

NN31545.0597

NOTA 597

15 maart 1971

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

METHODE TER BEPALING VAN MENGINGSINTENSITEIT

dr F.A.M. de Haan

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, 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.

197400

I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. KORTE BESCHRIJVING VAN HET PROEFOBJECT	2
3. GRONDGEDACHTEN VAN DE METHODE	3
4. BEREKENINGEN AAN DE HAND VAN MENGMODELLEN	11
5. RESULTATEN VAN DE BEMONSTERINGEN	25
5.1. Algemeen	25
5.2. Berekening van de volumeverhoudingen van zand en veen	28
5.3. Cumulatieve frequentieverdelingen van de monster- samenstelling	38
5.4. Berekening van de gemiddelde brokgrootte	41
6. SAMENVATTING	42
LITERATUUR	43

1. INLEIDING

Bij iedere vorm van grondbewerking, of het nu een diepe of een oppervlakkige, een intensieve of minder intensieve bewerking betreft, vindt menging van grond plaats. In sommige gevallen is deze menging slechts een bijverschijnsel terwijl het hoofddoel van de bewerking bijvoorbeeld onkruidbestrijding of het losmaken van de grond voor het verkrijgen van een goed zaaibed is. Er doen zich echter ook gevallen voor, speciaal op het gebied van de grondverbetering, waarbij dit mengen juist het hoofddoel van de bewerking vormt. De meest sprekende voorbeelden hiervan doen zich voor bij de plaatgrondverbetering (WIND en HIDDING, 1962; HIDDING en WIND, 1963), de grondverbeteringsmaatregelen op veenkoloniale profielen (WIEBING en WIND, 1964; WIND, 1968), en de verschraling van zware kleigrond (HIDDING, 1965 en 1967).

Het doel van deze maatregelen is dan om twee of meer materialen welke, elk voor zich of in combinatie, ongunstige eigenschappen bezitten met betrekking tot de plantengroei of bewerkbaarheid van de grond, op een dusdanige wijze met elkaar te vermengen dat het verkregen produkt in zijn totaliteit gunstiger voorwaarden schept. Dit houdt uiteraard de mogelijkheid in dat een bepaalde bodemeigenschap, welke in een der componenten in bijvoorbeeld optimale toestand voorhanden is, door de menging weliswaar verslechtert, doch hier dient dan een verbetering van een andere of dezelfde eigenschap van dezelfde of een andere component tegenover te staan, waardoor de uiteindelijk verkregen toestand te prefereren is boven de uitgangstoestand.

Menging van grondwas reeds voor vele onderzoekers een arbeidsterrein. Bij een groot aantal van deze onderzoeken werd vooral gestreefd naar een duidelijk antwoord op de vraag hoe de gronddeeltjes zodanig gemerkt kunnen worden dat hun verplaatsing gevolgd kan worden.

De meest voor de hand liggende methode van merken zou toepassing van radio-isotopen zijn, omdat hierbij de eigenschappen van de grond

als zodanig niet veranderen (HULBERT en MENZEL, 1953; NJØS en STEENBERG, 1962). Deze methode is echter uitermate kostbaar en vereist bovendien een groot aantal beschermingsmaatregelen. De nadelen in verband met het besmettingsgevaar kunnen worden ondervangen door dit soort studies te verrichten met behulp van een niet radio-actief element dat van nature in de grond niet of nauwelijks voorkomt en later na de bemonstering geactiveerd en geanalyseerd kan worden (VAN OUWERKERK en DE GROOT, 1971).

Minder kostbare onderzoekstechnieken worden verkregen door de plaatsing van de gronddeeltjes te volgen aan de hand van merkmaterialen welke in de grond worden gebracht en in feite vreemd zijn aan de grond. Zo werkten de reeds genoemde onderzoekers HULBERT en MENZEL met sorg-humkorrels. WIERSEMA (1961a en 1961b) verrichtte soortgelijke studies met behulp van ijzervijlsel. PERDOK (1969) maakte een vergelijkende studie van enkele diepe grondbewerkingswerktuigen namelijk de meng-rotor en de menggootwoeler; hij maakte hierbij gebruik van met zand gevulde, gecodeerde plastic pijpjes welke voor de bewerking in de grond werden gebracht en na de bewerking werden opgezocht. Het meest in het oog springende nadeel van deze methodes is de vraag omtrent de betrouwbaarheid; immers een volledige garantie dat deze 'vreemde' materialen zich in de grond tijdens de bewerking precies gelijk zullen gedragen als de gronddeeltjes is moeilijk te verkrijgen.

Alle tot nu toe vermelde methodes hebben gemeenschappelijk dat vóór de bewerking bepaalde maatregelen worden getroffen welke nodig zijn om het resultaat achteraf te kunnen bepalen. In het navolgende zal aan de hand van een praktijkvoorbeeld een nieuwe methode voor het vaststellen van grondmenging worden behandeld, waarbij deze voorbereidende handelingen niet vereist zijn en het resultaat kan worden bepaald aan de hand van bemonsteringen nadat de bewerking is uitgevoerd.

2. KORTE BESCHRIJVING VAN HET PROEFOBJECT

In de Dorperpeel werd in het kader van uitvoering van werkzaamheden voor de ruilverkaveling 'De Lollebeek' een vroegere veenput opgespoten met soortgelijk zand als werd gebruikt voor het weggennet van de Midden-Peelweg. Zonder verdere ingrepen bleek de zo ontstane grond volledig

ongeschikt voor landbouwkundig gebruik wegens ernstige wateroverlast in natte periodes en verdrogingsverschijnselen bij droogte van enige betekenis. Voor een uitgebreide beschrijving van de uitgangstoestand, metingen omtrent de waterhuishouding en een advies voor verbeteringsmaatregelen zij verwezen naar BEUVING en DE HAAN (1968). Alhoewel in dit advies naar voren werd gebracht dat menging van de zandbovengrond met de veenondergrond zou moeten worden uitgevoerd met behulp van de mengwoeler werd aanvankelijk getracht deze menging tot stand te brengen door middel van de mengrotor. Pas toen deze machine wegens het voorkomen van stobben uit het werk moest worden genomen werd de mengwoeler ingezet. Achteraf heeft dit het gelukkige gevolg gehad dat op deze wijze een proefobject werd verkregen, aangezien eenzelfde uitgangsprofiel met behulp van twee verschillend werkende machines werd behandeld. Na de bewerking werden de resultaten van de ingreep nauwkeurig vervolgd waarbij bleek dat de aard van de menging uiterst belangrijke consequenties heeft voor de waterhuishouding van de grond (BEUVING, 1971). Deze verschillen kunnen worden teruggevoerd op verschillen in intensiteit van menging.

Alhoewel ook met het blote oog uit de grootte van de brokken van veen en zand in de nieuw verkregen profielen kon worden waargenomen dat de mengwoeler een veel minder intensieve menging had veroorzaakt dan de mengrotor, was het gewenst dit verschil in mengingsintensiteit niet alleen langs visuele weg maar ook getalsmatig vast te leggen, en op deze wijze te komen tot een mogelijkheid om beide bewerkingen met elkaar te vergelijken. Gezien de aard van het proefobject is de nu te beschrijven methode voor het vaststellen van mengingsintensiteit hier dus toegepast voor een menging van zand met veen; in principe is zijn echter toepasbaar voor iedere menging zolang de ene component maar een gemakkelijk opspoorbare eigenschap bezit die hem van de andere onderscheidt (b.v. kalkgehalte, kopergehalte).

3. GRONDGEDACHTEN VAN DE METHODE

Verondersteld zij een uitgangsprofiel bestaande uit twee boven elkaar gelegen lagen van gelijke dikte, bijvoorbeeld 40 cm puur zand, waaronder 40 cm puur veen. Deze afmetingen zijn hier genoemd om een

directe aansluiting te krijgen bij het proefobject maar kunnen in feite natuurlijk iedere grootte bezitten. Puur zand betekent dat het organische stofgehalte van het zand 0 % bedraagt, terwijl puur veen overeenkomt met een organische stofgehalte van 100 %. In werkelijkheid komen deze materialen natuurlijk nooit zo zuiver voor, doch daarvoor kan gecorrigeerd worden zoals later zal blijken.

Bij menging van grond moeten volume-eenheden van de materialen in hun natuurlijk voorkomen in beschouwing worden genomen, dat wil zeggen indien gesproken wordt over zand, of veen, wordt hiermee bedoeld het zand, respectievelijk veen, inclusief de daarbij behorende poriën. Het organische stofgehalte wordt altijd uitgedrukt in gewichtsprocenten; in dit geval zal het dus nodig zijn om deze gewichtsprocenten om te rekenen in volume-procenten.

Indien bovengenoemde twee lagen gemengd worden ontstaat over een diepte van 80 cm (uitlevering of inkrimping buiten beschouwing gelaten) een profiel waarin deze beide uitgangsmaterialen naast elkaar voorkomen. In de praktijk vindt de menging zo plaats dat niet alle brokken van de beide materialen even groot zijn, doch er zullen allerlei brokken van verschillende groottes voorkomen. Ondanks dat kan toch van een gemiddelde brokgrootte worden gesproken, welke dan tevens de maat aangeeft voor de intensiteit van de menging. Het zal duidelijk zijn dat bij intensieve menging deze gemiddelde brokgrootte klein is terwijl hij bij minder intensieve menging relatief groot is. Dit is schematisch weergegeven in fig. 1a. Uitgaande van twee lagen van verschillende materialen (afbeelding 1) kan men zich het resultaat van de menging van deze twee lagen op talloze manieren indenken, waarvan een aantal mogelijkheden zijn weergegeven in de overige beelden van fig. 1a. Het begrip mengingsintensiteit blijkt nu een grootte te zijn waarvan men gemakkelijk aanvoelt wat ermee bedoeld wordt, doch welke bijzonder moeilijk in een eenduidige definitie kan worden omschreven. Zonder problemen zal een ieder in fig. 1a geval 3 eruit halen als de situatie met de sterkste menging, dus de hoogste mengingsintensiteit. Dit is bij de kleinste brokgrootte. Hierbij dient te worden opgemerkt dat met brok wordt bedoeld: de aaneengesloten hoeveelheid van hetzelfde materiaal. Dit begrip heeft dus niets te maken met de grondeenheden zoals ze door de machine worden verwerkt, bijvoorbeeld de happen bij een spitmachine.

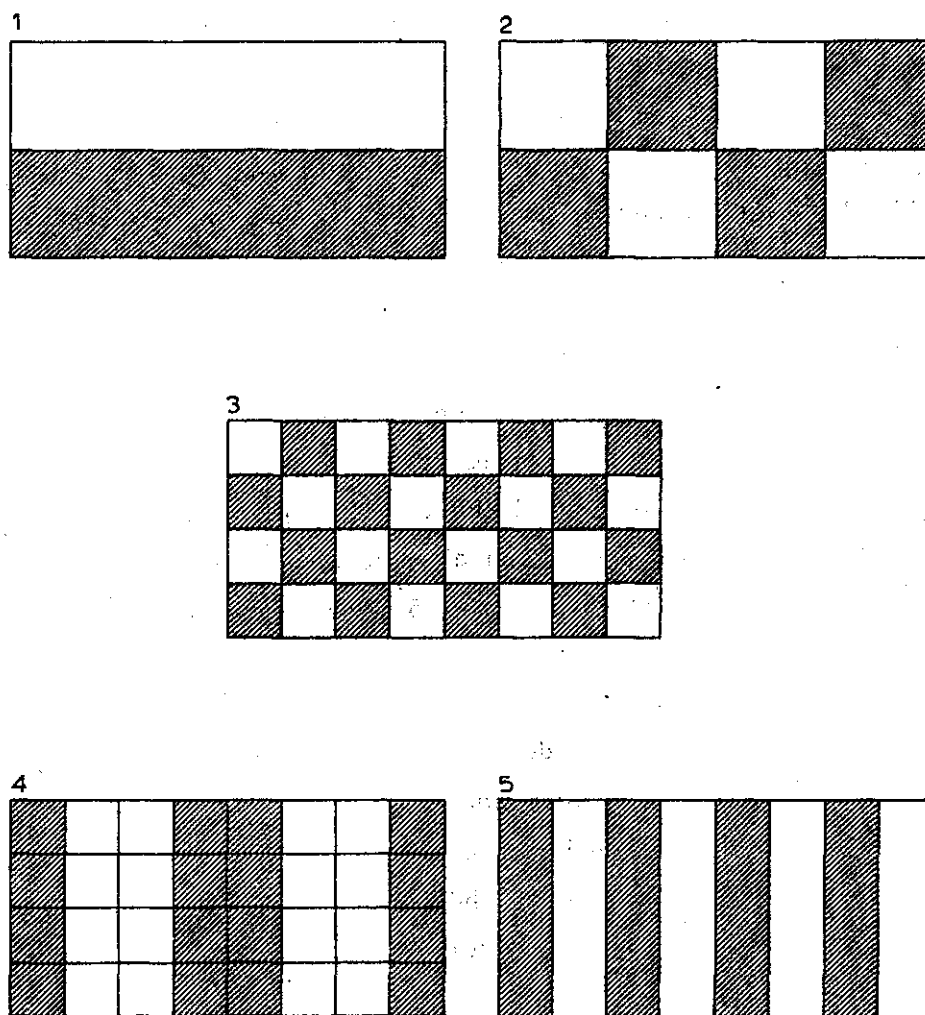


Fig. 1a. Enige geschematiseerde mengingsmogelijkheden

Men zou zich een machine voor kunnen stellen die happen neemt overeenkomend met de brokgrootte van afbeelding 3, maar deze neerlegt als weergegeven in afbeelding 4. Al deze happen van hetzelfde materiaal vormen tezamen brokken welke aanzienlijk groter zijn in geval 4 dan in geval 3, zodat 4 als veel minder intensief gemengd moet worden beschouwd.

