

Skad granulometryczny gruntu
Granice konsystencji
Klasyfikacje i nazewnictwo
gruntów

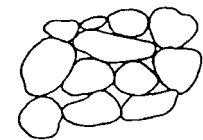


Skład granulometryczny gruntów

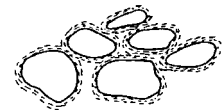
Skład mineralny gruntów zależy od minerałów budujących ziarna i cząstki, z których składają się poszczególne grunty rozdrobnione:

- **bloki, głązy skalne i ziarna żwirowe**, mają ten sam skład mineralny co skały macierzyste.
- **piaskowe** składają się z kwarcu i krzemionki, są dość odporne na wietrzenie chemiczne. Świeżo powstałe piaski mogą zawierać ziarna skaleni, podatne na wietrzenie chemiczne. Znane są piaski mikowe, gipsowe i wapienne.
- **cząstki pyłowe** (mączka skalna) powstają wskutek tarcia i zaokrąglenia krawędzi okruchów skalnych w czasie ich przenoszenia przez wodę i wiatr. Świeżo odłożone pyły zawierają znaczną ilość cząstek skaleniowych lub mikowych, które szybko ulegają procesowi wietrzenia chemicznego i są albo wymywane lub pozostają jako cząstki ilowe tworząc pyły ilaste (gliny pylaste).
- **cząstki ilowe** składają się przeważnie z minerałów ilowych, powstałych jak produkt chemicznego wietrzenia skaleni lub mik.

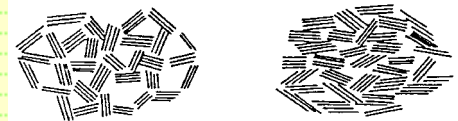
Fracja piaskowa



Fracja pyłowa



Fracja ilowa



Skład granulometryczny gruntów

Ziarna i cząstki gruntu dzielone są wg wielkości na grupy zwane **frakcjami**.

Wyróżniamy pięć następujących frakcji:

kamienista o ziarnach	$d > 25 \text{ mm}$
żwirowa o ziarnach	$d = 25 - 2 \text{ mm}$
piaskowa o ziarnach	$d = 2 - 0.05 \text{ mm}$
pyłowa o cząstkach	$d = 0.05 - 0.002 \text{ mm}$
iłowa o cząstkach	$d < 0.002 \text{ mm}$

Uziarnienie gruntu (skład granulometryczny) określa się procentową zawartością poszczególnych frakcji w stosunku do ciężaru całej próbki badanego gruntu.

Określenie ilościowego podziału poszczególnych frakcji (ziaren, cząstek) w badanej próbce wykonuje się dwoma rodzajami metod: **metody bezpośrednie** - oparte na pomiarze rzeczywistych wymiarów cząstek gruntowych, do których należą: **analiza sitowa i badania mikroskopowe** (których celem jest określenie kształtu cząstek gruntu, a nie składu granulometrycznego gruntu). W metodach pośrednich wielkość cząstek gruntu zastępuje się średnicami teoretycznych kulek. W grupie tych metod rozróżniane są metody oparte na procesie sedymentacji oraz metody rozdziału frakcji w strumieniu cieczy lub gazu.

Metodą pośrednią jest **analiza aerometryczna**.



Skład granulometryczny gruntów

Do oznaczania składu granulometrycznego (uziarnienia) gruntów stosuje się dwie metody:

Sitową dla żwirów i piasków o uziarnieniu powyżej 0.07 mm



Analiza sitowa polega na przesiewaniu wysuszonego piasku przez sita o określonych wymiarach oczek i obliczaniu w procentach zawartości ziaren, pozostających na kolejnych sitach, w stosunku do całkowitej masy badanej próbki.

Aerometryczną dla gruntów spoistych, zawierających dużą część cząstek mniejszych niż 0.07 mm



Analiza aerometryczna polega na przygotowaniu jednorodnej zawiesiny badanego gruntu i wyznaczeniu jej gęstości objętościowej, zmniejszającej się, w miarę opadania cząstek zawiesiny.

Skład granulometryczny gruntów

Wymiary
oczek w sitach
według norm
USA i UK



TABLE 1.5 U.S. Standard Sieve Sizes

Sieve no.	Opening (mm)
4	4.75
5	4.00
6	3.35
7	2.80
8	2.36
10	2.00
12	1.70
14	1.40
16	1.18
18	1.00
20	0.850
25	0.710
30	0.600
35	0.500
40	0.425
50	0.355
60	0.250
70	0.212
80	0.180
100	0.150
120	0.125
140	0.106
170	0.090
200	0.075
270	0.053

Table 4.5(a). METRIC SIEVES (BS)

Construction	Aperture size: Full Set (A)	'Standard' set (B)	'Short' set (C)
Perforated steel plate (square hole)	75 mm	+	
	63	+	+
	50		
	37.5	+	
	28		
	20	+	+
	14		
	10	+	
	6.3	+	+
	5		
	3.35	+	
	2	+	+
	1.18	+	
	600 μm	+	+
425			
300	+		
212			
150	+		
63	+	+	
Lid and receiver	+	+	+
	19 sieves	13 sieves	7 sieves

Zawartość frakcji ziaren (s_i) o rozmiarach większych niż d_i w % jest równa:

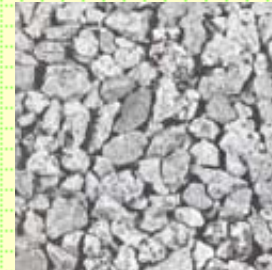
$$s_i = \frac{M_{si}}{M_s} \cdot 100\%$$

M_{si} – masa pozostałości na sicie o oczkach d_i i większych od d_i w gramach,

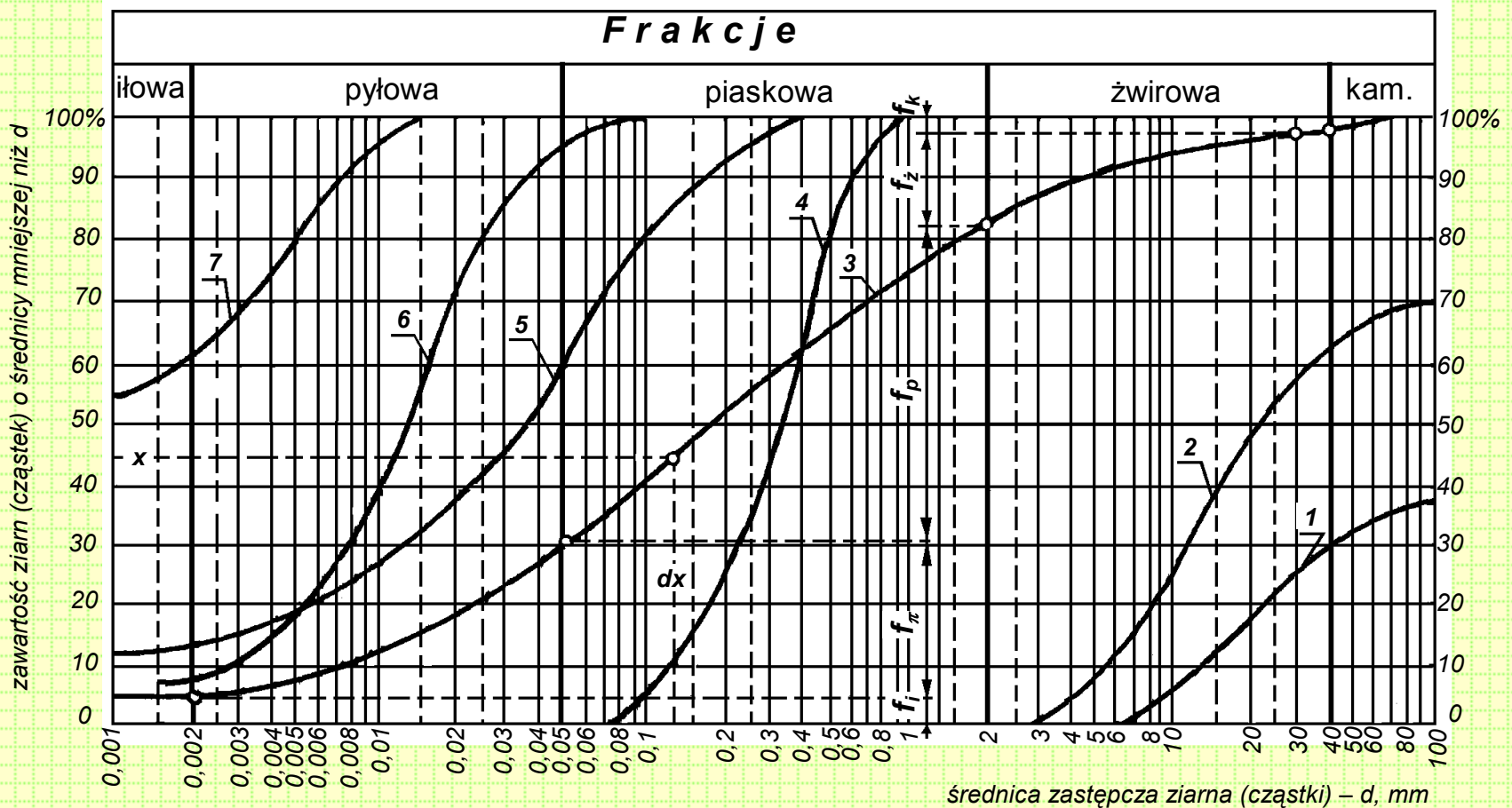
M_s – masa całości próbki w gramach.



