

Het poriënvolume van losse en dichte zand-en veengronden

C.J.Schothorst

Inleiding

Vaak worden bij problemen van bodemkundige aard de termen "los" en "dicht" gebruikt voor bepaalde lagen in het bodemprofiel. Meestal bedoelt men hierbij een naar verhouding groot respectievelijk een klein poriënvolume. Duidelijk is dit bij een humusloze zandondergrond waar men een poriënvolume van 35% als dicht kenmerkt en een poriënvolume van 45% als zeer los.

Ook humeuze lagen kunnen "los" respectievelijk "dicht" zijn. Men denke hierbij aan gliedlagen wat het laatste betreft.

Het verschil in dichtheid zal in het poriënvolume tot uiting moeten komen. De moeilijkheid is echter vaak dat een bepaald poriënvolume in één geval een losse grond aanduidt en in een ander geval hetzelfde poriënvolume een dichte grond. Het poriënvolume is echter wel de spil waar de begrippen "los" en "dicht" om draaien. Daarom leek het gewenst het poriënvolume eens nader onder de loupe te nemen.

Dat is hier gebeurd aan de hand van veldmonsters uit boven- en ondergrond van grasland op veen en zand. Kunstmatige losse structuren, zoals van geploegde gronden (bouwvoren enz) zijn hier buiten beschouwing gelaten. Het betreffen dus uitsluitend monsters zoals die onder natuurlijke omstandigheden bij graslandgronden voorkomen.

Het poriënvolume

Het poriënvolume (p) wordt bepaald door twee factoren, namelijk het volumegewicht (v) en het soortelijk gewicht (s). Bij een volume van 100 cc is:

$$p = 100 - \frac{v}{s}$$

s bestaat uit 2 componenten, namelijk

21/0263/25

375234



CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS

0000 0194 0028

$s_1 = 1,47$  voor organische stof

$s_2 = 2,66$  voor minerale delen

Dit zijn de waarden volgens recente onderzoeken van BOEKEL (1961). Vaak worden nog de normen van HOOGHOUTD gebruikt. Volgens deze is  $s_1 = 1,6$  en  $s_2 = 2,65$ .

Het soortelijk gewicht  $s$  wordt berekend met de formule:

$$s = 100 : \left( \frac{h}{1,47} + \frac{100 - h}{2,66} \right)$$

$h$  = percentage organische stof.

Ter vergelijking wordt in figuur 1 het verband weergegeven tussen het organisch stofgehalte en het soortelijk gewicht volgens de normen van HOOGHOUTD en van BOEKEL. Bij berekening van het poriënvolume kan plusminus 1 volume procent verschil gevonden worden bij gebruik van de waarden van BOEKEL en HOOGHOUTD.

Voor de berekening van het poriënvolume ( $p$ ) moet men in feite over twee gegevens beschikken, namelijk het volumegewicht ( $v$ ) en het gehalte aan organische stof ( $h$ ). Men kan de formule voor de berekening ook als volgt schrijven:

$$p = 100 - \frac{\frac{h}{100} \times v}{1,47} - \frac{\frac{100 - h}{100} \times v}{2,66}$$

Bij deze berekening vormt het volumegewicht ( $v$ ) een zeer belangrijke factor. Het kan variëren van plusminus 10 bij  $h = 90$  tot plusminus 175 bij  $h = 0$ , terwijl  $s$  slechts varieert van 1,47 tot 2,66.

#### Poriënvolume - volumegewicht

Er bestaat dan ook een zeer sterk verband tussen het poriënvolume ( $p$ ) en het volumegewicht ( $v$ ), zodanig zelfs dat men  $p$  vrij nauwkeurig uit  $v$  kan afleiden. In figuur 2 wordt het verband weergegeven tussen  $p$  en  $v$  voor een groot aantal monsters met een variatie in  $h$  van 0 tot 90%. In deze gevallen is  $p$  dus berekend en uitgezet tegen  $v$ .

De gemiddelde afwijking ten opzichte van genoemde relatie is gering. Ze bedraagt circa 1 vol %. In bijzondere gevallen kan de afwijking maximaal 5 vol % bedragen, zoals in het volgende nader zal worden aangetoond.

