

Invloed van de zwaarte op enkele fysische eigenschappen van de grond

P. BOEKEL,

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen

INLEIDING

In vroegere jaren werden zware kleigronden in het algemeen hoger gewaardeerd dan lichte gronden, in hoofdzaak wegens hun grotere chemische vruchtbaarheid. Door de ontwikkeling van de bemesting zijn de chemische eigenschappen van de grond echter van geringere betekenis geworden, terwijl door de voortschrijdende mechanisatie de fysische eigenschappen een grotere rol zijn gaan spelen. Minder gunstige fysische eigenschappen van zware kleigronden blijken nl. bij toenemende mechanisatie steeds duidelijker naar voren te komen. Dit heeft ertoe geleid dat men op verschillende plaatsen zware kleigronden lichter tracht te maken door diepploegen of bezanden. In de tuinbouw bestaat grote belangstelling voor een dergelijke behandeling in verband met de verkrijging van een goede bewerkbaarheid die voor de intensieve bedrijven één van de belangrijkste eisen is die men aan de grond stelt. Hoewel voor dit doel ook gebruik kan worden gemaakt van organische stof, voelt men als bezwaar dat op zware kleigronden zeer grote hoeveelheden nodig zijn, waarvan geregelde aanvulling nodig is.

In de akkerbouw ziet men de betekenis van bezanding vooral in de voorkoming van moeilijkheden door de toenemende mechanisatie. De machinale rooiing van aardappelen en bieten zal minder bezwaarlijk worden en een door trekkers of andere zware werktuigen verdichte grond zal door bewerking gemakkelijker in een redelijke toestand kunnen worden gebracht.

In verband met deze ontwikkeling lijkt het gewenst de beschikbare gegevens over de invloed van de granulaire samenstelling op de fysische eigenschappen van de grond samen te vatten. Deze gegevens hebben in het algemeen betrekking op normale, natuurlijke klei- en zavelgronden. Daar het niet onmogelijk werd geacht dat bij gelijke granulaire samenstelling de door bezanding verkregen gronden toch andere eigenschappen hebben dan de normale, werd met het onderzoek naar mogelijke verschillen begonnen.

VOORNAAMSTE ASPECTEN VAN DE STRUCTUUR

Voor de groei van het gewas is de *ruimtelijke opbouw van de grond*, waarmee de lucht- en waterhuishouding nauw samenhangen zeer belangrijk. Deze ruimtelijke opbouw zal voor een groot deel bepaald worden door de granulaire samenstelling van de grond. Dit kan een directe samenhang zijn, doordat een verschil in deeltjesgrootte tussen zand en klei ook een verschil in poriënverdeling tot gevolg heeft. De samenhang kan echter ook een indirecte zijn. Het verschil in granulaire samenstelling betekent in het algemeen ook een verschil in:

- de mate van verkrumpling bij de grondbewerking,
- de weerstand van de grond tegen mechanische krachten,
- de weerstand van de grond tegen de invloed van water.

Een grond met een goede bewerkbaarheid zal door bewerking gemakkelijk in een voor de planten gunstige toestand kunnen worden gebracht. Bij een behoorlijke weerstand tegen verschillende krachten kan die gunstige toestand vrij goed worden gehandhaafd. Dit is weer van invloed op de bewerkbaarheid, omdat een weinig verdichte grond gemakkelijker verkrumelt en minder trekkracht vraagt dan een verdichte grond.

De vraag komt naar voren welke veranderingen in deze eigenschappen kunnen optreden bij het lichter maken van zware kleigronden.

Invloed van de granulaire samenstelling op de bewerkbaarheid

In de nazomer 1962 werden op percelen, die gebruikt werden voor het regionale structuuronderzoek in N.-Groningen en N.-Friesland, in en tussen de sporen van trekker en oogstmachine de structuur en de binding van de grond visueel beoordeeld (4). Daarbij geeft het cijfer voor de binding (schaal 1-10) een indruk over de verkrumelbaarheid van de grond. Een laag cijfer wordt gegeven wanneer de grond gemakkelijk verkrumeld kan worden, een hoog wanneer dit moeilijk of niet gelukt. Daar van de desbetreffende percelen de granulaire samenstelling bekend was, kon de invloed van het gehalte aan afslibbare delen op de binding worden nagegaan (fig. 1).