Skład granulometryczny gruntów

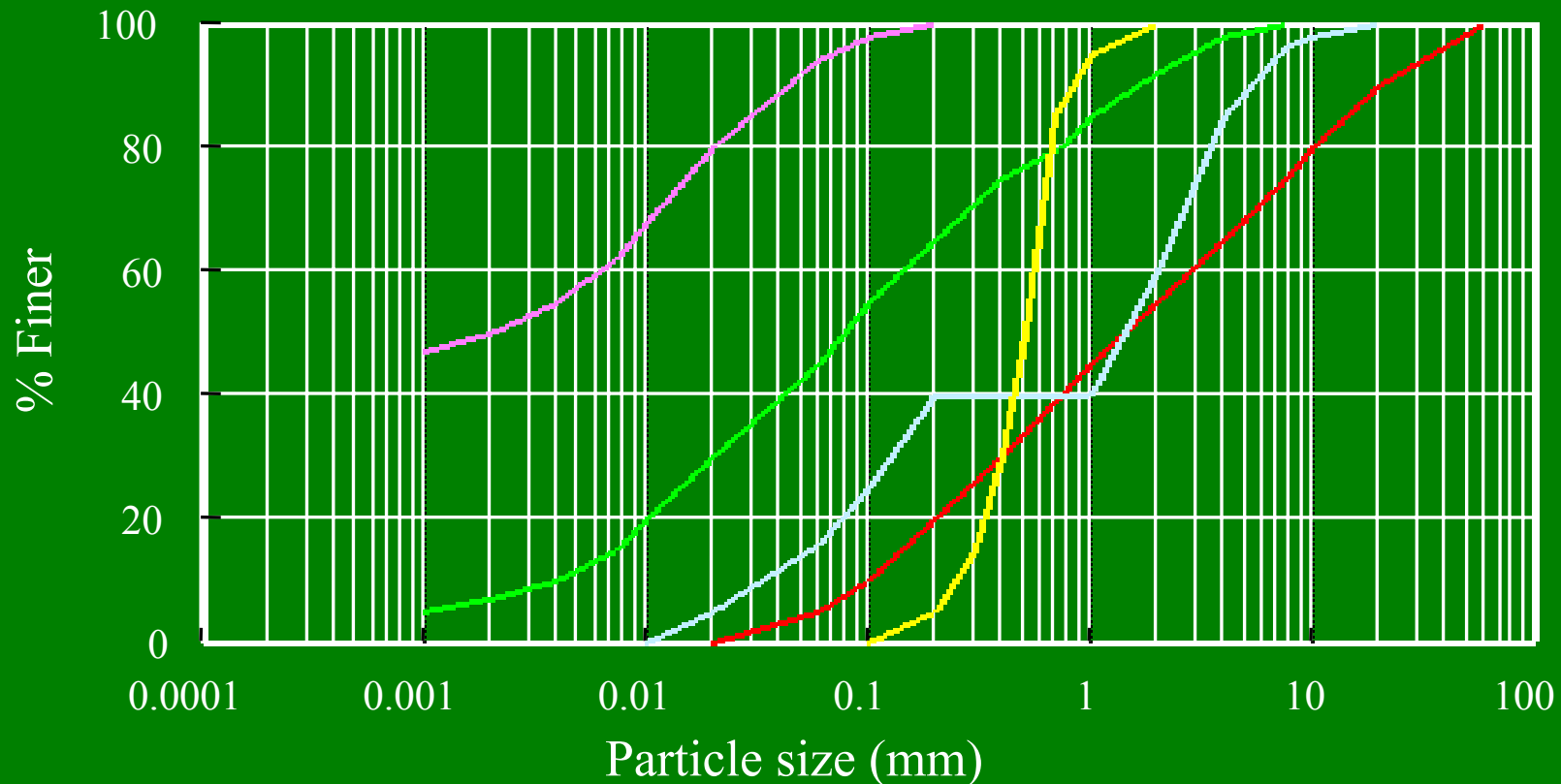


Skład granulometryczny gruntów



1,2 – żwir; 3 – pospółka; 4 - piasek; 5,6 – less; 7-ił;

Skład granulometryczny gruntów



W - Well graded

U - Uniform

P - Poorly graded

C - Well graded with some clay

C - Well graded with an excess of fines

Skład granulometryczny gruntów

Z wykresów krzywych uziarnienia można wyznaczyć:

- **procentowe zawartości poszczególnych frakcji** (niezbędne do określenia rodzaju gruntu),
- **średnice cząstek d_{10} , d_{30} , d_{60}** (niezbędne do określenia wskaźników uziarnienia gruntu) oznaczające średnice cząstek, które wraz z mniejszymi stanowią 10, 30, 60 %.

Uziarnienie gruntu charakteryzują dwa wskaźniki:

- **wskaźnik krzywizny uziarnienia:**

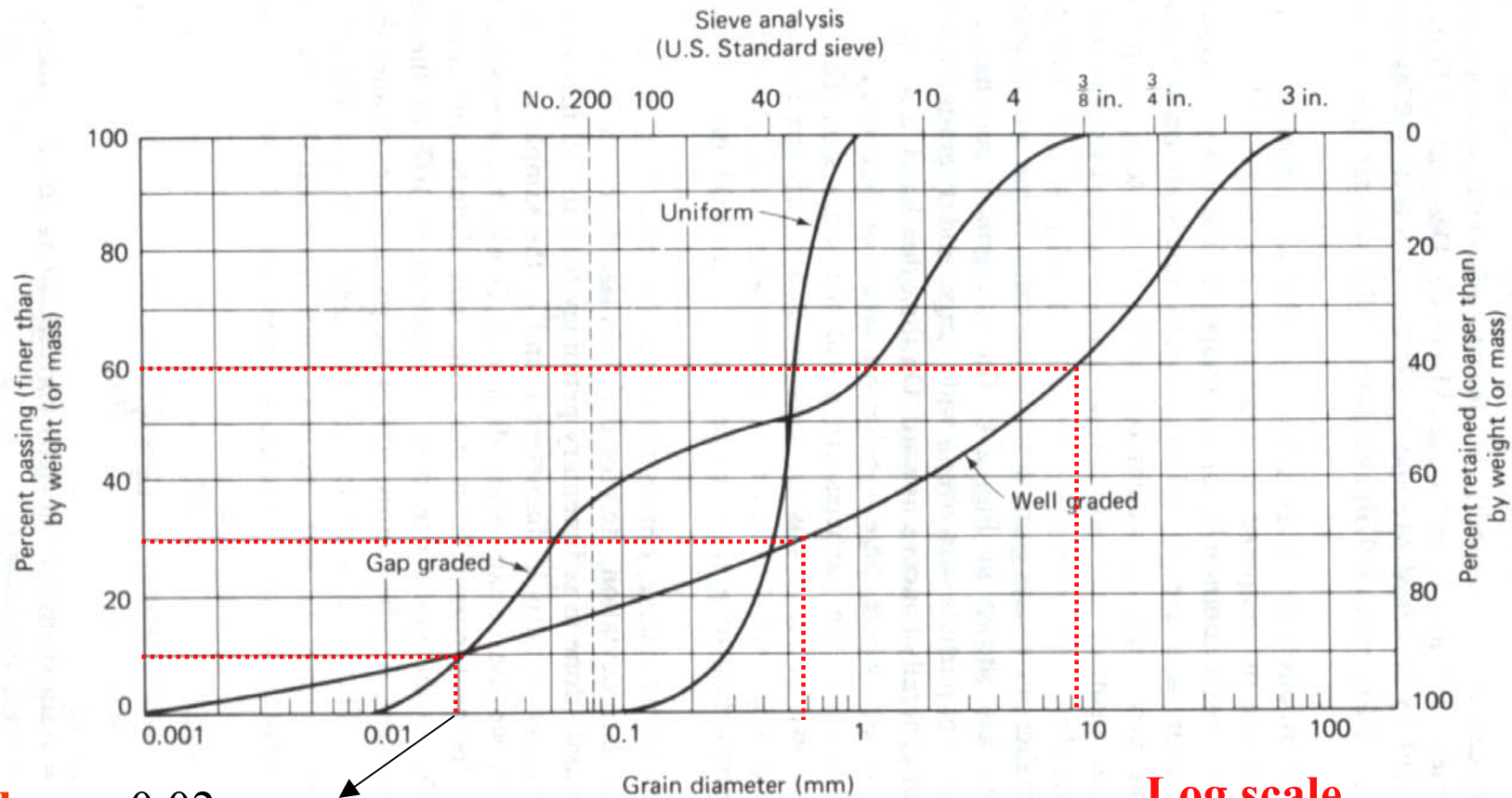
$$C = \frac{d_{30}^2}{d_{10}d_{60}}$$

- **wskaźnik różnoziarnistości uziarnienia:**

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$



Skład granulometryczny gruntów



$d_{10} = 0.02 \text{ mm}$

$d_{30} = 0.6 \text{ mm}$ $d_{60} = 9 \text{ mm}$

Fig. 2.4 Typical grain size distributions.

(Holtz and Kovacs, 1981)

Skład granulometryczny gruntów

Zależnie od wskaźnika różnoziarnistości grunty dzieli się na:

- **równoziarniste** gdy $1 \leq U \leq 5$ (np. piaski wydymowe, lessy),
- **różnoziarniste** gdy $5 \leq U \leq 15$ (np. gliny holocenijskie),
- **bardzo różnoziarniste** gdy $U > 15$ (np. gliny zwałowe, pospółki).

Grunt jest dobrze uziarniony, jeżeli:

- $C = 1 \div 3$
- $U > 4$ dla żwirów lub $U > 6$ dla piasków.

Dla danych z rysunku:

$$d_{10} = 0.02 \text{ mm}$$

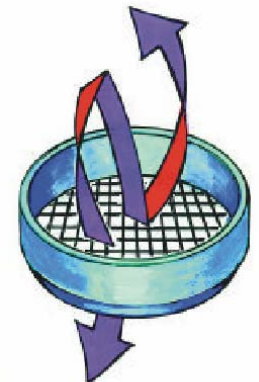
$$d_{30} = 0.6 \text{ mm}$$

$$d_{60} = 9 \text{ mm}$$

Wskaźniki krzywizny uziarnienia i różnoziarnistości uziarnienia są odpowiednio równe:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{9}{0.02} = 450$$

$$C = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \cdot d_{60}} = \frac{0.6^2}{0.02 \cdot 9} = 2$$



Skład granulometryczny gruntów

Przykład analizy sitowej pewnego gruntu

Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5	Step 6
US Sieve	Opening (mm)	Mass Retained (g)	Cummulative mass retained (g)	Cumm. percent retained (SRn)	Percent Finer (100 - SRn)
4	4.75	28	28	4.54	95.46
10	2	42	70	11.35	88.65
20	0.85	48	118	19.12	80.88
40	0.425	128	246	39.87	60.13
60	0.25	221	467	75.69	24.31
100	0.15	86	553	89.63	10.37
200	0.075	40	593	96.11	3.89
Pan		24	617	100.00	0.00

