

Ir. P. BOEKEL en A. PELGRUM

*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.)*

## Verschraling van kleigronden in de akkerbouw

### *Inleiding*

Vroeger werden zware kleigronden door hun goede vruchtbaarheid voor de akkerbouw het hoogst gewaardeerd. De laatste jaren is daarin verandering gekomen en het zijn nu de lichtere kleigronden die het hoogst staan aangeschreven. In de eerste plaats is dit veroorzaakt door het gebruik van kunstmeststoffen, waardoor de natuurlijke vruchtbaarheid van de zware kleigronden van minder betekenis werd. Een tweede oorzaak vormt de mechanisatie in de landbouw. Deze is een steeds belangrijker rol gaan spelen en zelfs onontbeerlijk geworden. De mechanisatie kan op de lichtere kleigronden zonder al te veel moeilijkheden worden toegepast, maar levert op de zwaardere gronden nogal wat problemen op. Dit heeft mede tot gevolg gehad dat op de lichtere gronden 'n ruimere gewassenkeuze mogelijk is, wat er ook weer toe bijdraagt dat de financiële resultaten daar in het algemeen aanmerkelijk beter zijn dan op de zware kleigronden. (VOLLEMA en HIBMA, 1963; HIBMA en VOLLEMA, 1964; HOLTIES, 1965).

Het behoeft dan ook niet te verwonderen dat naar mogelijkheden wordt gezocht om van bestaande zware kleigronden de bouwvoor lichter te maken (*verschralen*). Een van de mogelijkheden daartoe is het naar boven brengen van licht materiaal, dat in vele gevallen onder het zware kleidek voorkomt. Wanneer het lichte materiaal niet veel dieper zit dan één meter kan dat gebeuren door diepploegen of met behulp van de mengrotor. Zit het dieper, dan kan het verschralen plaatsvinden door gebruikmaking van de grondvijzel of bezandingsmachine, of door spuiten.

Dergelijke bewerkingen brengen veel kosten met zich mee. Alvorens tot een dergelijke maatregel over te gaan, zal men daarom geïnformeerd moeten zijn over de rendabiliteit daarvan. Verder zal bekend moeten zijn welke gronden voor verschraling in aanmerking komen, hoeveel zand of licht materiaal zal moeten worden opgebracht om een bevredigend resultaat te verkrijgen, en wat de aard van het zand of lichte materiaal zal moeten zijn.

De laatste jaren werd hieromtrent door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid onderzoek verricht. Daarbij werd o.a. op een groot aantal praktijkpercelen de betekenis van de zwaarte van de grond voor verschillende in de praktijk van belang zijnde natuurkundige eigenschappen nagegaan (BOEKEL, 1963) en werd in het laboratorium de invloed van aard en fijnheid van aan klei toegevoegd zand op enkele fysische eigenschappen bestudeerd (BAKKER, 1964). Verder werd op enkele percelen in Friesland waar met behulp van de grondvijzel een bezanding was uitgevoerd (HIBMA en KOOPMANS, 1963), begeleidend onderzoek naar de eigenschap-

pen van de grond, de bemestingsbehoefte en de opbrengsten bij enkele akkerbouwgewassen verricht (BOEKEL, 1964; BOEKEL en PELGRUM, 1969).

Aan de hand van de daarbij verkregen gegevens kan nu in grote lijnen een antwoord worden gegeven op vragen omtrent verschrallingsbehoefte, bezandingsdikte en rendabiliteit van bezanding.

### *Verschrallingsbehoefte en bezandingsdikte*

Uit het onderzoek van BOEKEL (1963) is gebleken dat het meest ideale gehalte aan afslibbare delen, gezien vanuit het oogpunt van de bodemstructuur, ligt tussen 20 en 30%. Naar lagere gehalten neemt de kans op verslemping toe. Bij hogere gehalten laten de bewerkbaarheid en berijdbaarheid te wensen over, waardoor de mechanisatie moeilijkheden ondervindt en de gewassenkeuze beperkt wordt. Verbouw van bijv. hakvruchten is dan vrijwel onmogelijk.

Voor verschralling komen vooral gronden in aanmerking die meer dan 30% afslibbare delen bevatten en die aan bepaalde voorwaarden ten aanzien van het bouwplan voldoen (zie „Invloed van verschralling op de opbrengst van gewassen”).

