

Dr Małgorzata Pawłowska
Dr Anna Wysocka



Laboratorium: GLEBOZNAWSTWO I REKULTYWACJA

II rok studiów stacjonarnych I-go stopnia – 15 godz.

Lp.	Wykaz ćwiczeń
1	Oznaczenie składu granulometrycznego gleby mineralnej metodą sitową
2	Oznaczanie składu granulometrycznego gleb metodą areometryczną Bouyoucosa w modyfikacji Cassagrande'a i Prószyńskiego
3	Wyznaczanie wilgotności optymalnej gruntu
4	Wyznaczanie całkowitej retencji wodnej (maksymalnej pojemności wodnej) gleb
5	Wyznaczanie wysokości maksymalnej i szybkości podsiąku kapilarnego w glebach o różnym uziarnieniu
6	Oznaczenie wilgotności wagowej i objętościowej oraz zasolenia gleby
7	Oznaczanie gęstości objętościowej i gęstości fazy stałej gleby
8	Pomiar odczynu gleb metodą potencjometryczną

Literatura:

1. PN-R-04032: Gleby i utwory mineralne. Pobieranie próbek i oznaczanie składu granulometrycznego.
2. PN-R-04033: Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne.
3. Karczewska A., Kabała C., Metodyka analiz laboratoryjnych gleb i roślin, Wrocław 2002.
4. Ćwiczenia z gleboznawstwa, red. Turski, lublin 2001.
5. Gleboznawstwo, Dobrzański H., Zawadzki S (red.), PWRiL, Warszawa 1995.
6. Myślińska E., Laboratoryjne badania gruntów, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
7. Instrukcje do ćwiczeń z geotechniki, Pol. Koszalińska, www.wbiis.tu.koszalin.pl/kgeo/pliki
8. Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojaska U., Prusinkiewicz Z, Badania ekologiczno-gleboznawcze, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2004.

Ćwiczenie nr 1

OZNACZENIE SKŁADU GRANULOMETRYCZNEGO GLEBY MINERALNEJ METODĄ SITOWĄ

CEL

Oznaczenie składu granulometrycznego gleby mineralnej i wykreślenie krzywej uziarnienia.

ZAKRES

Rozdzielenie próbki glebowej na frakcje granulometryczne na odpowiednim zestawie sit, zważenie poszczególnych frakcji, wyznaczenie zawartości procentowej każdej z nich, a następnie sporządzenie krzywej uziarnienia dla badanego utworu.

APARATURA I PRZYRZĄDY

- zestaw sit laboratoryjnych o różnych wymiarach oczek wraz z dnem i przykrywką
- wytrząsarka mechaniczna,
- waga laboratoryjna;
- duży tygiel porcelanowy;
- tłuczek drewniany lub porcelanowy;
- pędzel z twardym włosiem do przeczyszczania sit

WYKONANIE OZNACZENIA

1. Przed właściwym przygotowaniem próbki usuwa się z niej kamyki, nowotwory glebowe, grudki węglanu wapnia, korzonki roślin i oznacza ich masę. Obserwacje dotyczące rodzaju domieszek należy zapisać, ponieważ mają znaczenie dla interpretacji wyników.
2. Powietrznie suchą próbkę gleby w ilości określonej za pomocą Tabeli 1 umieścić w tyglu porcelanowym.

Tabela 1. Dobór wielkości próbki w zależności od rodzaju badanego materiału.

Rodzaj materiału	Odważka suchej gleby [g]
Piasek drobny i bardzo drobny	100
Piasek średni i gruby	200
Piasek żwirowaty	500
Utwory żwirowe lub kamieniste	1 000 – 5 000

3. Rozbić agregaty i bryły glebowe za pomocą tłuczka drewnianego lub porcelanowego. Należy zachować szczególną ostrożność w przypadku gleb wietrzniowych (górskich), by nie rozdrabniać odłamków szkieletu.

4. Rozdrobnioną próbkę przenieść na górne sito zestawu ustawionego na wytrząsarce mechanicznej (Sita ustawia się kolejno od sit o najmniejszej średnicy oczek na dole do sit o największej średnicy na górze. Na spodzie umieścić denko a na górze przykrywkę).
5. Wytrząsać przez 15 minut (przed otwarciem odczekać kilka minut, aż opadną najdrobniejsze cząstki glebowe). Upewnić się, że pozostałość na sicie to odłamki szkieletu, a nie agregaty glebowe.

UWAGA! Nie wolno rozcierać agregatów bezpośrednio na sicie, gdyż grozi to jego zniszczeniem!

6. Zważyć i zanotować w tabeli masę każdej wydzielonej frakcji osobno, w tym też frakcję przechodzącą przez najdrobniejsze sito (nagromadzoną w podstawie).
7. Zsumować masę wszystkich frakcji. Gdy suma mas oznaczanych frakcji nie różni się więcej niż o 0,5% masy próbki wziętej do analizy różnicę należy rozdzielić proporcjonalnie na wszystkie frakcje. Gdy różnica jest większa niż 0,5% masy próbki wziętej do badania oznaczenie należy powtórzyć.
8. Obliczyć procentową zawartość poszczególnych frakcji wg wzoru:

$$F = \frac{M_f}{M_c} \times 100$$

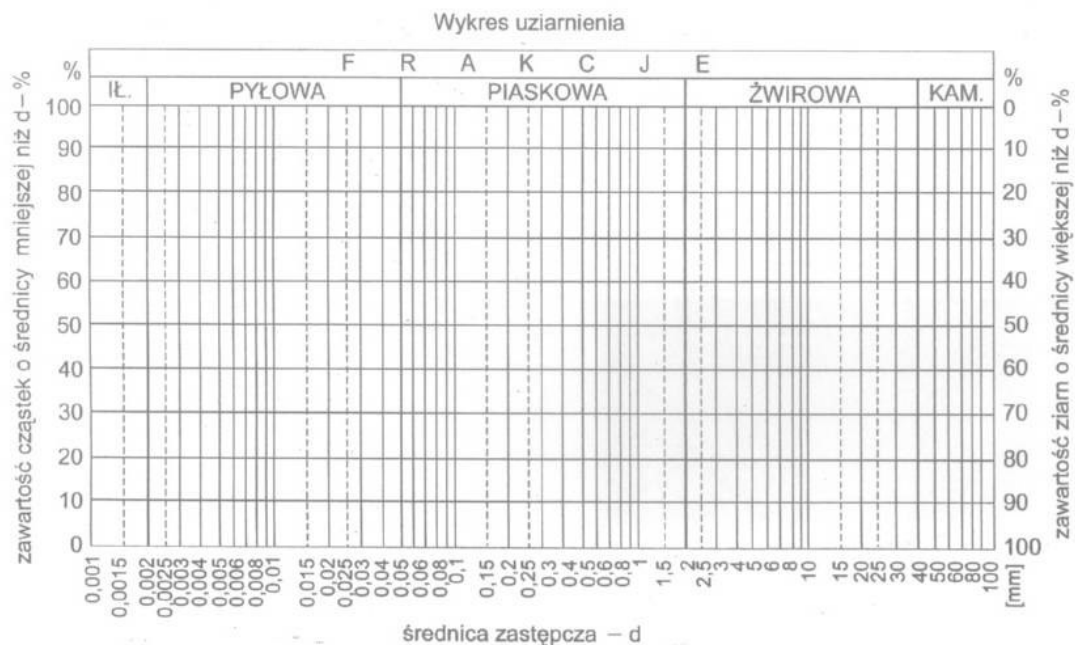
M_f – masa próbki na danym sicie [g]

M_c - ogólna masa próbki [g]

Wyniki należy przedstawić w formie tabelarycznej (Tabela 2) i graficznej, jako krzywą uziarnienia (Rys. 1).

Tabela 2. Wyniki oznaczania składu granulometrycznego gleby metodą sitową.

L.p.	Frakcja [mm]	Masa frakcji [g]	Udział procentowy [%]
1			
2			
3			
...			
		Razem:	Razem:



Rys. 1. Krzywa uziarnienia (kumulatywna) badanego utworu mineralnego.

OPIS TEORETYCZNY

Mineralną część gleby (mineralny utwór glebowy) stanowią pozostające w różnym stopniu rozdrobnienia:

- okruchy skały macierzystej,
- minerały.

Główne składniki mineralne to:

- krzemiany i glinokrzemiany pierwotne,
- minerały ilaste,
- tlenki glinu i żelaza,
- kalcyt.

Ze względu na stopień rozdrobnienia mineralna część fazy stałej gleby dzieli się na frakcje granulometryczne. Frakcja granulometryczna to zbiór ziaren o średnicach mieszczących się w przedziale liczb granicznych, wyznaczających najmniejszą i największą średnicę zastępczą. Średnica zastępcza ziaren to średnica kuli, która w ośrodku dyspersyjnym podczas analizy sedymentacyjnej opadałaby z taką samą prędkością, jak cząstka rzeczywista przyjmując, że gęstości kuli i cząstek rzeczywistych są identyczne.

Uproszczona klasyfikacja utworów mineralnych wg polskiej normy PN-R-04033 (obowiązująca od stycznia 1998):

Części szkieletowe > 2,0 mm

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| 1) Frakcja kamienista | > 75,0 mm |
| 2) Frakcja żwirowa | 2,0 mm– 75,0 mm |

Części ziemiste < 2,0 mm

- | | |
|---------------------|-------------------|
| 1) Frakcja piaskowa | 0,05 mm –2,0 mm |
| 2) Frakcja pyłowa | 0,002 mm –0,05 mm |
| 3) Frakcja iłowa | < 0,002 mm |

W zależności od procentowego udziału w glebie poszczególnych frakcji granulometrycznych mineralne utwory glebowe dzieli się na grupy i podgrupy granulometryczne.

Podział w zależności od procentowej zawartości części szkieletowych:

- utwory szkieletowe (> 60%)
- utwory szkieletowate (5 – 60%)
- zwykłe (<5%)

Utwory te podlegają dalszym podziałom w zależności od udziału poszczególnych frakcji.

Utwory zwykłe dzieli się na grupy:

1. piaski,
2. gliny,
3. ił,
4. pyły,

Utwory zawierające piasek dzieli się na:

-gruboziarniste (25% i więcej piasku b. grubego i grubego oraz mniej niż 50% piasku o innej granulacji)

-średnioziarniste (25% i więcej piasku b. grubego, grubego i średniego oraz mniej niż 50% piasku drobnego i b. drobnego)

-drobnoziarniste (50% i więcej piasku drobnego lub mniej niż 25% piasku b. grubego, grubego i średniego oraz mniej niż 50 % piasku b. drobnego)

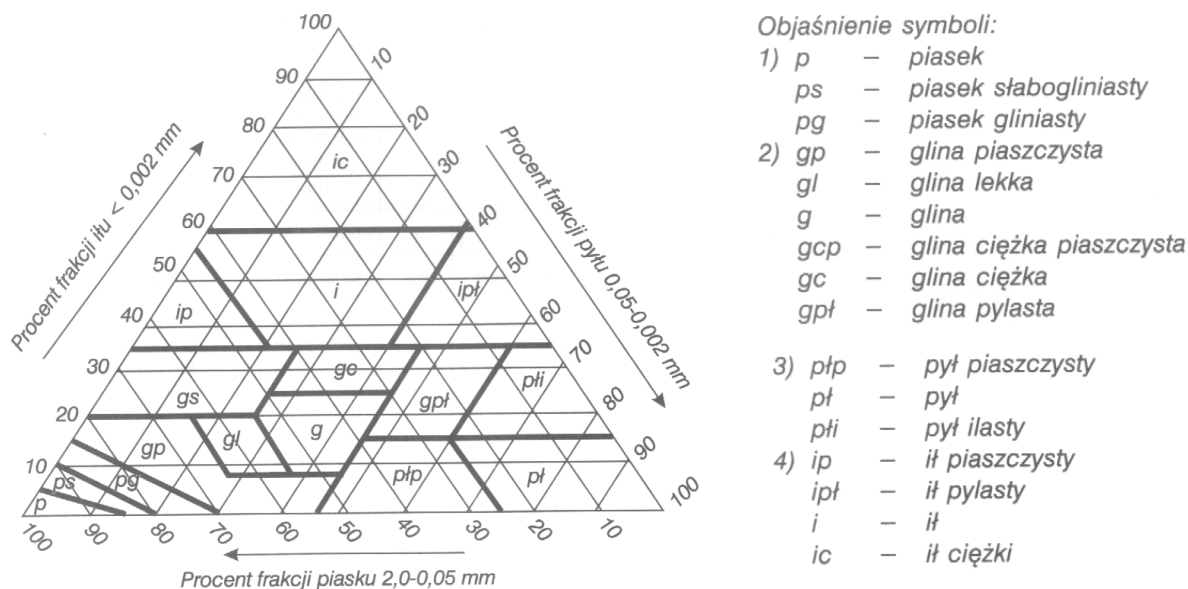
-b. drobnoziarniste (50% i więcej piasku b. drobnego)

Szczegółowe zasady podziału utworów mineralnych na grupy granulometryczne przedstawia Tabela 3.