Skład granulometryczny gruntów

Krzywa uziarnienia
badanego gruntu

Dla danych z rysunku:

$$d_{10} = 0.15 \text{ mm}$$

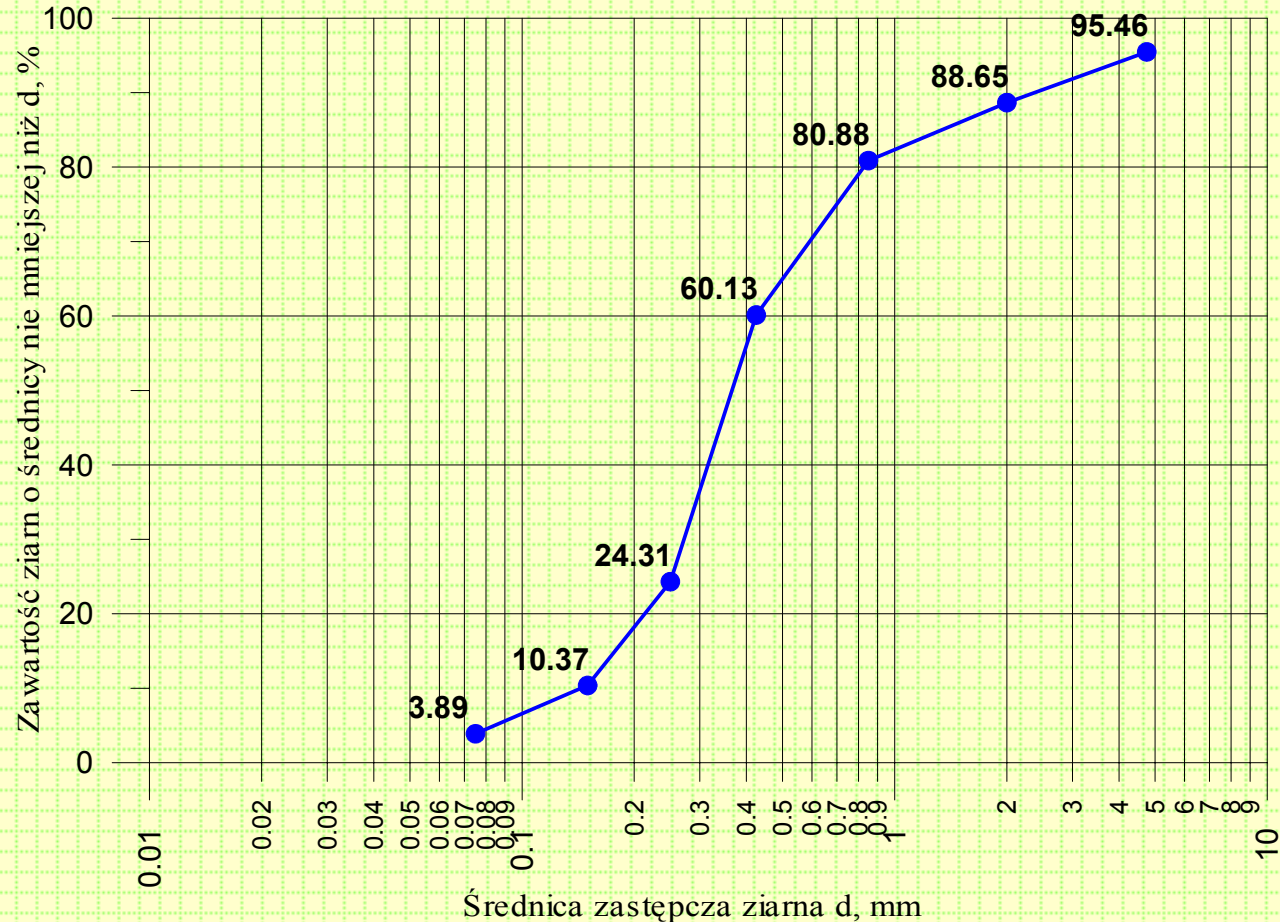
$$d_{30} = 0.27 \text{ mm}$$

$$d_{60} = 0.42 \text{ mm}$$

Wskaźniki krzywizny
uziarnienia i
różnoziarnistości
uziarnienia są
odpowiednio równe:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0.42}{0.15} = 2.8$$

$$C = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \cdot d_{60}} = \frac{0.27^2}{0.15 \cdot 0.42} = 1.157$$



Grunt równoziarnisty ($1 \leq U \leq 5$)

Grunt dobrze uziarniony ($C = 1 \div 3$)

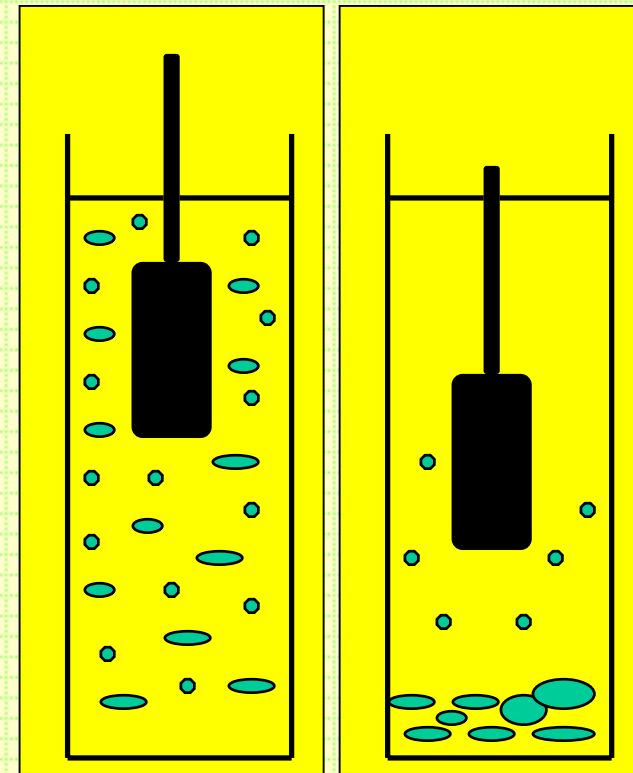


Skład granulometryczny gruntów

Analiza aerometryczna polega na przygotowaniu jednorodnej zawiesiny badanego gruntu i wyznaczeniu jej gęstości objętościowej, zmniejszającej się, w miarę opadania cząstek zawiesiny. Po dokładnym wymieszaniu zawiesiny w cylindrze otrzymuje się jednakową zawartość takich samych cząstek (a). Z chwilą postawienia cylindra z zawiesiną na stole rozpoczyna się opadanie jej cząstek w dół (b).

Kolejność czynności przedstawia się następująco:

- wyznaczenie gęstości objętościowej zawiesiny (zależnej od masy zawartych w niej cząstek gruntu),
- wyznaczenie prędkości opadania cząstek (zależnej od ich średnicy i lepkości cieczy) ze wzoru Stokesa,
- obliczenie średnicy cząstek (zależnej od wyznaczonej głębokości H_1 poniżej zwierciadła zawiesiny, czasu ich opadania oraz lepkości wody)



(a)

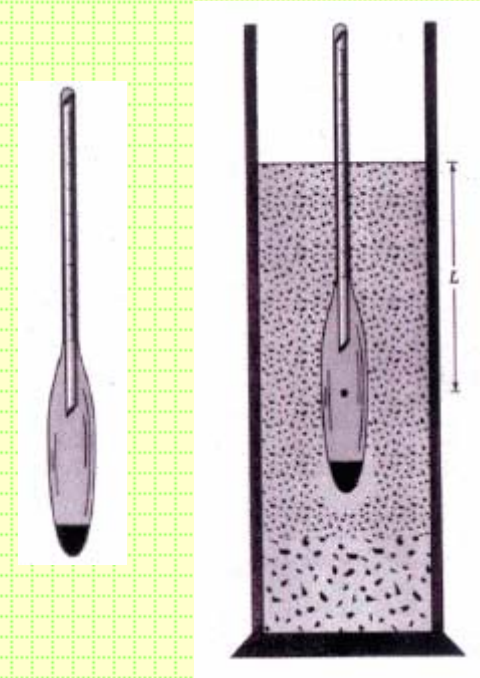
(b)

Skład granulometryczny gruntów

Cząstki o jednakowych wymiarach opadają na całej wysokości cylindra z jednostajną prędkością. W dolnych partiach zawiesiny w miejsce cząstek, które opadły niżej, wchodzi od góry nowe cząstki o tych samych wymiarach. Czyli gęstość objętościowa zawiesiny na tych poziomach w początkowym okresie nie zmienia się. Zmienia się gęstość zawiesiny w górnych partiach ciecchy bo w miejsce większych cząstek, które opadły na dół,

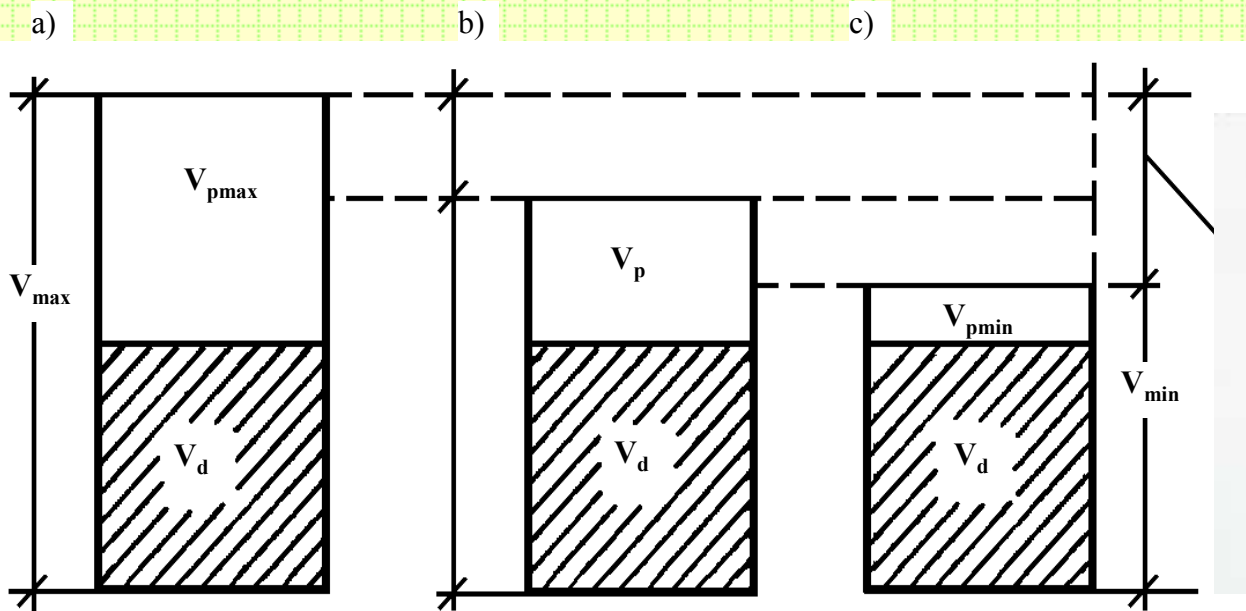
nie mogą wejść od góry takie same następne cząstki, gdyż zdążyły już opaść poniżej rozpatrywanego poziomu.