Voor praktische doeleinden is deze relatie goed bruikbaar, zodat men slechts v behoeft te kennen om p af te kunnen leiden.

### Het organisch stofgehalte

Men zou kunnen verwachten dat het organisch stofgehalte (h) een sterke spreiding zal veroorzaken ten opzichte van de relatie poriënvolume - volumegegewicht! Dit blijkt dus slechts in geringe mate het geval te zijn. Dit is wel verklaarbaar omdat er ook een vrij nauw verband bestaat tussen h en v.

In figuur 3 is voor dezelfde monsters als in figuur 2, h in plaats van p uitgezet tegen v. Zoals bekend neemt v in waarde af naarmate h toeneemt. Zeer sterk is deze daling bij zand in het traject van 0 tot 10 h.

Uit figuur 3 blijkt tevens dat bij een bepaalde waarde van v, h binnen een zekere grens kan variëren. Deze variatie is groter naarmate v kleiner wordt. De spreiding van h bij bepaalde waarden van v hangt af van de verhouding van de gewichtshoeveelheden h en m (minerale delen). Dit wordt met een voorbeeld gedemonstreerd in tabel 1.

Tabel 1

De verhouding organische stof en mineralen bij gelijk volumegegewicht en variërend organisch stofgehalte.

Volume gewicht (v)	Organische stof (h)			Mineralen (m)			Poriën- volume (p)
	gew. %	gr.	vol %	gew. %	gr.	vol %	
50	30	15	10	70	35	13	77
50	60	30	20	40	20	8	72

gew. % = gewichts percentage

vol. % = volume percentage

gr. = hoeveelheid in grammen per 100 cc grond.

Bij een volumegegewicht van 50 gr kan volgens figuur 3 h variëren van 30 tot 60. Bij h = 30 is de verhouding h en m in gewichtshoeveelheden uitgedrukt 15 : 35, bij h = 60 is de verhouding 30 : 20.

Deze variatie in h bij gelijkblijvende v veroorzaakt een verschil in p van plusminus 5 vol. %.

Het verschil in h bij gelijke v zegt weinig over de dichtheid van de grond. Deze is beter te beoordelen naar het volumegewicht bij gelijkblijvend organisch stofgehalte; zo kan met h = 40 bij een veengrond, v variëren van 40 tot 60 (figuur 3). Het resultaat van deze vergelijking wordt in tabel 2 weergegeven.

Tabel 2

De verhouding organische stof en mineralen bij gelijk percentage organische stof en variërend volumegewicht.

Volume gewicht (v)	Organische stof (h)			Mineralen (m)			Poriën- volume (p)
	gew. %	gr. vol %	gr.	gew. %	gr. vol %	gr.	
40	40	16	11	60	24	9	80
60	40	24	16	60	36	14	70

gew. % = gewichts percentage

vol. % = volume percentage

gr. = hoeveelheid in grammen per 100 cc grond.

Hier blijkt direct weer het sterke verband tussen v en p. Bij gelijke h kan p 10 vol % variëren. Dit verschil wordt geheel bepaald door v. In het tweede geval bevat de grond zowel 50% meer organische stof als 50% meer mineralen. De verhouding h en m blijft gelijk. In dit geval is p een maatstaf voor de dichtheid. Zo kan men stellen dat men bij een venige grond met h = 40 en v = 40 men met een losse venige grond te maken heeft en bij h = 40, v = 60 met een dichte venige grond.

Figuur 3 geeft een beeld van de variatie in volumegewicht die bij een bepaald organisch stofgehalte onder natuurlijke omstandigheden kan voorkomen. Deze variatie is groter naarmate h tot 0 nadert. De gemiddelde lijn geeft het gemiddelde verband weer tussen h en v. De linkerbegrenzing van de puntenzwerm geeft de minimale dichtheid (lage volumegewichten) aan die afhankelijk van h kan voorkomen. Zo geeft de rechtse begrenzing de maximale dichtheid aan (hoge volumegewichten). In trappen van 10% organische stof is bovendien door middel van een doorsnede het bijbehorende poriënvo-

lume aangegeven voor de losse gemiddelde en dichte toestand.