Wanneer eenmaal het besluit is genomen om verschralling toe te passen, komt de vraag aan de orde hoeveel zand of lichte grond moet worden aangebracht.

Dat hangt uiteraard af van de zwaarte van de oorspronkelijke grond en van het op te brengen materiaal alsmede van het gehalte aan afslibbaar dat men wil hebben. Globaal kan dat worden berekend uit:

$$D_1 \times A_1 + D_2 \times A_2 = D_3 \times A_3,$$

waarin

$D_1$  : dikte oorspronkelijke grondlaag met percentage afslibbaar  $A_1$ ,

$D_2$  : dikte toegediende grondlaag met percentage afslibbaar  $A_2$ ,

$D_3$  : dikte verkregen grondlaag met percentage afslibbaar  $A_3$ .

Hierbij is aangenomen dat het volumegewicht van de drie genoemde lagen hetzelfde is, en dat  $D_3 = D_1 + D_2$ .

In figuur 1 is weergegeven hoeveel licht materiaal (met 10% afslibbaar) volgens deze formule moet worden toegediend om een bepaalde verschralling te verkrijgen. In deze figuur is tevens aangegeven wat het gehalte aan afslibbaar op de proeven in Friesland volgens berekening zou moeten zijn en wat het in werkelijkheid is geworden. Het blijkt dat de gehalten aan afslibbaar, die enkele jaren na verschralling werden vastgesteld, vrijwel overeenkomen met de berekende waarden.

### *Invloed van verschralling op de eigenschappen van de grond*

#### **De samenstelling van de bouwvoor**

Na het aanbrengen van het lichtere materiaal is het gehalte aan afslibbare delen uiteraard verlaagd. Meestal treedt de eerste jaren weer een stijging op, die moet

Figuur 1. Verschraling in samenhang met het oorspronkelijke gehalte aan afslibbare delen en de hoeveelheid toegediend licht materiaal.

x, y, z - de drie proefvelden in Friesland

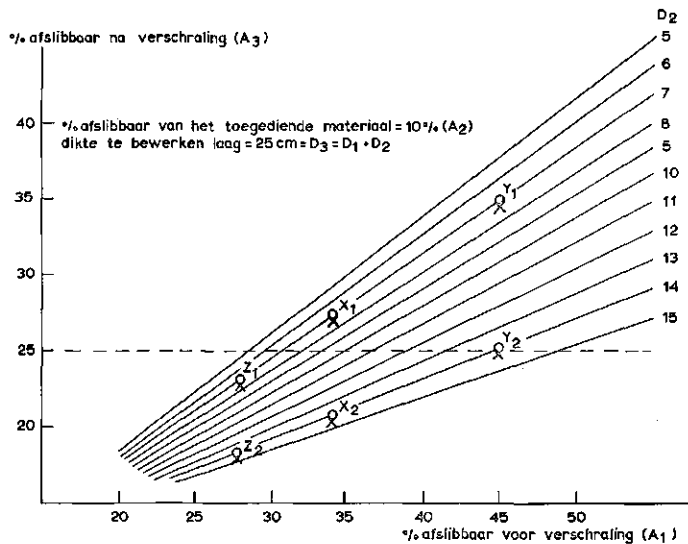
1 - met 7 cm licht materiaal

2 - met 14 cm licht materiaal

O - volgens berekening

X - volgens bepaling

D<sub>2</sub> - laagdikte van de toe te dienen hoeveelheid licht materiaal



TABEL 1. Samenstelling van de bouwvoor voor en na verschraling.