Czyli po upływie czasu t_i na głębokości H_i , poniżej zwierciadła zawiesiny nie będzie cząstek o średnicy równej lub większej niż d_i , którą to średnicę można obliczyć ze wzoru Stokesa.



Stopień zagęszczenia gruntów

Stopień zagęszczenia gruntów niespoistych I_D jest to stosunek zagęszczenia występującego w stanie naturalnym do największego możliwego zagęszczenia danego gruntu.



Zmiana objętości porów w piasku w miarę jego zagęszczania: a) objętość piasku najbardziej luźnego, b) objętość w naturze (pośrednia), c) objętość piasku najbardziej zagęszczonego

Stopień zagęszczania I_D oblicza się ze wzoru:

Stopień zagęszczenia gruntów

$$I_D = \frac{V_{\max} - V}{V_{\max} - V_{\min}} = \frac{V_{p\max} - V_p}{V_{p\max} - V_{p\min}} = \frac{\frac{V_{p\max}}{V_s} - \frac{V_p}{V_s}}{\frac{V_{p\max}}{V_s} - \frac{V_{p\min}}{V_s}} = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} = \frac{\rho_{d\max} \cdot \rho_d - \rho_{d\min} \cdot \rho_d}{\rho_{d\max} \cdot \rho_d - \rho_{d\min} \cdot \rho_d}$$

e_{\max} - wskaźnik porowatości maksymalnej obliczany dla gęstości objętościowej $\rho_{d\min}$ przy najbardziej luźno usypanym gruncie suchym,

e_{\min} - wskaźnik porowatości minimalnej obliczany dla gęstości objętościowej $\rho_{d\min}$ przy możliwie największym zagęszczeniu gruntu suchego przez wibrację (bez zniszczenia ziarn)

e - wskaźnik porowatości naturalnej odpowiadający ρ_d .

Stopień zagęszczenia I_D charakteryzuje stan gruntów niespoistych. Rozróżnia się cztery stany gruntów niespoistych:

grunt luźny

$$0 < I_D \leq 0.33$$

Maksymalna wartość stopnia zagęszczenia

grunt średnio zagęszczony

$$0.33 < I_D \leq 0.67$$

$$I_D = 1.0$$

grunt zagęszczony

$$0.67 < I_D \leq 0.8$$

grunt bardzo zagęszczony

$$I_D > 0.8$$



Granice konsystencji (Atterberga)

Grunt upłynniony

Wzrost wilgotności

konsystencja płynna

Granica płynności, w_L

konsystencja plastyczna

Granica plastyczności, w_P

konsystencja półzwarda

Granica skurczalności, w_s

konsystencja zwarda

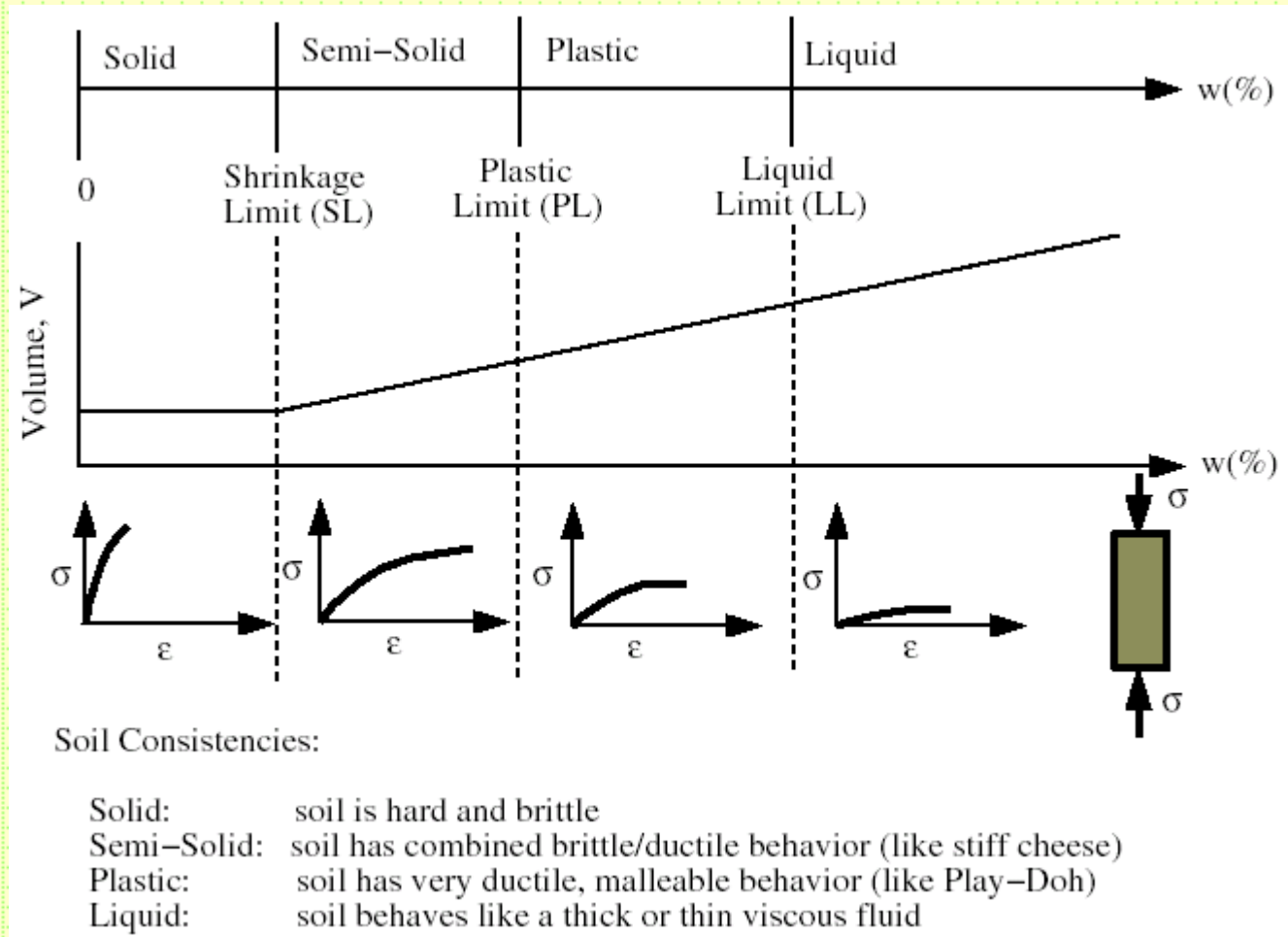
Grunt suchy

Grunt o konsystencji płynnej zachowuje się jak ciecz i nie ma prawie żadnej wytrzymałości na ścinanie.

Grunt o konsystencji plastycznej odkształca się przy pewnym nacisku, nie ulega przy tym spękanom i zachowuje nadany mu kształt.

Grunt o konsystencji zwartej odkształca się przy dużych naciskach, przy czym odkształceniom towarzyszą spękania.

Granice konsystencji (Atterberga)



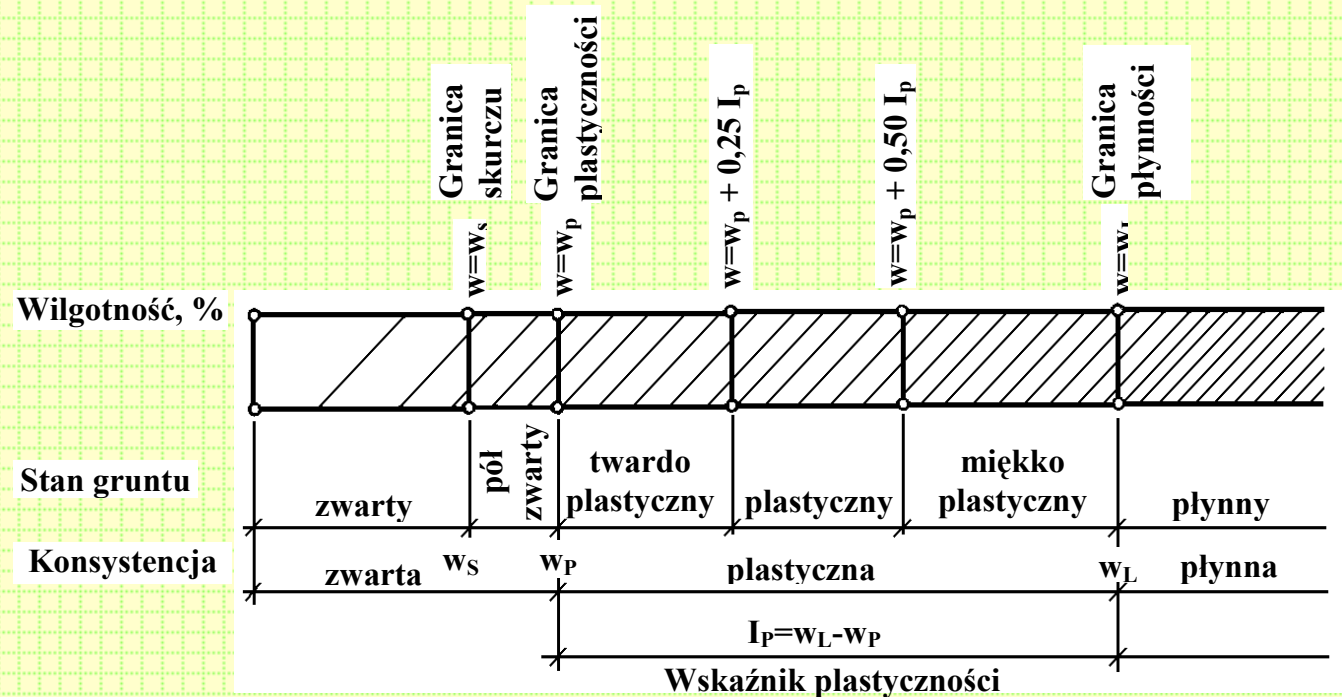
Granice konsystencji (Atterberga)

Stopień plastyczności jest to stosunek różnicy wilgotności naturalnej danego gruntu i granicy plastyczności do różnicy granicy płynności i granicy plastyczności:

$$I_L = \frac{W_n - W_P}{W_L - W_P}$$

Wskaźnik plastyczności w % jest to różnica pomiędzy granicą płynności i granicą plastyczności:

$$I_P = W_L - W_P$$



Granice konsystencji (Atterberga)

Wskaźnik plastyczności oznacza, ile wody w procentach (w stosunku do masy szkieletu) wchłania dany grunt przy przejściu ze stanu półzwarłego w stan płynny. Wysoce aktywne bentonity sodowe, silnie chłone wodę, mają wskaźniki plastyczności powyżej 200 %, a mało aktywne lessy (pyły kwarcowe) mają wskaźnik plastyczności 5 –10 %. Grunty o małym wskaźniku plastyczności mogą bardzo łatwo upłynniać się już przy nieznacznym zawilgoceniu.

