraling. Daarnaast vond hij een verband tussen bodemverdichting, bouwvoorverschraling en opbrengstdepressie. Combinatie van deze verbanden geeft de mogelijkheid de kwaliteit van het ploegen en afschuiven te beoordelen en de kosten van uitvoeringsfouten te schatten aan de hand van twee eenvoudig in het veld te meten grootheden, namelijk insporingsdiepte en de dikte van de achtergebleven laag ondergrond (fig. 9).

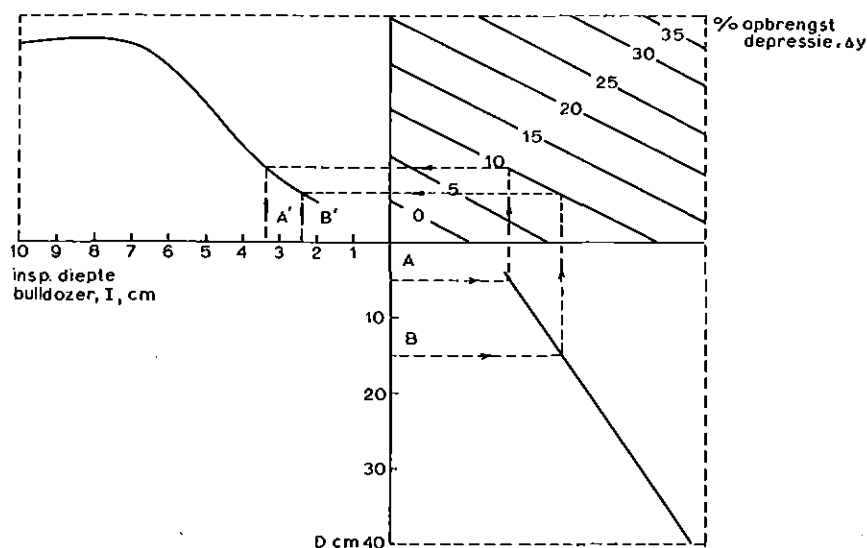


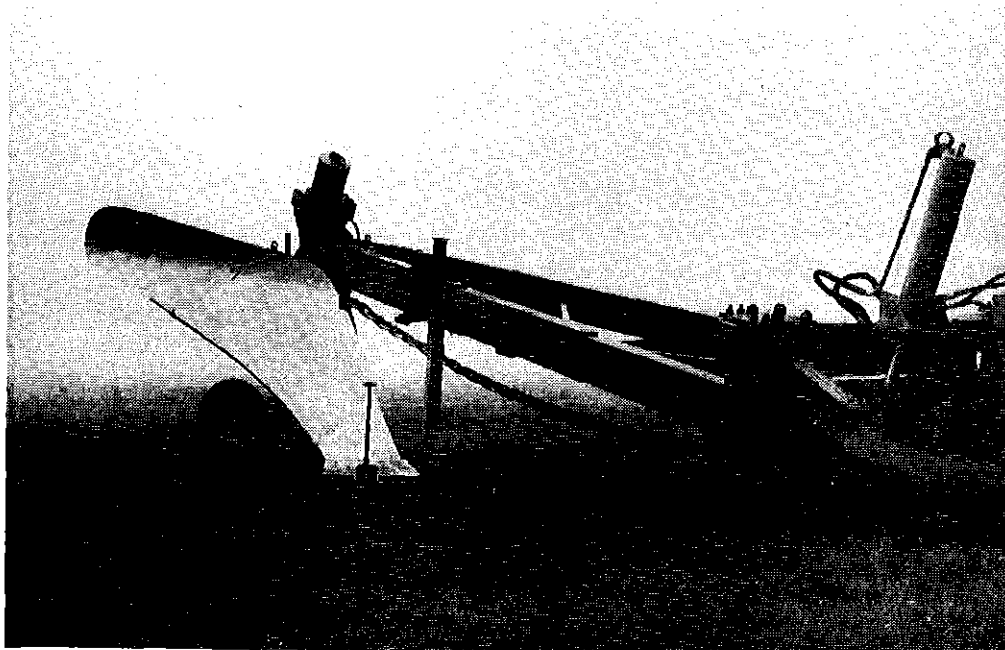
Fig. 9 Samenhang tussen de grootste dikte van de achterblijvende ondergrond (D), de insporingsdiepte (I) en de opbrengstdepressie (Δy).