Uit een vergelijking van de beelden 2 en 5 van fig. 1a volgt echter dat de brokgrootte alleen ook niet het verlossende antwoord is ter omschrijving van de mengingssituatie; immers de brokgrootte is in beide gevallen gelijk terwijl in mengingstoestand toch een duidelijk onderscheid bestaat. Welke van de twee geprefereerd wordt zal helemaal afhangen van het doel waarmee de menging werd verricht. Hieruit blijkt dat ook de 'warrigheid' van het systeem een rol speelt bij de beoordeling van het mengresultaat. Echter pas dan wanneer het verschil in brokgrootte wegvalt.

Over het gehele profiel gerekend komen de twee uitgangsmaterialen natuurlijk in dezelfde verhouding voor, namelijk 50 vol. % zand en 50 vol. % veen. Dit betekent derhalve dat, indien we monsters zouden nemen die zeer groot zijn, we in al deze monsters steeds dezelfde samenstelling zouden vinden, namelijk 50 % zand en 50 % veen. Veronderstel echter dat, willekeurig verspreid over het gehele nieuwe profiel, zeer kleine monsters genomen zouden worden, bijvoorbeeld ter grootte van een vingerhoed, dan zal de kans uiterst klein zijn dat in zo'n monstertje zowel zand als veen naast elkaar voorkomen; dit betekent dat al deze monstertjes zullen bestaan uit hetzij 100 % zand, hetzij 100 % veen; bij een willekeurige bemonstering van het gehele gemengde profiel zal 50 % van deze monstertjes 100 % zand bevatten, de andere 50 % zal voor 100 % uit veen bestaan. Eenzelfde verdeling van de samenstelling der monsters zou ook gevonden worden indien het ongemengde uitgangsprofiel zou worden bemonsterd met bijvoorbeeld Kopecky-ringen, omdat ook in dat geval de monstergrootte uiterst klein is ten opzichte van de brokgrootte; alleen op de grenslaag zand-veen zou in de monster-ringen zand en veen naast elkaar aangetroffen worden.

De verdeling van de samenstelling van de monsters kan worden weergegeven in een cumulatieve frequentieverdeling waarin dus wordt uitgezet: de gesommeerde fractie van het aantal monsters dat een samenstelling bezit van een bepaalde volume fractie zand, respectievelijk veen,

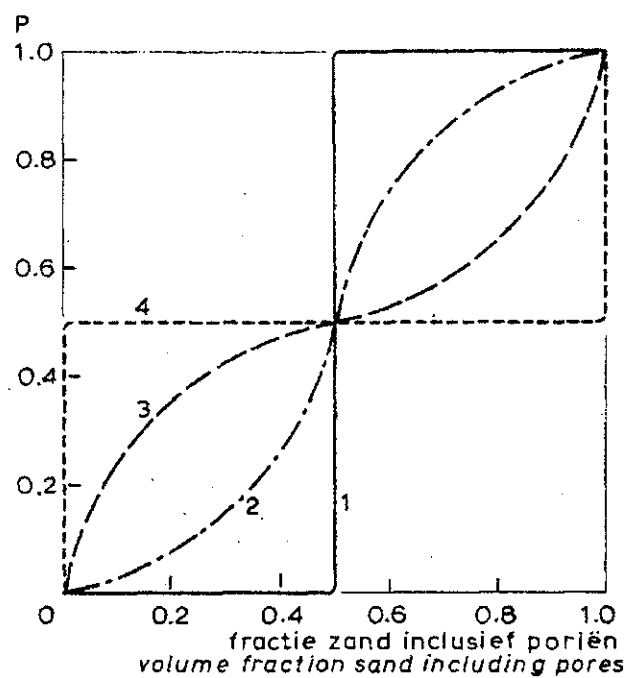


Fig. 1. Verwachte frequentie-verdeling van monstersamenstelling bij een mengverhouding van 50% zand en 50% veen
 1 : monster $\gg$ brok
 4 : monster $\ll$ brok
 2 en 3: tussenliggende verhoudingen monster/brok

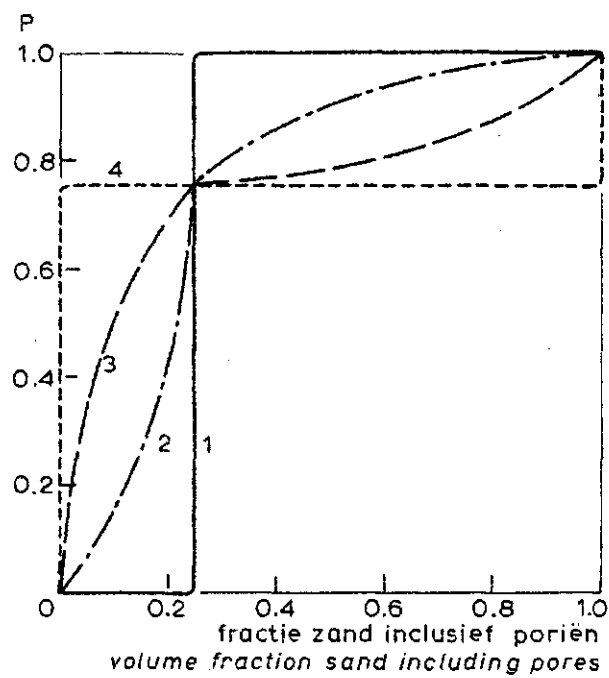


Fig. 2. Als fig. 1 bij een mengverhouding van 25% zand en 75% veen

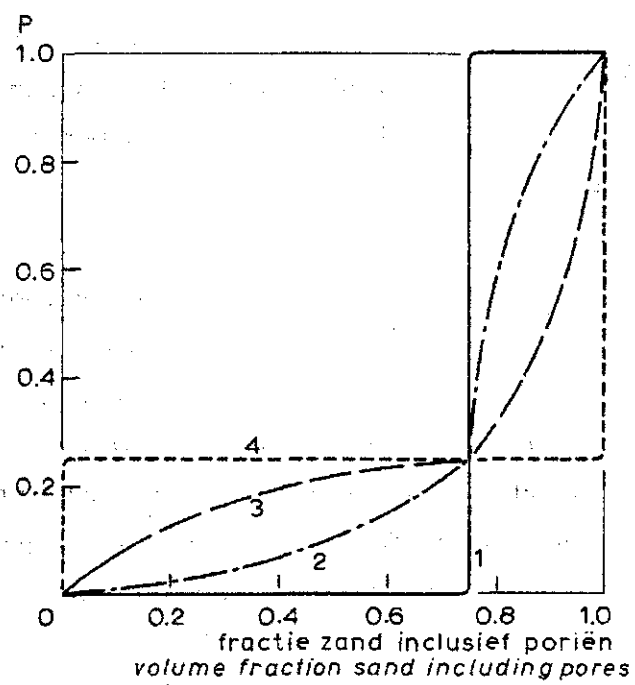


Fig. 3. Als fig. 1 bij een mengverhouding van 75% zand en 25% veen

of minder.

Voor de bovenbeschreven extreme gevallen van oneindig grote of oneindig kleine monsters ten opzichte van de brokgrootte ziet deze cumulatieve frequentieverdeling er uit als aangegeven door respectievelijk de rechte lijnen 1 en 4 uit fig. 1. Het zal duidelijk zijn dat we bij een keuze van de monstergrootte ten opzichte van de brokgrootte die, uitgaande van oneindig groot steeds kleiner wordt, op een gegeven moment de frequentieverdelingen 2 en 3 uit fig. 1 zullen ontmoeten.

Dat het snijpunt van deze lijnen bij het punt 0,5 zand ligt komt door de keuze van het uitgangsprofiel (50 % zand en 50 % veen). Bij een uitgangstoestand van respectievelijk 25 % en 75 % veen, of 75 % zand en 25 % veen zouden de cumulatieve frequentieverdelingen er uit komen te zien als weergegeven in respectievelijk fig. 2 en fig. 3.

Conclusies van boven gegeven beschouwing:

Bij een bepaalde uitgangstoestand zal de verhouding van monstergrootte ten opzichte van brokgrootte worden weerspiegeld in de cumulatieve frequentieverdeling van de samenstelling van de monsters. Indien deze cumulatieve frequentieverdelingen theoretisch berekend kunnen worden is de mogelijkheid gegeven om langs objectieve weg de mate van mengingsintensiteit vast te stellen. Immers, door de werkelijk voorkomende frequentieverdeling van de samenstelling bij een bepaalde monstergrootte vast te stellen kan door vergelijking van deze verdeling met de theoretisch berekende lijnen uit fig. 1 de werkelijke verhouding monstergrootte-brokgrootte worden gevonden. Aangezien de monstergrootte bekend is is dan ook een maat gevonden voor de gemiddelde brokgrootte en daardoor, zoals reeds eerder vermeld, voor de mengingsintensiteit.

De te verwachten frequentieverdelingen voor verschillende verhoudingen monstergrootte-brokgrootte kunnen worden berekend aan de hand van een theoretisch model.

4. BEREKENINGEN AAN DE HAND VAN MENGMODELLEN

De thans weer te geven berekeningen aan de hand van modelbeschouwingen werden verricht door de afdeling Wiskunde van het I.C.W. Alhoewel een aantal verschillende mengingsmodellen kan worden opgezet wordt er hier slechts één behandeld, en wel datgene waarmee de praktijkmetingen goed overeen bleken te komen. Voor meer uitgebreide informatie