Między wskaźnikiem plastyczności i ilością frakcji iłowej istnieje następująca zależność:

$$A = \frac{I_P}{f_i}$$

A - „aktywność koloidalna”,

f_i - zawartość frakcji iłowej w danym gruncie (o uziarnieniu poniżej 0.002 mm) w %

Aktywność koloidalna gruntów może być przyjęta jako równa 1, z wyjątkiem glin pokrywowych i lessów, dla których zazwyczaj $A=0.5-0.7$ oraz iłów montmorillonitowych, dla których $A > 1.5$.



Granice konsystencji (Atterberga)

Wartości I_L i w_n	Stan gruntu
$I_L < 0$ oraz $w_n \leq w_s$	Zwarty
$I_L < 0$ oraz $w_s < w_n \leq w_p$	Półzwarty
$0 < I_L \leq 0.25$	Twardoplastyczny
$0.25 < I_L \leq 0.50$	Plastyczny
$0.50 < I_L \leq 1.00$	Miękkoplastyczny
$I_L > 1.00$ lub $w_n > w_L$	Płynny

**Stany gruntów
spoistych**

**Podział gruntów
według spoistości**

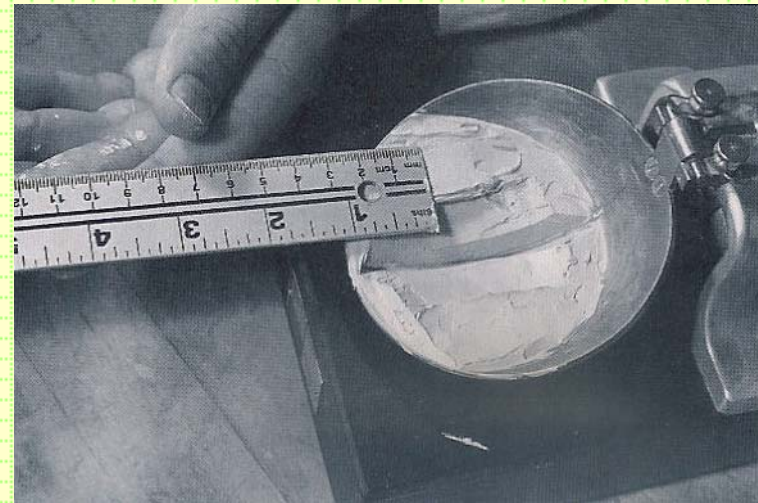
Spoistość gruntów	Zawartość frakcji iłowej ($d < 0.002$ mm), %	Wskaźnik plastyczności I_p , %
Sypkie	0-2	< 1
Mało spoiste	2-10	1-10
Średnio spoiste	10-20	10-20
Spoiste zwięzłe	20-30	20-30
Bardzo spoiste	30-100	> 30

Granice konsystencji (Atterberga) - w_L

Granice płynności wyznacza się w aparacie Casagrandego. Próbkę gruntu umieszcza się w miseczce podnoszonej na wysokość 10 mm i opuszczanej na podkładkę z twardej gumy.

Pobieramy próbkę gruntu o wilgotności naturalnej i rozrabiamy z wodą do konsystencji miękkoplastycznej pasty, przykrywamy i pozostawiamy na 16-20 h.

Pastę nakładamy do miseczki aparatu tak aby jej masa wraz z miseczką wynosiła równo 210 g. W paście wykonujemy znormalizowaną bruzdę o szerokości dołem 2 mm i górą 10 mm. Miseczka opada 2 razy na sekundę – liczymy uderzenia aż do momentu aż bruzda zleje się na długości 10 mm i wysokości 1 mm.

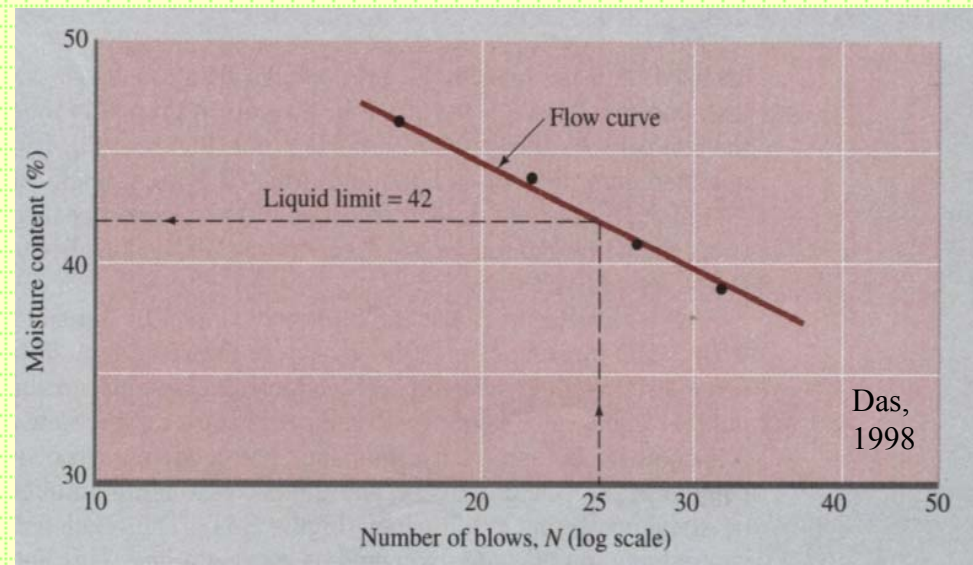


Granice konsystencji (Atterberga) - w_L

Z dna bruzdy pobiera się niewielką ilość pasty i wyznacza jej wilgotność. Pozostałą część pasty miesza się z niewielkim dodatkiem wody i ponownie powtarza się wszystkie czynności. Do wyznaczenia granicy płynności trzeba wykonać co najmniej 5 prób z których 2 powinny dać w wyniku 25-40 uderzeń a 3 10-25 uderzeń.



Na podstawie wyników wykonuje się wykres zależności liczby uderzeń od wilgotności pasty gruntowej. Z wykresu odczytuje się wilgotność odpowiadającą 25 uderzeniem, którą umownie przyjmuje się za **granice płynności** badanego gruntu.



Granice konsystencji (Atterberga) - w_L

Metoda jednopunktowa

- Assume a constant slope of the flow curve.
- The slope is a statistical result of 767 liquid limit tests.

Limitations:

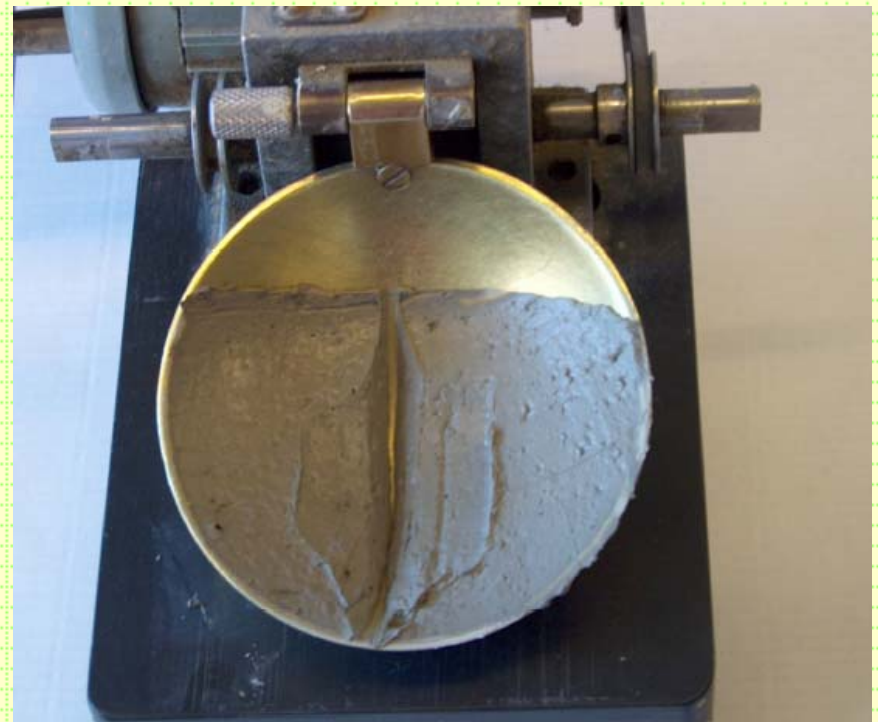
- The β is an empirical coefficient, so it is not always 0.121.
- Good results can be obtained only for the blow number around 20 to 30.

$$LL = w_n \left(\frac{N}{25} \right)^{\tan \beta}$$

$N =$ number of blows

$w_n =$ corresponding moisture content

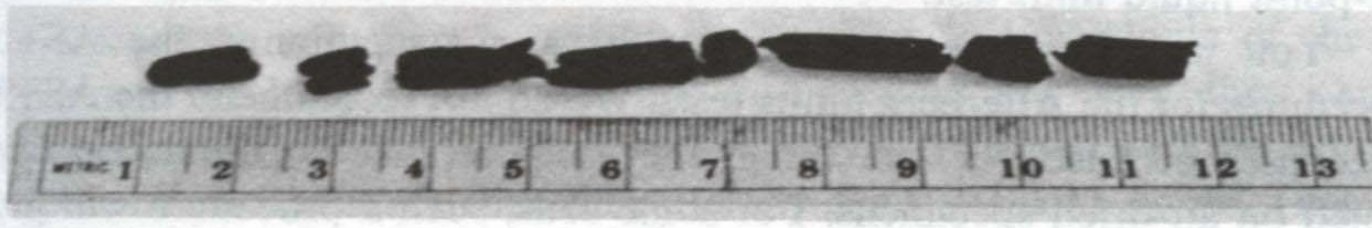
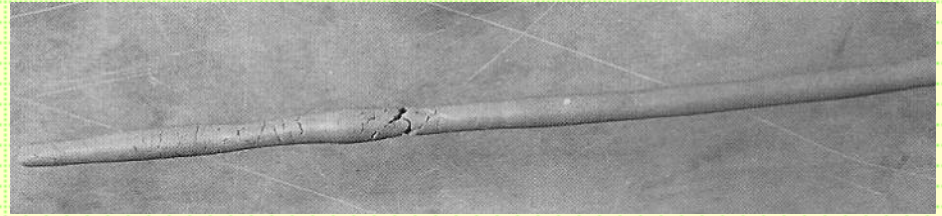
$$\tan \beta = 0.121$$



Granice konsystencji (Atterberga) - w_p

Metoda walczkowania. Do badania pobieramy, ze środka większej bryłki mała grudkę bez ziaren zwirowych i formujemy kulkę o średnicy 7 mm.