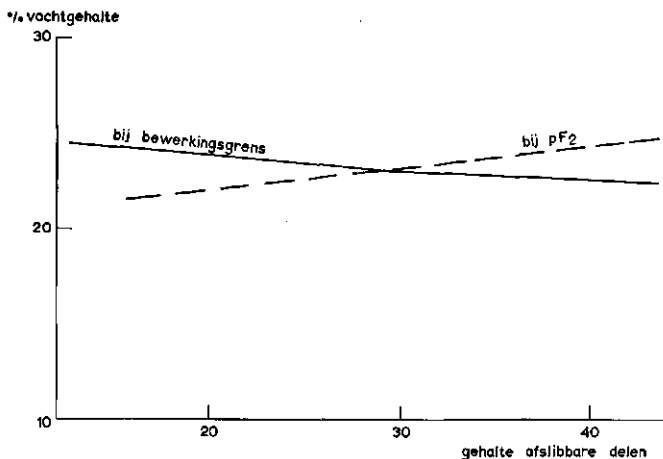
Proefperceel	Eigenschap	Voor verschraling	Na verschraling met licht materiaal		
			7 cm	14 cm	
Miedema	Y	% afslibbaar	34	27	21
		% organische stof	1,9	1,9	1,9
		% CaCO <sub>3</sub>	4,4	5,1	5,9
		P-Al	52	59	46
		K-getal	24	24	24
Zwart	X	% afslibbaar	45	34	25
		% organische stof	2,4	1,9	1,7
		% CaCO <sub>3</sub>	1,1	3,5	5,0
		P-Al	48	42	39
		K-getal	29	26	24
Veeman	Z	% afslibbaar	28	22	18
		% organische stof	1,9	1,8	1,8
		% CaCO <sub>3</sub>	5,0	5,7	6,3
		P-Al	47	46	39
		K-getal	19	22	20

worden toegeschreven aan het feit dat het opgebrachte materiaal in het begin nog niet voldoende diep werd gemengd met de oorspronkelijke bouwvoor. Na 2 à 3 jaar blijkt dat wel het geval te zijn en blijft het gehalte aan afslibbare delen gelijk. Bij de verschraling van de bouwvoor op de proefpercelen in Friesland zijn ook nog verdere veranderingen opgetreden waarvan enkele minder gunstig zijn (tabel 1). Het gehalte aan organische stof werd iets verlaagd (gemiddeld van 2,1 tot 1,8%) en de fosfaattoestand (P-Al) is achteruit gegaan. Het gehalte aan koolzure kalk is echter met enkele procenten verhoogd, hetgeen als een belangrijk winstpunt kan worden aangemerkt. De kalitoestand heeft vrijwel geen verandering ondergaan.

De achteruitgang in fosfaattoestand heeft vermoedelijk weinig betekenis, omdat de totale hoeveelheid van deze voedingsstof niet is afgenomen. Een belangrijk deel daarvan zit in het onderste deel van de oorspronkelijke bouwvoor, dat na de verschraling niet meer wordt bewerkt en ook bij het nemen van grondmonsters niet meer wordt meegenomen. Toch zal het daar aanwezige fosfaat voor een deel bereikbaar en opneembaar zijn voor de planten. De bemesting met fosfaat zal daarom minder zwaar behoeven te zijn dan volgens de fosfaatcijfers van de bouwvoor gewenst zou zijn.

#### De structuur van de grond

De *actuele structuur* of de ruimtelijke opbouw van de bouwvoor gedurende de groeiperiode heeft op de proeven in Friesland geen grote verandering ondergaan. Soms was het volume aan poriën en lucht op de verschraalde objecten wat groter, maar het was ook wel eens andersom. Gezien vroegere ervaringen (BOEKEL, 1963) mag men echter verwachten dat bij verschraling van zwaardere gronden de actuele structuur gemiddeld toch wel in gunstige richting zal veranderen.



Figuur 2. Invloed van het gehalte aan afslibbare delen op de bewerkbaarheid.

De gronden zijn door verschraling gevoeliger geworden voor verslemping. Dat was vooral waarneembaar op één van de proefpercelen waar de ontwatering slecht was. Verslemping zal echter geen probleem vormen zolang het gehalte aan afslibbaar boven 20% blijft en de ontwatering in orde is (BOEKEL, 1969).