Is de dikte van de achtergebleven laag ondergrond 5 cm dan mag de insporingsdiepte van de bulldozer tijdens het afschuiven niet meer dan 3 à 4 cm bedragen om geen opbrengstdepressie groter dan 10% te krijgen (lijn A-A'). Is de achtergebleven laag dikker, bijvoorbeeld 15 cm dan mag de insporingsdiepte niet meer dan 2 à 3 cm bedragen om niet meer dan 10% opbrengstdepressie op te lopen (lijn B-B'). Dit nomogram geeft de mogelijkheid de kosten van schade bij doorwerken onder minder gunstige omstandigheden af te wegen tegen de kosten van het tijdelijke stilleggen van het werk.

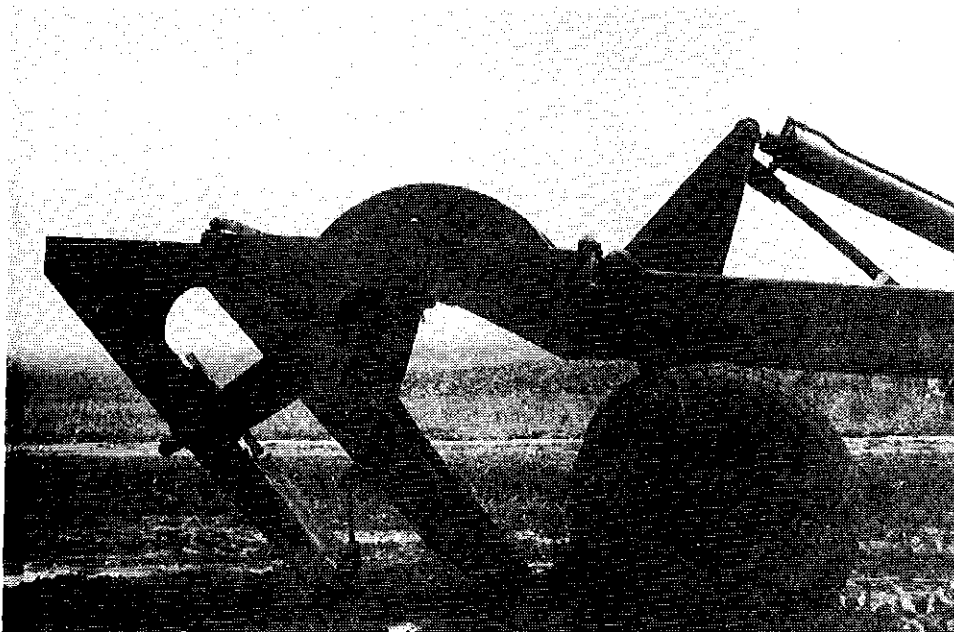
8. UITVOERINGSASPECTEN

8.1. Profielverbeteringswerktuigen

Waren vroeger naast menselijke arbeid schop, kruiwagen en smalspoor de belangrijkste middelen om bodemtechnische ingrepen uit te voeren, tegenwoordig staat een heel scala van transport-



Diepploeg



Mengwoeler

middelen en werktuigen ter beschikking, zoals de vrachtauto, trekker en dumper, bulldozer, kilver, diverse soorten graafmachines en een aantal specifieke profielverbeteringswerktuigen. Deze laatste worden hier besproken.

Diepploegen. De werking van de diepploeg wordt bepaald door het aantal, de lengte, de vorm en stand van de risters, de rijsnelheid en de samenstelling en vochttoestand van de grond. De diepploeg kan zowel kerend als mengend werken.