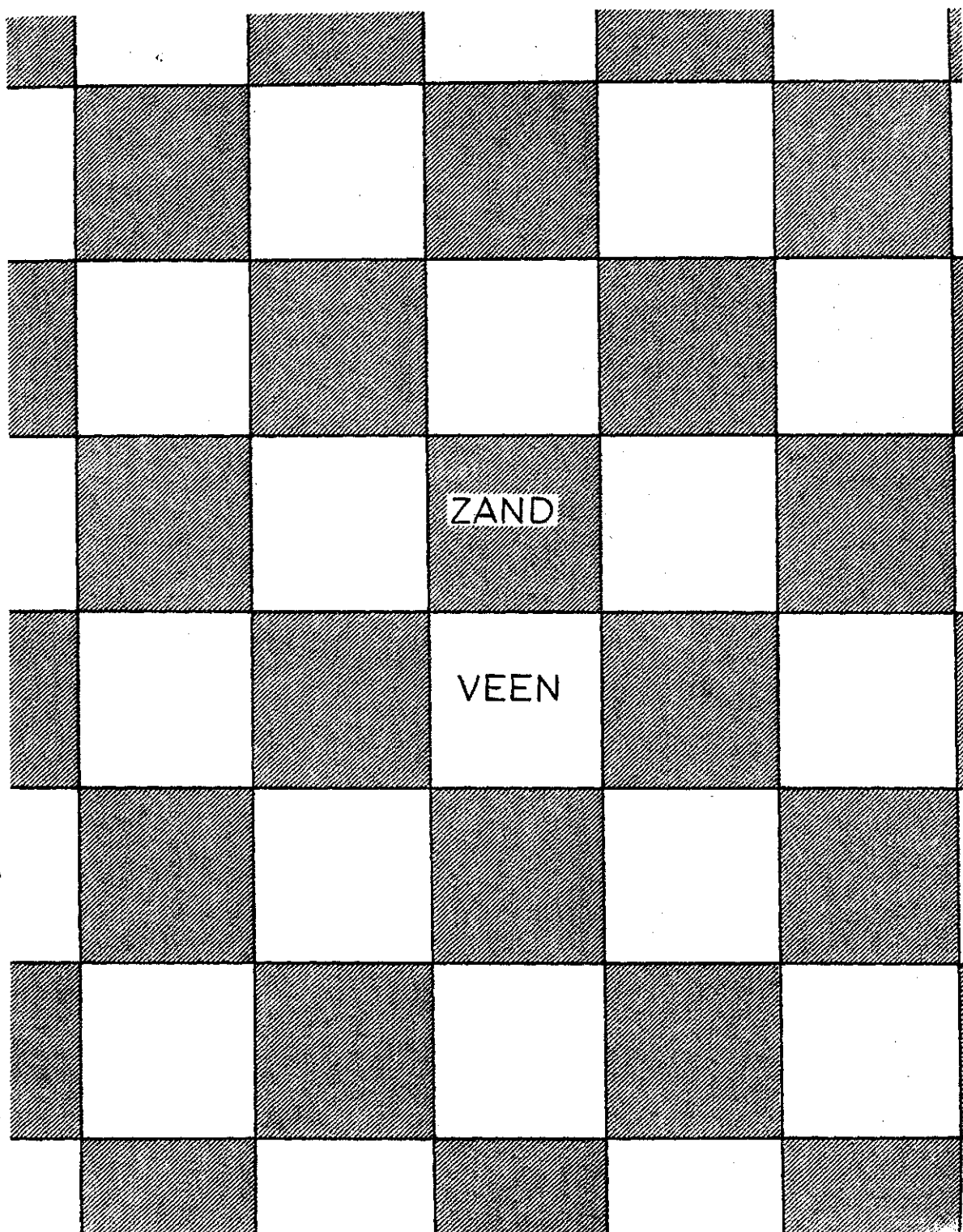


Fig. 4. Doorsnede van het eenvoudigste mengingsmodel

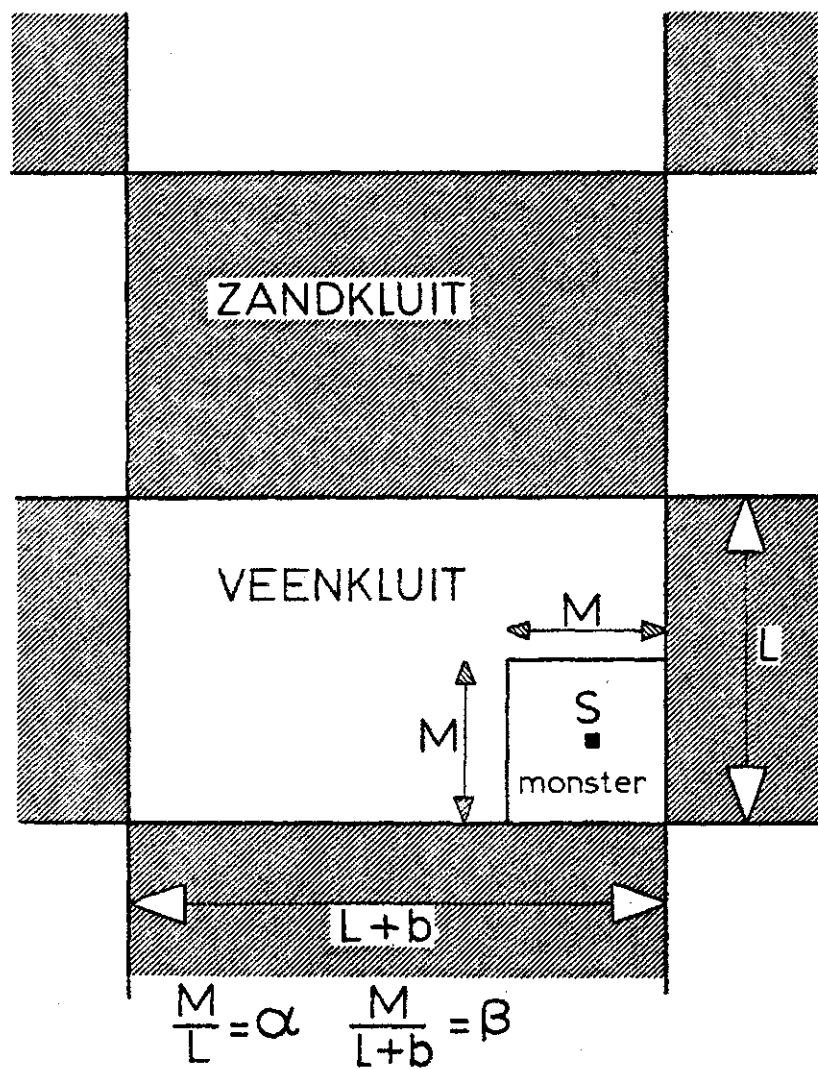


Fig. 5. Aanduiding van monster- en brokafmetingen voor rechthoekige brokken

aangaande deze materie wordt verwezen naar STOL (1971).

Bij het hier beschouwde model, dat tevens het meest eenvoudige is, wordt uitgegaan van de volgende veronderstellingen:

1. er komen twee verschillende materialen naast elkaar voor, in ons geval zand en veen;
2. het aandeel van beide materialen in het totaal is gelijk; ook deze veronderstelling sluit aan bij het praktijkvoorbeeld, waarin immers 40 cm zand werd vermengd met 40 cm veen;
3. de brokken, die van deze beide materialen voorkomen, hebben allen gelijke afmetingen en hebben de kubusvorm;
4. in alle richtingen komen beide materialen steeds alternerend voor.

Dit betekent dat het model, op doorsnede, een dambord-structuur vertoont, zoals weergegeven in fig. 4. De uitwerking van de berekeningen geschiedt niet naar inhoud maar naar oppervlakte, dus 2-dimensionaal.

Indien de brokken niet in alle richtingen dezelfde afmeting hebben maar bijvoorbeeld steeds in horizontale richting groter zijn dan in verticale ontstaat in doorsnede, wederom geschematiseerd voor een model met brokken van gelijke grootte, het beeld als weergegeven in fig. 5.

De verticale afmeting van de brokken zij dan gesteld op L , de horizontale op $L + b$. De berekeningen die aan dit laatste model worden uitgevoerd kunnen eenvoudig op het kubus-model worden herleid door $b = 0$ te stellen.

Verondersteld zij verder dat het model uit fig. 5 wordt bemonsterd met een vierkant monster van afmeting M , waarbij $M < L$. De verhouding van de afmeting tussen monstergrootte en brokgrootte wordt gesteld op

$$\text{voor de verticale brokafmeting: } \frac{M}{L} = \alpha \quad (1)$$

$$\text{voor de horizontale brokafmeting: } \frac{M}{L + b} = \beta \quad (2)$$

Zoals boven reeds vermeld geldt voor vierkante brokken $\alpha = \beta$, aangezien dan $b = 0$ is.

Aan de hand van dit model kunnen we nu berekenen hoe groot de kans, P , is dat een bepaalde verhouding van beide materialen in het monster wordt aangetroffen, indien het monster een aantal malen willekeurig op het 'dambord' wordt geplaatst.

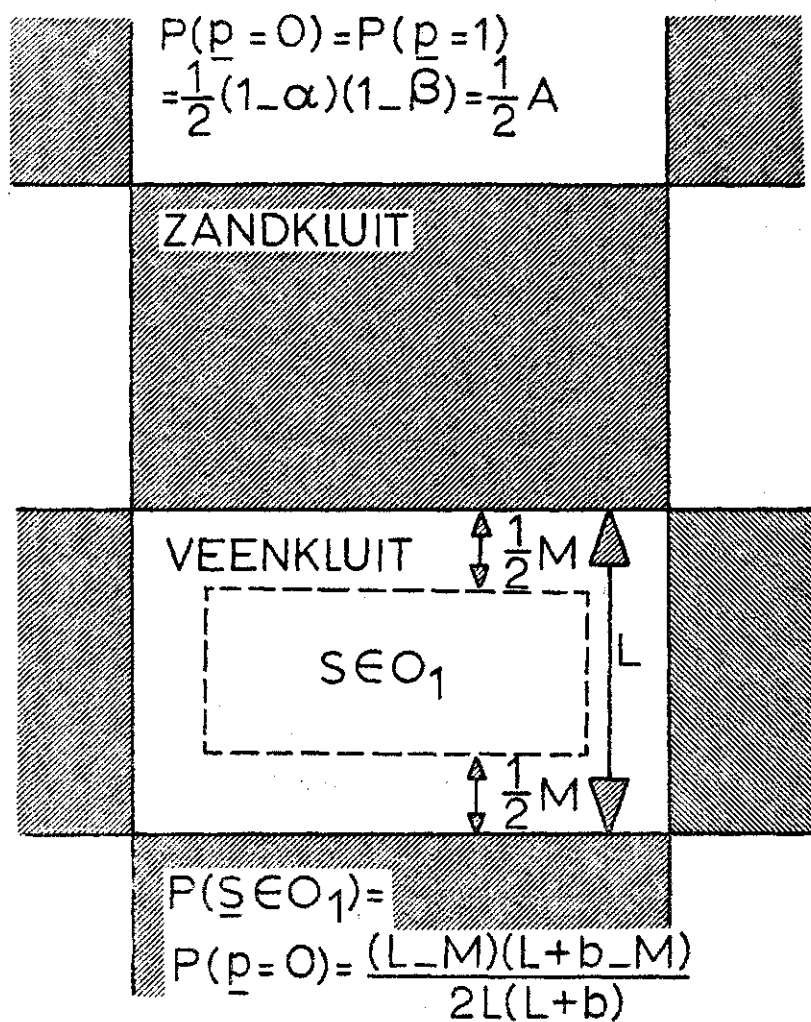


Fig. 6. Berekening van $P(\underline{p} = 0)$

Uit deze berekende waarden kan dan de cumulatieve frequentieverdeling, als aangegeven in fig. 1 worden afgeleid, waarbij wordt weergegeven de kans op het aanwezig zijn van een bepaalde fractie zand of minder in het monster.

Noemen we de fractie zand in het monster p dan geeft de situatie $p = 0$ aan dat het monster puur veen bevat, terwijl $p = 1$ betekent dat het monster geheel uit zand bestaat. De zandfractie kan dus worden opgevat als een variabele p die een kansverdeling bezit. In dit symmetrische model zijn de kansen dat p de waarden 0 en 1 aanneemt even groot, met andere woorden:

$$P(p = 0) = P(p = 1) \quad (3)$$

In de geschetste situatie zal het monster in z'n geheel uit veen bestaan indien het zwaartepunt S van het monster bij plaatsing terecht komt ergens in de gestippelde rechthoek aangegeven in fig. 6. In alle andere gevallen zal het monster behalve veen ook zand bevatten.