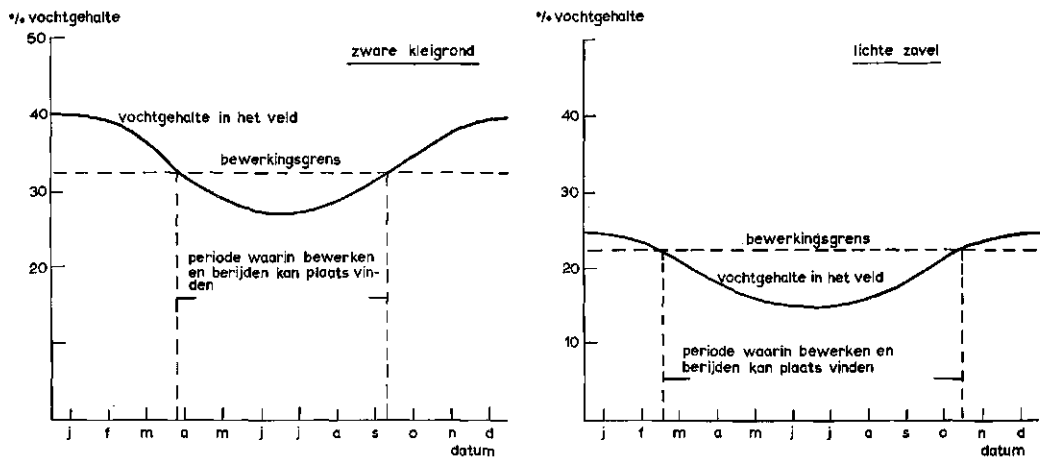
Het grote voordeel van een verschraalde grond moet vooral gezocht worden in een betere bewerkbaarheid. De binding van de grond is geringer, waardoor deze gemakkelijker kan worden verkruid. Dit is vooral bij de aardappelteelt van groot belang. De ruggen kunnen gemakkelijker en beter worden opgebouwd, en bij het mechanisch rooien ondervindt men weinig of geen hinder van te grove kluiten. Verder is het vochtgehalte van de grond onder wat nattere omstandigheden kleiner geworden, hetgeen o.a. een betere en vroegere bewerkbaarheid in het voorjaar betekent. In figuur 2 is dat weergegeven. Daaruit blijkt dat bij 25% afslibbare delen het vochtgehalte bij pF<sub>2</sub> (= vochtgehalte bij grondwaterstand van 1 m wanneer geen verdamping of uitzakking optreedt) nog iets beneden de bewerkingsgrens ligt. Dat betekent dat onder die omstandigheden de grond bewerkt kan worden. Bij een gehalte van 45% afslibbare delen ligt het vochtgehalte bij pF<sub>2</sub> ongeveer 3 gewichtsprocent boven de bewerkingsgrens. Voordat deze grond kan worden bewerkt zal dus 3 gew.% = 7 à 8 mm water per 20 cm bouwvoor door verdamping moeten worden verwijderd. Dat zal bijvoorbeeld in maart, met een relatief geringe verdamping, zeker één week of meer vergen. In de praktijk zal men nog langer moeten wachten omdat tussentijds ook weer regen kan vallen. Ook in de nazomer en herfst kan de bewerkbaarheid een belangrijke eigenschap zijn. Op de zwaardere gronden zal na regenval langer moeten worden gewacht voordat bepaalde oogstwerkzaamheden (rooien van aardappelen en bieten) kunnen worden hervat. Het komt er dus op neer dat de periode waarin de grond kan worden bereiden en bewerkt zonder de structuur te verknoeien, langer is naarmate de grond lichter wordt (figuur 3).

### *Invloed van verschraling op de opbrengst van gewassen*

Op de drie eerder genoemde proefpercelen in Friesland werden over een periode van 5-6 jaar in totaal zes maal aardappelen, drie maal wintertarwe en twee maal suikerbieten verbouwd. Daarvan werden de opbrengsten, bij verschillende N-giften verkregen, bepaald. Uit de verkregen resultaten werd voor ieder gewas de maximale opbrengst afgeleid, die op percelen met 40% (niet bezand) en 20% (bezand) afslibbare delen zou zijn verkregen wanneer enerzijds niet en anderzijds wel van de betere vroegheid op de lichte grond werd geprofiteerd (tabel 2).

Door verschraling van de bouwvoor van 40 tot 20% afslibbare delen is de totale opbrengst aan pootaardappelen met 10% en de opbrengst aan poters met 7% verhoogd. Bij volledige uitbuiting van de mogelijkheden tot vroeger poten zou eerstgenoemde opbrengstverhoging 18,5% hebben bedragen en die aan poters 12%. De opbrengsten van zomertarwe en suikerbieten zijn daarentegen met enkele procenten verlaagd.

Om de vermelde opbrengsten op de verschraalde objecten te verkrijgen, moesten alle drie gewassen iets zwaarder met fosfaat worden bemest (20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per jaar meer) en de suikerbieten ook zwaarder met stikstof (80 kg N meer).