Fig. 1 Invloed van het gehalte aan afslibbare delen op de binding van de grond

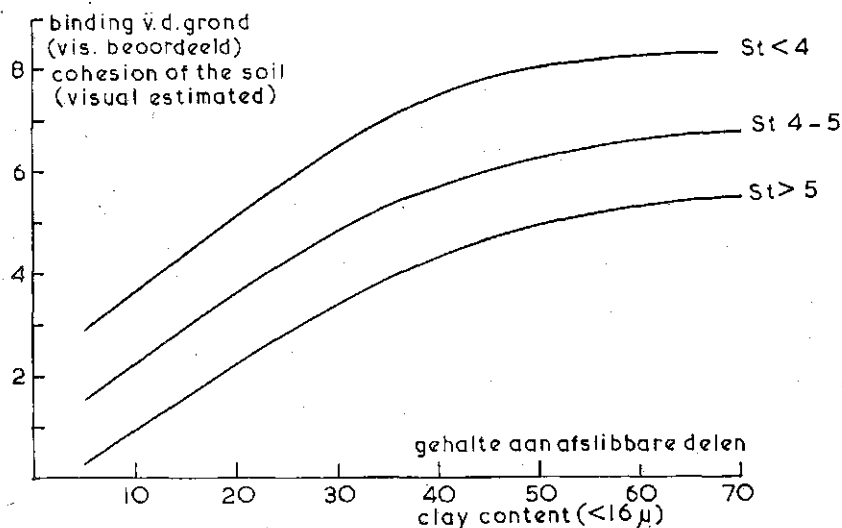


Fig. 1 Influence of the clay content on the cohesion of the soil

St = visuele structuurbeoordeling/visually estimated soil structure

Het blijkt dat bij toenemend gehalte aan afslibbare delen de binding sterk toeneemt, terwijl ook een duidelijke invloed van de structuur naar voren komt. Bij

sterk verdichte grond (St-cijfer kleiner dan 4) is het B-cijfer ongeveer 3 punten hoger dan bij een losse, poreuze grond. Wanneer we aannemen dat voor een goede bewerkbaarheid het B-cijfer niet groter dan 5 mag zijn, kan uit de figuur worden afgeleid dat op gronden met meer dan 20 % afslibbare delen, die door zware machines zijn verdicht, de groundbewerking reeds moeilijkheden zal opleveren. Weinig of niet verdichte gronden (St-cijfer boven 5) zouden bij een gehalte aan afslibbare delen van 50 % nog een behoorlijke bewerkbaarheid hebben. Het probleem van deze tijd is echter dat een groot deel van het land door gebruik van zware werktuigen zodanig wordt samengedrukt dat een zeer dichte structuur wordt verkregen die bij visuele beoordeling met 4 of lager wordt gewaardeerd.

Invloed van de granulaire samenstelling op de weerstand tegen mechanische krachten

De weerstand tegen mechanische krachten en ook enigszins de verkrumelbaarheid van de grond kunnen worden gekarakteriseerd door de uitrolgrens¹ en de veldcapaciteit² (1). Is de veldcapaciteit veel hoger dan de uitrolgrens, dan wijst dat op een geringe stabiliteit en een slechte bewerkbaarheid. Een dergelijke grond is bij veldcapaciteit plastisch, gemakkelijk vormbaar en moeilijk te verkrumelen. Is de veldcapaciteit niet of weinig hoger dan de uitrolgrens, dan heeft de grond

Fig. 2 Invloed van het gehalte aan afslibbare delen op de gevoeligheid voor mechanische samendrukking

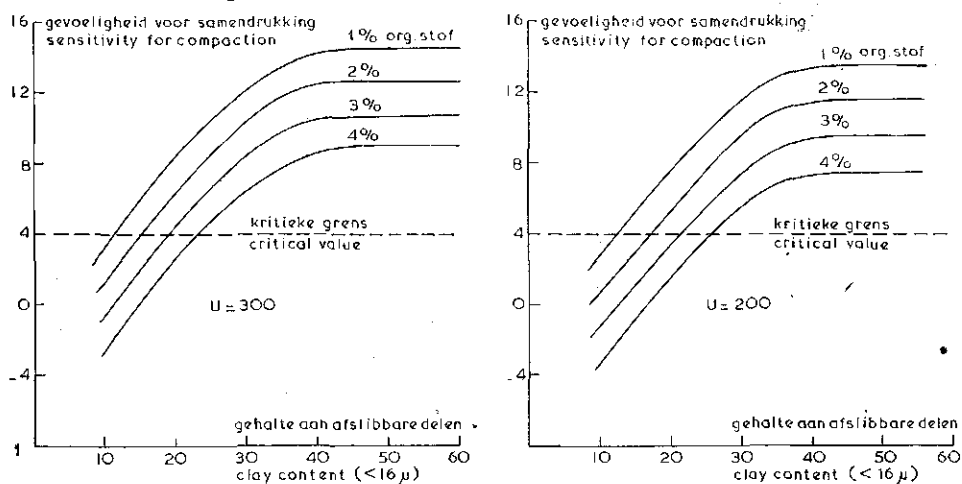


Fig. 2 Influence of the clay content on the sensitivity for mechanical compaction
 Gevoeligheid voor samendrukking = Gew. % vocht bij pF 2 — gew. % bij uitrolgrens/
 Sensitivity for compaction = Moisture content at pF 2 — moisture content at lower plastic limit

¹ De uitrolgrens van een grond is het vochtgehalte waarbij de grond bij uitrollen tot een dunne draad begint te verkrumelen.