Onder de minimale-en maximale dichtheid wordt hier dus verstaan, het hoogste respectievelijk het laagste poriënvolume, dat bij een bepaald organisch stofgehalte onder natuurlijke omstandigheden kan voorkomen.

Het is mogelijk kunstmatig lossere structuren tot stand te brengen bijvoorbeeld door grondbewerking. Dergelijke structuren zijn onder natte omstandigheden ( hoge grondwaterstanden) echter zo labiel, dat ze weer in elkaar zakken, al zal de oorspronkelijke dichtheid niet meer bereikt worden. Omgekeerd is het ook mogelijk dat dichtere structuren kunnen worden aangetroffen bijvoorbeeld in rijsporen. De dichtheid in deze gevallen die dus door mechanische kracht tot stand komt, zal hoogstens enkele volume procenten minder bedragen dan volgens de in figuur 3 weergegeven maximale dichtheid.

Figuur 3 biedt de mogelijkheid om de dichtheid van de grond objectief te beoordelen. Zo kan het zich voordoen, dat men een veengrond met  $h = 80$  en  $v = 40$  als dicht beoordeelt ondanks  $p = 75$ . Dezelfde grond wordt als "los" aangeduid wanneer  $h = 80$  en  $v = 20$ . Dan is  $p = 87$ . In de praktijk heeft men dikwijls te maken met dergelijke veranderingen in volumegewicht en poriënvolume, bijvoorbeeld bij indroging van veen- en humeuze zandgronden.

Ook bij het samenstellen van kunstmatige monsters voor bepaalde onderzoeken kan de relatie van figuur 3 een goed hulpmiddel zijn. De afwijking ten opzichte van de relatie  $h$  en  $v$  respectievelijk  $p$ , die hier bij zou kunnen ontstaan is niet zo groot als men zou kunnen verwachten, vooral niet als er geen mechanische kracht wordt gebruikt. Ter verduidelijking volgt hier een extreem voorbeeld, waarbij wel mechanische kracht is gebruikt.

Een volume van 200 cc veen met  $v = 40$ ,  $h = 40$  en  $p = 80$  wordt samengeperst tot een volume van 100 cc. Hierbij blijft  $h = 40$  en  $v$  wordt 80. Het poriënvolume wordt bij een krimp van 50% niet de helft kleiner zoals men misschien zou verwachten, maar daalt van 80% tot 60%. Want het volumepercentagegrond (mineralen + organische stof) wordt tweemaal zo groot, zodat dit stijgt van 20 tot 40%. Er blijft dus 60% voor de poriën over.

Wanneer bovengenoemd resultaat wordt vergeleken met figuur 2 dan zou men volgens deze figuur een poriënvolume van 65% mogen verwachten in plaats van 60%. Voor dit zeer extreme geval dat slechts met mechanische kracht bereikbaar is, is dit verschil niet bijzonder groot. Onder natuurlijke omstandigheden zal men dergelijke verdichtingen niet aantreffen tenzij bij indroging. De relaties in de hierbij behorende figuren gelden voor na-

tuurlijke omstandigheden zonder sterke indroging.

In figuur 4 wordt dezelfde relatie weergegeven als in figuur 3 met dit verschil dat op de horizontale as het poriënvolume is uitgezet in plaats van het volumegewicht.

Uit het voorgaande blijkt dat de dichtheid van de grond afhangt van de verhouding van de hoeveelheid organische stof en minerale delen per volume-eenheid. Zeer dicht is een zandgrond met 0% humus en een volumegewicht van 175. Maar evenzo is een veengrond met  $h = 75$  en  $v = 40$  als dicht te beschouwen, althans onder natuurlijke omstandigheden.

Zo kan men voor de gehele schaal van het organisch stofgehalte een maximale en ook een minimale dichtheid vinden (figuur 3 en 4). In tabel 3 wordt de betreffende relatie in cijfers weergegeven.