Bij kerend ploegen wordt een ploeg met twee risters toegepast. Een groot rister ploegt de ondergrond op en een klein rister ploegt de bovengrond in de voor van het grote rister. Een kerende ploeg wordt gebruikt bij toplaagverbetering, bijvoorbeeld bij zand op kleiprofielen of voor grondwinning bij 'ploegen en afschuiven'.

Bij mengend ploegen wordt gebruik gemaakt van een ploeg met één rister. De mate van menging hangt af van de lengte, vorm en stand van dit rister en de rijsnelheid. Helt het rister over naar de vaste grond, dan zal meer bovengrond boven in het profiel blijven (conservatief mengen). Naarmate het rister meer naar de losgeploegde grond helt zal via een meer gelijkmatige menging van boven- en ondergrond (proportionele menging) de ploeg steeds meer kerend gaan werken.

Gebruik van ploegen met meerdere risters geeft de mogelijkheid meerdere lagen in het profiel van plaats te verwisselen (selectief ploegen). Gezien de goede resultaten met ploegen en woelers met mengende werking en het slechts beperkt voorkomen van een gelijke bodemopbouw over grote oppervlakten, worden ploegen met selectieve werking weinig toegepast.

Woelers. Er zijn twee typen woelers te onderscheiden:

- scherpe woelers, die uitsluitend een brekende werking hebben.
- brede woelers, die een brekende en mengende werking combineren.

De scherpe woeler of ondergrondbreker bestaat uit een verticale woelpoot met aan de onderzijde een ganzevoetachtig woellichaam. Dit woellichaam staat onder een kleine hoek met de horizontaal, waardoor de grond bij het passeren van het woel-

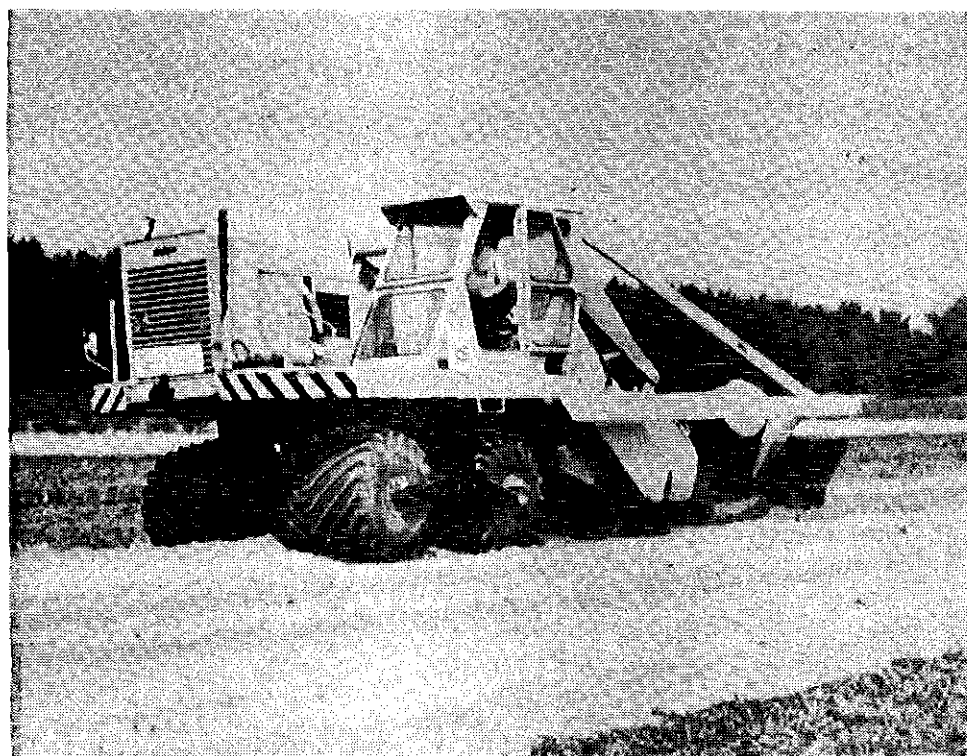
lichaam enigszins wordt opgelicht. De scherpe woeler wordt ingezet om lagen die de wortelgroei of waterbeweging belemmeren te breken of dichtgereden grond weer los te maken. Overigens met weinig resultaat door de veelal te grote afstand tussen de woel-elementen en de zeer ongunstige breedte- werkdiepteverhouding (BOELS, 1977). In uitvoering kunnen de scherpe woelers, afhankelijk van de werkdiepte, uiteenlopen van lichte tot zeer zware werktuigen met een werkdiepte tot 1.50 m.