Tabela 3. Podział utworów mineralnych na grupy i podgrupy granulometryczne według PN-R-04033.

Grupy granulometryczne	Podgrupy granulometryczne	Symbole	Zawartość frakcji w procentach		
			piasku od 2,0 do 0,05 mm (p)	pyłu od 0,05 do 0,002 mm (pł)	ilu poniżej 0,002 mm (i)
Piaski	piasek	p	powyżej 85	¹⁾ $\sum(\% p\text{ł} + 3 \times \% i) < 15$	
	piasek słabogliniasty	ps	od 80 do 95	$\sum(\% p\text{ł} + 3 \times \% i) > 15$	
	piasek gliniasty	pg	od 70 do 90	$\sum(\% p\text{ł} + 2 \times \% i) < 20$ $\sum(\% p\text{ł} + 2 \times \% i) > 20$	
Gliny	glina piaszczysta	gp	do 85	$\sum(\% p\text{ł} + 2 \times \% i) > 30$ od 8 do 20	
	glina lekka	gl	od 47 do 78	od 15 do 45	od 0 do 7
	glina	g	od 55 do 65	od 15 do 37	od 8 do 20
	glina średnia	gs	od 30 do 55	od 25 do 45	od 8 do 25
	glina ciężka	gc	od 40 do 80	od 0 do 25	od 20 do 35
	glina pylasta	gpł	od 20 do 50	od 25 do 45	od 25 do 35
Pyły	pył piaszczysty	płp	od 5 do 40	od 45 do 60	od 15 do 35
	pył	pł	od 25 do 55	od 45 do 75	od 0 do 15
	pył ilasty	płi	od 0 do 25	powyżej 60	od 0 do 15
Iły	ił piaszczysty	ip	od 0 do 25	od 60 do 85	od 15 do 35
	ił pylasty	ipł	od 45 do 65	od 0 do 20	od 35 do 55
	ił	i	od 0 do 25	od 40 do 65	od 35 do 60
	ił ciężki	ic	od 0 do 45	od 0 do 40	od 35 do 60
			od 0 do 40	od 0 do 40	powyżej 60

Podział mineralnych utworów zwykłych na grupy i podgrupy granulometryczne może być także przedstawiony w formie graficznej (Rys. 2).

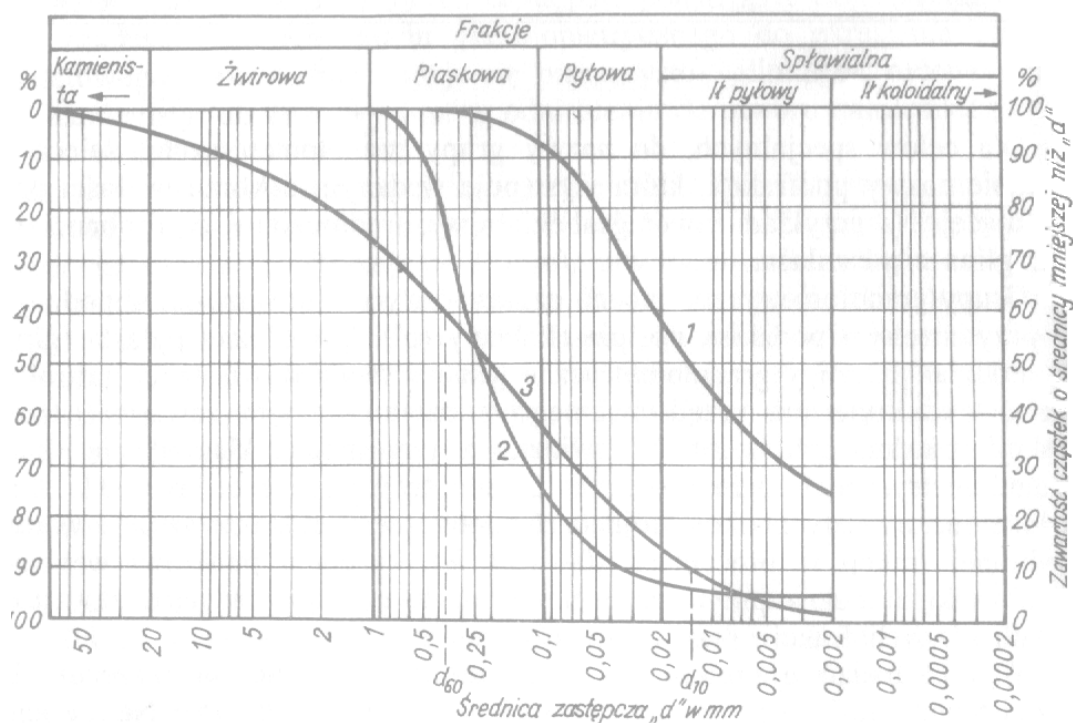


Rys. 2. Graficzne przedstawienie (trójkąt Fereta) podziału mineralnych utworów zwykłych na grupy i podgrupy granulometryczne wg PN-R-04033.

Metody analizy składu granulometrycznego (analizy uziarnienia) gleby:

- 1) sitowe - do rozdzielania części szkieletowych $>2\text{mm}$ (kamienie i żwir) oraz frakcji piasku. Rozdzielanie na sucho lub przemywanie strumieniem wody odważonej porcji gleby przez zestaw sit o określonej średnicy oczek. Zawartość pozostających na poszczególnych sitach frakcji oblicza się w procentach wagowych w stosunku do całkowitej masy próbki wziętej do analizy.
- 2) szlamowania: a) przepływowe przydatne do analizy utworów lżejszych, rzadko dziś stosowane, elementem rozdzielającym badany utwór na frakcje jest strumień wody, o stałej i znanej prędkości początkowej, przepływający przez szereg naczyń o coraz większej średnicy oraz b) sedymentacyjne – obecne często wykorzystywane, które wykorzystują zależność pomiędzy wielkością cząstek glebowych a prędkością ich opadania w wodzie stojącej, przy założeniu, że cząstki te mają kształt zbliżony do kulistego i podobną gęstość. Należy tu metoda Bouyoucosa w modyfikacji Cassagrande'a i Prószyńskiego.
- 3) odwirowywania- przydatne do rozfrakcjonowania części najdrobniejszych. Wykorzystują siłę odśrodkową wirówek.

Wyniki analizy granulometrycznej mogą być opisane w tabeli (jako zestawy liczb określających procentowy udział poszczególnych frakcji albo w formie graficznej, w postaci krzywej uziarnienia (na osi X – średnice cząstek w mm w podziałce logarymicznej, na osi Y procentowa zawartość frakcji, dodając kolejno następną zawartość do sumy poprzednich). Przykładowe krzywe uziarnienia przedstawia Rys. 3.



Rys. 3. Krzywe uziarnienia iltu pylastego (1), piasku słabo gliniastego (2) i piasku gliniastego mocnego, pylastego (Dobrzański, Zawadzki, 1995).

Ćwiczenie nr 2

OZNACZANIE SKŁADU GRANULOMETRYCZNEGO GLEB METODĄ AREOMETRYCZNĄ BOUYOUCOSA W MODYFIKACJI CASSAGRANDE'A I PRÓSZYŃSKIEGO

CEL

Oznaczenie składu granulometrycznego gleby mineralnej metodą sedymentacyjną, przy pomocy areometru Prószyńskiego.

ZAKRES

Rozdzielenie próbki glebowej (lub utworu mineralnego) na frakcje granulometryczne na podstawie różnego tempa opadania cząstek o różnej wielkości w zawieszynie wodnej.

APARATURA I PRZYRZĄDY

- waga
- łódeczka do ważenia substancji
- areometr glebowy wg Prószyńskiego
- cylindry miarowe o objętości 1000 ml (średnica 6 cm)
- stoper
- termometr
- duży korek gumowy do zatykania cylindra
- bagietka
- tryskawka
- kroplomierz lub pipeta
- zlewka 800 -1000 ml
- pipeta 20 ml

ODCZYNNIKI

- alkohol amylowy (lub inny)
- peptyzator (calgon - 35,7 g heksametametfosforanu sodu oraz 7,94 węglanu sodu (Na_2CO_3) rozpuścić w wodzie destylowanej i dopełnić do 1000 ml),

WYKONANIE ĆWICZENIA

A. PRZYGOTOWANIE PRÓBEK GLEBOWYCH

1. Powietrznie suchą glebę przesiać przez sito o wielkości oczek 2,0 mm.

2. Odważyć odpowiednią naważkę gleby (według Tabeli 4), wsypać do zlewki, zalać wodą destylowaną w ilości 600 ml i dodać pipetą 20 ml peptyzatora (w celu dyspersji agregatów glebowych).

Tabela 4. Dobór wielkości naważki w zależności od rodzaju gleby.

Rodzaj gleby	Odważka (w przeliczeniu na suchą masę) [g]
Gleby glinaste	20
Gleby gliniaste zawierające do 60% frakcji piasku	40
Gleby gliniaste i piaszczyste zawierające od 61 do 80% frakcji piaski	80
Gleby zawierające powyżej 80% frakcji piasku	120

3. Zawiesinę mieszać używając mieszadła magnetycznego lub rotacyjnego przez określony czas podany w Tabeli 5.

Tabela 5. Czas mieszania zawiesiny glebowej w zależności od rodzaju gleby.

Rodzaj gleby	Czas mieszania [minuta]
Gleba piaszczysta	5
Gleba gliniasta	10
Gleba ilasta	15

4. Po zakończeniu mieszania zawiesinę glebową przenieść ilościowo do cylindra miarowego 1000 ml i dopełnić do kreski wodą destylowaną. Przy usuwaniu cząstek zawiesiny ze ścianek zlewki posłużyć się tryskawką.
5. Cylinder z zawiesiną badanej próbki oznaczyć literą Z.

B. PRZYGOTOWANIE ROZTWORU POPRAWKOWEGO:

1. Do cylindra miarowego 1000 ml wlać ok. 800 ml wody destylowanej, następnie dodać pipetą 20 ml peptyzatora,
2. Mieszając uzupełnić cylinder wodą destylowaną do kreski (dla oznaczeń seryjnych przygotowuje się jeden roztwór poprawkowy).
3. Oznaczyć cylinder literą O.