Tabel 3

De relatie organisch stofgehalte - volumegewicht bij maximale, minimale, en gemiddelde dichtheid in veldmonsters van grasland

Org. stof in %	Poriënvolume			Volumegewicht		
	min.d.	max.d.	gem.d.	min.d.	max.d.	gem.d.
0	42	34	38	155	175	165
5	53	42	47	110	145	130
10	62	50	56	90	120	105
15	68	56	62	72	104	88
20	72	60	66	61	91	76
30	77	66	72	47	74	61
40	80	69	75	38	62	50
50	83	70	77	32	54	43
60	85	72	78	26	48	37
70	87	73	80	21	42	32
80	90	75	82	16	38	28
90	92	76	84	12	35	24
100	94	78	86	8	32	20

Zoals reeds gezegd kan een maximale dichtheid worden bereikt bij  $v = 175$  en  $h = 0$  maar ook bij  $v = 32$  en  $h = 100$ .

Wat dichtheid betreft komt dus 175 gr mineralen overeen met 32 gr organische stof per 100 cc. Dit is een verhouding van 5,5 : 1. Deze verhouding blijkt constant aanwezig te zijn voor de gehele schaal van het organisch stofgehalte. Dit wordt weergegeven in figuur 5. Voor bepaalde waarden van h is bij de maximale dichtheid de hoeveelheid mineralen uitgezet tegen de hoeveelheid organische stof, beide uitgedrukt in gr per 100 cc. Deze berekening is gebaseerd op de relatie organisch stofgehalte en volumegegewicht bij maximale dichtheid van figuur 3.

Alle cijfers in figuur 5 liggen op een rechte lijn, zodat men hieruit de volgende conclusie kan trekken:

Er bestaat bij maximale dichtheid een constante verhouding tussen de afname van de gewichtshoeveelheid mineralen en de toename van de hoeveelheid organische stof. Deze verhouding is 5,5 : 1.

Een voorbeeld kan dit toelichten. Een grond met  $h = 30$  en bij maximale dichtheid  $v = 75$  (figuur 3) bestaat uit 52,5 gr mineralen en 22,5 gr organische stof. Ten opzichte van zand met  $h = 0$  is de hoeveelheid mineralen verminderd met  $175 - 52,5 = 122,5$  gr, terwijl de hoeveelheid organische stof is gestegen van 0 tot 22,5 gr. De verhouding is dus  $122,5 : 22,5 = 5,5 : 1$ .

Ook voor de minimale dichtheid bestaat er een dergelijke verhouding. Deze is eveneens in figuur 5 aangegeven. Deze lijn buigt bij waarden van meer dan 50 h terug omdat de absolute hoeveelheid organische stof per 100 cc bij losse veengronden afneemt bij hogere gewichtspercentages organische stof. Bijvoorbeeld een losse veengrond met  $h = 80$  en  $v = 17$  bevat 13,6 gr organische stof en een losse veengrond met  $h = 50$  en  $v = 32$  bevat 16 gr organische stof per 100 cc. Dit is dus meer dan in het eerste voorbeeld ondanks een lager percentage.

Voor de minimale dichtheid blijkt de constante verhouding tussen de afname van de hoeveelheid mineralen en de toename van de organische stof te zijn 8,7 : 1. Deze verhouding geldt voor 0 tot 50% organische stof.

#### Conclusies en samenvatting

Volgens voorgaande beschouwingen blijkt het mogelijk te zijn de subjectieve begrippen "los" en "dicht" in de bodemkunde om te zetten in objectieve cijfers. Zowel de maximale als de minimale dichtheid van

grond (losse structuur) zijn in afhankelijkheid van het organisch stofgehalte aan bepaalde grenzen van poriënvolumina gebonden. Het verschil tussen de begrippen "los" en "dicht" betekent in feite een verschil in poriënvolume . Dit verschil kan variëren van 8% bij zand zonder humus tot plusminus 16% bij veen met bijna 100% organische stof.