Deze kans, aangeduid als $P(S \in O_1)$ (de kans dat het zwaartepunt S een element is van O_1) wordt weergegeven door de verhouding van de oppervlakte van O_1 ten opzichte van de oppervlakte van de kleinste eenheid in het model namelijk een zandkluit met een naastliggende veenkluit. Uit fig. 6 is eenvoudig te zien dat de oppervlakte van O_1 bedraagt

$$(L - M) (L + b - M)$$

terwijl de oppervlakte van zandkluit + veenkluit gelijk is aan

$$2L(L + b)$$

Derhalve geldt:

$$P(p = 0) = \frac{(L - M) (L + b - M)}{2L(L + b)} \quad (4)$$

$$= \frac{1}{2} \left(1 - \frac{M}{L}\right) \left(1 - \frac{M}{L + b}\right) \quad (5)$$

Invullen van (1) en (2) in (5) geeft dan in combinatie met (3)

$$P(p = 0) = \frac{1}{2} (1 - \alpha) (1 - \beta) = P(p = 1) \quad (6)$$

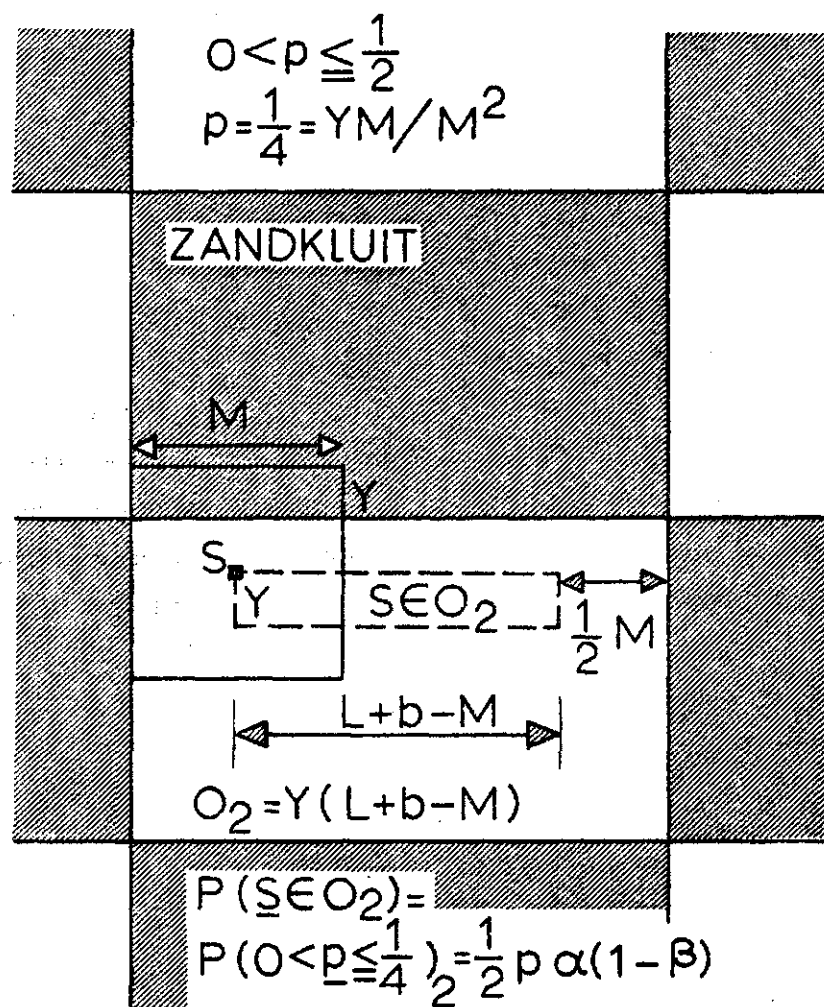


Fig. 7. Berekening van O_2 als onderdeel van $P(0 < \underline{p} \leq \frac{1}{2})$

en voor het geval van vierkante brokken waarbij $\alpha = \beta$:

$$P(\underline{p} = 0) = \frac{1}{2}(1 - \alpha)^2 = P(\underline{p} = 1) \quad (7)$$

Met behulp van vergelijking(7) kan nu voor alle waarden voor α waarvoor het model werd opgesteld ($\alpha \leq 1$, d.w.z. monster kleiner of gelijk aan brokgrootte, vgl. fig. 5) worden berekend hoe groot de kans is op puur zand of puur veen in het monster.

Beschouwen we nu de kans dat het monster een hoeveelheid zand bevat gelijk aan $1/4$ van het totaal, dus $p = 1/4$. Hiertoe moet in vergelijking tot de vorige situatie het monster naar buiten geschoven worden zodat er behalve veen ook zand in komt. Zoals aangegeven in fig. 7 moet, bijvoorbeeld aan de bovenkant van de veenbrok, het monster worden opgeschoven over een afstand Y zodanig dat

$$YM/M^2 = \frac{1}{4} = p \quad (8)$$

Indien S dus samenvalt met de bovengrens van de gestippelde rechthoek uit fig. 7 is voldaan aan de voorwaarde $p = 1/4$. Ook aan de onderzijde, en aan de linker- en rechterzijde van de veenbrok kan een dergelijke lijn worden getrokken. Nu volgt echter direct dat de kans dat S op deze lijnen valt niet kan worden berekend aangezien een lijn immers geen oppervlakte heeft. Een grootheid welke zich wel laat berekenen is het oppervlak tussen deze laatste begrenzing behorend bij $p = 1/4$ en de reeds eerder in fig. 6 aangegeven begrenzing behorend bij $p = 0$; derhalve de kans $P(0 < \underline{p} \leq \frac{1}{4})$.

Deze samenstelling van het monster wordt gevonden indien S ligt in onder andere:

de gestippelde rechthoek aangegeven in fig. 7, met zijden

Y en $L + b - M$ en eenzelfde rechthoek aan de onderzijde van de veenkluit

de overeenkomstige rechthoeken aan de linker en rechterkant van de veenbrok met zijden Y en $L - M$.

Dus:

$$P(0 < \underline{p} \leq \frac{1}{4}) = \frac{2Y(L + b - M)}{2L(L + b)} + \frac{2Y(L - M)}{2L(L + b)} = \frac{Y}{L}(1 - \frac{M}{L + b}) + \frac{Y}{L + b}(1 - \frac{M}{L}) \quad (9)$$

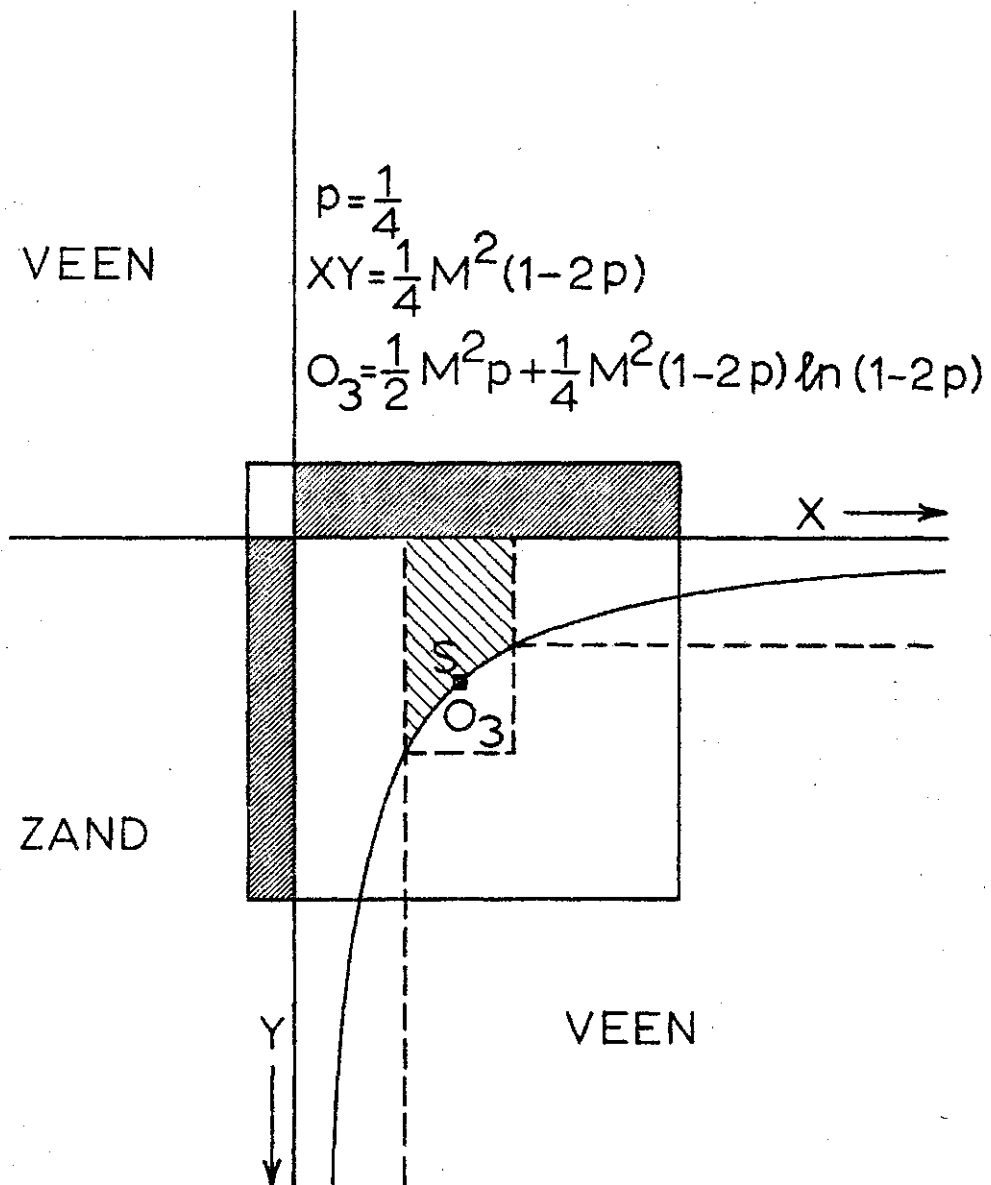


Fig. 8. Berekening van O_3 als onderdeel van P ($0 < p \leq \frac{1}{2}$)

Aangezien volgens (8) $Y = pM$

$$= p \frac{M}{L} \left(1 - \frac{M}{L+b}\right) + p \frac{M}{L+b} \left(1 - \frac{M}{L}\right) \quad (10)$$

Invullen van (1) en (2) in (10) geeft dan

$$= p\alpha(1 - \beta) + p\beta(1 - \alpha) \quad (11)$$

en voor vierkante brokken ($\alpha = \beta$)

$$= 2p\alpha(1 - \alpha) \quad (12)$$

Alhoewel we met vergelijking (12) de meeste situaties dat p inligt tussen 0 en $1/4$ wel te pakken hebben geeft deze vergelijking toch nog niet precies alle kansen weer waarvoor aan deze voorwaarde wordt voldaan. Immers in de vier hoeken van de veenbrok doen zich mogelijkheden voor dat S niet in de tot nu toe berekende rechthoeken ligt terwijl toch een samenstelling van het monster wordt gevonden overeenkomend met $0 < p \leq 1/4$. Dit is het geval indien S valt in de oppervlakte O_3 als aangegeven in fig. 8. Met andere woorden om de exacte kans te vinden $P(0 < p \leq 1/4)$ zal (12) vermeerderd moeten worden met de kans dat S in O_3 ligt en wel 4 maal, (voor elke hoek van de veenkluft een keer).

Dus rest de berekening van de oppervlakte O_3 . Dit kan worden uitgevoerd door het oppervlak van de rechthoek waarvan O_3 deel uitmaakt, doorgetrokken naar de x -as, te berekenen en deze te verminderen met het oppervlak aangegeven door grove arcering in fig. 8. Dit laatste oppervlak kan worden gevonden door integratie indien de vergelijking van de lijn waarlangs S als begrenzing van O_3 moet lopen bekend is.

Voor deze lijn geldt als voorwaarde dat p constant moet zijn (in dit geval $p = 1/4$), terwijl p gelijk is aan de verhouding van de som van de fijn gearceerde oppervlaktes in fig. 8 ten opzichte van de oppervlakte van het monster. Teneinde deze berekening uit te kunnen voeren worden hulpassen ingevoerd zoals aangegeven in fig. 8. De positie van het monster ten opzichte van de veenkluft wordt nu uitgedrukt in de (positieve) coördinaten (x, y) van het middelpunt S . De zandfractie p kan nu in deze coördinaten worden uitgedrukt volgens:

$$p = \frac{(\frac{1}{2} M - x) (\frac{1}{2} M - y) + (\frac{1}{2} M - y) (\frac{1}{2} M + x)}{M^2}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} M^2 - 2xy}{M^2}$$

$$pM^2 = \frac{1}{2} M^2 - 2xy$$

$$xy = \frac{1}{4} M^2 (1 - 2p) \quad (13)$$

Vergelijking (13) geeft aan dat deze lijn een hyperbool is. Door integratie tussen de grenzen $x = \frac{1}{2} M(1 - 2p)$ en $x = \frac{1}{2} M$ wordt dan het grof gearceerde oppervlak uit fig. 8 gevonden terwijl als uiteindelijk resultaat voor de oppervlakte van O_3 volgt:

$$O_3 = \frac{1}{2} M^2 p + \frac{1}{4} M^2 (1 - 2p) \ln(1 - 2p) \quad (14)$$

Zodat voor de kans dat S in een van deze vier oppervlaktes valt geldt:

$$\begin{aligned} P(0 < p \leq \frac{1}{4}) &= \frac{4 \left\{ \frac{1}{2} M^2 p + \frac{1}{4} M^2 (1 - 2p) \ln(1 - 2p) \right\}}{2L(L + b)} \\ &= \frac{2 M^2 p + M^2 (1 - 2p) \ln(1 - 2p)}{2L(L + b)} \\ &= \alpha\beta p + \frac{1}{2} \alpha\beta (1 - 2p) \ln(1 - 2p) \end{aligned} \quad (15)$$