C. WYZNACZANIE WŁAŚCIWEGO CZASU ODCZYTÓW – TEST PRÓBNY

1. Sprawdzić temperaturę w obu cylindrach. Powinna być jednakowa. Różnica nie może przekraczać 1 °C. W przypadku większej różnicy jeden z roztworów należy schłodzić.
2. Jeżeli próbka glebową zawiera próchnicę, w celu usunięcia piany tworzącej się przy wytrząsaniu zawiesiny należy dodać do cylindra kilka kropel alkoholu

- amylowego. Taką samą ilość alkoholu dodaje się również do cylindra kontrolnego (aby wyrównać gęstość roztworów).
3. Cylinder z zawiesiną zamknąć gumowym korkiem i wstrząsnąć lub obracać do góry dnem przez pół minuty.
 4. Postawić cylinder na stole i od tego momentu liczyć czas (włączyć stoper).
 5. Po upływie 11 minut od chwili postawienia cylindra robi się pomiar areometrem w cylindrze z zawiesiną, a następnie po splukaniu areometru wodą destylowaną - w cylindrze z roztworem poprawkowym.
 6. Różnica tych odczytów daje przybliżoną zawartość procentową cząstek <0,02 mm w badanej glebie, co pozwoli znaleźć właściwą tablicę określania czasów pomiarów dla badanego utworu (Czasy należy odczytać z tablic zawartych w Ćwiczeniach z gleboznawstwa, a następnie z PN-R-04033).
 7. Odczytać czasy pomiarów i wpisać je do tabeli wyników (Tabela 6).

D. WYKONANIE WŁAŚCIWEGO POMIARU

1. Zamknąć cylinder z zawiesiną korkiem i wstrząsnąć lub odwracać do góry dnem przez pół minuty
2. Postawić cylinder na stole, zwalniając stoper.
3. Okorkować cylinder.
4. Jeżeli utworzy się piana dodać kilka kropli alkoholu amylowego - do obu cylindrów.
5. Około ½ minuty przez wyznaczonym czasem odczytu ostrożnie włożyć areometr do cylindra, tak aby nie balansował zbyt silnie.
UWAGA! Areometr nie powinien być zanurzony w cylindrze dłużej niż przez 1 minutę (aby zapobiec osiadaniu cząstek na bańce areometru).
6. W wyznaczonym czasie odczytać wynik na skali areometru (w miejscu przecięcia z powierzchnią cieczy w cylindrze), nie dotykając areometru. Zapisać wynik w tabeli 6.
7. Areometr wyjąć i splukać wodą destylowaną. Wykonać odczyt w roztworze porównawczym.
8. W odpowiednim czasie powtórzyć czynności z pkt. 5, 6 i 7.

Wyniki należy przedstawić w tabeli 6 (wg normy PN-R-04032).

We wnioskach należy określić w przybliżeniu (na ile pozwalają na to niepełne wyniki pomiarów ze względu na zbyt krótki czas wykonania oznaczenia) grupę granulometryczną na podstawie trójkąta Fereta (wg normy PN-R-04033) przedstawionego w opisie teoretycznym do poprzedniego ćwiczenia.

Tabela 6. Wyniki oznaczeń składu granulometrycznego badanego utworu mineralnego.

Lp.	Wykaz pozycji zapisu	zapis
1	Numer laboratoryjny gleby	
2	Numer tablicy Prószyńskiego	
3	Temperatura zawiesiny (°C)	
4	Odczyt O ¹⁾	
5	Termin odczytu	
6	Odczyt I (0,05 mm)	
7	Odczyt O	
8	Termin odczytu	
9	Odczyt II (0,02 mm)	
10	Temperatura zawiesiny (°C)	
11	Odczyt O	
12	Termin odczytu	
13	Odczyt III (0,005 mm)	
14	Temperatura zawiesiny (°C)	
15	Odczyt O	
16	Termin odczytu	
17	Odczyt IV (0,002 mm)	
18	Zawartość cz. < 0,05 mm w % (lp. 6–lp. 4)	
19	Zawartość cz. < 0,02 mm w % (lp. 9–lp. 7)	
20	Zawartość cz. < 0,005 mm w % (lp. 13–lp. 11)	
21	Fracja < 0,002 mm w % (lp. 17–lp. 15)	
22	Fracja < (0,002 do 0,005) mm w % (lp. 20–lp. 21)	
23	Fracja < (0,005 do 0,02) mm w % (lp. 19–lp. 20)	
24	Fracja < (0,02 do 0,05) mm w % (lp. 18–lp. 19)	
25	Fracja < (0,05 do 2,0) mm w % (100–lp. 18)	
¹⁾ Roztwór porównawczy O (zerowka)		

OPIS METODY

Metoda ta wykorzystuje zależność pomiędzy wielkością cząstek glebowych a prędkością ich opadania w wodzie stojącej, przy założeniu, że cząstki te mają kształt zbliżony do kulistego i podobną gęstość. Polega ona na pomiarze areometrem gęstości wstępnie spreparowanej zawiesiny glebowej w takich odstępach czasu, w jakich z tej zawiesiny opadają kolejno frakcje cząstek glebowych o określonej (coraz mniejszej) średnicy. Klasyczna metoda sedymentacyjna wymaga skomplikowanych przeliczeń i wykresów. Uproszczenie metody zostało dokonane przez Prószyńskiego. Na podstawie wielu analiz różnych utworów glebowych wprowadził on własnej konstrukcji areometr, który pozwala na bezpośredni odczyt zawartości procentowej cząstek zawieszonych mniejszych od danej średnicy, a nie gęstości zawiesiny (co ma miejsce w przypadku użycia zwykłego areometru). Zawartość procentowa cząstek zawieszonych jest różnicą wartości odczytu zrobionego w zawieszynie z badaną próbką i wartości odczytu dokonanego w roztworze poprawkowym. Prószyński opracował także tabele sedymentacji dla poszczególnych utworów glebowych (uwzględniając zawartość części spławialnych i temperaturę). Podał w nich czasy, po upływie których dokonane areometrem pomiary pozwolą wyliczyć procentowy udział poszczególnych frakcji w badanej

glebie. Średnice cząstek podane w tabelach są średnicami zastępczymi a nie rzeczywistymi cząstek.

Na początku analizy wszystkie cząstki zawieszono w wodzie (stanowią 100%). Czas opadania cząstek o różnych średnicach jest inny i został wyznaczony przez Prószyńskiego. Wiadomo, że po ok. 2 min. (pierwszy odczyt) opadają cząstki o wymiarach $>0,05$ mm. Reszta cząstek pozostaje w zawieszynie. W porównaniu z roztworem porównawczym, który wykazał wartość np. 40, w zawieszynie uzyskujemy odczyt o wyższej wartości np. 121 (ze względu na koncentrację cząstek). Różnica $121\% - 40\% = 81\%$ daje wartość procentową cząstek zawieszonych w wodzie, mających średnicę $<0,05$ mm (większe opadły). Skoro w zawieszynie pozostało 81% cząstek to opadło 19% ($100\% - 81\%$). Frakcja $>0,05$ mm stanowi więc 19%. Drugi odczyt robimy w momencie gdy z zawiesziny opadną cząstki $>0,02$ mm. W zawieszynie pozostaną więc cząstki mniejsze od 0,02 mm. Tak jak poprzednio liczymy różnicę odczytu areometru w zawieszynie (np. 93) i roztworze porównawczym (40). Uzyskujemy udział procentowy cząstek zawieszonych mniejszych od 0,02 mm., który wynosi $93\% - 40\% = 53\%$. Przed opadnięciem cząstek większych od 0,02 mm w zawieszynie było 81% wszystkich cząstek. Jeśli od nich odejmiemy zawartość cząstek opadłych w chwili II odczytu to uzyskamy udział procentowy frakcji 0,02-0,05 mm. Wynosi on $81\% - 53\% = 28\%$. Kolejne pomiary pozwalają na dalsze rozfrakcjonowanie sedimentu na coraz drobniejsze frakcje.

Ćwiczenie nr 3

WYZNACZANIE WILGOTNOŚCI OPTYMALNEJ GRUNTU

CEL

Wyznaczenie wilgotności gruntu, przy której szkielet gruntowy ulega największemu zagęszczeniu.

ZAKRES

Wyznaczenie wilgotności optymalnej próbki gruntu za pomocą testu Proctora. Każda grupa laboratoryjna wykonuje test przy trzech różnych wilgotnościach. Po wykonaniu ćwiczenia przez wszystkie grupy wykonuje się wykres zależności wilgotności i gęstości szkieletu gruntowego, na podstawie którego odczytuje się wilgotność optymalną danego gruntu.

APARATURA I PRZYRZĄDY

- Aparat do zagęszczania (aparat Proctora) z cylindrem o objętości $1,0 \text{ dm}^3$,
- waga laboratoryjna,
- naczynie o objętości $8-10 \text{ dm}^3$,
- naczynie z wodą destylowaną ($60 - 150 \text{ cm}^3$ zależnie od spoistości gruntu),
- nóż,
- parowniczkę lub naczynka wagowe do oznaczania wilgotności,
- suszarka,
- eksykator,

WYKONANIE OZNACZENIA

PRZYGOTOWANIE MATERIAŁU DO BADAŃ.

1. Do badań bierzemy powietrznie suchą próbkę gruntu. Masa próbki w stanie powietrznie suchym powinna wynosić $2,5-3 \text{ kg}$ na 1 dm^3 objętości cylindra.
2. Wysuszoną próbkę rozdrabniamy za pomocą tłuczka z gumową nasadką i przesiewamy przez sito o średnicy oczek 6 mm . Pozostałość na sicie ważymy i oznaczamy jej procentową zawartość w próbce.
3. Do przesianej próbki dolewamy wody destylowanej (lub wody o składzie zbliżonym do składu wody gruntowej na danym obszarze) w ilości 60 cm^3 dla gruntów niespoistych (sypkich) i $100-150 \text{ cm}^3$ dla gruntów spoistych, licząc na 1 dm^3 objętości.
4. Próbkę umieszczamy w szczelnie zamkniętym naczyniu na co najmniej 15 godzin.