Brede woelers. Deze bestaan uit goetvormige woelpoten, die onder een hoek van 45° door de grond worden getrokken. Menging van bodemlagen wordt verkregen doordat de ondergrond, die over de brede woelpoot naar boven wordt gestuwd, deels zijdelings wordt afgevoerd en deels naar de oppervlakte wordt gebracht, terwijl de bovengrond in de sleuf achter de mengpoot valt. Wanneer menging van bodemlagen wordt beoogd, is de mengwoeler een aantrekkelijke vervanger van de diepploeg. Bij diepploegen moet een beginvoor gegraven en een eindvoor gedicht worden. Behalve de extra kosten die dit met zich meebrengt wordt het losgeploegde land met de bulldozer bereden. Qua bouw kunnen de brede woelers sterk verschillen. Het zijn vooral particuliere loonwerkbédrijven die ze ontwikkelen en blijven aanpassen. De diep werkende mengwoelers hebben twee schuin achter elkaar geplaatste woelpoten met een breedte van circa 80 cm. De werkbreedte is ongeveer 2 meter en het dieptebereik 1 meter. Dit vereist een trekkracht van rond 600 pk.

Mengploeg. Naar aanleiding van de voor mengwoelen benodigde grote trekkracht en de wens om ook bij gevarieerde bodemopbouw een homogene bouwvoor in horizontale richting te verkrijgen, zijn de laatste jaren mengploegen of woelploegen ontwikkeld. Deze houden het midden tussen een mengwoeler en diepploeg. Ze vragen minder trekkracht dan een grote mengwoeler en hebben door verstelbare platen of risters een regelbare mengende werking van conservatief tot proportioneel mengen, hetgeen bij een wisselende bodemopbouw een groot voordeel is. Het dieptebereik van mengploegen is evenals dat van diepploegen ruim 2 meter.



Mengploeg



Mengrotor

Mengroto r . Dit zijn machines te vergelijken met een frees, die met behulp van een aantal schopjes gemonteerd op een langzaam draaiend wiel bodemlagen mengt. Vergeleken met de mengende werking van de diepploeg, mengwoeler en mengploeg is de menging door de mengroto r aanzienlijk fijner. De in Nederland grootste mengroto r is die van de Koninklijke Nederlandse Heidemaatschappij met een dieptebereik van 1.10 m bij een werkbreedte van 1 meter.

8.2. Werktuig effecten

Afhankelijk van het beoogde doel wordt bij grondverbetering een bepaald type werktuig ingezet. Wil men de grond keren of lagen verwisselen dan wordt een diepploeg gebruikt. Beoogt men het vermengen of keren en mengen van lagen dan kan dit met een diepploeg, mengwoeler, mengploeg of mengroto r gedaan worden. Naast de kosten die ruwweg in de volgende rangorde toenemen, mengwoeler en -ploeg < diepploeg < mengroto r, wordt het rendement van de maatregel bepaald door de meeropbrengst als gevolg van de maatregel. De laatste is mede afhankelijk van de wijze waarop de grond na bewerking achterblijft. De grondlegging wordt behalve door bodemopbouw en vochtomstandigheden door bouw en hantering van de machine bepaald.