² De veldcapaciteit is het vochtgehalte van de grond bij een onderdruk (of zuigspanning) van 1 m water (= pF 2). Dit vochtgehalte wordt bepaald door ringmonsters eerst met water te verzadigen en daarna ongeveer een week aan de genoemde onderdruk bloot te stellen.

een behoorlijke weerstand en kan gemakkelijk worden verkrumeld. In 1956 is deze methode toegepast op een groot aantal percelen in N.-Groningen met variërende granulaire samenstelling. De invloed van de granulaire samenstelling (gehalte aan afslibbare delen, fijnheid van het zand en gehalte aan organische stof) op de genoemde weerstand kon worden nagegaan (fig. 2).

Bij toenemend gehalte aan afslibbare delen blijkt het verschil tussen veldcapaciteit en uitrolgrens toe te nemen. De weerstand tegen mechanische krachten neemt daarmee evenredig af. Een toeneming van het gehalte aan organische stof en van de grofheid van het zand (lager U-cijfer) doet het verschil tussen beide vochtgehalten afnemen. Het is gebleken dat voor een goede verkrumeling en voor het tegengaan van de samendrukking een verschil van ten hoogste 4 gew. % tussen de beide gehalten mag bestaan. Uit fig. 2 kan worden afgeleid dat bij een U-cijfer van 300 en een gehalte aan organische stof van 2 % de grond niet veel meer dan 15 % afslibbare delen mag bevatten om aan die eis te voldoen. Bij een gehalte aan organische stof van 3 % voldoet een grond met 20 % afslibbare delen nog aan die eis. Is de zandfractie iets grover (U-cijfer 200), dan liggen die grenzen bij iets hogere gehalten.

De invloed van het gehalte aan afslibbare delen op de weerstand tegen mechanische krachten is ook naar voren gekomen bij het in 1962 verrichte structuuronderzoek in N.-Groningen, waarbij op de percelen met variërend slibgehalte de structuur in en tussen de sporen werd beoordeeld (fig. 3). Bij zware kleigronden is de achteruitgang van de structuur door het berijden (een of meer malen) veel groter dan bij lichtere gronden.

Fig. 3 Invloed van gehalte aan afslibbare delen op de actuele structuur in en tussen sporen

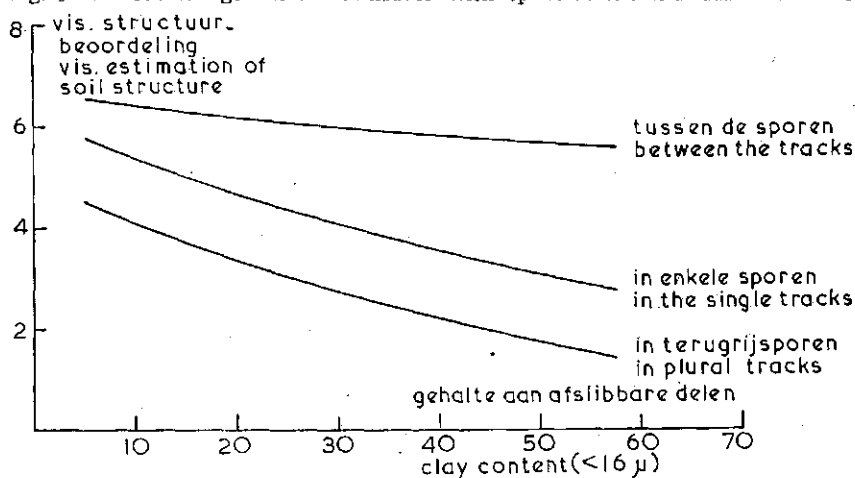


Fig. 3 Influence of clay content on actual soil structure in and between tracks

Invloed van de granulaire samenstelling op de weerstand tegen water

De weerstand van een grond tegen de dispergerende werking van water komt in het veld tot uiting in de mate van oppervlakkige verslemping of in de ineenzakking van de gehele bouwvoor.

Een indruk van deze weerstand wordt verkregen door bepaling van veldcapaciteit en vloeigrens. Ligt de vloeigrens ver boven de veldcapaciteit, dan wijst dit op een behoorlijke stevigheid en bestendigheid. Is de vloeigrens weinig groter of gelijk aan de veldcapaciteit, dan is dit een aanwijzing dat de grond onder natte omstandigheden gemakkelijk in elkaar zal vloeien.

De invloed van de granulaire samenstelling op de bestendigheid tegen water is getoetst aan de gegevens die reeds bij de behandeling van de mechanische samendrukking zijn genoemd. Het resultaat van de bewerking is weergegeven in fig. 4.