Figuur 3. *Bewerkbaarheidsperiode op zware kleigrond en lichte zavel.*

TABEL 2. *Invloed van verschraling op de opbrengst.*

Gewas	Niet bezand (40% af- slibbaar), opbrengst in kg/ha	Bezand (20% afslibbaar)			
		zonder invloed vroegheid		met invloed vroegheid	
		opbrengst in kg/ha	opbrengst vermeerde- ring in %	opbrengst in kg/ha	opbrengst vermeerde- ring in %
Pootaardappelen (totaal)	35 600	39 100	10	42 186	18,5
Pootaardappelen (poters)	32 700	35 200	7	36 624	12
Wintertarwe (korrel)	5 250	4 970	-5	4 970	-5
Wintertarwe (stro)	11 000	11 240	2	11 240	2
Suikerbieten	40 000	37 000	-8	39 000	-2,5

### *Rendabiliteit van verschraling*

Het verschralen van zware kleigronden is een dure aangelegenheid. Alvorens tot een dergelijke maatregel over te gaan moet bekend zijn wat de kosten van de verschraling zullen zijn en welke voordelen daarna zullen worden verkregen. Daarom werd aan de hand van door de Koninklijke Nederlandsche Heide Maatschappij verstrekte gegevens over de kosten van bezanding, van in praktijk gehanteerde

tarieven voor loonwerkzaamheden en van de op de proefvelden verkregen onderzoekresultaten een globale berekening opgezet van de kosten en baten bij een verlaging van het gehalte aan afslibbare delen van 40 tot 20%. Hierbij werd uitgegaan van een bouwplan aardappelen - wintertarwe - suikerbieten.

De kosten van verschraling kunnen alleen bij benadering worden gegeven omdat ze variëren van geval tot geval. Zij hangen o.a. samen met profielopbouw, totale oppervlakte van het te bezanden object, bereikbaarheid enz.

Wanneer het zand of lichte materiaal tamelijk diep zit (2,5 à 3 m), zodat het alleen door toepassing van de bezandingsmachine of door spuiten naar boven kan worden gebracht, zullen de kosten in de orde van grootte van f 3000 per ha liggen. Bij aanwezigheid van voldoende zand of licht materiaal op geringere diepte, waarbij het door diepploegen omhoog kan worden gebracht zijn de kosten aanmerkelijk geringer (ploegdiepte 0,70 à 0,80 m f 1 100, ploegdiepte 1,60 m f 2 000 per ha).

De voordelen van de verschraling worden gevormd door geringere kosten van grondbewerking en oogsten van produkten, en door hogere opbrengsten.

Wat de grondbewerking en het oogsten van produkten betreft, is in het voorgaande reeds aangegeven dat een lichte grond zich gemakkelijker laat bewerken en een wijder bewerkingstraject heeft dan een zware. Dit voordeel kan op verschillende manieren en tijdstippen naar voren komen: bij de herfstgrondbewerking, in het voorjaar bij het zaai- en pootklaar maken van het land en in de nazomer bij de oogst van de gewassen. Hoewel het niet mogelijk is om dit voordeel nauwkeurig in een geldswaarde uit te drukken, kan toch aan de hand van enkele beschikbare gegevens een schatting worden gemaakt. Volgens „Tarieven voor Loonwerkzaamheden” (1969) is op lichte grond het stoppelploegen f 15 per ha en het op wintervoor ploegen f 31 per ha goedkoper dan op zware klei. Wanneer nog mag worden aangenomen dat met minder bewerkingen (eggen en cultivateren) kan worden volstaan om een goed zaai- of pootbed te krijgen, hetgeen zeker ook wel f 30 per ha minder kosten betekent, komt men in totaal tot een bedrag van ongeveer f 75 aan minder bewerkingskosten op de lichte gronden.

Ook de oogstwerkzaamheden van vooral aardappelen en bieten zullen op lichte gronden gemakkelijker verlopen dan op zware. Volgens de reeds genoemde „tarieven” wordt voor het rooien van bieten op lichte grond f 45 per ha minder berekend dan op zware, terwijl ook de kosten van transport er lager zullen zijn (geschat op f 25 per ha minder). De voordelen van een lichte grond komen ook bij het rooien van aardappelen naar voren. Er kan sneller worden gewerkt en men heeft minder last van kluiten. Deze voordelen kunnen zeker wel op f 50 per ha worden geschat.