PRZEBIEG OZNACZENIA

1. Ważymy cylinder wraz z podstawką (bez nadstawki). Masę oznaczamy (m_t)
2. Umieszczamy cylinder z podstawką w aparacie Proctora i przymocowujemy go dwiema śrubami.
3. Umieszczamy pierwszą warstwę gruntu w cylindrze (ok. 7 - 8 cm). Wyrównujemy i lekko ugniatamy jej powierzchnię.
4. Ubijamy pierwszą warstwę gruntu, uderzając 25 razy ubijakiem o masie 2,5 kg z wysokości 320 mm, przesuając ubijak po każdym uderzeniu po obwodzie cylindra, tak aby cała powierzchnia gruntu miała kontakt z ubijakiem. Do ubijania stosuje się ubijaki ręczne lub mechaniczne.
5. Zdrapujemy nożem powierzchnię ubitej warstwy (aby uniknąć rozwarstwiania się gruntu po ubiciu kolejnej warstwy) i wsypujemy drugą warstwę gruntu. Wyrównujemy i lekko ugniatamy jej powierzchnię.
6. Zagęszczamy drugą warstwę w taki sam sposób jak pierwszą.
7. Po ubiciu drugiej warstwy na cylinder nakładamy nadstawkę. Znowu zdrapujemy nożem ubitą powierzchnię i wsypujemy tyle gruntu, aby po ubiciu trzeciej warstwy grunt wypełnił nadstawkę warstwą o grubości 5-10 mm.
8. Po wyrównaniu i lekkim ubiciu powierzchni trzeciej warstwy zagęszczamy ją ubijakiem, jak warstwy poprzednie.
9. Po zakończeniu ubijania ostatniej warstwy wyjmujemy cylinder z aparatu i zdejmujemy nadstawkę. Nadmiar gruntu ścinamy nożem równo z krawędzią cylindra, zawsze od środka w stronę krawędzi.
10. Po oczyszczeniu zewnętrznych ścianek cylindra i jego podstawy ważymy cylinder z gruntem (m_{wt} [g]) i oznaczamy gęstość objętościową gruntu (ρ [g/cm³]).
11. Po wyjęciu gruntu z cylindra do parownicy pobieramy z kilku miejsc próbki o łącznej masie co najmniej 50 g dla piasków i pyłów oraz co najmniej 30 g dla gruntów drobniej uziarnionych, w celu oznaczenia wilgotności. Dalsze postępowanie opisane jest w dalszej części instrukcji (patrz: OZNACZANIE WILGOTNOŚCI WAGOWEJ).
12. Następnie do pozostałej, rozdrobnionej masy gruntu dodajemy tyle wody destylowanej, aby wilgotność gruntu zwiększyła się o 1,0-2,0%.
13. Przygotowany grunt mieszamy i zagęszczamy ponownie w aparacie Proctora. Obliczamy jego gęstość objętościową ρ [g/cm³] i wilgotność W [% wag.].
14. Opisane w pkt 11-13 czynności należy powtarzać do chwili, gdy masa cylindra z gruntem zacznie się wyraźnie zmniejszać.
15. Uzyskane dane notujemy w specjalnym formularzu.

OZNACZENIE WILGOTNOŚCI GRUNTU

1. Ważymy parowniczkę lub naczynko wagowe (m_t [g]).

2. Próbkę gruntu umieszczamy w parownicze i ważymy wraz z nią z taką samą dokładnością (m_{mt} [g]).
3. Zważoną próbkę wkładamy do suszarki i suszymy w temperaturze 105°C przez 24 godz.
4. Po wysuszeniu wyjmujemy i chłodzimy próbkę w eksykatorze, a następnie ważymy (m_{st} [g]).
5. Obliczamy wilgotność wagową z wzoru {1}:

$$W = \frac{m_{mt} - m_{st}}{m_s} = \frac{m_{mt} - m_{st}}{m_{st} - m_t} 100\% \quad [\%] \quad \{1\}$$

gdzie W – wilgotność [% wag.]
 m_s – masa gruntu suchego [g]
 m_{mt} – masa gruntu wilgotnego wraz z parowniczką [g]
 m_{st} – masa gruntu po wysuszeniu wraz z parowniczką [g]

OBLICZANIE GĘSTOŚCI OBJĘTOŚCIOWEJ SZKIELETU GRUNTOWEGO

1. Obliczamy wilgotności poszczególnych próbek gruntu (według równania [1]).
2. Obliczamy gęstość objętościową gruntu ρ po każdym cyklu zagęszczania (przy różnych wilgotnościach gruntu) według wzoru {2}:

$$\rho = \frac{m_m}{V} = \frac{m_{wt} - m_t}{V} \quad [g/cm^3] \quad \{2\}$$

gdzie ρ - gęstość objętościowa gruntu [g/cm^3]
 m_m – masa gruntu w cylindrze
 m_{wt} - masa cylindra z gruntem [g]
 m_t - masa pustego cylindra [g]
 V - objętość cylindra [cm^3]

3. Obliczamy gęstość objętościową szkieletu gruntowego ρ_d ze wzoru {3}

$$\rho_d = \frac{\rho \cdot 100}{100+W} \quad [g/cm^3] \quad \{3\}$$

gdzie ρ_d - gęstość objętościowa szkieletu gruntowego
 ρ - gęstość objętościowa gruntu [g/cm^3]
 w - wilgotność [% wag.]

wzór ten wyraża zależność gęstości objętościowej szkieletu gruntowego od gęstości objętościowej gruntu oraz wilgotności (które to parametry zostały wcześniej obliczone). Wzór ten został wyprowadzony ze wzoru na $\rho_d = m_s/V$, po przekształceniach wzorów na gęstość $\rho = (m_s + m_w)/V$ i wilgotność $W = 100 m_w/m_s$.

4. Sporządzamy wykres zależności ρ_d od W . Odczytujemy z niego wartość wilgotności optymalnej W_{opt} (wartość wilgotności odpowiadająca największemu uzyskanemu zagęszczeniu gruntu, wyrażonemu maksymalną wartością gęstości objętościowej szkieletu gruntowego ρ_{ds})

OPIS METODY

Metoda polega na wyznaczeniu, takiej wartości wilgotności gruntu, przy której uzyskuje on największe zagęszczenie. Zagęszczenie gruntu jest tym większe, im większa jest gęstość objętościowa szkieletu gruntowego. Gęstością objętościową szkieletu gruntowego nazywamy stosunek masy cząstek mineralnych, znajdujących się w danej próbce do objętości całkowitej próbki.

Wraz z zagęszczeniem rośnie ilość ziaren lub cząstek, stanowiących szkielet gruntowy, przypadająca na jednostkę objętości. Tym samym zmniejsza się ilość porów, czyli wolnych przestrzeni między ziarnami (maleje porowatość).

Zagęszczenia tego samego gruntu uzyskane, przy różnych wilgotnościach, przy użyciu takiej samej energii, nie są jednakowe. Istnieje pewna wartość wilgotności, nazywana wilgotnością optymalną gruntu (w_{opt}), przy której grunt ubijany w sposób znormalizowany uzyskuje maksymalną gęstość objętościową szkieletu gruntowego (ρ_{max} , ρ_{ds}), czyli maksymalne zagęszczenie. Wilgotność optymalna zależy przede wszystkim od składu granulometrycznego. Przyjmuje ona większe wartości w gruntach drobniej uziarnionych niż w grubo uziarnionych.

Badanie wilgotności optymalnej wykonuje się w przypadku gruntów, które wymagają zagęszczenia, na przykład przy doborze materiałów stosowanych do uszczelnień (np. dna i czasze składowisk odpadów, dna zbiorników wodnych), do budowy różnego rodzaju zapór ziemnych, obiektów hydrotechnicznych (wały przeciwpowodziowe,) nasypów, przy badaniu gruntów pod nawierzchnie drogowe, place, itp. Przy budowie tego typu obiektów zagęszczenie gruntu powinno być możliwie jak największe. Zagęszczenie danego gruntu jest tym większe, im większa jest gęstość objętościowa szkieletu (ρ_d). uzyskuje się to wówczas, gdy w jednostce objętości jest więcej ziaren gruntu, a tym samym mniej porów gruntowych. Zagęszczenie gruntu uzyskuje się poprzez ubijanie. Dla tej samej energii użytej do zagęszczania tego samego gruntu, można uzyskać różne zagęszczenie. Jest to zależne od wilgotności gruntu. Wilgotność, dla której grunt zagęszczony w sposób znormalizowany uzyskuje największą wartość, nazywamy wilgotnością optymalną. Wartość wilgotności optymalnej dla różnych rodzajów gruntów jest różna i należy ją wyznaczać doświadczalnie. Standardy przyjęte przy badaniu wilgotności optymalnej zależą od celu do którego grunt będzie wykorzystany. W przypadku badań gruntów, które poddane będą zagęszczaniu bardzo ciężkim sprzętem standardy wykorzystywane w badaniu ulegają zmianie (większy cylinder, cięższy ubijak), większa wysokość opuszczania ubijaka, większa liczba uderzeń ubijaka, większa liczba warstw gruntu. W literaturze opisywane są cztery metody oznaczania wilgotności optymalnej różniące się przyjętymi standardami:

- Metoda I - polega na ubijaniu gruntu w małym cylindrze Proctora (o pojemności 1 dm³), w trzech równomiernych warstwach, za pomocą ubijaka ręcznego lub mechanicznego lekkiego (2,5 kg), opuszczanego z wysokości 320 mm. Każdą warstwę ubija się 25 uderzeniami ubijaka. Odpowiada to jednostkowej energii zagęszczenia wynoszącej 0,5886 J na 1 cm³ gruntu.
- Metoda II - polega na ubijaniu gruntu w dużym cylindrze Proctora (o pojemności 2,2 dm³), w trzech równomiernych warstwach, zagęszczając każdą z nich za pomocą ubijaka ręcznego lub mechanicznego lekkiego (2,5 kg), opuszczanego z wysokości 320 mm. Każdą warstwę ubija się 55 uderzeniami ubijaka. Odpowiada to jednostkowej energii zagęszczenia wynoszącej 0,5886 J na 1 cm³ gruntu.
- Metoda III - polega na ubijaniu gruntu w małym cylindrze Proctora (o pojemności 1 dm³), w pięciu równomiernych warstwach, za pomocą ubijaka ręcznego lub mechanicznego ciężkiego (4,5 kg), opuszczanego z wysokości 480 mm. Każdą warstwę ubija się 25 uderzeniami ubijaka. Odpowiada to jednostkowej energii zagęszczenia wynoszącej 2,6487 J na 1 cm³ gruntu.
- Metoda IV - polega na ubijaniu gruntu w dużym cylindrze Proctora (o pojemności 2,2 dm³), w pięciu równomiernych warstwach, za pomocą ubijaka ręcznego lub mechanicznego ciężkiego (4,5 kg), opuszczanego z wysokości 480 mm. Każdą warstwę ubija się 55 uderzeniami ubijaka. Odpowiada to jednostkowej energii zagęszczenia wynoszącej 2,6487 J na 1 cm³ gruntu.

Najczęściej stosowana w laboratoriach gruntoznawczych jest metoda I. Wykorzystuje następujące standardy:

- cylinder o objętości 1 dm³ (wys. 100 mm, średnica wewn. 112,8 mm),
- ubijak 2,5 kg (średnica 50,8 mm),
- wysokość opuszczania ubijaka 320 mm.
- liczba uderzeń ubijaka (25),
- liczba warstw gruntu 3.

Zakresy wartości wilgotności optymalnej i maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego charakterystyczne dla różnych rodzajów gruntu przedstawia tabela 7.

Tabela 7. Wilgotność optymalna i maksymalna gęstość szkieletu gruntowego gruntów o różnym uziarnieniu.

Rodzaj gruntu	W _{opt} [% wag.]	ρ _{ds} [g/cm ³]
Żwiry, piaski i pyły piaszczyste	6-12	2,1-1,8
Piaski gliniaste, gliny piaszczyste i gliny	7-12	2,1-1,8
Pyły i gliny pylaste	11-16	2,0-1,7
Gliny piaszczyste zwięzłe	9-13	2,0-1,8
Gliny zwięzłe i ły	12-18	1,9-1,7
Gliny pylaste zwięzłe i ły pylaste	13-22	1,8-1,6

Ćwiczenie nr 4

WYZNACZANIE CAŁKOWITEJ RETENCJI WODNEJ (MAKSYMALNEJ POJEMNOŚCI WODNEJ) GLEB

CEL

Określenie zdolności gleby do zatrzymania wody na podstawie wyznaczenia jej maksymalnej pojemności wodnej.

ZAKRES

Wyznaczenie pojemności wodnej gleb mineralnych o różnym uziarnieniu (piaszczystej i pylastej) oraz gleby organicznej lub kompostu.