Voor vierkante brokken geldt dan:

$$= \alpha^2 p + \frac{1}{2} \alpha^2 (1 - 2p) \ln(1 - 2p) \quad (16)$$

Zoals reeds vermeld wordt de totale kans als gezocht gevonden door sommatie van (12) en (16) zodat:

$$\begin{aligned}
 P(0 < \underline{p} \leq p) &= 2 p \alpha (1 - \alpha) + \alpha^2 p + \frac{1}{2} \alpha^2 (1 - 2p) \ln(1 - 2p) \\
 &= p(2\alpha - \alpha^2) + \frac{1}{2} \alpha^2 (1 - 2p) \ln(1 - 2p)
 \end{aligned} \tag{17}$$

$$(0 < p \leq \frac{1}{4})$$

Soortgelijke beschouwingen als hier gegeven kunnen nu ook voor andere begrenzungen van p worden opgezet; hieruit resulteren een viertal vergelijkingen (waarvan we er reeds enkele zagen), waarmee de theoretische cumulatieve frequentie-verdelingen van de samenstelling der monsters voor alle waarden van $\alpha \leq 1$ kunnen worden berekend. Deze vergelijkingen zijn:

$$P(\underline{p} = 0) = \frac{1}{2}(1 - \alpha)^2 \tag{18}$$

$$P(0 < \underline{p} \leq p) = (2\alpha - \alpha^2) p + \frac{1}{2} \alpha^2 (1 - 2p) \ln(1 - 2p) \tag{19}$$

$$(0 < p \leq \frac{1}{2})$$

$$P(\frac{1}{2} \leq \underline{p} < p) = (\alpha - \frac{1}{2} \alpha^2) (2p - 1) - \frac{1}{2} \alpha^2 (2p - 1) \ln(2p - 1) \tag{20}$$

$$(\frac{1}{2} \leq p < 1)$$

$$P(\underline{p} = 1) = \frac{1}{2}(1 - \alpha)^2 \tag{21}$$

In fig. 9 zijn deze berekende cumulatieve frequentie-verdelingen weergegeven voor vierkante brokken. Als voorbeeld moge tenslotte nog diene de berekening van een tweetal punten voor de lijn $\alpha = 0,7$. Volgens 18 is

$$P(\underline{p} = 0) = \frac{1}{2}(1 - 0,7)^2 = \frac{1}{2}(0,09) = 0,045 = 4,5 \%$$

Volgens (19) is

$$\begin{aligned}
 P(0 < \underline{p} \leq 0,2) &= (2 \times 0,7 - 0,7^2) 0,2 + \frac{1}{2}(0,7)^2 (1 - 0,4) \ln(1 - 0,4) \\
 &= 0,182 + 0,147 \ln 0,6 \\
 &= 0,182 - 0,075 = 0,107 = 10,7 \%
 \end{aligned}$$

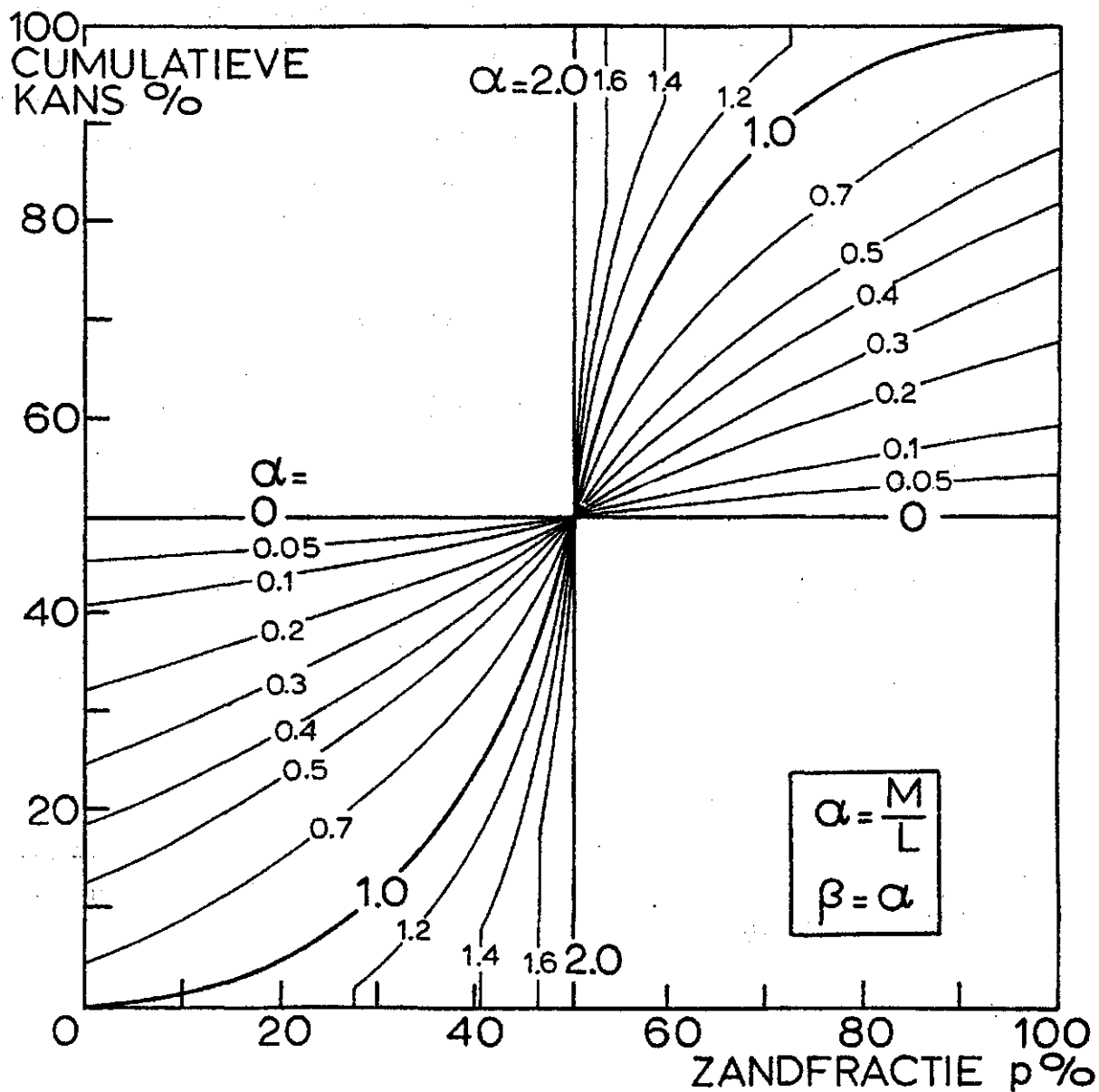


Fig. 9. De theoretisch berekende waarschijnlijkheidsverdelingen van de monstersamenstelling bij vierkante brokken voor verschillende waarden van α

$$1 \leq \alpha < 2$$

$$P(\underline{S} \in O_1) = \frac{1}{2}(\alpha-1)^2 = \frac{1}{2} A$$

$$P(\underline{p} = p_0)$$

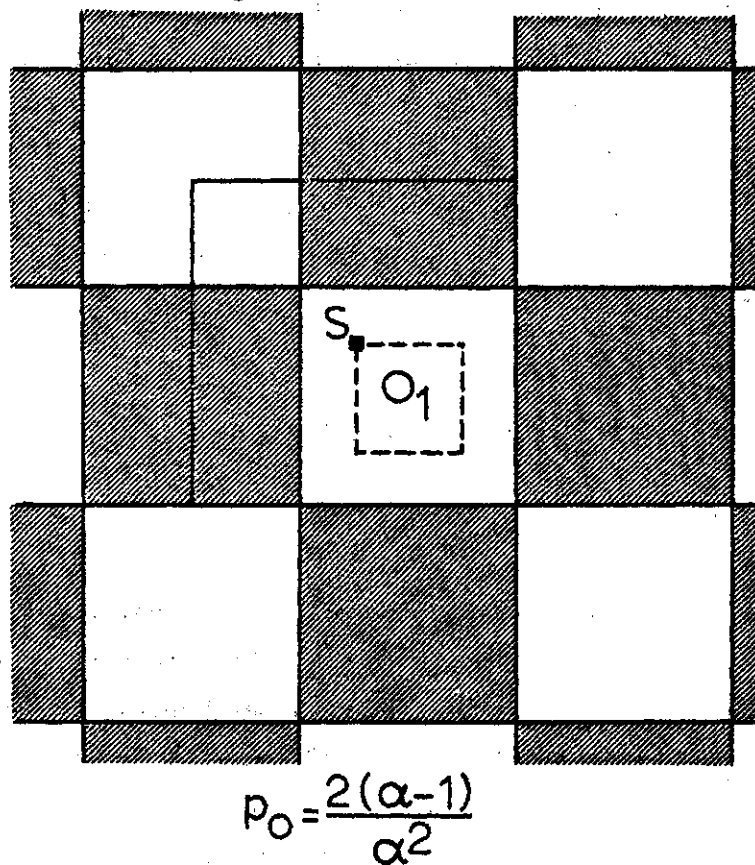


Fig. 10. Modelbeschouwing voor het geval monster > brok

Derhalve bedraagt de kans dat $p \leq 0,2$: $4,5 \% + 10,7 \% = 15,2 \%$.

De tot nu toe berekende situaties hebben betrekking op het geval $\alpha \leq 1$, dat wil zeggen dat de monstergrootte kleiner is dan of gelijk is aan de brokgrootte. De situatie van het monster groter dan de brok is schematisch weergegeven in fig. 10. Zoals uit deze figuur eenvoudig valt te zien zal bij een monstergrootte 2 x de brokgrootte ($\alpha = 2$) steeds dezelfde samenstelling in het monster worden gevonden, namelijk 50 % veen en 50 % zand, ongeacht de ligging van S ten opzichte van de kluiten. Deze zelfde samenstelling treedt steeds op bij een monstergrootte welke gelijk is aan een even aantal malen de brokgrootte. De hierbij behorende cumulatieve frequentieverdeling wordt weergegeven door de verticale lijn midden door fig. 9. In tegenstelling tot datgene dat bij de beschouwende veronderstellingen in par. 3 naar voren werd gebracht blijkt deze frequentieverdeling dus niet alleen te gelden indien het monster vele malen groter is dan de brokgrootte, maar voor elk even geheel getal voor α .

Op vergelijkbare wijze als eerder aangegeven kan de cumulatieve frequentieverdeling bij waarden van α tussen 1 en 2 worden berekend; ook het verloop van deze verdelingen is uitgezet in fig. 9.

5. RESULTATEN VAN DE BEMONSTERINGEN

5.1. A l g e m e e n

Van de beide objecten, mengwoeler en mengrotor als beschreven in par. 2, werden profielwanden met een breedte van 120 cm en een diepte van 80 cm zeer intensief bemonsterd met Kopecky-ringen, inhoud 50 cm^3 , oppervlakte 20 cm^2 . Deze monsterringen lagen vast tegen elkaar aangesloten zodat in elk blok van $10 \times 10 \text{ cm}$ twee monsters werden genomen; in totaal 192 monsters per profielwand. Aan al deze monsters werd bepaald:

1. het vochtgehalte
2. het droog volume-gewicht
3. het gehalte aan organische stof.

Uit 2 en 3 volgt het gehalte aan minerale delen.