Gemiddeld over drie jaar bij een bouwplan van granen - bieten - aardappelen liggen de kosten van grondbewerking en oogstwerkzaamheden op een lichte grond zeker f 115 per ha per jaar lager dan op zware grond.

Wanneer de in tabel 2 vermelde opbrengstgegevens in een geldswaarde worden uitgedrukt, wordt het in tabel 3 weergegeven overzicht verkregen.

Op de verschraalde grond werd bij een bouwplan van pootaardappelen - granen - suikerbieten over drie jaar via de opbrengst van de gewassen een voordeel ver-

TABEL 3. Invloed van verschraling op de geldelijke opbrengst.

	Niet verschraald, 40% afslibbaar			Verschraald, 20% afslibbaar			
	opbr. in kg/ha	prijs per kg	opbr. in gulden per ha	opbrengst in kg/ha		opbrengst in gulden/ha	
				zonder invloed vroegheid	met invloed vroegheid	zonder invloed vroegheid	met invloed vroegheid
Aardappelen, poters	32 700	f 0,25	f 8 175	35 200	36 624	f 8 800	f 9 156
Aardappelen, rest	2 900	0,12	348	3 900	5 562	468	667
Wintertarwe, korrel	5 250	0,35	1 838	4 970	4 970	1 739	1 739
Wintertarwe, stro	11 000	0,06	660	11 240	11 240	674	674
Suikerbieten	40 000	0,65	2 600	37 000	39 000	2 405	2 535
Totaal over 3 jaar			f 13 621			f 14 086	f 14 771

kregen van f 1 150 per ha, onder voorwaarde dat de betere vroegheid zo goed mogelijk werd benut en dat iets zwaarder met fosfaat en stikstof werd bemest (meerkosten f 90 over de drie jaar). Het is echter wel duidelijk dat het voordeel van de pootaardappelen moet komen.

Stellen we de in het voorgaande aangegeven voordelen per jaar aan meeropbrengst minus hogere bemestingskosten (f 350) en de mindere kosten van grondbewerking en oogstwerkzaamheden per jaar (f 115) tegenover de kosten, dan blijkt daaruit dat een verschraling zeker verantwoord is, wanneer éénmaal per drie jaar pootaardappelen worden verbouwd. Bij een bouwplan zonder pootaardappelen moeten de voordelen vooral komen van de gemakkelijke bewerkbaarheid en is verschraling weinig rendabel. Wordt echter na verschraling het bouwplan gewijzigd in de richting van meer intensieve gewassen als pootaardappelen, dan neemt de rendabiliteit aanmerkelijk toe.

In het algemeen kan worden gesteld dat de rendabiliteit van de verschraling afhangt van de wijze waarop de verschraling plaats vindt en van het bouwplan dat men daarna toepast. In veel gevallen zal een dergelijke maatregel ruimschoots verantwoord zijn.

### Samenvatting

Bedrijven op lichte grond komen veelal tot betere bedrijfsuitkomsten dan die op zware grond. Dit heeft tot gevolg gehad dat het lichter maken van zwaardere gronden in de belangstelling is komen te staan en dat ook het onderzoek er de nodige aandacht aan heeft besteed. Het hier behandelde onderzoek werd vooral gericht op drie bedrijven in noordelijk Friesland, waar in 1962 een verschraling werd toegepast.



Daarbij is gebleken dat door verschraling de samenstelling van de bouwvoor is veranderd. Het gehalte aan afslibbare delen en organische stof is gedaald en het kalkgehalte is toegenomen. Het gehalte aan fosfaat in de nieuwe bouwvoor is gedaald, maar wanneer het niet meer bewerkte deel van de oude bouwvoor in aanmerking wordt genomen, zal toch niet veel zwaarder met fosfaat behoeven te worden bemest.

De behoefte aan kali is niet verhoogd, die aan stikstof wel.

Van de natuurkundige eigenschappen van de grond is vooral de bewerkbaarheid beter geworden. Bij goede ontwatering kan vroeger in het voorjaar worden gezaaid en gepoot en bij het klaarmaken van aardappelruggen en het mechanische rooien van hakvruchten zullen minder moeilijkheden worden ondervonden. De slempigheid is iets toegenomen maar zal bij goede ontwatering weinig schade berokkenen.