APARATURA I PRZYRZĄDY

- waga
- łódeczka do ważenia substancji
- lejki
- cylindry miarowe (menzurki)
- bibuła filtracyjna lub wata

WYKONANIE ĆWICZENIA

1. Na dno 6 większych lejków wkładamy po kawałeczku waty (lub umieszczamy sączek) oraz wsypujemy po 100 g (m_s) suchych gleb (każdą z trzech materiałów w dwóch powtórzeniach).
2. Lejki wstawiamy do cylindrów miarowych i przesączamy przez glebę równe ilości wody, np. po 300 g (m_1)
UWAGA! Wlewamy wodę tak, aby zwilżyć równomiernie całą powierzchnię gleby, kilkakrotnie przelewając przesącz przez próbkę.

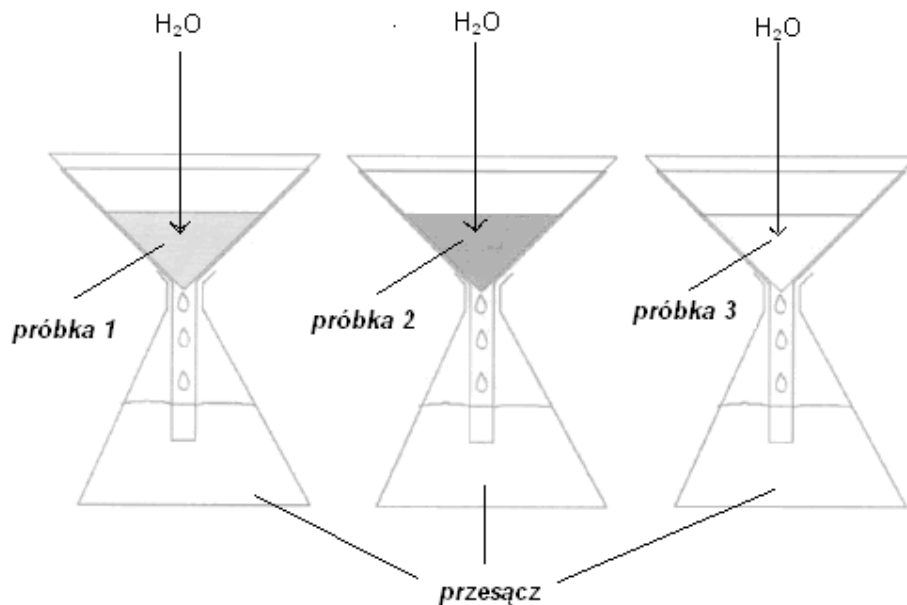
Schemat układu doświadczalnego przedstawia Rys. 4.

3. Po ustaniu odcieku odczytujemy ilość wody, która wypłynęła z badanej gleby do cylindra miarowego (m_2)
4. Na podstawie uzyskanych wyników obliczamy pojemność wodną obu badanych gleb:

$$PW = \frac{m_1 - m_2}{m_s} 100 \quad [\%]$$

gdzie:

- PW - pojemność wodna gleby [% wag],
- m_1 - masa wody, jaką zalano glebę (np. 300 g),
- m_2 - masa wody grawitacyjnej, która przeszła przez glebę,
- m_s - masa suchej gleby.



Rys. 4. Schemat układu do badań retencji wodnej materiałów glebowych

OPIS TEORETYCZNY

Zdolność gleby do zatrzymywania wody nazywa się retencją glebową. Maksymalna ilość wody, którą gleba może zatrzymać to retencja całkowita (maksymalna pojemność wodna). Jest to suma wszystkich rodzajów wody zawartej w glebie.

Polowa pojemność wodna (PPW) określa ilość wody, którą gleba może utrzymać przez dłuższy okres. Charakteryzuje ona stan po odpłynięciu wody grawitacyjnej, gdy wypełnione są pory o średnicy mniejszej od 30 μm .

Retencja użyteczna odnosi się do wody dostępnej dla roślin. Wyróżnia się wodę łatwo dostępną i trudno dostępną dla roślin. Woda dostępna dla roślin to woda wiązana przez glebę z siłą mniejszą niż siła ssąca korzeni i pozostająca w glebie na tyle długo, że roślina zdąży ją pobrać.

Dostępność wody dla roślin:

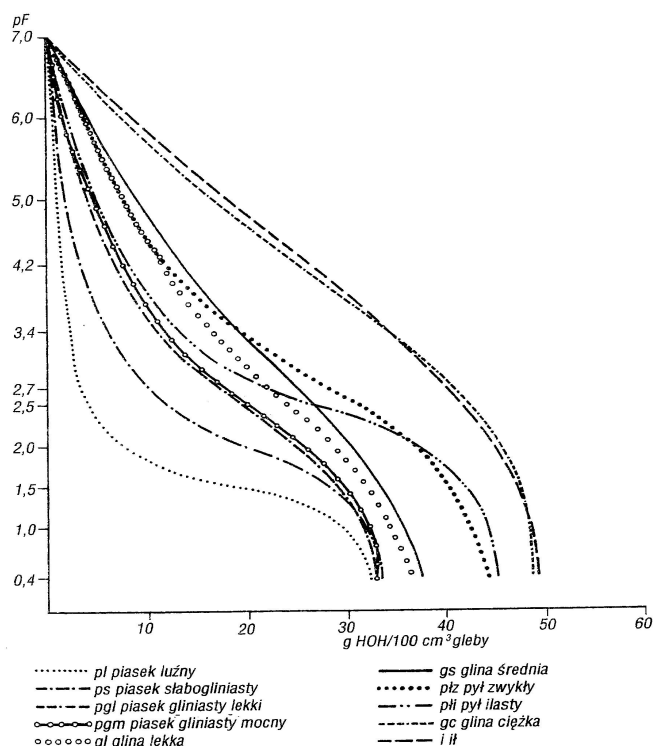
- woda infiltracyjna – w ograniczonym zakresie- do 3 dni po obfitych opadach
- woda kapilarna przywierająca – część wody, która jest zatrzymana siłą mniejszą niż siła ssąca korzeni,
- woda kapilarna właściwa,
- woda błonkowata – w niewielkiej ilości,

Maksymalna higroskopowość to największa ilość wody, jaką gleba może pochłoniąć z powietrza nasyconego niemal całkowicie (wilgotność względna 94-96%) parą wodną. Ten rodzaj wody zajmuje pory o średnicy $< 0,06 \mu\text{m}$.

Wilgotność trwałego wędnięcia to wilgotność, przy której gleba zatrzymuje wodę z siłą większą niż siła ssąca korzeni (siła ssąca korzeni nie przekracza $1,55 \times 10^4 \text{ hPa}$). Woda, która nie może być pobrana przez korzenie roślin wypełnia pory o średnicach $< 0,2 \mu\text{m}$.

Potencjał wody glebowej (siła ssąca gleby) – charakteryzuje stan energetyczny wody (wynik działania wielu sił w glebie: molekularnych, osmotycznych, grawitacyjnych) – może być zdefiniowana jako praca, którą należy wykonać, aby przenieść jednostkę masy lub objętości wody z gleby do wody swobodnej, mającej potencjał równy zero. Jednostki potencjału glebowego to najczęściej jednostki ciśnienia N/m^2 , pF, hPa, Bar, cm H_2O lub J/m^3 . Zgodnie z układem SI jest to Pa (N/m^2). W gleboznawstwie najczęściej stosowana jest to jednostka pF (logarytm z wysokości słupa wody mierzonej w cm, odpowiadającej ciśnieniu, z jakim woda jest wiązana w glebie).

Między potencjałem glebowym a wilgotnością gleby istnieje zależność, którą przedstawia krzywa sorpcji wody nazywana krzywą pF (Rys. 5).



5.18. Krzywe pF (krzywe sorpcji wody) dziesięciu gatunków mineralnych właściwych utworów glębowych (wg Zawadzkiego)

Rys. 5. Krzywe sorpcji wody różnych gatunków utworów mineralnych

W praktyce wyznacza się ją na podstawie wyników pomiarów ilości wody odsączającej się z gleby przy wywieraniu na nią określonego ciśnienia. Z krzywej tej można odczytać zawartość wody dostępnej dla roślin i wnioskować o charakterze stosunków wodno-powietrznych. Przy pełnym wysyceniu gleby wodą potencjał wodny pF równy jest zero, w miarę jej ubywania przyjmuje wartości ujemne, osiągając bezwzględne wartości dochodzące do 10^7 cm H_2O ($pF=7$).

Ćwiczenie nr 5

WYZNACZANIE WYSOKOŚCI MAKSYMALNEJ I SZYBKOŚĆ PODSIĄKU KAPILARNEGO W GLEBACH O RÓŻNYM UZIARNIENIU

CEL

Ocena wpływu uziarnienia materiału oraz zawartości substancji organicznej na wysokość maksymalną i szybkość uzyskania podsiąku maksymalnego.

ZAKRES

Wyznaczenie wysokości maksymalnej i szybkości jej uzyskania w trzech materiałach mineralnych różniących się składem granulometrycznym (drobny żwir, piasek, pył) bez i z dodatkiem substancji organicznej (np. kompostu).

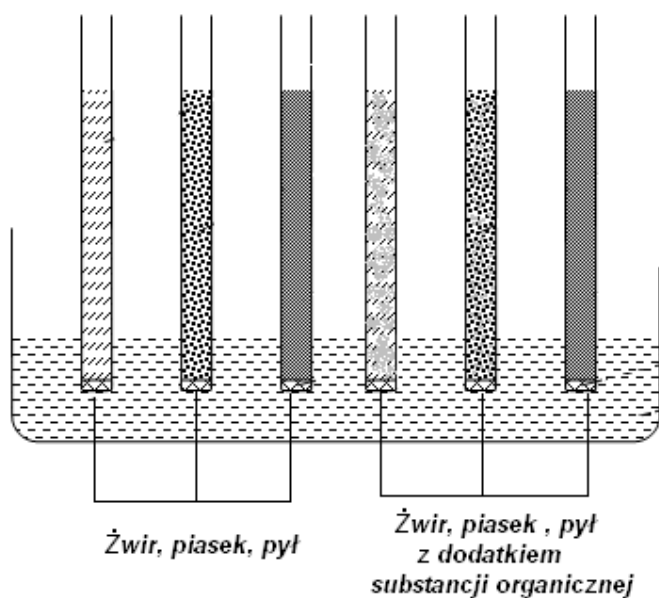
APARATURA I PRZYRZĄDY

- Rurki szklane o długości ok. 50 cm i średnicy przynajmniej 1 cm
- Gęsta gaza
- Gumki recepturki
- Zlewki
- Stojak na probówki
- Szerokie płaskie naczynie
- Lejek o szerokim przekroju
- Linijka
- Flamaster do szkła
- Stoper

WYKONANIE DOŚWIADCZENIA

1. Do trzech rurek szklanych o jednakowej długości i przekroju, z jednym końcem obwiązany gazą, wsypujemy, przy pomocy lejka, na jednakową wysokość trzy rodzaje wysuszonych materiałów mineralnych o znacznym zróżnicowaniu składu granulometrycznego np.
 - I – żwir
 - II – piasek
 - III – pył
2. Do trzech pozostałych rurek wsypujemy badane materiały po uprzednim zmieszaniu z kompostem lub podłożem organicznym w stosunku objętościowym 1:1.
3. Rurki z materiałami umocowujemy pionowo w statywie tak, aby dolny koniec każdej rurki, zamknięty gazą zanurzony był w wodzie (Rys. 6). Zaznaczamy na rurkach flamastrem poziom, do którego sięga woda.
4. Po upływie 10 min, 20 min, 30 min, 40 min, 50 min i 60 min oznaczamy

poziom, do jakiego podniosła się woda we wszystkich materiałach. Wyniki doświadczenia zapisujemy w tabeli 8.