Tabel 1. Het gehalte aan minerale delen (bovenste getal) en organische stof (onderste getal) in gr/100 cm³ voor mesogroter

Bem. diepte	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120 cm
0 - 5	55,7 14,1	70,5 15,1	88,5 11,7	112,9 9,7	86,6 11,2	53,8 14,8	58,3 16,1	55,9 16,3	57,5 17,1	65,4 16,2	53,1 17,3	50,2 16,4	
5 - 10		80,5 11,7	75,2 13,6	77,6 14,6	73,9 14,9	62,2 15,0	101,0 9,6	56,4 16,4	64,0 15,8	39,9 17,3	32,6 18,8	27,7 16,1	
10 - 15	2,0 21,6	7,4 19,6	89,5 9,3	150,6 2,0	139,2 3,6	9,6 12,2	23,1 21,3	9,9 21,5	7,4 18,0	5,4 20,0	7,7 20,5	2,7 21,9	
15 - 20		15,5 18,5	7,6 18,6	112,7 6,1	151,9 1,5	129,2 4,0	10,5 14,9	17,5 20,1	6,8 19,8	5,4 18,8	5,6 18,8	6,5 17,1	23,2 18,4
20 - 25	122,8 6,6	121,4 7,6	75,2 12,4	112,7 6,1	139,1 3,1	138,4 2,0	20,8 11,4	56,7 14,9	8,2 18,2	6,0 18,2	5,4 18,2	40,4 24,0	
25 - 30		121,4 7,6	75,2 12,4	112,7 6,1	139,1 3,1	138,4 2,0	20,8 11,4	56,7 14,9	8,2 18,2	6,0 18,2	5,4 18,2	40,4 24,0	
30 - 35	116,1 8,9	37,6 21,0	19,3 1,3	15,1 9,7	148,1 1,7	140,6 4,4	154,4 2,2	131,9 6,9	145,7 4,7	140,6 6,6	139,5 5,7	127,0 3,8	146,5 2,7
35 - 40		104,4 10,2	18,8 1,2	137,7 4,1	148,1 1,7	140,6 4,4	154,4 2,2	131,9 6,9	145,7 4,7	140,6 6,6	139,5 5,7	127,0 3,8	146,5 2,7
40 - 45	78,0 14,6	0,8 14,4	15,6 0,6	102,9 6,9	179,0 2,0	145,8 1,0	148,6 1,4	146,5 2,7	139,2 0,8	98,3 11,3	92,4 11,4	145,3 3,1	
45 - 50		5,1 13,5	1,0 15,8	152,5 1,7	154,3 1,3	152,3 1,7	155,1 1,1	154,5 1,1	147,9 2,3	120,0 7,8	118,5 6,9	156,6 3,2	140,1 6,1
50 - 55	58,3 12,7	0,8 10,6	29,7 13,5	126,0 4,6	144,4 4,6	152,3 1,7	155,1 1,1	154,5 1,1	147,9 2,3	120,0 7,8	118,5 6,9	156,6 3,2	
55 - 60		61,2 7,2	0,8 17,0	153,7 1,9	145,6 4,8	155,1 6,1	136,5 6,1	121,0 11,2	114,2 10,2	96,4 12,2	128,3 6,9	147,8 5,4	119,0 11,6
60 - 65	1,1 11,7	3,8 13,6	0,6 16,2	153,0 1,6	145,6 4,8	155,1 6,1	136,5 6,1	121,0 11,2	114,2 10,2	96,4 12,2	128,3 6,9	147,8 5,4	
65 - 70		0,9 8,7	16,5 19,1	39,6 15,2	120,7 13,1	135,8 3,8	56,9 17,7	138,3 6,1	130,4 7,2	131,4 6,0	139,5 6,7	21,5 11,3	44,5 19,3
70 - 75	0,3 10,8	4,1 17,7	16,5 19,1	15,2 9,9	120,7 13,1	135,8 3,8	56,9 17,7	138,3 6,1	130,4 7,2	131,4 6,0	139,5 6,7	21,5 11,3	
75 - 80		2,2 14,0	18,9 18,3	157,1 1,9	157,1 1,9	78,8 11,6	0,5 14,3	4,7 14,5	64,6 5,2	38,2 12,4	0,8 10,8	2,7 16,5	2,3 20,9

Tabel 2. Het gehalte aan minerale delen (bovenste getal) en organische stof (onderste getal) in gr/100 cm³ voor mengrotor

Profielwand

Bem. diepte 0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120 cm
0 - 5	89,7 14,5	73,6 17,0	108,6 11,8	79,6 15,0	103,1 12,1	112,5 11,9	101,6 12,0	105,3 11,5	93,4 13,6	96,9 14,9	77,9 16,3	66,4 16,4
5 - 10	67,8 16,2	70,7 17,3	113,6 9,4	114,8 10,4	51,3 19,7	109,8 10,6	106,2 15,4	105,5 12,1	105,5 12,1	109,9 11,1	97,3 11,7	75,2 15,2
10 - 15	110,8 8,2	105,3 10,9	78,5 12,9	107,9 9,5	60,1 13,5	95,5 9,5	123,2 6,6	130,0 11,8	125,5 6,7	107,2 11,0	101,7 7,5	60,2 15,0
15 - 20	120,3 8,1	120,5 7,7	124,9 8,5	105,8 10,0	77,6 12,8	116,9 7,9	113,4 9,6	63,8 13,4	63,8 13,4	106,3 10,9	61,2 14,4	29,2 17,6
20 - 25	126,7 8,5	133,2 7,6	111,6 10,4	101,6 10,0	118,1 7,3	84,3 11,7	84,9 10,5	124,9 8,3	100,6 10,6	68,4 12,0	33,4 15,8	100,6 12,8
25 - 30	102,1 10,1	115,0 8,4	121,9 8,1	83,4 11,2	103,1 11,1	69,8 10,0	118,7 8,5	125,7 8,5	99,0 8,8	111,6 10,8	126,8 8,0	45,4 12,0
30 - 35	58,5 12,7	125,6 8,0	120,4 8,6	95,5 10,5	109,5 9,9	81,3 11,5	119,7 6,7	136,0 6,6	123,5 5,7	97,3 9,7	68,6 9,4	113,8 10,8
35 - 40	114,0 8,2	124,5 9,1	114,4 8,4	76,7 10,5	104,6 10,0	131,5 6,1	134,3 4,7	110,1 8,3	49,4 13,6	44,3 11,1	104,4 8,8	132,8 8,6
40 - 45	85,0 11,6	142,4 6,2	68,4 13,0	18,4 17,6	82,5 11,1	91,0 12,4	114,5 8,5	130,5 6,9	112,4 10,0	88,9 8,3	105,0 9,6	72,6 11,4
45 - 50	6,4 21,0	126,4 8,8	99,8 9,8	26,3 17,9	127,0 8,0	126,3 7,5	130,6 6,0	121,5 6,7	106,9 8,5	102,9 11,1	90,9 10,3	82,3 10,7
50 - 55	42,2 13,8	72,2 13,4	78,8 12,8	14,2 19,8	96,2 10,2	118,0 7,8	28,9 14,5	75,0 12,4	113,2 8,4	48,6 9,0	123,0 6,6	99,9 10,5
55 - 60	65,6 12,2	122,9 8,3	88,6 12,2	80,9 12,5	108,2 9,2	97,0 11,0	125,7 5,9	106,0 8,6	111,1 8,5	20,0 9,8	34,5 9,5	116,0 7,8
60 - 65	54,9 13,7	46,9 14,3	105,8 9,2	12,5 14,8	51,8 13,6	58,6 14,4	72,8 13,2	92,5 8,5	70,6 10,0	36,6 14,7	35,3 9,9	43,9 11,7
65 - 70	26,0 15,0	79,9 12,7	21,0 16,2	14,8 15,8	32,5 13,7	72,8 11,8	126,1 5,3	95,3 8,3	19,5 12,1	51,3 11,1	21,8 10,2	116,0 7,8
70 - 75	7,6 18,4	1,1 13,9	101,8 9,0	18,9 14,1	51,9 14,7	145,7 3,9	58,1 11,1	93,7 8,1	19,7 9,9	31,9 6,7	25,7 10,7	53,1 17,1
75 - 80	7,3 15,7	45,0 12,0	1,3 18,1	46,9 12,3	38,7 13,3	121,3 6,9	58,1 11,1	100,0 6,6	31,9 11,5	17,1 9,9	73,9 7,1	96,5 8,7

Voor beide profielwanden zijn in de tabellen 1 en 2 de waarden van het gehalte aan minerale delen (bovenste getal) en het gehalte aan organisch materiaal (onderste getal), beide uitgedrukt in grammen per 100 cm^3 , weergegeven. In tabel 1 is tevens door stippellijnen de begrenzing aangegeven van het gebied waar het gehalte aan organische stof groter was dan $12 \text{ g}/100 \text{ cm}^3$ (sterk weinig materiaal) en het gehalte mineralen groter dan 120 cm^3 (sterk zandig materiaal). Alhoewel deze grenzen arbitrair gekozen zijn kan op deze wijze toch worden aangegeven dat er in het mengwoelprofiel inderdaad grote brokken voorkomen van sterk weinig en grote brokken veen van sterk zandig materiaal. Deze zelfde begrenzingen zijn in tabel 2 niet aangebracht aangezien hier een veel grotere spreiding van deze waarden over de gehele profielwand optreedt. Dit verschil wijst er reeds op, op soortgelijke wijze als zou gebeuren bij een fotografische weergave van beide profielwanden, dat de menging in het geval van de mengwoeler veel minder intensief is geweest dan in het geval van de mengrotor.

5.2. B e r e k e n i n g v a n d e v o l u m e v e r h o u d i n g e n v a n z a n d e n v e e n

Zoals reeds in de inleiding werd opgemerkt zullen we moeten trachten te komen tot een weergave van de volumeverhoudingen zand en veen; en dan niet de volumeverhoudingen van de materialen 'vast', maar in hun natuurlijke voorkomen in het profiel, dat wil zeggen inclusief de bij de materialen behorende poriën. In principe kunnen deze grootheden berekend worden uit de getallen van de tabellen 1 en 2. Immers, indien we het volumegewicht van zowel het zand als het veen kennen leidt deling van de gewichtshoeveelheden door het volumegewicht tot het volume in cm^3 , en aangezien de hoeveelheden in tabellen 1 en 2 zijn weergegeven per 100 cm^3 rechtstreeks tot het volume-percentage.

Zoals werd beschreven door SCHOTHORST (1968) hangt het volumegewicht van humeuze gronden sterk samen met het gehalte aan organische stof. In de fig. 11 en 12 zijn conform SCHOTHORST voor beide profielwanden tegen elkaar uitgezet: de hoeveelheid minerale delen en de hoeveelheid organische stof, beide in grammen per 100 cm^3 . Ook uit deze beide figuren kan een verschil in mengingsintensiteit worden gezien. Fig. 11, betrekking hebbend op het mengwoelerobject vertoont vrij veel extreme waarden, dat wil zeggen monsters die hetzij vrijwel puur zand,

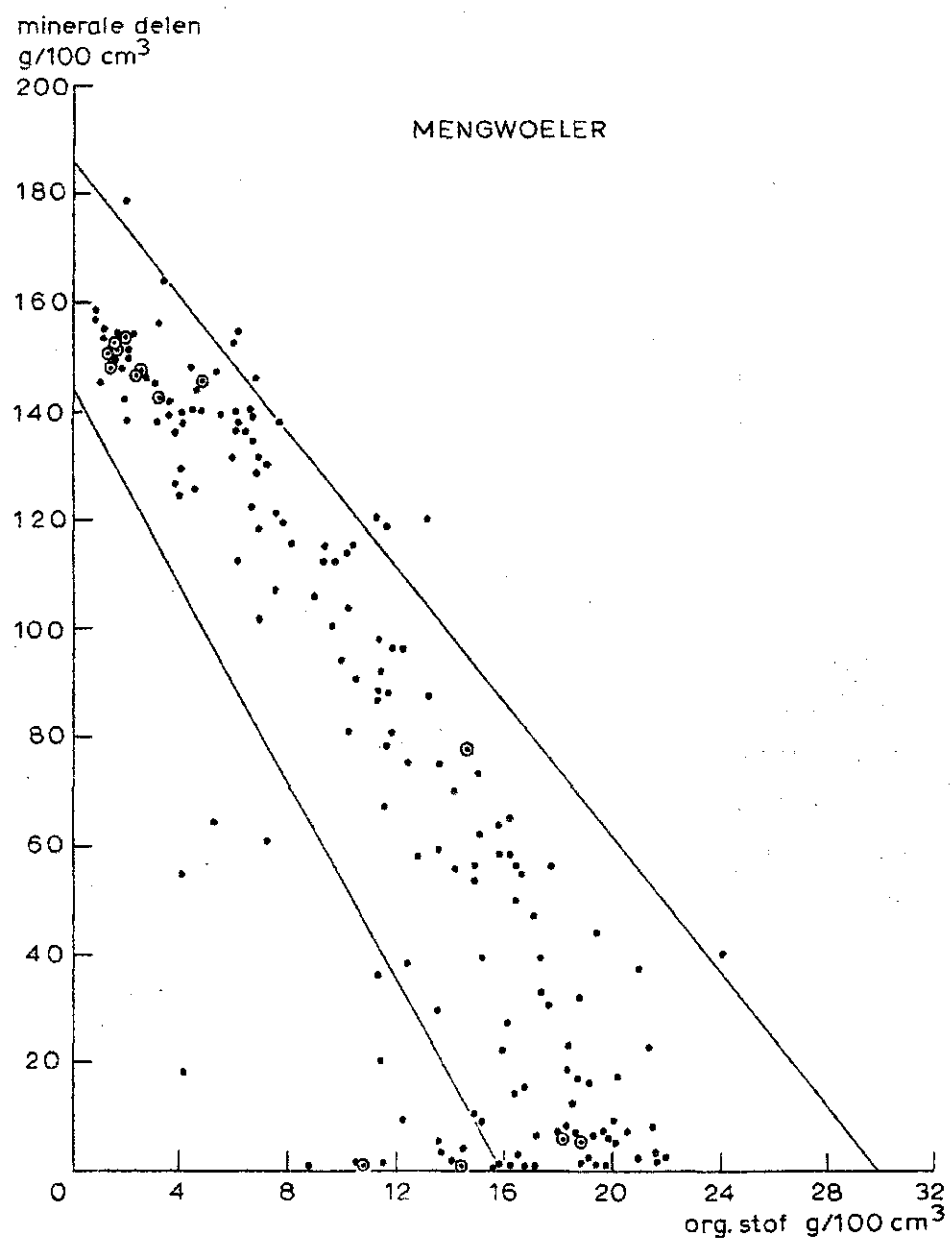


Fig. 11. Het gehalte aan minerale delen tegen het gehalte aan organische stof voor alle monsters van het mengwoel-profiel