Fig. 4 Invloed van het gehalte aan afslibbare delen op de gevoeligheid voor verslemping

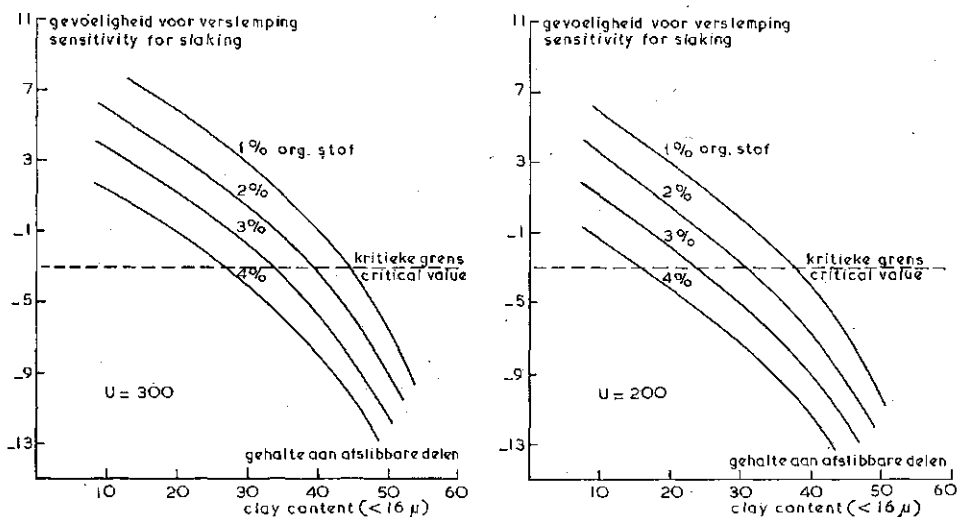


Fig. 4 Influence of the clay content on the sensitivity for slaking

Gevoeligheid voor verslemping = Gew. % vocht bij pF 2 — gew. % vocht bij vloeigrens/
 Sensitivity for slaking = Moisture content at pF 2 — moisture content at upper plastic limit

Bij toenemend gehalte aan afslibbare delen neemt de gevoeligheid voor verslemping duidelijk af. Dit is eveneens het geval bij toenemend gehalte aan organische stof en bij toenemende grofheid van de zandfractie. Daar gebleken is dat ernstige verslemping begint op te treden wanneer het verschil tussen vloeigrens en veldcapaciteit kleiner dan 3 gew. % wordt, kan uit fig. 4 worden afgeleid dat een kleigrond met een U-cijfer van 200 en een gehalte aan organische stof van 3 % gevoelig voor verslemping wordt, wanneer het gehalte aan afslibbare delen beneden 23 % daalt. Wanneer het zand fijner of het gehalte aan organische stof lager is, ligt die grens aanmerkelijk hoger.

Een dergelijke invloed van het gehalte aan afslibbare delen op de gevoeligheid voor verslemping kwam ook naar voren bij een onderzoek dat in het voorjaar 1962 werd verricht en waarbij op percelen in N.-Groningen de mate van verslemping op het oog werd beoordeeld. Uit fig. 5 waarin de gemiddelde samen-

Fig. 5 Invloed van het gehalte aan afslibbare delen op de verslempling in het veld

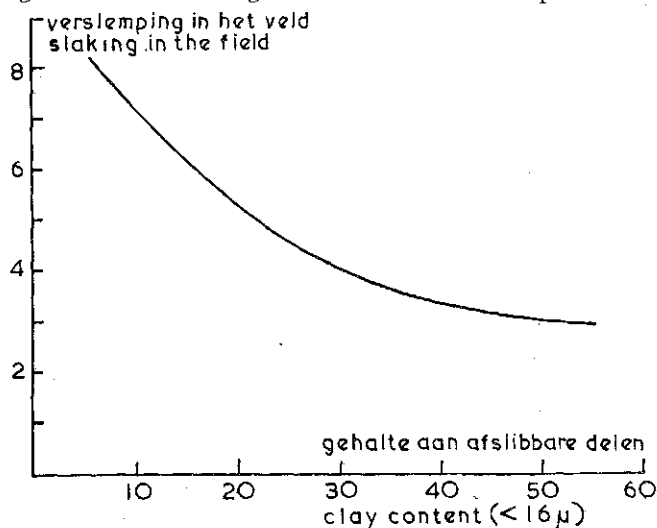


Fig. 5 Influence of the clay content on the slaking in the field

hoog cijfer = ernstige verslempling/high value = serious slaking
 laag cijfer = geringe verslempling/low value = little slaking

hang tussen gehalte aan afslibbare delen en verslempling is weergegeven, blijkt dat de verslempling ernstige vormen aanneemt (> 5) bij gehalten aan afslibbare delen beneden 20 %. Bij hoog gehalte aan organische stof en goede kalktoestand zal deze grens wat lager liggen, bij laag gehalte aan organische stof en slechte kalktoestand wat hoger.