Z kuleczki formuje się wałeczek na wyprostowanej lewej dłoni, prawa naciskając nieznacznie wałeczkuje się grunt z szybkością 2 razy na sekundę.



Wałeczkuje się aż do osiągnięcia średnicy 3 mm na całej długości.

Jeżeli wałeczek nie wykazuje spękań i nie łamie się przy podniesieniu go w palcach do góry to ponownie zgniatamy go, formujemy kuleczkę i wałeczkuje od nowa. Czynności te powtarza się aż wałeczek o średnicy 3 mm rozsypuje się lub zaczyna pękać. Wszystkie kawałeczki wałeczka wkłada się do naczynka wagowego i zamyka szczelnie doszlifowaną pokrywką. Badania powtarza się na następnej kulce gruntu. Wałeczkuje się tyle razy aby zebrać co najmniej 5-7 gramów gruntu. Następnie dokonuje się pomiaru wilgotności popękanych wałeczków. Oznaczona wilgotność jest równa **granicy plastyczności**.

Granice konsystencji (Atterberga) - w_p



Uformowana kulka z gruntu



Waleczonek o średnicy 3 mm

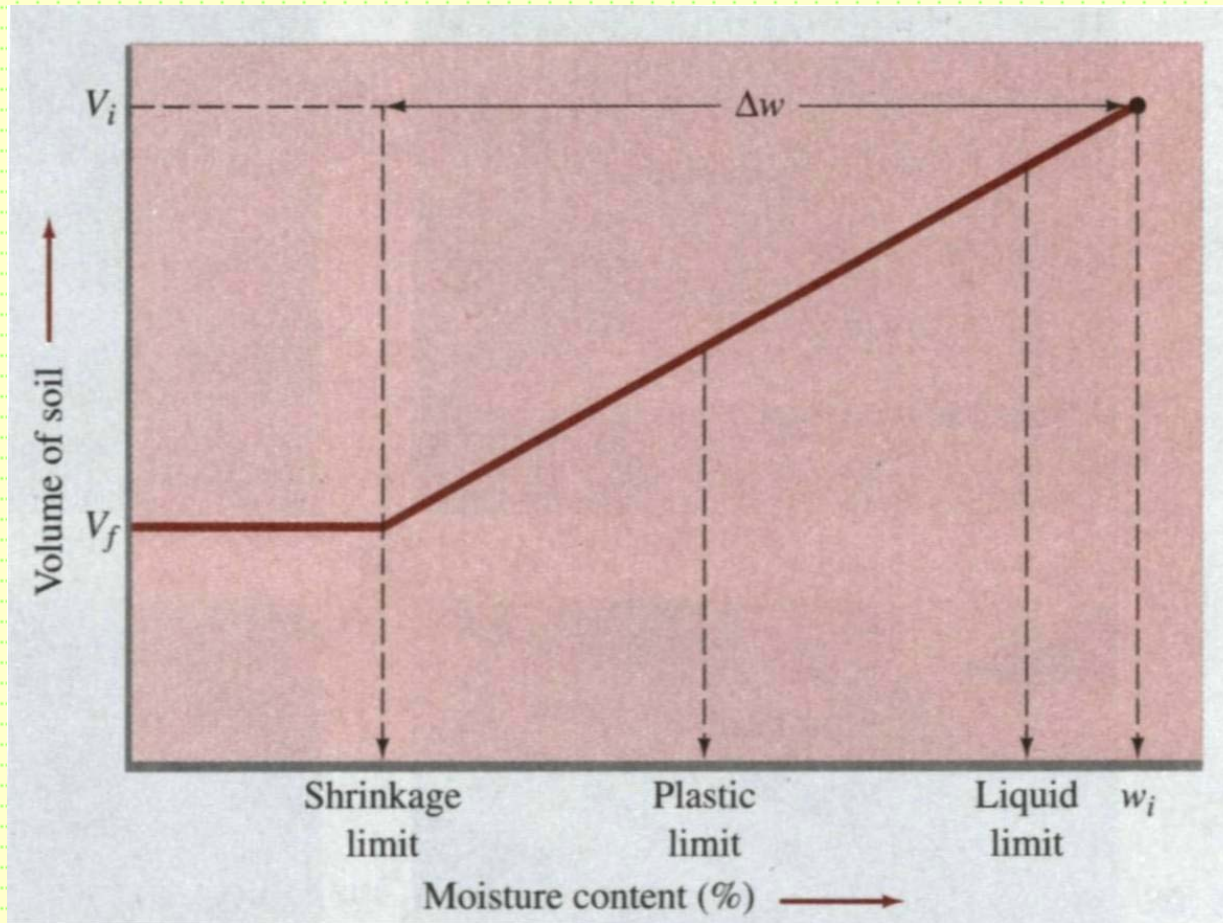


Waleczonek spekany podłużnie



Waleczonek spekany poprzecznie

Granice konsystencji (Atterberga) - w_s

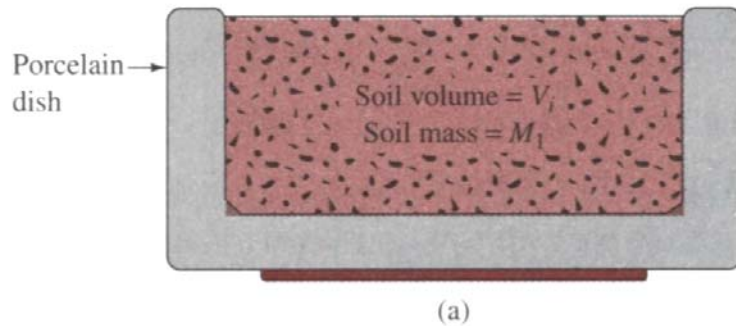


Definition of shrinkage limit:

The water content at which the soil volume ceases to change is defined as the shrinkage limit.

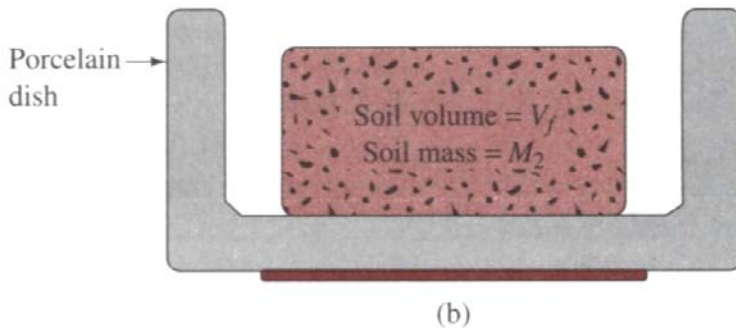
Granice skurczalności osiąga grunt o konsystencji zwartej gdy podczas suszenia przestaje zmniejszać swą objętość.

Granice konsystencji (Atterberga) - w_s



Soil volume: V_i

Soil mass: M_1



Soil volume: V_f

Soil mass: M_2

$$w_s = w_i(\%) - \Delta w(\%) = \left(\frac{M_1 - M_2}{M_2} \right) \cdot 100\% - \left(\frac{V_i - V_f}{M_2} \right) \cdot \rho_w \cdot 100\%$$

Granice skurczalności (Atterberga) - w_s

Granica skurczalności w_s , oznaczona jest laboratoryjnie lub ze wzoru:

$$w_s = w_L - 1.25w_P$$

Odkształcenie skurczu wyrażane jest symbolem ϵ_{sh} lub ϵ_s i opisane wzorem:

$$\epsilon_{sh} = \frac{\Delta h}{h_0}$$

gdzie: Δh - zmniejszenie wysokości próbki po suszeniu,

h_0 - wysokość początkowa próbki.

Przedział skurczu wyrażony jest wzorem:

$$w_n - w_s$$

gdzie: w_n - wilgotność naturalna [%],

w_s - granica skurczalności [%].



Ekspansywność – pęcznienie gruntów

Pęcznienie gruntów polega na powiększeniu ich objętości przy pochłanianiu wody. Zdolność pęcznienia związana jest z hydrofilnym charakterem minerałów ilastych, wchodzących w skład gruntów spoistych oraz z ich dużą powierzchnią właściwą. Pęcznienie gruntu może prowadzić do ich rozpadu pod działaniem wody powodując **rozmakanie gruntu**.

Zdolność pęcznienia gruntu można scharakteryzować za pomocą:

- **wskaźnika pęcznienia V_p** określanego jako iloraz przyrostu objętości próbki gruntu ΔV po maksymalnym pęcznieniu do objętości pierwotnej V :

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

- **ciśnienia pęcznienia P_c** jakie powstaje wówczas, gdy nie ma możliwości zmian objętościowych w procesie pęcznienia gruntu (ciśnienie pęcznienia jest równe jednostkowemu obciążeniu normalnemu, jakie należy przyłożyć na powierzchnię próbki gruntu w edometrze, gdy znajdzie się ona w kontakcie z wodą, aby jej zmiany wysokości (pęcznienia) były równe zeru).