Rys. 6. Badanie kapilarnych właściwości gleb

Tabela. 8. Wyniki badań kapilarnych właściwości różnych rodzajów gleb.

Lp.	Badany materiał	Poziom wody (cm) po czasie						Uwagi
		10min	20min	30min	40 min	50min	60 min	
1.	Żwir							
2.	Żwir + kompost							
3.	Piasek							
4.	Piasek + kompost							
5.	Pył							
6.	Pył + kompost							

Z przeprowadzonego doświadczenia wyciągamy wnioski na temat wpływu uziarnienia oraz dodatku materii organicznej na właściwości kapilarne materiałów mineralnych.

OPIS TEORETYCZNY

Właściwości kapilarne gleb mineralnych zależą głównie od uziarnienia utworu mineralnego gleby, które decyduje o charakterze sił działających na wodę w glebie. Podsiąk kapilarny w glebie jest tym wyższy im większy jest udział mikro- i mezoporów w całkowitej objętości przestrzeni wolnych. Przykładowo maksymalna wysokość podsiąkania kapilarnego mierzona w gruntach w piasku bardzo grubym (1-2 mm) wynosiła 6 cm, w piasku grubym (1-0,5 mm) wynosiła 13 cm, w pyle (0,02-0,05 mm) wynosiła 186 cm, w ile(fracja <0,002 mm) ponad 3000 cm.

Podsiąk kapilarny w glebach zależy również od struktury gleb oraz zawartości substancji organicznej. Woda kapilarna rekompensuje ubytki wody ze strefy korzeniowej

Woda kapilarna występuje w przestrzeniach wolnych o średnicach rzędu dziesiątych lub setnych mm. W takich warunkach pojawiają się siły kapilarne (włoskowate) objawiające się wciąganiem lub wypychaniem cieczy z kanałków glebowych. Siły te są zależne głównie od średnicy kapilar i napięcia powierzchniowego cieczy.

$$P_s = \frac{2\sigma}{R}$$

gdzie: P_s – ciśnienie kapilarne
 σ - napięcie powierzchniowe cieczy
 R - promień krzywizny menisku

Menisk może być wklęsły lub wypukły (w zależności od zwilżalności ścianek kapilary- gdy jest zwilżalna to menisk jest wklęsły, gdy niezwilżalna to jest on wypukły).

Efekt działania sił kapilarnych w glebie jest podsiąk kapilarny, mierzony wysokością słupa cieczy, który równoważy ciśnienie kapilarne. Zjawisko podsiąku kapilarnego w glebie ma duże znaczenie praktyczne (dostępność wody dla roślin, w przypadku braku opadów). Jego kształtowanie przypomina układ woda – szkło (menisk wklęsły, zjawisko zwilżania).

Oblicza się go z równania

$$H = \frac{4\sigma \cos \alpha}{\rho_w dg}$$

gdzie: H - wysokość słupa wody
 σ - napięcie powierzchniowe wody
 ρ_w – gęstość wody
 g - przyspieszenie ziemskie
 d – średnica kapilary
 α - kąt zwilżania

Podsiąk kapilarny zależy więc głównie odwrotnie proporcjonalnie od średnicy kapilary. Uproszczony wzór dla gleb:

$$H = \frac{0,3}{d}$$

przy przyjęciu, że $g = 981 \text{ cm/s}^2$, $\alpha = 0^\circ$, $\rho_w = 1 \text{ g/cm}^3$, $\sigma = 74 \text{ dyn/cm}$

Woda kapilarna właściwa ma połączenie z wodą gruntową, pochodzi z podsiąku kapilarnego. Dzieli się na wodę zamkniętą (strefa tej wody leży bezpośrednio nad zwierciadłem wód gruntowych, sięga do wysokości, do której woda wypełnia wszystkie kapilarne pory glebowe) i wodę otwartą (strefa tej wody sięga wyżej, tylko drobniejsze pory są wypełnione wodą pochodzącą z podsiąku, resztę wypełnia powietrze glebowe).

Woda kapilarna zawieszona (przywierająca) może pochodzić z opadów (siły utrzymujące wodę w kapilarze są nie mniejsze niż siły grawitacji) lub z podsiąku kapilarnego (utrata kontaktu z wodą gruntowo-glebową, np. pod wpływem szybkiego obniżenia się wód gruntowych)

Ćwiczenie nr 6

OZNACZENIE WILGOTNOŚCI WAGOWEJ I OBJĘTOŚCIOWEJ ORAZ ZASOLENIA GLEBY

CEL

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie wilgotności wagowej i objętościowej próbek glebowych oraz pomiar zasolenia roztworu glebowego.

ZAKRES

Zakres ćwiczenia obejmuje wyznaczenie wilgotności wagowej i objętościowej trzech materiałów glebowych. Wilgotność wagową oznacza się metodą straty masy podczas suszenia, zaś wilgotność objętościową oznacza się metodą TDR. Zakres ćwiczenia obejmuje również ocenę zasolenia gleby poprzez pomiar przewodnictwa elektrolitycznego roztworu glebowego.

APARATURA I SPRZĘT

- suszarka elektryczna
- waga analityczna (o dokładności 0,001g)
- naczynka wagowe (6 szt.)
- ekzykator wypełniony bezwodnym chlorkiem wapnia
- ręczny aparat TDR
- sondy TDR o różnych długościach (3 szt.)

WYKONANIE OZNACZENIA WILGOTNOŚCI OBJĘTOŚCIOWEJ

1. Umieszczamy sondę TDR w badanym materiale glebowym.
UWAGA! Cała długość drutów sondy powinna się znaleźć pod powierzchnią gleby. (głębokość pomiaru zależy od długości sondy). Należy uważać, aby nie powyginać drutów w sondach
2. Końcówkę przewodu połączonego z sondą, po odbezpieczeniu, umieszczamy w wyjściu aparatu TDR
3. Włączamy aparat i czekamy na odczyt (pomiar dokonywany jest automatycznie - na wyświetlaczu pojawi się wynik, dla wilgotności podany w procentach objętościowych; dla zasolenia w mg/l).
4. Wyniki zapisujemy w protokole pomiarowym (Tabele 9 i 10).
5. Po wykonaniu wszystkich pomiarów wykręcamy końcówkę sondy i zabezpieczamy ją za pomocą odpowiedniego zamknięcia.
6. Wyłączamy aparat.

Tabela 9. Pomiary wilgotności metodą TDR.

Rodzaj próbki	Nr sondy TDR	Głębokość umieszczenia sondy [cm]	W _o [%]

Tabela 10. Pomiary zasolenia metodą TDR.

Oznaczenie próbki	nr sondy TDR	głębokość umieszczenia sondy [cm]	Przewodność elektrolityczna [S/cm]	Zasolenie [mg/dm ³]

WYKONANIE OZNACZENIA WILGOTNOŚCI WAGOWEJ

UWAGA: Oznaczenie prowadzimy dla 3 materiałów glebowych w dwóch powtórzeniach każdy.

- Suche naczynka wagowe po odpowiednim oznaczeniu w kolejności od 1 do 6 ważymy przy pomocy wagi analitycznej z dokładnością do 0,001g. Wyniki zapisujemy w Tabeli 11 (**m_n**).
- Próbki gleb umieszczamy w naczynkach wagowych i ważymy przy pomocy wagi analitycznej (do oznaczenia pobieramy ok. 50 g gleby). Wynik zapisujemy w Tabeli 3 (**m_{gwn}**).
- Naczynka z glebą umieszczamy w suszarce i suszymy do stałej masy (ok. 10 godzin). W celach dydaktycznych suszenie można przeprowadzić w kuchence mikrofalowej w przeciągu 5 minut.
- Po wysuszeniu próbki gleb z naczynkami umieszczamy w eksykatorze na 30 minut w celu ostudzenia.
- Po wysuszeniu ponownie ważymy naczynka z glebą, a wyniki zapisujemy w Tabeli 3 (**m_{sn}**).
- Obliczamy masę gleby wilgotnej **m_{gw}** ($m_{gwn} - m_n$) i masę gleby suchej **m_s** ($m_{sn} - m_n$).
- Obliczamy masę wody zawartej w każdej próbce **m_w** ($m_{gw} - m_s$).
- Obliczamy wilgotność wagową gleby wg wzoru

$$W = (m_w / m_s) 100\% = ((m_{gw} - m_s) / (m_{sn} - m_n)) 100\%$$
- Po wykonaniu oznaczenia **porządkujemy stanowisko laboratoryjne.**

Tabela 11. Pomiary wilgotności wagowej metodą straty masy podczas suszenia

Oznaczenie próbki	Masa naczynka wagowego m_n [g]	Masa gleby wilgotnej z naczynkiem m_{gwn} [g]	Masa gleby suchej z naczynkiem m_{sn} [g]	Masa gleby wilgotnej m_{gw} [g]	Masa gleby suchej m_s [g]	Masa wody m_w [g]	W [%]
1							
2							
3							
4							
5							
6							

OPIS TEORETYCZNY

A. WILGOTNOŚĆ GLEBY

Woda glebowa, a właściwie roztwór wody glebowej jest jednym ze składników tworzących trójfazowy układ gleby, bierze udział we wszystkich zachodzących w glebie procesach, wywiera duży wpływ na życie roślin. Woda jest ważnym czynnikiem glebotwórczym. Wywiera bardzo duży wpływ na procesy wietrzenia, humifikację związków organicznych. Woda bierze udział w procesach deluwialnych i aluwialnych. Źródłem wody w glebie są głównie opady atmosferyczne, woda gruntowa i para wodna. Woda w glebie występuje w różnych postaciach. Woda w glebie podlega działaniu różnych sił (osmotycznych, kapilarnych, elektrostatycznych i grawitacji). Wyróżnia się wodę związaną chemicznie; wodę związaną siłami molekularnymi z ziarenkami gleby (woda higroskopowa i błonkowata); wodę kapilarną, zamkniętą w najmniejszych porach gruntu oraz wodę wolną wypełniająca pory glebowe o większych rozmiarach (woda grawitacyjna i gruntowa). Woda glebowa występuje również w postaci kryształków lodu i pary wodnej. Ilość i jakość wody glebowej są zróżnicowane i zależne od klimatu, rzeźby terenu, warunków hydrologicznych itp.

Wilgotność- określa ilość wody zawartej w glebie. Wyróżniamy:

1. Wilgotnością (wagową) obliczaną jako stosunek masy wody zawartej w glebie do masy fazy stałej:

$$W = \frac{m_w}{m_s} 100\% \quad [1]$$

gdzie:

W – wilgotność wagowa [%]

m_w – masa wody zawartej w próbce [g],

m_s – masa fazy stałej gleby [g]

2. Wilgotnością objętościową obliczaną jako stosunek objętości fazy ciekłej do objętości całej gleby:

$$W_o = \frac{V_w}{V} 100\%$$

gdzie:

W_o – wilgotność objętościowa [%],

V_w – objętość wody zawartej w próbce [cm^3],

V – objętość próbki [cm^3]

Metody pomiarowe. Do oznaczania wilgotności wagowej i objętościowej stosowana jest metoda suszarkowa. Wilgotność objętościową można wyznaczyć również w oparciu o metodę reflektometryczną (TDR).

Metoda suszarkowa polega na oznaczeniu masy (objętości) próbki gleby wilgotnej, suszeniu gleby w suszarce w temperaturze 105-110°C oraz na ponownym oznaczeniu masy (objętości) próbki. Oblicza się stąd masę (objętość) wody zawartej w próbce i wyraża jej ilość w stosunku do suchej masy próbki glebowej (objętości próbki).