INVLOED VAN HET GEHALTE AAN AFSLIBBARE DELEN OP DE ACTUELE STRUCTUUR

De structuurtoestand van de grond, die tijdens de groei van het gewas aanwezig is, kan o.a. worden gekarakteriseerd door visuele beoordeling en door bepaling van de grond-water-lucht-verhouding en van de verdeling van de poriëngrootte. Met behulp van deze methode is de laatste jaren op proefvelden en praktijkpercelen variërend in granulaire samenstelling, de structuur bepaald. Dat bood de mogelijkheid om de invloed van het gehalte aan afslibbare delen op de actuele structuur na te gaan. In fig. 6 is de visuele waardering van de structuur van percelen in N.-Groningen, N.-Friesland en Oldambt tegen het gehalte aan afslibbare delen uitgezet.

In 1961, toen het structuurniveau tamelijk laag was, werd bij hogere gehalten aan afslibbare delen een veel slechtere structuur gevonden dan bij lagere. In 1962 was het structuurniveau veel hoger en de invloed van de granulaire samenstelling veel geringer. Duidelijk komt in de figuur naar voren dat het verschil in actuele structuur tussen de afzonderlijke jaren bij de zware kleigronden veel groter is dan bij lichtere gronden. Dit is één van de kenmerkende, minder gunstige eigenschappen van zware kleigrond. Het ene jaar wordt een

INVLOED VAN DE ZWAARTE

Fig. 6 Invloed van het gehalte aan afslibbare delen op de structuur in verschillende jaren

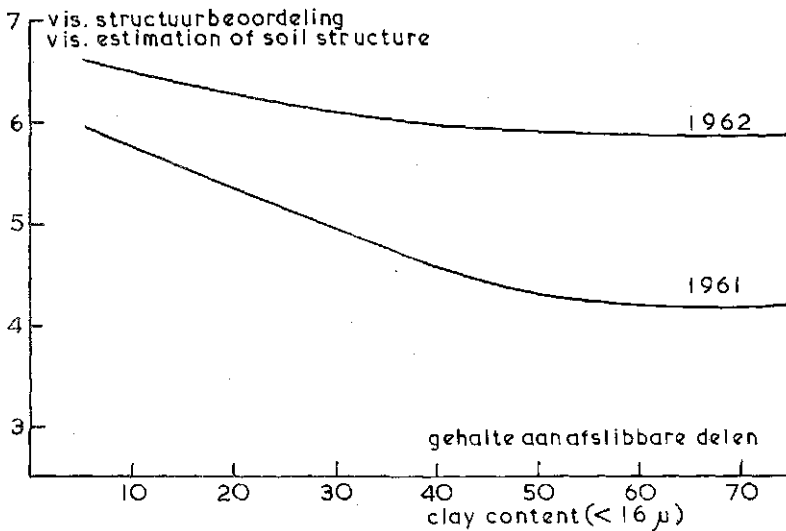


Fig. 6 Influence of the clay content on soil structure in different years

goede structuur gevonden, omdat de omstandigheden gunstig zijn (droge herfst: weinig verrijden, gunstige winter: doorvriezen van de grond, droog voorjaar: klaarmaken van het zaaibed onder niet al te natte omstandigheden),

Fig. 7 Invloed van het gehalte aan afslibbare delen op het volume aan water en lucht in de grond

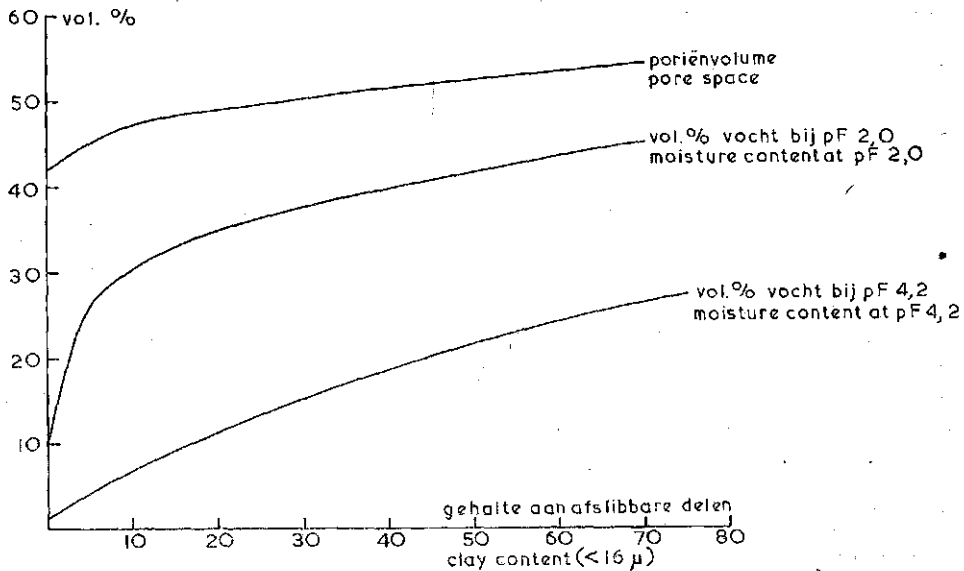


Fig. 7 Influence of the clay content on water and air volume in the soil

het andere jaar is de structuur veel slechter, omdat de omstandigheden ongunstig zijn geweest. Dit speelt bij lichte gronden een veel geringere rol omdat de weerstand tegen mechanische krachten groter en de bewerkbaarheid beter is.