Bij de meeste profielverbeteringen (veenkoloniale gronden, plaatgronden, veldpodzolen) gaat het om vergroting van de bewortelingsdiepte. Voor verbetering van deze profielen komen in het algemeen werktuigen in aanmerking met een mengende werking. De toegepaste werktuigen verschillen sterk in intensiteit van menging of wel in homogeniteit van het mengsel. Bij gebruik van diepploegen en mengwoelers wordt een veel grovere menging verkregen dan bij toepassing van de mengroto r.

Op veenkoloniale gronden blijkt de grove menging verkregen bij diepploegen en mengwoelen hogere meeropbrengsten te geven dan de fijnere menging van de mengroto r (WIND en POT, 1976, tabel 12).

Tabel 12 Meeropbrengst (%) bij een fijne en grove menging van het veenkoloniale profiel.

jaar	gewas	fijn gemengd	grof gemengd
1964	zomertarwe	+ 6	+ 32
1965	haver	- 9	- 5
1966	aardappelen	- 10	+ 7
1967	zomertarwe	- 6	+ 14
1968	suikerbieten	- 14	+ 6
1969	aardappelen	- 6	+ 13
1970	zomertarwe	+ 8	+ 59
1971	aardappelen	- 4	+ 21
1972	zomertarwe	- 21	+ 4
1973	aardappelen	- 2	+ 4
1974	suikerbieten	+ 28	+ 11
1975	aardappelen	+ 8	+ 8

Door menging van het zure veen met bouwvoormateriaal met een hogere pH, wordt de pH van het veen op het grensvlak met het oorspronkelijk bouwvoormateriaal verhoogd. Hierdoor komt vertering van het veen op gang, hetgeen veel stikstof vraagt (verlaging C/N quotient). Naarmate het veen fijner verdeeld en daardoor het contactoppervlak veen - bouwvoor en de vertering groter zijn, wordt meer stikstof ten koste van het gewas in het veen vastgelegd.

Op plaatgronden werd over een reeks van jaren bij zomergerst en tarwe geen verschil in reactie op grondverbetering door diepploegen en mengwoelen gevonden (HAVINGA, 1978). De meeropbrengst bedroeg ca 11%. De met de mengrotor verbeterde objecten gaven een kleinere meeropbrengst, ongeveer 7%. Consumptie-aardappelen vertoonden een meeropbrengst bij diepploegen (ca 8%) doch een negatieve reactie op de met de mengwoeler en mengrotor verbeterde objecten. Suikerbieten gaven een meeropbrengst van ongeveer 4% op de gediepploegde en gemengwoelde objecten en van circa 12% op de met de mengrotor bewerkte objecten.

LITERATUUR

- BAKKER, J.W. en M. UITTENBOGAARD, 1974. Een onderzoek van het bodemmilieu voor straatbomen. Groen, 30, 10, 306-308. Verspr. Overdr. ICW 166
- BAKKER, J.W., 1975. Toelaatbare doseringen van organische meststoffen onder wegdekken in verband met de luchthuishouding in de grond. Nota ICW 872
- BOELS, D., 1976. Bepalen van kwaliteit van ploegen en afschuiven op lichte zavelgronden. Cult. Tijdschr. 16, 5 : 259 - 266, Verspr. Overdr. ICW 185
- BOELS, D., 1977. Bodenvorming door sleufloos werkende draineermachines en de invloed daarvan op de drainafstand. Nota ICW 999
- CULTUURTECHNISCHE DIENST, 1973. Jaarverslag van de afdeling grondverzet en mechanisatie. Mededeling CD
- CULTUURTECHNISCH VADEMECUM. Cultuurtechnische Vereniging
- DUIN, R.H.A. VAN, 1970. College Bodemtechniek. Landbouwhogeschool Afd. Cultuurtechniek
- FEITSMA, K.S., 1969. Grondverbetering in het noordwestelijk deel van Oostelijk Flevoland. Cult. Tijdschr. 9, 2, 86-98
- HAVINGA, L., 1975. Blijvend effect van diepe grondbewerking. Cult. Tijdschr. 15, 3, 131-135. Verspr. Overdr. ICW 180
- HAVINGA, L., 1978. Aspecten van grondverbetering op plaatgronden. Cult. Tijdschr. 18
- HIDDING, A.P. and C. VAN DEN BERG, 1961. The relation between pore volume and the formation of root systems in soils with sandy layers. Trans. 7th Int. Congr. Soil Sci. Madison 1, 38 : 369-373. Techn. Bull. ICW 24
- HIDDING, A.P. and G.P. WIND, 1963. Practical research of the improvement of clay cover soils. Neth. J. Agr. Sci. 11, 351-363. Techn. Bull. ICW 30
- HOUBEN, J.M.M. Th., 1972. Effect van diepe grondbewerking op de beworteling en het tracé van een pijpleiding. Cult. Tijdschr. 12, 1 : 21-28