De opbrengst aan pootaardappelen is belangrijk hoger geworden. Bij verschraling van de grond van 40 tot 20% afslibbare delen is de totale opbrengst met 10% (3,5 ton) en die aan de potmaat 28-55 mm met 7% (2,5 ton) toegenomen. Bij volledige uitbuiting van de betere vroegheid had dat zeker 18,5% (6,5 ton) en 12% (4,5 ton) kunnen zijn. De opbrengst van de andere gewassen is weinig veranderd of zelfs iets teruggelopen.

Bij een bouwplan pootaardappelen - wintertarwe - suikerbieten kunnen de jaarlijkse voordelen van verschraling (van 40% naar 20% afslibbaar) op f 350 aan meeropbrengst minus hogere bemestingskosten en op f 115 aan mindere kosten van grondbewerking en oogstwerkzaamheden worden begroot. In een dergelijk geval is een verschraling (kosten f 2 000 à 3 000) zeker rendabel. Bij een bouwplan zonder pootaardappelen is dat niet het geval.

In het algemeen kan worden gesteld dat de rendabiliteit van verschraling afhangt van de wijze waarop het gebeurt (i.v.m. de kosten) en van het bouwplan dat daarna wordt toegepast.

#### *Literatuur*

- BAKKER, B. C. 1964. Laboratoriumonderzoek naar de invloed van bezanding op de consistentie van kleigronden. Landbouwvoorlichting, 21, 167-174.
- BOEKEL, P. 1963. Invloed van de zwaarte op enkele fysische eigenschappen van de grond. Landbouwk. Tijdschr., 75, 507-518.
- BOEKEL, P. 1964. Bezanding van zware kleigronden. Voorlichting en Onderzoek, Akker- en Tuinbouw, Prov. Dir. Rijkslandbouwvoorl. Friesland, 1964, 12-14.
- BOEKEL, P. 1968. Betekenis van het vochtgehalte voor de structuur van de grond. Buffer, 14, 27-35.
- BOEKEL, P. 1970. Verbetering en handhaving van de bodemstructuur op klei- en zavelgronden. Bedrijfsontwikkeling, ed. Akkerbouw, 1, no. 1, 25-31.
- BOEKEL, P. en A. PELGRUM. Bezanding van kleigronden, Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 12-1969.
- GALIËN, M. VAN DER en G. J. DE JONG. 1966. Zaaidatum en opbrengst. Voorlichting en Onderzoek, Akker- en Tuinbouw, Prov. Dir. Rijkslandbouwvoorl. Friesland, 1966, 54-57.
- HIBMA, H. en T. KOOPMANS. 1963. Bezandingsproeven. Voorlichting en Onderzoek, Akker- en Tuinbouw, Prov. Dir. Rijkslandbouwvoorl. Friesland, 1963, 96-99.
- HIBMA, H. en J. VOLLEMA. 1964. Lichte en zware grond. Voorlichting en Onderzoek, Akker- en Tuinbouw, Prov. Dir. Rijkslandbouwvoorl. Friesland, 1964, 16-17.
- HIBMA, H. en A. DE ZEEUW. 1966. Pootaardappelen en groeifactoren. Voorlichting en onderzoek, Akker- en Tuinbouw, Prov. Dir. Rijkslandbouwvoorl. Friesland, 1966, 46-47.

- HOLTIES, H. 1965. Zwaarte van de grond en rendabiliteit. Voorlichting en Onderzoek, Akker- en Tuinbouw, Prov. Dir. Rijkslandbouwvoorl. Friesland, 1965, 22-25.
- Tarieven voor loonwerkzaamheden. 1969. Gew. Raad voor Groningen van het Landbouwschap.
- VOLLEMA, J. en H. HIBMA. 1963. De zwaarte van de noordfriese kleigronden en de bedrijfsuitkomsten in de akkerbouw. Rijkslandbouwconsulentschap Noordelijk Friesland, Coöp. Centr. Landbouwboekhouding, Leeuwarden.
- VRIES, T. DE. 1959. Verslag van de bouwvoorverlichtingsobjecten, uitgevoerd met de grondvijzel in 1958. Rijkslandbouwconsulentschap voor Bodem- en Bemestingsvraagstukken, Wageningen.
- ZAAG, D. E. VAN DER en J. K. KOUWENHOVEN. 1966. Ruggenopbouw bij aardappelen op klei- en zavelgronden. Kali, no. 7, 255-261.
-