In fig. 7 is de invloed van het gehalte aan afslibbare delen op poriënvolume en volumepercentage vocht bij pF 2,0 en 4,2 weergegeven. Daaruit blijkt dat bij toenemend gehalte aan afslibbare delen het volumepercentage vocht bij pF 2 sterker toeneemt dan het poriënvolume, hetgeen betekent dat daarmee evenredig het luchtgehalte bij pF 2 afneemt. Het vol. % vocht bij pF 4,2 stijgt vrijwel rechtlijnig met toenemend gehalte aan afslibbare delen. Bij zeer lage slibgehalten (lager dan 10 %) is toeneming van het vochtgehalte kleiner dan die van dit gehalte bij pF 2,0 en bij hoge slibgehalten groter. Dit heeft tot gevolg dat bij slibgehalten tussen 10 en 30 % de bouwvoor een grotere hoeveelheid voor de planten beschikbaar water kan vasthouden dan bij lagere en hogere gehalten aan afslibbare delen.

Ten aanzien van de lucht- en vochthuishouding blijken de kleihoudende gronden met 10—30 % afslibbare delen dus het gunstigst te zijn. Bij zwaardere kleigronden is zowel het luchtgehalte als de hoeveelheid beschikbaar vocht kleiner, terwijl bij zandgronden het luchtgehalte meestal wel hoog is, maar de hoeveelheid beschikbaar water vaak te wensen overlaat.

Optimaal gehalte aan afslibbare delen

Men kan zich afvragen wat het gunstigste gehalte aan afslibbare delen is, bezien uit het oogpunt van de bodemstructuur. In het voorgaande is geconstateerd dat bij het zwaarder worden van kleigronden de bewerkbaarheid moeilijker, de weerstand tegen mechanische krachten kleiner en die tegen de dispergerende kracht van water groter wordt. Verder nemen het luchtgehalte en de hoeveelheid beschikbaar water af. Bij gronden met een laag gehalte aan afslibbare delen vormt de gevoeligheid voor verslemping een probleem, terwijl bij slibarme gronden de vochthuishouding te wensen overlaat. De meest gunstige toestand zal dus worden verkregen bij een gehalte aan afslibbare delen, dat niet te hoog en ook niet te laag is.

De meest geschikte zwaarte van de grond kan worden vastgesteld door de invloed van het gehalte aan afslibbare delen op de verschillende aspecten van de structuur te combineren. Dit kan bijv. door de gevoeligheid voor verslemping gekarakteriseerd door vloeigrens en veldcapaciteit, en de gevoeligheid voor mechanische krachten bepaald door uitrolgrens en veldcapaciteit, in één figuur uit te zetten. Een complicatie daarbij wordt echter gevormd door het feit dat niet precies gezegd kan worden welke eisen aan de gevoeligheid voor verslemping en bewerkbaarheid van de grond gesteld moet worden. In de praktijk is dat nl. zeer verschillend. Bij de aardappelcultuur speelt de gevoeligheid voor verslemping niet zo'n grote rol, maar is de bewerkbaarheid in verband met het mechanisch rooien zeer belangrijk; bij andere akkerbouwgewassen (wintergraan, bieten, vlas) en bij een tuinbouwgewas als tulpen veroorzaakt de gevoeligheid voor verslemping vaak moeilijkheden. In die gevallen moeten hogere eisen aan de bestendigheid tegen water worden gesteld.

Om deze complicatie te omzeilen is de combinatie van deze beide aspecten op de volgende manieren uitgevoerd.

- Gevoeligheid voor verslemping en mechanische weerstand zijn beide even belangrijk. Daarom is als kritieke grens voor de eerste genomen een verschil tussen vloeigrens en veldcapaciteit van 3 gew. % en voor de mechanische weerstand een verschil tussen veldcapaciteit en uitrolgrens van 4 gew. %.
- De gevoeligheid voor verslemping speelt een belangrijker rol dan de mechanische weerstand. Als kritieke grens voor de gevoeligheid voor verslemping is een verschil tussen vloeigrens en veldcapaciteit van 5 gew. % genomen en voor de mechanische weerstand een verschil tussen veldcapaciteit en uitrolgrens van 6 gew. %.