Metoda reflektometryczna (Time Domain Reflectometry - TDR) – wykorzystuje właściwości dielektryczne gleby do pomiarów jej uwilgotnienia. Najważniejszą wielkością charakteryzującą makroskopowe właściwości dielektryków jest tzw. przenikalność elektryczna, opisywana stałą dielektryczną. Stała ta określa ile razy przenikalność danego ciała jest większa od przenikalności próżni. Woda ma względnie niezmienną stałą dielektryczną (wynoszącą ok. 81), dużo wyższą od stałej dielektrycznej fazy stałej gleby (ok. 4) i powietrza glebowego (ok. 1). Zmiana uwilgotnienia gleb jest więc ściśle skorelowana ze zmianą stałej dielektrycznej gleby, a pomiar stałej dielektrycznej staje się bezpośrednim pomiarem uwilgotnienia. Aparat mierzy czas rozchodzenia się fal w warstwie gleby. Im szybsze rozchodzenie się fal tym większa wilgotność.

Pomiar polega na wymuszaniu, na wejściu badanej linii przesyłowej, skoku napięcia (impulsu), co powoduje jego propagację wzdłuż tej linii. Następnie rejestrowany jest moment powrotu impulsu odbitego od nieciągłości w miejscu jego uszkodzenia. Do gleby wprowadza się odcinek linii transmisyjnej, zwany czujnikiem lub sondą w postaci dwu równoległych nieizolowanych metalowych prętów. Średnica pręta wynosi 0,8 mm; długość 53 mm; odstęp pomiędzy nimi 5 mm. Jeden z końców czujnika łączy się z generatorem impulsu elektromagnetycznego, biegnącego przez czujnik otoczony glebą - testowanym izolatorem. Energia elektryczna biegnie przez pręt izolowany glebą, a po dotarciu do końca czujnika odbija się i wraca w kierunku generatora. Obraz impulsu oraz jego odbicie widać na ekranie oscyloskopu. Im większa jest wilgotność gleby, tym mniejsza jest prędkość propagacji impulsu. Wynika to z większych odplywów energii do gleby. Mierząc czas dzielący momenty odbić impulsu od początku i od końca czujnika oraz znając długość czujnika, wyliczyć można wartość stałej dielektrycznej, a następnie uwilgotnienie gleby. Odpowiedź czujnika na pobudzenie impulsem elektrycznym otrzymuje się w postaci reflektogramu.

Aparat TDR służy również do równoczesnego pomiaru temperatury i zasolenia gleby, wyznaczanego na podstawie przewodności elektrycznej roztworu glebowego.

B. ZASOLENIE

Woda w glebie występuje w formie roztworu, który może mieć różne stężenie i skład chemiczny. Najczęściej występujące w roztworze glebowym jony to: H^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , HCO_3^- , Cl^- , NO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} . Ponadto w skład roztworu glebowego wchodzi również rozpuszczone substancje organiczne oraz gazy. Jednym ze składników roztworu są sole. Mówiąc o zasoleniu gleby mamy na względzie sole łatwo rozpuszczalne w wodzie. Należą do nich: chlorki, siarczany, węglany sodu, wapnia i potasu. Rozróżniamy zasolenie naturalne (rzadko spotykane w polskich glebach) oraz antropogeniczne. Źródłem zasolenia antropogenicznego mogą być opady atmosferyczne, nawozy mineralne, chemiczne środki do likwidacji śniegu i śliskości na jezdniach. Degradujące działanie zasolenia, czyli nadmiernej koncentracji roztworu glebowego skutkuje zmniejszeniem dostępności wody i składników pokarmowych dla roślin. Poza tym zasolenie powoduje naruszenie równowagi jonowej środowiska, obecność składników toksycznych i niekorzystny odczyn (silna alkalizacja lub nadmierne zakwaszenie).

Najpowszechniejszą metodą określania stężenia soli w roztworze glebowym jest pomiar przewodności elektrolitycznej właściwej λ (przewodnictwa). Sprowadza się on do zmierzenia oporu (ściśle jego odwrotności), czyli przewodnictwa wodnego ekstraktu gleby w naczyniu z elektrodami platynowymi lub czujnikom elektrolityczno-oporowym. Przewodność zależy od temperatury dlatego należy utrzymywać stałą temperaturę w czasie wykonywania pomiaru. Zmiana temp. o 1°C powoduje zmianę odczytu o 2 - 2,5%. Jednostką przewodności elektrolitycznej jest simens na centymetr (S/cm). Obecność NH_3 oraz CO_2 zwiększa przewodność elektrolityczną dlatego przed pomiarem powinny być one usunięte poprzez podgrzanie próbki.

Na podstawie wartości przewodności można obliczyć następujące wartości

- stężenie soli w roztworze: $640 \lambda [\text{mg}/\text{dm}^3]$
- stężenie soli w glebie: $0,064 \lambda W_w/100 [\%]$
- całkowitą ilość kationów: $10 \lambda [\text{cmol}(+)/\text{dm}^3]$
- ciśnienie osmotyczne roztworu $0,36 \lambda [\text{atm}]$

gdzie:

- W_w – zawartość wody w % wag. W paście glebowej
- λ -przewodność właściwa [mS/cm]

Ćwiczenie nr 7

OZNACZANIE GĘSTOŚCI OBJĘTOŚCIOWEJ I GĘSTOŚCI FAZY STAŁEJ GLEBY

CEL

Celem ćwiczenia jest oznaczenie gęstości fazy stałej oraz gęstości objętościowej materiału glebowego oraz obliczenie porowatości ogólnej tego materiału.

ZAKRES

Ćwiczenie obejmuje wykonanie pomiaru gęstości objętościowej (nasypowej) i gęstości fazy stałej jednego materiału glebowego w trzech powtórzeniach oraz obliczenie porowatości ogólnej tego materiału.

A. OZNACZENIE GĘSTOŚCI OBJĘTOŚCIOWEJ GLEBY

APARATURA I SPRZĘT

- Waga techniczna
- Suszarka
- Metalowe cylindry (100 cm³) z przykrywkami,
- Wciskacz, młotek

WYKONANIE OZNACZENIA

UWAGA! Oznaczenie prowadzimy w trzech powtórzeniach.

1. Ważymy puste metalowe cylindry z dolnymi przykrywkami i zapisujemy ich masy (a_1 , a_2 , a_3)
2. Pobieramy do cylindrów gleby o naruszonej strukturze
3. Suszymy cylindry z glebą (wraz z dolną podstawką) w temperaturze 105° C do stałej masy i ważymy
4. Opróżniamy cylindry
5. Obliczamy gęstość objętościową ze wzoru:

$$\rho_o = (b-a) / V \text{ [g cm}^{-3}\text{]}$$

gdzie: b- masa cylindra z glebą i dolną przykrywką
 a – masa pustego cylindra z dolną przykrywką
 V-objętość cylindra

B. WYKONANIE OZNACZENIA GĘSTOŚCI FAZY STAŁEJ GLEBY METODĄ PIKNOMETRYCZNĄ (PrPN-ISO 11508)

SPRZĘT I ODDCZYNNIKI:

- piknometry 20-50 cm³
- płyta grzejna
- waga analityczna (dokładność 0,1 g)
- woda destylowana

WYKONANIE OZNACZENIA

UWAGA! OZNACZENIE PROWADZIMY W TRZECH POWTÓRZENIACH.

1. Ważymy piknometr wraz z korkiem na wadze analitycznej (a)
2. wsypujemy do piknometru ok. 10 g suchej gleby i ważymy na wadze analitycznej (b)
3. dodajemy do połowy objętości piknometru wodę destylowaną i gotujemy tak długo, aż z gleby przestaną uchodzić pęcherzyki powietrza
4. studzimy zawartość piknometru do temperatury pokojowej
5. dopełniamy piknomter wodą destylowaną w ten sposób, aby kapilara wewnątrz korka była wypełniona wodą, a pod korkiem nie było powietrza.
6. Ważymy piknomter wraz z wodą i glebą na wadze analitycznej
7. opróżniamy piknometr (c)
8. ponownie napełniamy piknometr wodą destylowaną, tak aby kapilara była wypełniona
9. Ważymy piknometr wraz z wodą na wadze analitycznej (d)
10. Obliczamy gęstość fazy stałej (rzeczywistą) ze wzoru:

$$\rho = \frac{b-a}{(d-a)-(c-b)} \text{ [g cm}^{-3}\text{]}$$

gdzie

- a- masa piknometru z korkiem (g)
- b -masa piknometru z glebą (g)
- c - masa piknometru z glebą i wodą (g)
- d – masa piknometru z wodą (g)

Znając wartości gęstości rzeczywistej (ρ) i objętościowej (ρ_o) gleby obliczamy porowatość ogólną ze wzoru

$$n = \left(\frac{\rho - \rho_o}{\rho} \right) 100 \text{ [% v/v]}$$

OPIS TEORETYCZNY

Do podstawowych parametrów charakteryzujących właściwości fizyczne gleb należą gęstość objętościowa, gęstość rzeczywista i porowatość ogólna. Gęstość fazy stałej inaczej gęstość

rzeczywista jest to Stosunek masy fazy stałej gleby (wysuszonej w temperaturze 105°C do objętości zajmowanej przez tę fazę.

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s}$$

Gdzie:

M_s – masa fazy stałej

V_s – objętość fazy stałej

Wyrażana jest ona w $g\ cm^{-3}$ lub $Mg\ m^{-3}$. Wartość ta jest stała dla danego utworu glebowego. Zależy od składu mineralnego i zawartości substancji organicznej. Gęstość gleb mineralnych waha się w zakresie $2,50-2,80\ g\ cm^{-3}$ (najczęściej zbliżona do gęstości kwarcu $2,65\ g\ cm^{-3}$). Gęstość gleb organicznych waha się w zakresie $1,40 - 1,80\ g\ cm^{-3}$

Gęstość objętościowa gleby inaczej gęstość gleby jest to stosunek masy fazy stałej gleby do całkowitej objętości gleby lub Masa jednostki objętości gleby o naturalnej budowie, w stanie wysuszonym.

$$\rho_v = \frac{m_s}{V}$$

Gdzie:

M_s – masa fazy stałej

V- objętość gleby (bez naruszenia naturalnej struktury)

Wyrażana jest ona również w $g\ cm^{-3}$ lub $Mg\ m^{-3}$. Gęstość obj. gleb mineralnych: waha się w zakresie $0,75-1,90\ g\ cm^{-3}$, zaś gleb organicznych w zakresie $0,08$ (niezamulone torfy) – $0,75\ g\ cm^{-3}$ (silnie zamulone torfy). Wartość ta jest zmienna w czasie. Zależy od zagęszczenia gleby (ilości porów), strukturalności, zawartości substancji organicznej. Gleby pulchne oraz zawierające dużo substancji organicznej mają mniejszą gęstość objętościową niż gleby zwarte i ubogie w substancje organiczną. Znajomość gęstości objętościowej pozwala na szybką ocenę stopnia zbitości gleby (Tabela 12).

Tabela 12. Ocena układu gleby w zależności od wartości gęstości objętościowej.

Gęstość obj. ($Mg\ m^{-3}$)	Ocena układu
<0,9	Bardzo pulchny
0,9-1,1	Pulchny
1,1-1,3	Normalnie zwięzły
1,3-1,5	Słabo zbity
1,5-1,7	Zbity
1,7-1,9	Silnie zbity
1,9-2,1	Bardzo silnie zbity

Gęstość objętościowa może również uwzględniać stan gleby wilgotnej. Nazywamy ją wtedy gęstością chwilową lub aktualną.