Ekspansywność – pęcznienie gruntów

- **wskaźnik ekspansji EI** to stosunek różnicy wysokości próbki przed i po nasyceniu wodą (przy stopniu nasycenia 9 – 51 %) do wysokości początkowej próbki (naruszonej i zagęszczonej pod obciążeniem 7 kPa). Obliczany jest ze wzoru:

$$EI = \frac{\Delta h}{H_1} \cdot 100\%$$

gdzie: Δh - różnica wysokości próbki przed badaniem i po badaniu ($H_1 - H_2$)

H_1 - wysokość pierwotna próbki (wysokość przed badaniem)

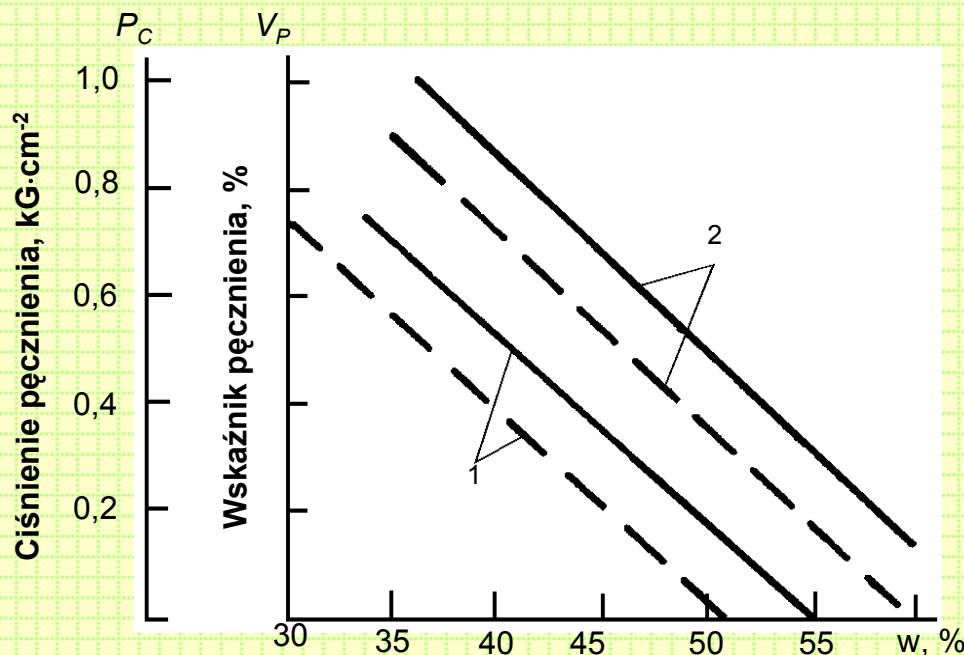
H_2 - wysokość próbki po badaniu

Głównymi czynnikami wpływającymi na charakter pęcznienia gruntów są:

- **skład i struktura gruntu** (skład mineralny i granulometryczny,
- **skład kationów wymiennych**, cechy strukturalno-teksturalne, wilgotność),
- **skład chemiczny i stężenie roztworu wodnego** współdziałającego z gruntem.
- **wartość obciążenia zewnętrznego.**

Ekspansywność – pęcznienie gruntów

Na wartość pęcznienia wpływ ma wilgotność początkowa, (w miarę wzrostu wilgotności początkowej pęcznienie maleje).



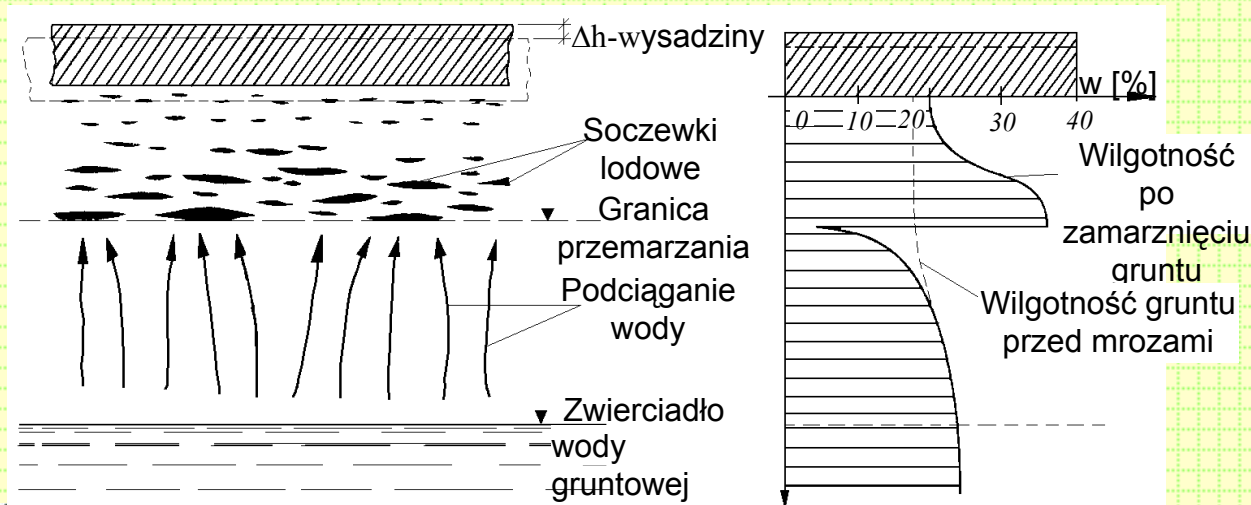
Zależność wskaźnika pęcznienia (linia ciągła) i ciśnienia pęcznienia (linia przerywana) zagęszczony past ilów: kaolinitowego 1 i monotermitowego 2, od wilgotności początkowej.

Zjawiska mrozowe w gruncie

Przemarzenie gruntu jest to zamrażanie wody w gruncie w przypadku okresowego występowania temperatury powietrza poniżej 0°C

Głębokość i prędkość przemarzania zależą od:

- **temperatury powietrza**
- **czasu trwania**
- **osłony terenu**
- **struktury i tekstury gruntu**
- **składu granulometrycznego gruntu**



Zjawisko
przemarzania
gruntu

Zjawiska mrozowe w gruncie

Określenie Głębokości Przemarzania Gruntów

$$h_z = \sqrt{\frac{2\lambda}{Q\gamma_{ow}}(T_z - T_p)t}$$

gdzie:

λ - współczynnik przewodnictwa cieplnego,

Q - ciepło krzepnięcia wody,

γ_{ow} - ciężar objętościowy wody zawartej w gruncie odniesiony do jednostki objętości gruntu,

T_z - temperatura zamarzania,

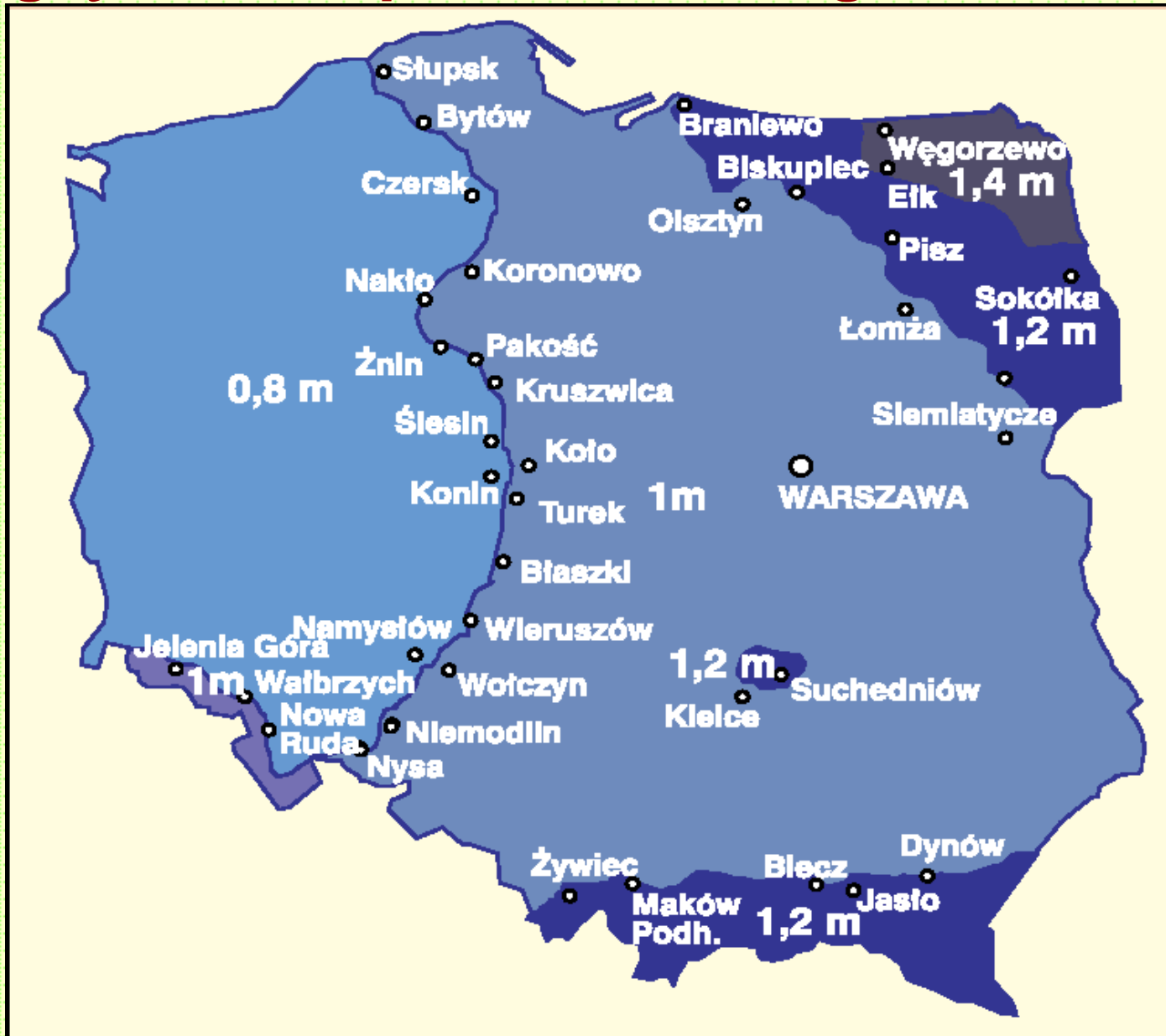
T_p - temperatura na powierzchni gruntu,

T - czas.

Im bardziej drobnoziarnisty jest grunt, tym mniejsze są wymiary porów, tym więcej porów jest prawie całkowicie wypełnionych wodą adsorbowaną, a więc lepsze są warunki do tworzenia się wydzielonych soczewek lodowych i powstawania wysadzin.

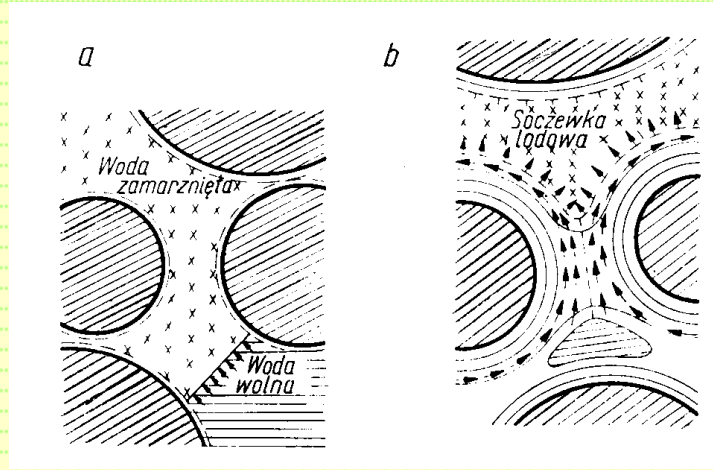


Mapa głębokości przemarzania gruntu dla Polski



Kryteria wysadzinowości gruntów

Kryteria wysadzinowości gruntów zależą od właściwości fizycznych gruntów.