Fig. 8 Invloed van het gehalte aan afslibbare delen op de gevoeligheid voor verslemping en mechanische samendrukking

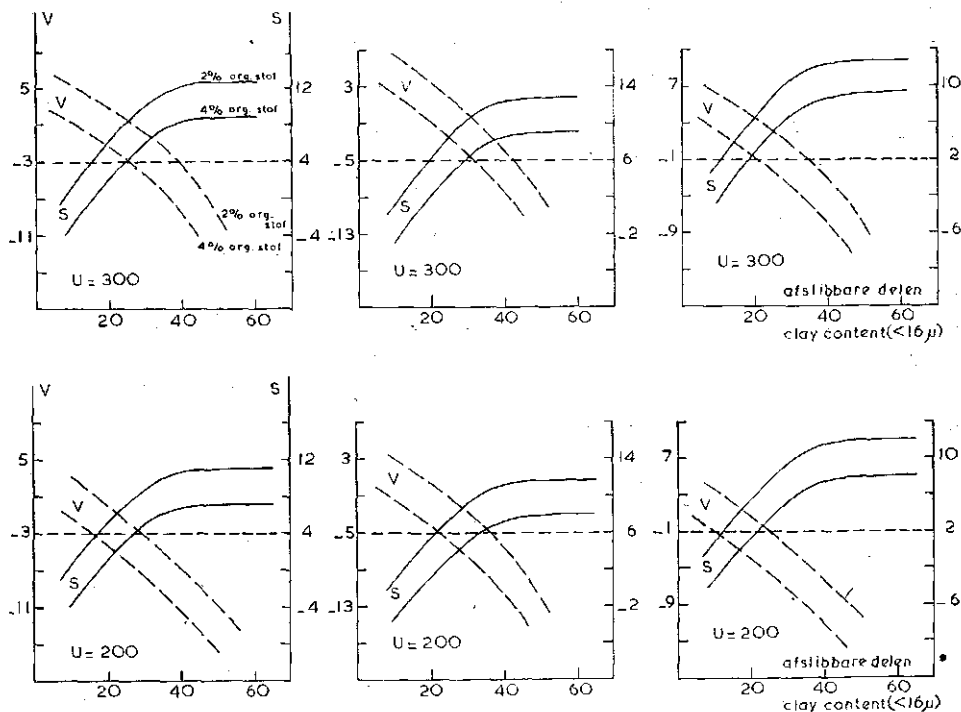


Fig. 8 Influence of the clay content on sensitivity for slaking and mechanical compaction

Links/Left: Verslemping en mechanische weerstand zijn even belangrijk/Slaking and mechanical resistance have the same importance

Midden/Centre: Verslemping is belangrijker dan mechanische weerstand/Slaking is more important than mechanical resistance

Rechts/Right: Verslemping is minder belangrijk dan mechanische weerstand/Slaking is less important than mechanical resistance

V = gevoeligheid voor verslemping = gew. % vocht bij pF 2 — gew. % vocht bij vloeigrens/
 V = sensitivity for slaking = moisture content at pF 2 — moisture content at upper plastic limit
 S = gevoeligheid voor mechanische samendrukking = gew. % vocht bij pF 2 — gew. % vocht bij nitrolgrens/
 S = sensitivity for compaction = moisture content at pF 2 — moisture content at lower plastic limit

- c. Mechanische weerstand en bewerkbaarheid zijn belangrijker factoren dan de gevoeligheid voor verslemping. Als kritieke grens voor die gevoeligheid is een verschil tussen vloedgrens en veldcapaciteit van 1 gew. % genomen en voor de samendrukbaarheid een verschil van 2 gew. %.

Het resultaat van die combinatie is weergegeven in fig. 8. Daarbij is ook de invloed van het gehalte aan organische stof en van de fijnheid van het zand aangegeven. Voor het geval a ligt het snijpunt bij 22 % (U.-cijfer 200) tot 25 % (U.-cijfer 300) afslibbare delen, voor geval b bij 28 % (U.-cijfer 200) tot 30 % (U.-cijfer 300) en voor geval c bij 17 % (U.-cijfer 200) tot 20 % (U.-cijfer 300).

Het optimum gehalte aan afslibbare delen varieert van 17–30 % en hangt dus af van de fijnheid van het zand en van de vraag welk aspect van de structuur als het belangrijkste moet worden beschouwd.

Uit deze figuren blijkt verder dat kleigronden met een U.-cijfer van 300 een gehalte aan organische stof van 4 % of meer moeten bezitten om aan de gestelde eisen t.a.v. verslemping en mechanische weerstand te voldoen. Kleigronden met een U.-cijfer van 200 moeten daartoe ten minste 3 % organische stof bezitten.

Op overeenkomstige wijze kan de samenhang van het gehalte aan afslibbare delen met verslemping en binding, zoals dat visueel in het veld wordt beoordeeld, gezamenlijk worden weergegeven (fig. 9). Ook hierbij kunnen we aan de beide aspecten een verschillend gewicht toekennen, waardoor weer verschillende mogelijkheden ontstaan. In a is aangenomen dat beide aspecten even belangrijk zijn; wij vinden dan de gunstigste toestand bij 25 % afslibbare delen. In geval b is de verslemping belangrijker dan de binding; dan is het meest gunstige gehalte ongeveer 30 %. Wordt daarentegen de binding van de grond belangrijker geacht dan de verslemping (geval c), dan is een gehalte aan afslibbare delen van 20 % het meest geschikt.