Men kan voor iedere waarde van organisch stofgehalte een minimale respectievelijk een maximale dichtheid onderscheiden. Hieronder wordt verstaan het hoogste respectievelijk het laagste poriënvolume: dat bij een bepaald organisch stofgehalte onder natuurlijke omstandigheden ken voorkomen. Onder natuurlijke omstandigheden wordt de maximale dichtheid bij zand zonder humus bereikt bij een volumegewicht van circa 175 gr en een poriënvolume van 34%. Naarmate de grond per volume-eenheid meer organische stof bevat, neemt bij maximale dichtheid de hoeveelheid mineralen af in constante verhouding tot de toename van de hoeveelheid organische stof. Deze verhouding is 5,5 : 1.

Ook voor de minimale dichtheid bestaat een dergelijke verhouding echter beperkt tot 50% organische stof. Deze verhouding is 8,7 : 1.



fig. 1

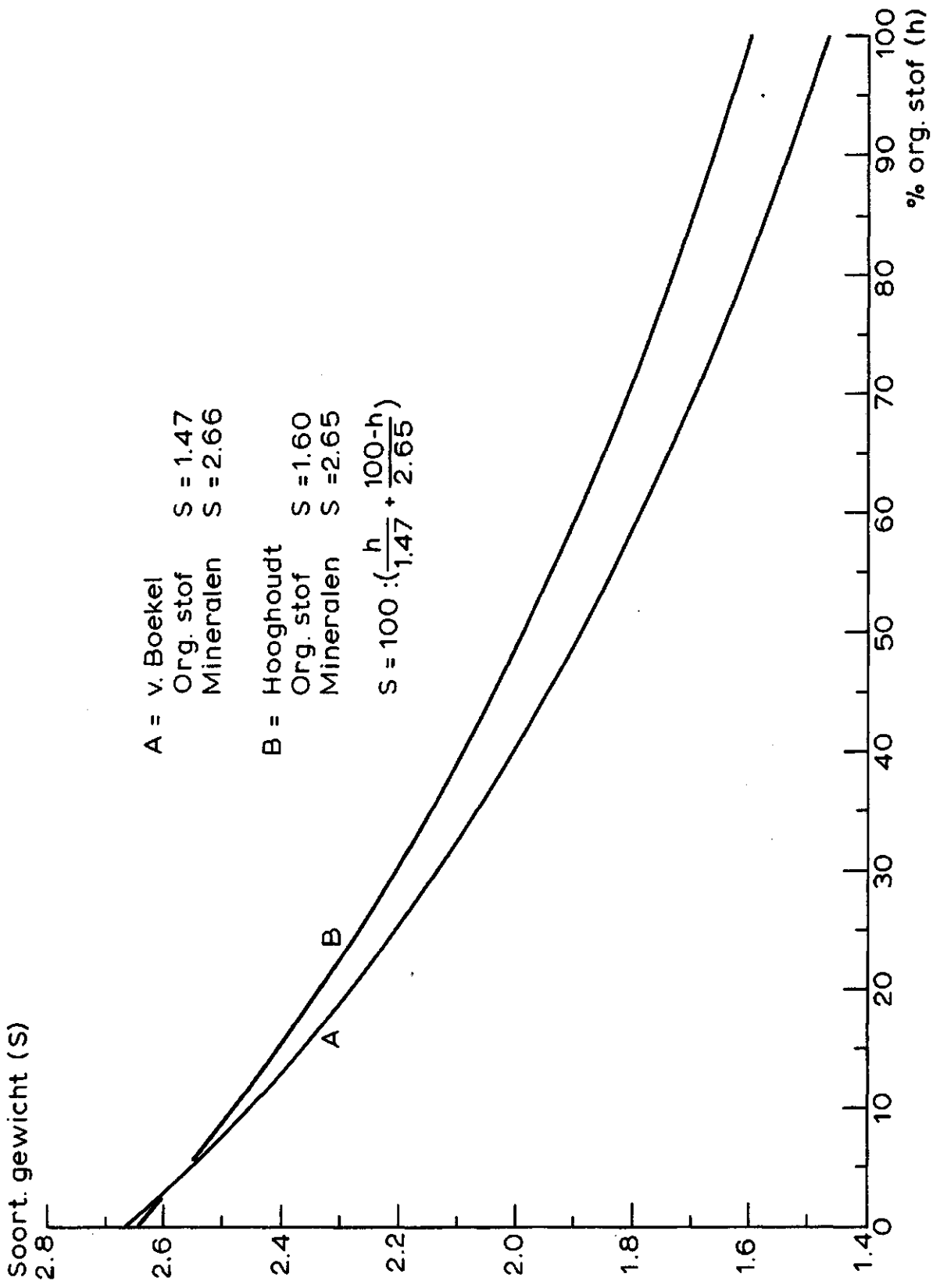


fig. 2

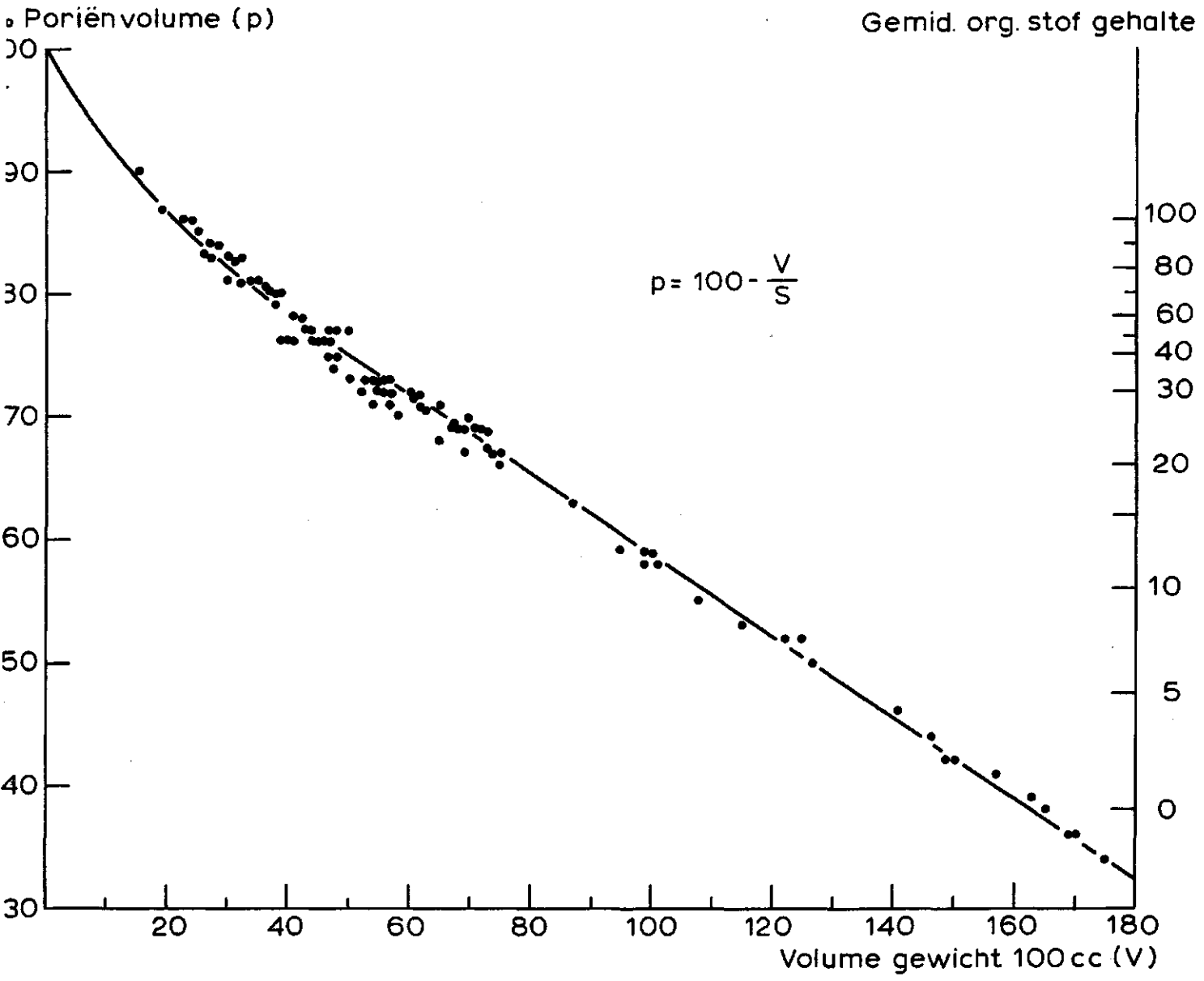


fig. 3

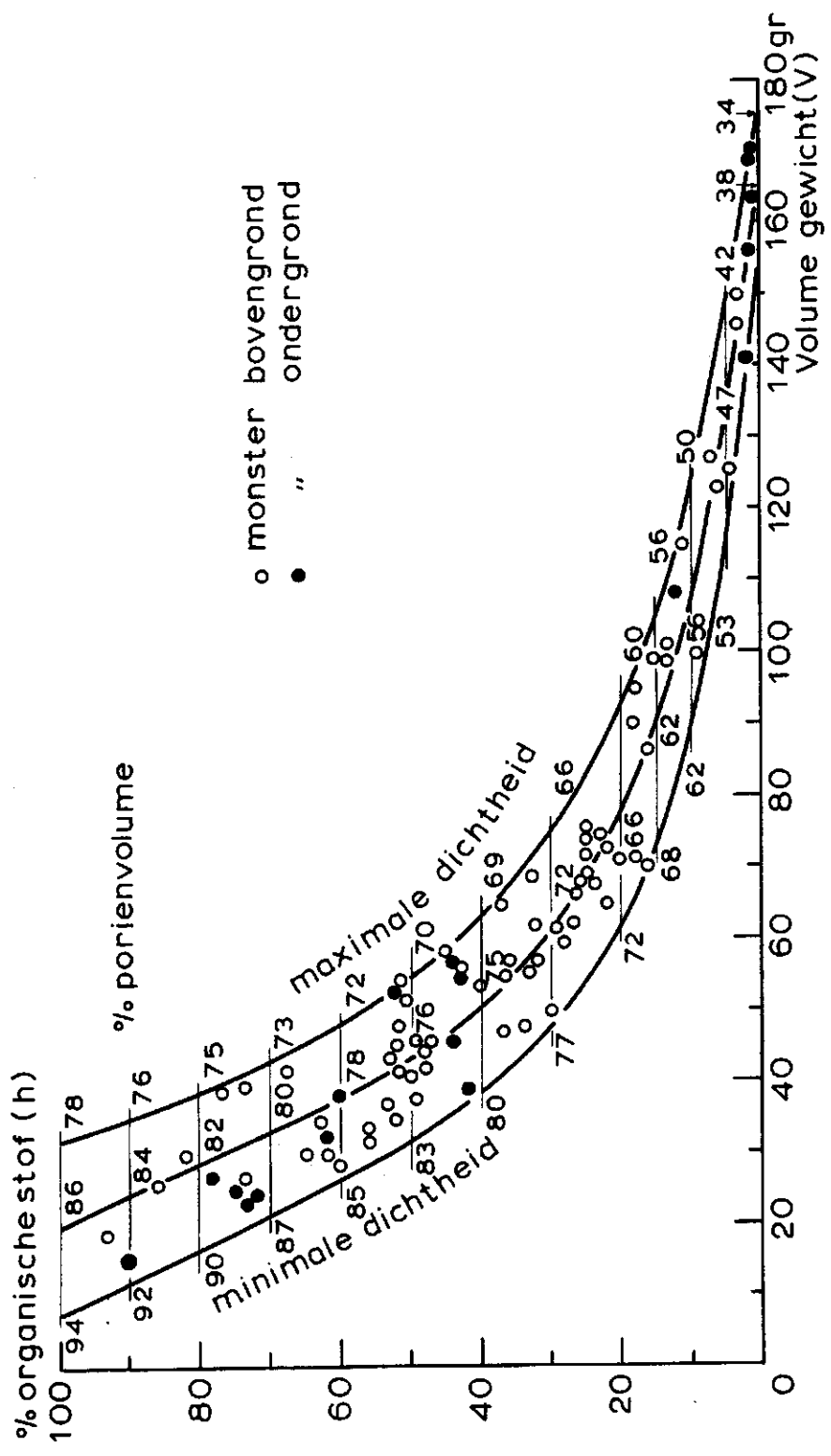


fig. 5

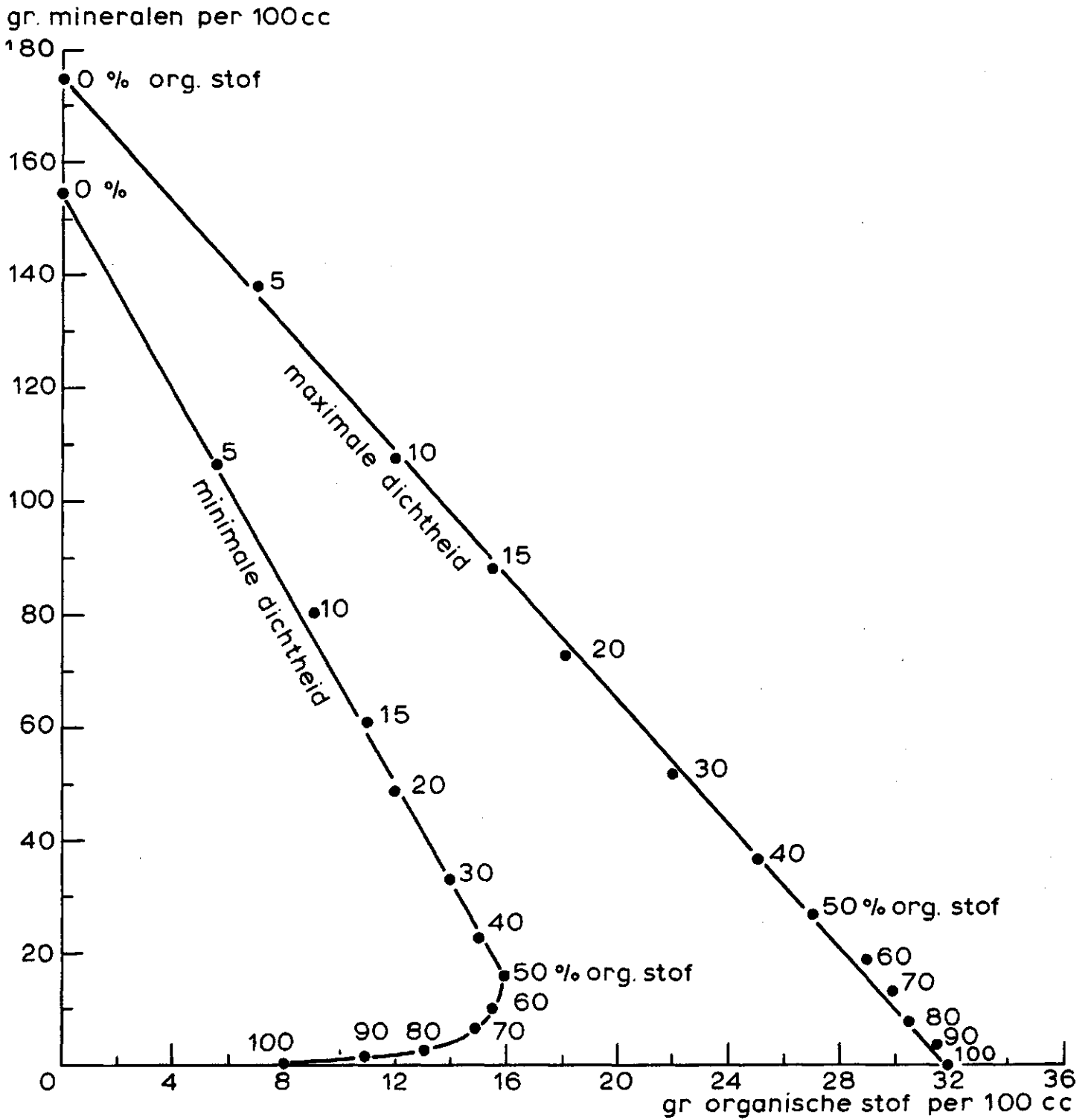


fig. 28