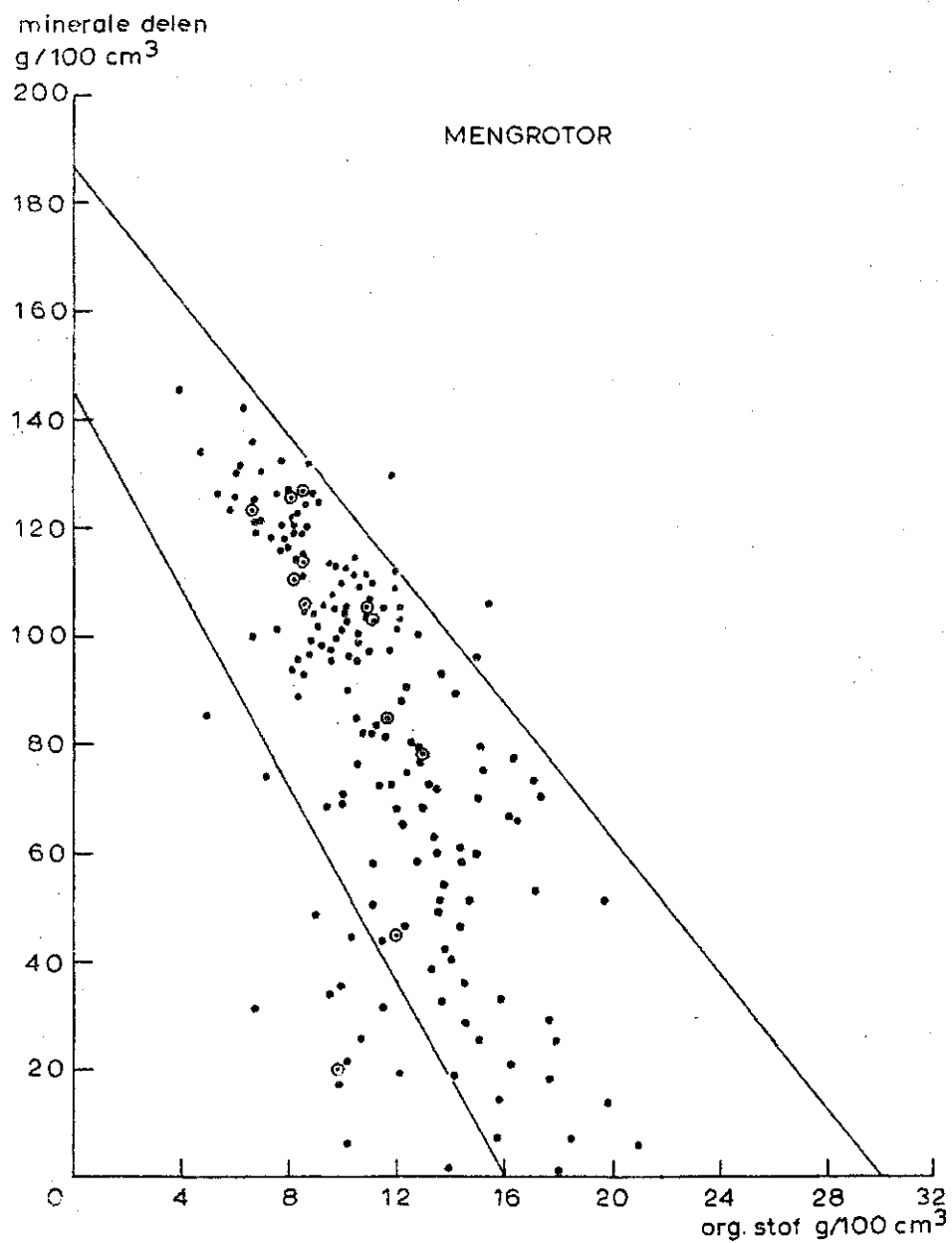


Fig. 12. Het gehalte aan minerale delen tegen het gehalte aan organische stof voor alle monsters van het mengrotor-profiel

hetzij vrijwel puur veen bevatten; fig. 12 daarentegen geeft aan dat in het mengrotor object deze extremen vrijwel ontbreken en in alle monsters zand en veen naast elkaar voorkomt. Op basis van al deze metingen wordt dan gevonden dat als waarden voor het volumegewicht moet worden aangenomen in deze objecten:

volumegewicht puur zand = $1,65 \text{ g/cm}^3$

volumegewicht puur veen = $0,18 \text{ g/cm}^3$

Uiteraard zijn dit gemiddelde waarden, hetgeen betekent dat ze, indien gebruikt voor de omrekening van gewichtsverhoudingen op volumeverhoudingen, zullen leiden tot afwijkingen; zij vertegenwoordigen echter de beste waarden die voor dit doel gebruikt kunnen worden.

In het uitgangsprofiel was het zand echter niet geheel vrij van organische stof. Dit werd veroorzaakt doordat het object voor de uitvoering van de grondverbeteringsmaatregel al enkele jaren in gebruik was, terwijl bovendien tussen de spuitzandlaag en de veenondergrond een dunne oude bouwvoor voorkwam welke ook wat organische stof bevatte. Bemonsteringen verricht vóór de menging toonden aan dat hierdoor voor alle zand in het profiel een gemiddeld organische stofgehalte van 1,73 % moest worden aangenomen. Bij de berekeningen werd hiervoor gecorrigeerd door de hoeveelheid organische stof in afhankelijkheid van de hoeveelheid minerale delen te verminderen met de organische stof uit het zand. Voor deze laatste werd een volumegewicht aangehouden van $0,28 \text{ g/cm}^3$.

Voorbeeld: Het eerste monster (tabel 1, 0 - 10 cm hor., 0 - 5 cm vert.)

bevatte 55,7 gr. minerale delen en 14,1 gr. organische stof per 100 cm^3 . Bij deze hoeveelheid mineralen hoort

$55,7 \times 1,73 \% = 0,96 \text{ gr. organische stof uit het zand.}$

Dus bedroeg het volume aan veen, inclusief poriën:

$(14,1 - 0,96)/0,18 = 72,7 \text{ cm}^3$

Het volume aan zand, inclusief poriën:

$55,7/1,65 + 0,96/0,28 = 36,2 \text{ cm}^3$

Totaal $108,9 \text{ cm}^3$

Deze uitkomst is groter dan 100 omdat gemiddelde waarden voor de volumegewichten werden gebruikt. Hiervoor wordt gecorrigeerd door beide berekende waarden naar evenredigheid te verminderen zodat: volume-percentag veen =

Tabel 3: Volume percentage zand, inclusief poriën

bemonstering Mengwoeler I												
0	33,2	37,8	51,0	63,4	51,7	31,5	31,6	30,4	25,7	34,0	19,2	27,9
5	50,6	42,2	41,0	39,4	34,7	60,5	30,4	34,7	22,2	17,2	17,5	17,4
10	1,0	3,5	58,0	100,0	93,3	8,5	11,4	4,3	4,4	2,5	3,7	0,9
15	9,4	4,0	75,9	100,0	89,6	14,2	9,2	3,5	2,6	2,7	3,7	13,1
20	76,7	10,0	4,9	89,3	95,9	100,0	18,4	32,8	4,7	3,1	2,7	16,9
25	72,7	45,0	28,5	100,0	100,0	100,0	94,0	65,4	55,0	9,3	52,5	96,7
30	67,0	17,7	0,3	69,7	89,3	97,1	100,0	80,9	96,7	78,6	43,6	100,0
35	60,0	0,3	8,0	100,0	89,4	100,0	77,6	88,9	80,1	83,6	90,5	100,0
40	41,3	0,1	0,0	90,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	54,8	53,0	97,0
45	4,0	0,2	70,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	69,9	75,8	74,9	82,0
50	37,5	0,3	21,3	86,3	89,2	100,0	100,0	100,0	100,0	72,0	54,9	97,4
55	54,8	0,1	36,3	100,0	84,6	80,4	100,0	84,5	52,4	76,6	3,4	60,1
60	1,0	2,5	0,0	100,0	88,3	64,7	81,7	61,5	62,6	80,0	1,2	86,5
65	0,8	0,0	24,5	100,0	91,6	28,9	81,9	63,6	81,0	30,3	36,2	22,3
70	0,0	1,8	9,2	57,6	56,8	0,4	0,0	76,2	87,6	45,2	0,7	0,4
75	1,3	9,8	9,7	100,0	48,1	0,0	3,0	65,3	27,6	0,5	1,3	0,8
80												

Tabel 4: Volume percentage zand, inclusief poriën

bemonstering Mengrotor I

0												
cm	45,2	35,9	54,5	41,2	54,6	52,4	54,1	54,6	48,3	46,8	38,2	34,0
5												
10	35,1	34,3	64,8	58,1	24,5	59,3	38,0	48,3	55,0	54,9	48,9	39,3
15												
20	67,9	54,7	44,7	58,3	36,4	54,2	81,3	59,9	82,0	53,2	62,7	33,9
25												
30	70,7	72,1	70,1	57,7	44,6	68,5	70,0	58,9	38,3	54,9	35,1	16,8
35												
40	70,7	75,2	51,2	54,4	75,8	49,4	53,1	68,7	52,5	43,2	20,7	52,3
45												
50	54,2	62,4	71,0	52,4	53,1	44,8	64,9	65,2	57,6	59,8	67,4	32,6
55												
60	37,4	72,3	63,6	54,2	68,2	45,0	75,8	86,1	90,6	54,4	50,0	58,9
65												
70	68,8	62,5	64,8	49,9	59,5	85,2	90,1	62,4	31,8	33,6	64,2	69,7
75												
80	50,3	92,3	40,6	11,0	49,5	49,3	64,1	76,9	58,1	58,8	57,8	45,9
85												
90	2,8	64,8	50,0	14,9	77,5	67,2	85,9	76,0	64,6	47,1	49,2	51,5
95												
100	27,4	41,4	44,8	7,5	48,3	67,6	19,6	44,7	61,6	6,6	41,3	83,2
105												
110	41,3	70,4	49,8	46,4	59,6	45,6	86,8	63,2	62,5	19,7	31,5	54,7
115												
120	33,9	29,2	48,2	75,7	32,8	34,3	41,9	58,7	49,0	23,3	31,1	32,1
125												
130	17,2	45,9	13,3	9,7	22,9	45,4	95,0	59,0	16,2	37,6	21,0	65,6
135												
140	4,4	0,3	57,9	26,2	13,8	31,0	95,6	58,2	19,4	37,8	22,6	28,0
145												
150	4,9	32,4	3,5	32,8	26,9	80,8	40,8	71,0	25,5	17,3	59,9	60,0
cm	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120

80	4,6	16,4	30,7	29,5	20,4	55,9	68,2	64,6	22,5	27,6	41,2	44,0
cm	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120

Tabel 7: Volume percentage zand, inclusief poriën

Mengwoeler

cm

III a

0	41,0	48,7	44,6	31,8	24,8	20,6
10	4,4	83,5	51,4	7,1	3,2	5,3
20	51,1	55,7	99,0	52,6	18,0	42,2
30	36,3	44,2	93,9	86,9	84,7	83,5
40	11,4	65,4	100,0	100,0	75,2	76,7
50	23,2	60,9	88,6	96,1	75,3	53,9
60	1,1	56,1	68,3	72,2	63,5	36,6
70	3,2	44,2	26,4	36,1	40,2	0,8
80						

cm 0 20 40 60 80 100 120

cm IV b

0	22,7	66,1	48,0	19,5	14,0	13,0
20	43,7	50,0	96,5	69,7	51,4	62,8
40	17,3	63,1	94,3	98,1	75,2	65,3
60	2,1	50,2	47,3	54,1	51,9	18,7
80						

cm 0 20 40 60 80 100 120

V c VI d VII e

0	45,6	58,4	35,3	46,4	49,8
40	33,2	73,5	52,8	53,2	
80					

40 80 120 0 120

Tabel 8: Volume percentage zand, inclusief poriën

cm	Mengrotor					
	III				a	
0	37,7	54,6	47,7	48,7	51,2	40,2
10	66,3	57,7	50,9	67,6	57,1	37,1
20	65,6	57,2	55,8	63,0	53,3	43,7
30	60,4	58,2	64,5	78,6	52,6	60,7
40	52,6	29,1	60,8	75,7	57,2	51,1
50	45,1	37,2	55,3	53,6	37,6	52,7
60	31,5	36,7	33,9	63,7	31,5	37,5
70	10,5	30,1	38,1	66,4	25,0	42,6
80						

cm	IV					
					b	
0	52,0	56,2	49,3	58,2	54,1	38,7
20	63,0	57,7	60,2	70,8	53,0	52,2
40	48,9	33,1	58,0	64,6	47,4	51,9
60	21,0	33,4	36,0	65,1	28,2	40,0
80						

cm	V		
			c
0	57,2	59,6	49,5
40	34,1	55,9	41,9
80			

cm	VI		VII	
	d	e		
0	55,4	49,7		
40	44,0			
80				

$(72,7/108,9) \times 100 \% = 66,8 \%$. Het restant wordt ingenomen door het zand, met andere woorden volume-percentages zand = 33,2 %.