Fig. 9 Invloed van het gehalte aan afslibbare delen op verslemping en binding, beoordeeld in het veld

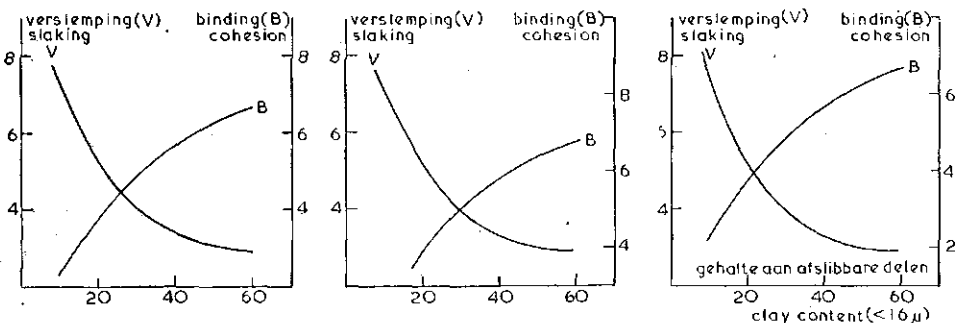


Fig. 9 Influence of the clay content on slaking and cohesion in the field

Links/Left: Verslemping en binding zijn even belangrijk/Slaking and cohesion have the same importance

Midden/Centre: Verslemping is belangrijker dan binding/Slaking is more important than cohesion

Rechts/Right: Verslemping is minder belangrijk dan binding/Slaking is less important than cohesion

Daar het U-cijfer van de beoordeelde gronden ongeveer 300 is, komen de hier gevonden waarden voor het meest geschikte gehalte aan afslibbare delen goed overeen met die gevonden volgens figuur 8. Ook wat de actuele structuur gedurende de groeiperiode betreft, is volgens fig. 6 en 7 bij een gehalte aan afslibbare delen van 17-30 % een gunstige toestand aanwezig.

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Bij de huidige steeds toenemende mechanisatie treden de minder gunstige fysische eigenschappen van zware kleigronden steeds duidelijker naar voren. Daardoor neemt de belangstelling voor het lichter maken van kleigronden door middel van diepploegen en bezanden sterk toe. In verband met die ontwikkeling werd het wenselijk geacht na te gaan hoe de fysische eigenschappen van kleigronden veranderen door wijziging van de granulaire samenstelling. Daartoe werden de reeds aanwezige gegevens betreffende gehalten aan afslibbare delen en fysische eigenschappen nader bewerkt en beoordeeld, hetgeen tot de volgende conclusies leidde:

- a. Bij toenemend gehalte aan afslibbare delen nemen bewerkbaarheid en weerstand tegen mechanische krachten af, wordt de weerstand tegen water groter (geringere gevoeligheid voor verslemping) en wordt gemiddeld de actuele structuur gedurende de groeiperiode slechter (lager luchtgehalte, kleinere hoeveelheid beschikbaar water, lagere visuele waardering).
- b. Uit bodemfysisch oogpunt bekeken ligt het meest geschikte gehalte aan afslibbare delen tussen 17 en 30 %. Het hangt verder o.a. af van het humusgehalte, van de kalktoestand, van de fijnheid van het zand en van de praktische betekenis die aan de gevoeligheid voor verslemping en de bewerkbaarheid moeten worden toegekend.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

As a result of the strongly increasing mechanisation in recent years, the more unfavourable properties of heavy clay soils are appearing very clearly. Therefore some interest is raised for the lowering of the clay content of heavy clay soils by deep plowing and covering the land with sand. In connection with this development the question may arise what is known about the change of physical properties if the clay content is lowered. Therefore, results of former studies about clay content and physical properties were treated and judged again.

This lead to the following conclusions:

- a. An increase of the clay content of the soil is resulting in a lower resistance against mechanical forces (greater compaction), a higher resistance against water (less slaking) and a poorer actual soil structure during the growing period (lower air content, smaller amount of available water, lower visual estimation) and a poorer workability.
- b. The clay content (particles $< 16 \mu$) most suited from soil physical point of view is laying between 17 and 30 %, depending furthermore on the fineness of the sand, the humus and lime content, the importance of the slaking and compaction and workability in practice.

LITERATUUR

- 1 BOEKEL, P.: Evaluation of the structure of clay soils by means of soil consistency. Meded. Landbouwhogeschool en Opzoekingsstations van de Staat no. 24, p. 363-368. Gent, 1958.

- 2 —: Betekenis van organische stof voor de vocht- en luchthuishouding van zandgronden. *Landbouwk. Tijdschrift* 74 (1962) 128—135.
- 3 BOEKEL, P. en P. K. PEERLKAMP: Soil consistency as a factor determining the soil structure of clay soils. *Neth. Journ. Agr. Sci.* 4 (1956) 122—125.
- 4 PEERLKAMP, P. K.: A visual method of soil structure evaluation. Meded. Landbouwhogeschool en Opzoekingsstations van de Staat no. 24, p. 216—221. Gent, 1958.