Dla materiałów sypkich (np. piasków, lessów) wyznacza się gęstość nasypową, rozumianą jako stosunek masy fazy stałej (czyli materiału suchego) do całkowitej objętości zajmowanej przez ten materiał).

Na podstawie znajomości wartości gęstości objętościowej i rzeczywistej obliczyć można wartość porowatości ogólnej gleby lub materiału sypkiego.

$$n = \frac{\rho_s - \rho_v}{\rho_s}$$

Porowatość określa stosunek objętości porów, czyli wolnych przestrzeni w glebie, do całkowitej objętości gleby.

$$n = \frac{V_p}{V}$$

Wyraża się ją w procentach objętościowych lub w postaci ułamka dziesiętnego. Porowatość ogólna (bez zróżnicowania wielkości porów) waha się w utworach mineralnych od 28-60%, w glebach organicznych nawet ponad 90%. Optima dla roślin wynoszą 50-60%. Na ogół porowatość wzrasta wraz ze zmniejszeniem się wymiarów ziaren. Pyły mają większą porowatość niż piaski. Porowatość warunkuje stosunki powietrzno-wodne. Jednak porowatość ogólna nie informuje o charakterze stosunków wodno-powietrznych. Do charakterystyki tych stosunków potrzebne jest określenie porowatości dyferencjalnej (udział objętościowy porów o różnych wymiarach liczony w stosunku do całkowitej objętości porów).

Ćwiczenie nr 8

POMIAR ODCZYNU GLEB METODĄ POTENCJOMETRYCZNĄ

CEL

Celem ćwiczenia jest pomiar pH w wodzie (kwasowość czynna) i w roztworze KCl (kwasowość potencjalna wymienna) różnych typów gleb metodą potencjometryczną.

ZAKRES

Zakres ćwiczenia obejmuje pomiar pH metodą potencjometryczną (elektrometryczną) czterech przeznaczonych do badania próbek gleb różniących się genezą (gleba płowa powstała na lessie, gleba rdzawa piaszczysta, rędzina, gleba torfowa).

SPRZĘT I ODCZYNNIKI:

- waga laboratoryjna (o dokładności 0,001g)
- pehametr z elektrodą kombinowaną,
- zlewki 50 cm³ (12 sztuk)
- łyżeczka miarowa o objętości 10 cm³,
- bagietki plastikowe (lub szklane) do mieszania (12 sztuk)
- cylinderki miarowe lub pipety 25 lub 50 cm³ (2 sztuki)
- tryskawka z H₂O destylowaną
- zlewka (min. 500 cm³) do spłukiwania elektrody
- woda destylowana
- 1 M chlorek potasu,
- roztwory buforowe: zwykle o pH 7,0 i 4,0.

WYKONANIE OZNACZENIA

UWAGA! Standardową zawiesinę dla próbek gleb mineralnych sporządza się w stosunku gleby do roztworu 1:2,5 (m : v), natomiast dla gleb organicznych i poziomów organicznych (ściółek) należy zastosować stosunek 1:10 (m : v) albo stosunek objętościowy 1:2,5. W celu wykonania oznaczenia pH zawiesiny glebowej:

1. Odważamy po 2 próbki każdego badanego materiału glebowego o masie 10,0 g każda (jeśli zachodzi potrzeba należy je wcześniej przesiać przez sito o średnicy oczek 2 mm) i umieszczamy w zlewkach o pojemności 50 cm³. W przypadku próbek organicznych zamiast naważek 10,0 g przygotowujemy naważki 2,5 g lub objętościowo odmierzamy 10 cm³ gleby (przy pomocy łyżeczki miarowej)
2. Naważki gleby w zlewkach zalewamy:
 - 25 cm³ wody destylowanej H₂O - w pierwszej zlewce,
 - 25 cm³ roztworu 1 M KCl - w drugiej zlewce,

UWAGA! Ciecz należy dodawać porcjami, mieszając próbkę bagietką, aby doprowadzić do pełnego zwilżenia gleby (szczególnie trudno zwilżają się gleby organiczne). Do każdej zlewki stosować osobną bagietkę.

3. Sporządzone zawiesiny kilkakrotnie mieszamy przy pomocy bagietki i pozostawiamy na pół godziny.
4. Przed pomiarem ponownie mieszamy zawiesinę i usuwamy bagietkę.
5. Zanurzamy elektrodę w zawieszynie nad osadem i – nadal ostrożnie mieszając zawiesinę przy pomocy elektrody, po ustabilizowaniu się wskazań potencjometru – odczytujemy wartość pH.
6. Mierzmy kolejno pH próbek, rozpoczynając zawsze od pomiaru w pH w H₂O, a następnie w KCl tej samej próbki.

UWAGA! Podczas pomiaru należy zwracać uwagę na odpowiednie zanurzenie elektrody (powyżej punktu kontaktu elektrody z roztworem). Po każdym pomiarze elektrodę należy opłukać nad zlewką wodą redestylowaną z tryskawki i osuszyć ostrożnie bibułą.

7. Dokonujemy pomiaru pH przy użyciu pehametru z elektrodą szklaną.
8. Wyniki zapisujemy w tabeli 13.

UWAGA!

- Przed przystąpieniem do pomiarów, pehametr należy wykalibrować wobec roztworów buforowych (o ile nie został wcześniej wykalibrowany). Kalibrację pehametru wykonuje się według instrukcji obsługi aparatu (pehametru), w oparciu o znane wartości pH roztworów buforowych. Zwykle o pH 4, 7 lub 10. Do kalibracji stosuje się zwykle dwa roztwory buforowe o wartościach pH zbliżonych do górnej i dolnej wartości spodziewanego zakresu pomiarowego (zazwyczaj są to: pH 7,0 i pH 4,0). Roztwory buforowe należy przechowywać w lodówce, ale przed dokonaniem kalibracji koniecznie należy je doprowadzić do temperatury otoczenia.
- Podczas mieszania próbki przy pomocy elektrody należy zachować szczególną ostrożność, banieczka elektrody szklanej jest bardzo delikatna. Używać tylko elektrody z osłonką.
- Wartości pH mieszanej zawiesiny oraz cieczy ponad próbką zsedymetowaną, nie mieszaną, mogą różnić się nawet o kilka dziesiątych jednostki pH (jest to tzw. efekt suspensji, spowodowany oddziaływaniem cząstek koloidalnych i makrocząstek zawieszonych na elektrodę odniesienia).
- Podczas oznaczania większych serii próbek należy co pewien czas (co około 50 próbek) sprawdzać poprawność działania elektrody i potencjometru, dokonując kontrolnych pomiarów pH roztworów buforowych. W razie potrzeby należy zrekalibrować pehametr.

9. Po wykonaniu oznaczeń porządkujemy stanowisko laboratoryjne.

Tabela 13. Wyniki pomiarów pH w badanych materiałach

Badany materiał	pH H ₂ O			pH KCl		
	po 0,5 h	po 1 h	po 1,5 h	po 0,5 h	po 1 h	po 1,5 h
Gleba płowa próbka A Próbka B						
Gleba rdzawa Próbka A Próbka B						
Rędzina Próbka A Próbka B						
Gleba torfowa Próbka A Próbka B						

OPIS TEORETYCZNY

Odczyn gleb jest jednym z ważniejszych parametrów charakteryzujących glebę, decydujących o wielu jej właściwościach. Wpływa na właściwości chemiczne gleb (m. in. zmienność form poszczególnych pierwiastków), fizykochemiczne (m. in. potencjał Eh, pojemność sorpcyjna) oraz biochemiczne (m. in. aktywność enzymatyczna, aktywność mikroorganizmów). Wartość odczynu zależy przede wszystkim od składu chemicznego skały macierzystej, wód gruntowych oraz ilości i jakości substancji organicznej. Wpływ na ten parametr wywierają również lokalne warunki klimatyczne i działalność człowieka. Stan gleby, w którym odczyn jest kwaśny (w roztworze glebowym przeważają jony wodorowe nad wodorotlenowymi) nazywamy kwasowością gleby. Wyróżnia się dwa rodzaje kwasowości: czynną i potencjalną.

Kwasowość pochodząca z jonów H⁺ roztworu glebowego nazywamy kwasowością czynną, zaś kwasowość spowodowaną przez wymienne jony wodoru i glinu nazywamy kwasowością potencjalną. Kwasowość potencjalna ujawnia się w glebach po potraktowaniu ich roztworami soli obojętnych (np. KCl) – jest to tzw. kwasowość potencjalna wymienna – lub roztworami soli hydrolizujących zasadowo (CH₃COO)₂Ca – jest to tzw. kwasowość hydrolityczna.

Ze względu na możliwość zatrzymywania w kompleksie sorpcyjnym jonów decydujących o odczynie gleby, właściwy pomiar pH gleby nie jest tak prosty i jednoznaczny, jak w przypadku roztworów.

Metody oznaczania. Oznaczania odczynu gleby można przeprowadzić metodami polowymi, na zasadzie kolorymetrycznej (papierek wskaźnikowy lub pehametr Helliga) lub laboratoryjnymi na zasadzie potencjometrycznej. Metody potencjometryczne pomiaru pH są dokładniejsze niż metody kolorymetryczne. Pomiaru metodą potencjometryczną (elektrometryczną) gleby dokonuje się w standardowo przygotowanej zawieszynie glebowej. Pomiaru dokonuje się w wodzie destylowanej (pH w H₂O, co odpowiada czynnej kwasowości

gleby) oraz w 1 M roztworze obojętnej soli (pH w KCl, co odpowiada kwasowości wymiennej). Określając kwasowość czynną w zawiesinie wodnej bierzemy pod uwagę protony, które znajdują się w wodzie glebowej lub łatwo dysocjują, w trakcie sporządzania ekstraktu wodnego gleby. Określając kwasowość w KCl bierzemy pod uwagę protony, które mogą zostać uruchomione z kompleksu sorpcyjnego pod wpływem działania soli obojętnej. Pomiaru pH zawiesiny dokonuje się metodą potencjometryczną, po upływie czasu co najmniej kilku godzin, niezbędnego do osiągnięcia równowagi (ze względów dydaktycznych czas oczekiwania może zostać skrócony).

Metoda potencjometryczna polega na pomiarze napięcia między dwiema elektrodami, z których jedna (elektroda odniesienia, porównawcza, np. kalomelowa), ma potencjał stały, zaś druga (elektroda pomiarowa, wskaźnikowa, najczęściej szklana) ma potencjał zmieniający się w zależności od stężenia jonów wodorowych w badanej zawiesinie. Elektrody połączone są galwanometrem, który mierzy SEM (siłę elektromotoryczną) ogniwi, jakimi są obie elektrody. Odpowiednio wyskalowany potencjometr (pehametr) podaje wynik bezpośrednio w wartości pH. Elektroda pomiarowa zanurzona jest w badanym roztworze, zaś elektroda odniesienia zanurzona jest w roztworze o niezmiennym składzie. Najczęściej stosuje się elektrodę kombinowaną, które we wspólnej obudowie zawiera obie elektrody: szklaną (pomiarową) i kalomelową (chlorosrebrową, odniesienia). Układ taki można zapisać następująco:

Hg/ Hg₂Cl₂ /roztwór nasycony KCl - roztwór 1 / membrana szklana / roztwór 2/roztwór nasycony KCl /Hg/Hg₂Cl₂/Hg

Hg – rtęć metaliczna

H₂Cl₂ – kalomel

O sile elektromotorycznej tego ogniwa decyduje różnica potencjałów wytworzonych na membranie szklanej, przez którą możliwa jest dyfuzja jonów H⁺. Powstała różnica potencjałów przerywa proces dyfuzji wskutek hamującego działania pola elektrycznego.