In de tabellen 3 en 4 zijn de zo berekende volume-percentages zand inclusief poriën voor alle monsters van respectievelijk het mengwoel object en het mengrotor object weergegeven. Door vergelijking van deze tabellen is nu inderdaad heel duidelijk te zien dat beide profielen sterk verschillend zijn. In het mengwoel object (tabel 3) komen zeer grote aaneengesloten stukken voor met 100 % zand, terwijl anderzijds ook grote stukken puur veen worden aangetroffen. Dit is niet het geval in het mengrotor object (tabel 4); zo hier al eens extreme waarden voor de samenstelling worden aangetroffen, dan toch nooit in een aantal naast elkaar gelegen monsters. Dit verschil tussen beide bemonsteringsresultaten gaat op den duur natuurlijk verdwijnen indien de waarden van aangrenzende monsters steeds worden gemiddeld. Dit is gedaan in de tabellen 5 en 6 door steeds in verticale richting twee aaneengrenzende monsters te middelen. Ook dan blijven de verschillen tussen beide profielen, als boven genoemd, nog duidelijk waarneembaar. Bij verder middelen verdwijnen de verschillen wel, zoals wordt weergegeven in de tabellen 7 en 8. Als uiteindelijk gemiddelde van alle verrichte waarnemingen wordt gevonden:

voor mengwoeler: 49,8 vol. % zand (tabel 7, VII)

voor mengrotor : 49,7 vol. % zand (tabel 8, VII)

Deze gegevens stemmen zeer goed met elkaar overeen en ook met de te verwachten waarde van 50 vol. % zand, overeenkomend met het uitgangsprofiel van 40 cm zand op 40 cm veen.

5.3. Cumulatieve frequentieverdelingen van de monstersamenstelling

De monstersamenstellingen, zoals weergegeven in de tabellen 3 en 4, kunnen worden onderverdeeld in klassen. Vervolgens wordt nagegaan voor beide profielen welk aantal monsters in een zekere samenstellingsklasse wordt aangetroffen. Uit deze frequentieverdeling kan de cumulatieve frequentieverdeling worden afgeleid door steeds bovengrenzen van de monstersamenstelling te kiezen en het aantal monsters dat een samenstelling heeft kleiner dan of gelijk aan deze grens te sommeren. Dit aantal

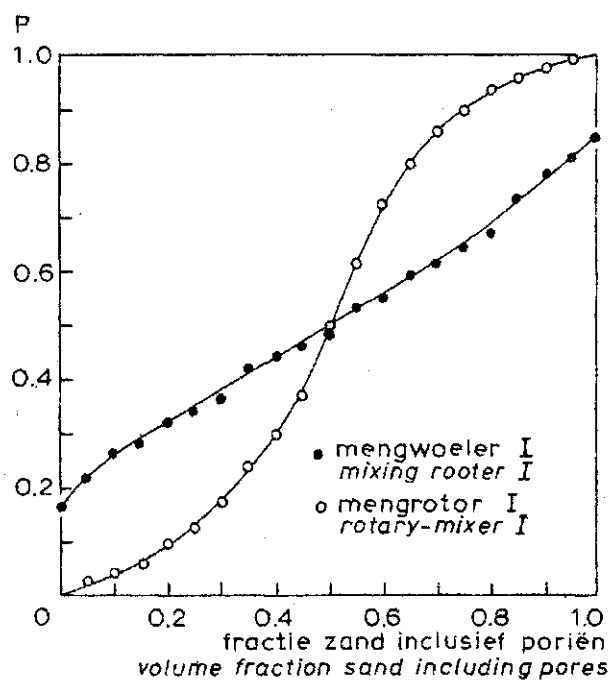


Fig. 13. Gemeten frequentie-verdelingen van de monstersamenstelling voor beide mengingsobjecten

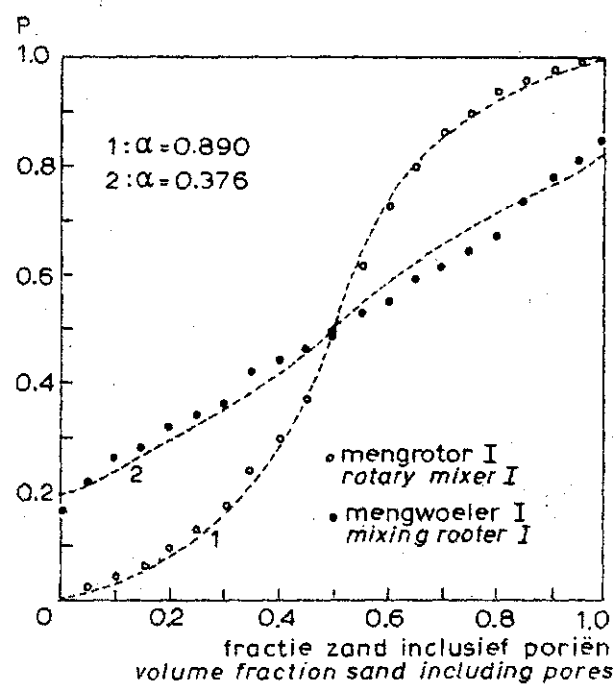


Fig. 14. Vergelijking van de gemeten frequentie-
 verdelingen met de berekende waarschijnlijk-
 verdelingen voor $\alpha = 0,890$
 (mengroter) en $\alpha = 0,376$ (mengwoeler)

wordt uitgedrukt als fractie van het totaal aantal monsters. Indien deze bewerking wordt uitgevoerd voor de verzamelde gegevens uit de tabellen 3 en 4 ontstaan de cumulatieve frequentieverdelingen als weergegeven in fig. 13. Het snijpunt van beide lijnen ligt bij 0,5 - 0,5, hetgeen, zoals reeds in par. 3 werd uiteengezet, ook verwacht moet worden gezien de volumeverhoudingen van beide materialen.

5.4. B e r e k e n i n g v a n d e g e m i d d e l d e b r o k g r o o t t e

Indien aan de hand van modelberekeningen de lijnen worden berekend welke het beste met de vastgestelde frequentieverdelingen van de samenstelling der monsters overeenkomen ontstaat het beeld als weergegeven in fig. 14. Hieruit is te zien dat voor de mengrotor de theoretisch berekende lijn en de gemeten verdeling bijzonder goed met elkaar overeenstemmen; alhoewel dit voor het mengwoel object duidelijk minder het geval is kan toch ook hier van een redelijk goede overeenkomst gesproken worden.

Zoals aangegeven in fig. 14 hebben de berekende frequentieverdelingen betrekking op α -waarden van, respectievelijk:

curve 1 (mengrotor) : $\alpha = 0,890$

curve 2 (mengwoeler) : $\alpha = 0,376$

In par. 4 werd bij de opzet van het model reeds vermeld, dat deze α -waarde de verhouding in afmeting van monster ten opzichte van brok in één richting gezien voorstelt. Aangezien de monsters een oppervlakte hadden van 20 cm^2 kan nu worden berekend dat de gemiddelde eendimensionale afmetingen van de brokken bedroegen:

voor de mengrotor : $4,5/0,890 = 5,1 \text{ cm}$

voor de mengwoeler: $4,5/0,376 = 12,0 \text{ cm}$

Hierdoor wordt als gemiddelde waarde voor de brokinhoud gevonden: voor mengrotor 135 cm^3 en voor mengwoeler 2100 cm^3 .

Derhalve is in het mengwoel object de gemiddelde brokgrootte ruim vijftien maal zo groot als in het mengrotor object. Opnieuw ervan uitgaande dat deze gemiddelde brokgrootte een maat is voor de mengingsintensiteit zou dus concluderend gesteld kunnen worden dat de mengende werking van de mengrotor in het beschouwde object ruim dertien keer zo groot was als die van de mengwoeler.

6. SAMENVATTING

Aan de hand van een praktijkvoorbeeld, waarbij zand en veen door verschillende machines met elkaar werden vermengd, wordt een methode besproken waarmee de bereikte mengingsintensiteit getalsmatig tot uitdrukking kan worden gebracht. Hiertoe wordt in een groot aantal monsters de volumeverhouding van beide materialen bepaald. Na indeling in samenstellingsklassen wordt de gemeten samenstelling der monsters in de vorm van een cumulatieve frequentieverdeling weergegeven. Deze verdeling wordt vergeleken met een aantal berekende cumulatieve frequentieverdelingen welke met behulp van mengmodellen kunnen worden verkregen. Als parameter wordt hierbij gekozen de verhouding in afmeting tussen monster en brok, uitgedrukt in een waarde α . Door vergelijking van de gemeten frequentieverdelingen met de berekende kan de α -waarde behorende bij het onderzoeksobject worden gevonden. Tenslotte kan aangezien de monstergrootte bekend is hieruit als maat voor de mengingsintensiteit de gemiddelde brokgrootte worden berekend.

De methode is toepasbaar voor alle mengingssituaties zolang de ene component een eigenschap bezit die maakt dat hij, hetzij langs fysische hetzij langs chemische weg, van de andere onderscheiden kan worden.

LITERATUUR

- BEUVING, J. en F.A.M. DE HAAN, 1968. Ontwateringsmoeilijkheden van een vroegere veenput in de ruilverkaveling 'De Lollebeek'. Nota 466 I.C.W.
- _____ 1971. Waterhuishouding in relatie tot de mengingsintensiteit van zand en veen. Nota 598 I.C.W.
- HIDDING, A.P. and G.P. WIND, 1963. Practical results of the improvement of clay cover soils. Techn. Bull. I.C.W. no. 30.
- _____ 1965. Untersuchungen zur Beeinflussung schwerer Tonböden durch kulturtechnischen Masnahmen. Verspr. Overdr. I.C.W. nr 23.
- _____ 1967. Verschraling van kleibouwvoren in de vollegrondstuinbouw. Mededel. I.C.W. nr 98.
- HULBERT, W.C. and R.G. MENZEL, 1953. Soil mixing characteristics of tillage implements. Agr. Eng. 34.10.704.
- NJØS, A. and K. STEENBERG, 1962. The effect of different tillage implements on the horizontal transfer of radioactive $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ in soil. J. Agr. Eng. Res. 7.
- OUWERKERK, C. VAN en A.J. DE GROOT, 1971. Persoonlijke communicatie.
- PERDOK, U.D., 1969. De grondlegging van de mengrotor en de menggootwoeler op het veenkoloniale profiel. Tijdschr. Kon. Ned. Heidemij. 80.1. 1-8.
- SCHOTHORST, C.J., 1968. De relatieve dichtheid van humeuze gronden. De Ingenieur, 80, 2, B1-B8.
- STOL, Ph.Th., 1971. Probability distributions of two component soil samples (in press).
- WIEBING, R. en G.P. WIND, 1964. Verbetering van veenkoloniale grond. Verspr. Overdr. I.C.W. nr 10.
- WIERSEMA, G.P., 1961a. Methode voor de bepaling van de mengende werking van grondbewerkingswerktuigen. Meded. Dir. Tuinb. 24.9.501-503.
- _____ 1961b. Vergelijking van de mengende werking van kopfrees en hakenfrees. Meded. Dir. Tuinb. 24.9.646-649.
- WIND, G.P. and A.P. HIDDING, 1962. The soil physical basis of the improvement of clay cover soils. Techn. Bull. I.C.W. no. 25.
- _____ 1968. Grondverbetering. Cultuurtechniek 66. Landbouwhogeschool, Wageningen.