- SCHOTHORST, C. J. en J. BEUVING, 1968. Het resultaat van een proef met bezanding van veengrasland. NOTA ICW 485
- SCHOTHORST, C. J., 1977. Subsidence of low moor peat soils in the western Netherlands. Geoderma 17, 265-291
- STICHTING PROEFCENTRUM VOOR DE RUNDVEEHOUDERIJ IN HET CENTRAAL VEENWEIDEGEBIED IN HET WESTEN DES LANDS, 1974-1975. Jaarverslag
- WARDENIER, H. J., 1976. Beplanting op opgespoten terreinen. Eerste resultaten van het grondverbeteringsproefveld B 7. Rapport 42 Bbw, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders
- WERKGROEP BOS IN STEDELIJKE GEBIEDEN, 1970. Jaarverslag en onderzoeksresultaten
- WIEBING, R. en G. P. WIND, 1977. Grondverbetering beperkt droogteschade in de Veenkoloniën. Bedrijfsontwikkeling 8, 6, 591-594
- WIND, G. P. and A. P. HIDDING, 1961. The soil physical basis of the improvement of clay cover soils. Neth. J. Agr. Sci. 9, 281-292. Techn. Bull. ICW 25
- WIND, G. P., 1967. Root growth in acid soils. Neth. J. Agr. Sci. 15, 559-566
- WIND, G. P., 1969. Grondverbetering. Cult. Verh. Min. v. Landb. en Visserij 189-222
- WIND, G. P. und R. A. POT, 1976. Bodenverbesserung in den holländischen Veenkoloniën. Zeitschr. Kult. und Flurber. 17, 4, 193-206
- WIND, G. P., 1976. Application of analog and numerical models to investigate the influence of drainage on workability in spring. Neth. J. Agr. Sci. 24, 155-172. Techn. Bull. ICW 101
- WIJK, A. L. M. VAN, 1973. De extra bezandingsdikte nodig voor tijdelijke berging van water in de toplaag van sport- en recreatieterreinen. Cult. Tijdschr. 13, 3 : 120-133. Verspr. Overdr. ICW 153
- WIJK, A. L. M. VAN en J. BEUVING, 1975. Relation between playability and some soil physical aspects of the toplayer of grass sportsfields. Rasen - Turf - Gazon 3, 77-83. Verspr. Overdr. ICW 177

- WIJK, A. L. M. VAN en J. BEUVING, 1975. Bodemtechnische ontwerpnormen voor speel- en ligweiden en trapvelden. Cult. Tijdschr. 15, 3, 150-163. Verspr. Overdr. ICW 181
- WIJK, A. L. M. VAN en R. A. FEDDES, 1975. Invloed van de waterhuishouding op de opbrengst van landbouwgewassen. Nota ICW 867
- WIJK, A. L. M. VAN en J. BEUVING, 1978. Playing conditions of grass sportsfields: a soil technical approach. Proceedings of III Int. Turfgr. Res. Conf. Munich