Zamarzanie wody w gruncie:
a) niespoistym (ziarnistym),
b) spoistym (iłowym).

- 1. Casagrande'go** (1934) według którego zalicza się do wysadzinowych grunty bardzo różnoziarniste ($U > 15$), które zawierają więcej niż 3 % cząstek mineralnych od 0.02 mm oraz grunty różnoziarniste ($U < 5$) zawierające ponad 10 % ww. cząstek.
- 2. Kryterium Beskowa** (1935), wg którego uwzględnia się wpływ geologicznego pochodzenia gruntu, wielkość średnicy d_{50} , procentową zawartość o średnicy mniejszej od 0.062 mm i 0.125 mm oraz kapilarność bierną przy wilgotności równej granicy płynności.

Kryteria wysadzinowości gruntów

3. Kryterium Wiłuna (1958), wg którego uwzględnia się uziarnienie gruntu i kapilarność bierną gruntu H_{kb} . Wiłun pod względem wysadzinowości, dzieli grunty na 3 grupy:

GRUPA A – grunty niewysadzinowe o $H_{kb} < 1.0$ m, bezpieczne w każdych warunkach wodnogruntowych i klimatycznych; są to grunty zawierające poniżej 20 % cząstek mniejszych od 0.05 mm i poniżej 3 % cząstek mniejszych od 0.02 mm (należą tu czyste żwiry, pospółki i piaski).

GRUPA B – grunty wątpliwe (mało wysadzinowe) o $H_{kb} < 1.3$ m, zawierające 20 ÷ 30 % cząstek mniejszych od 0.05 mm i 3 ÷ 10 % cząstek mniejszych od 0.02 mm (należą tu piaski bardzo drobne, pylaste i próchnicze).

GRUPA C – grunty wysadzinowe o $H_{kb} > 1.3$ m; są grunty zawierające powyżej 30 % cząstek mniejszych od 0.05 mm i powyżej 10 % cząstek mniejszych od 0.02 mm (należą tu wszystkie grunty spoiste i namuły organiczne).

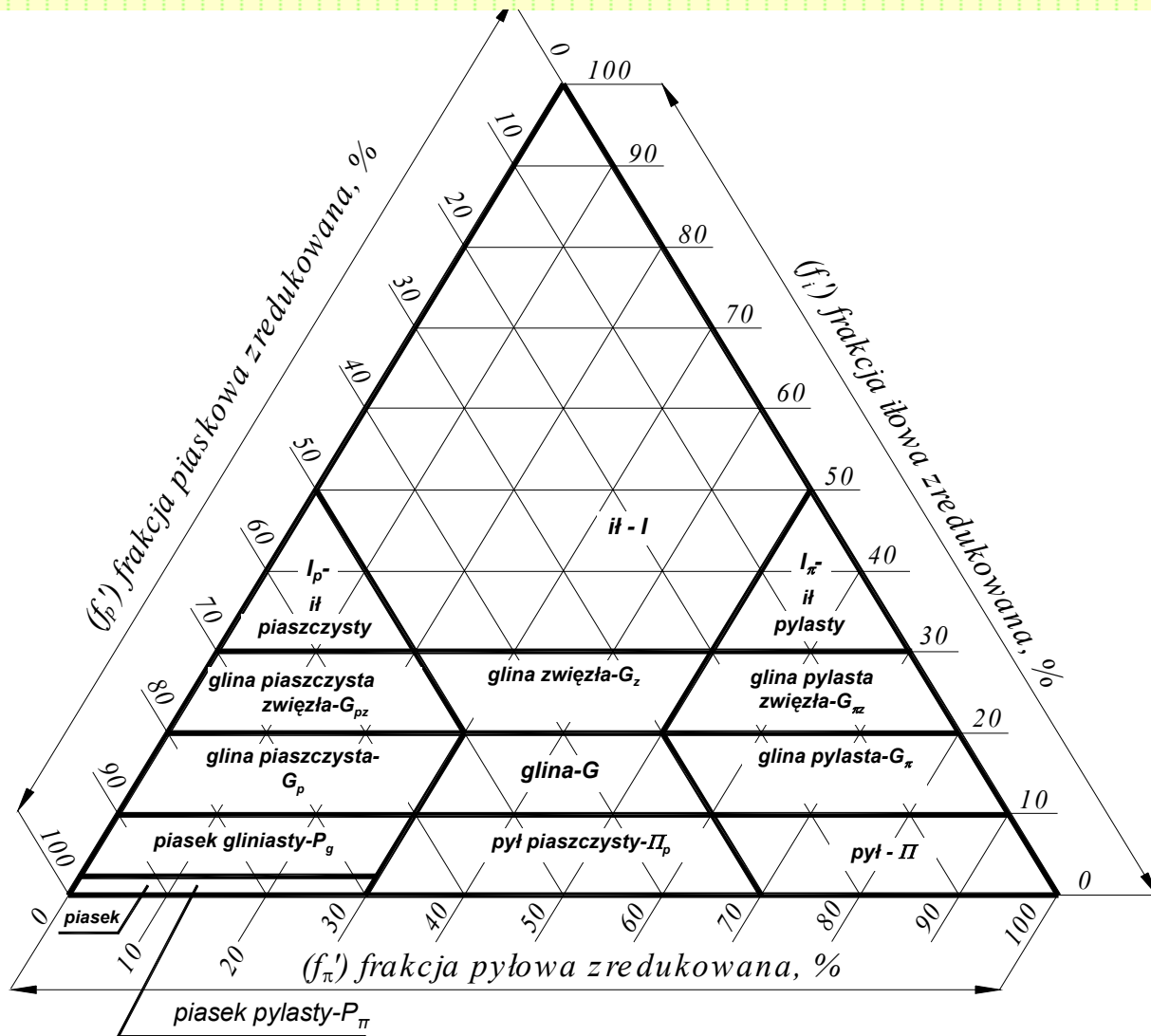


Granice konsystencji (Atterberga) - w_s

Table 10.1 Atterberg Limit Values for the Clay Minerals.

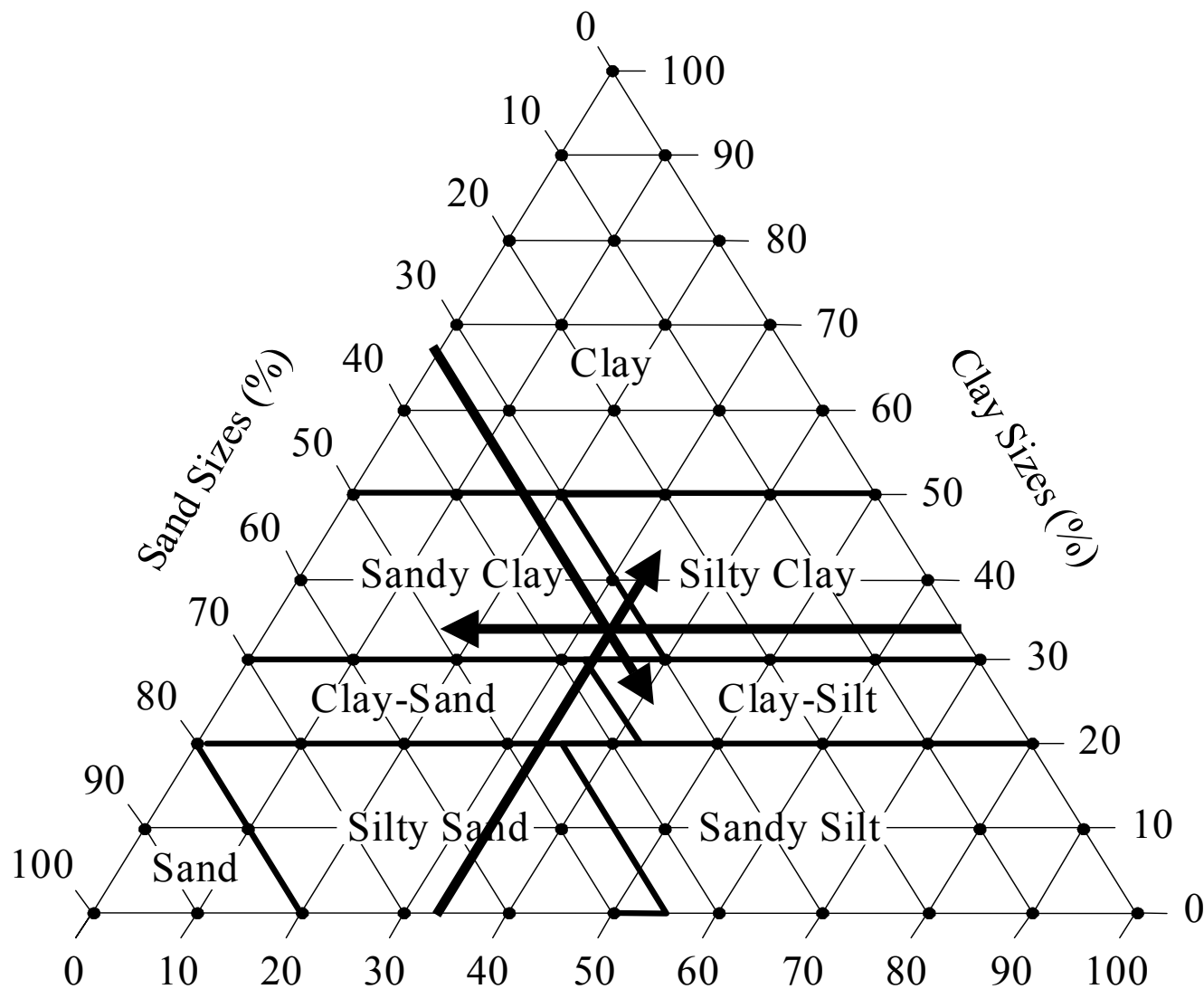
Mineral ^a	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Shrinkage Limit
Montmorillonite	100–900	50–100	8.5–15
Nontronite	37–72	19–27	
Illite	60–120	35–60	15–17
Kaolinite	30–110	25–40	25–29
Hydrated Halloysite	50–70	47–60	
Dehydrated Halloysite	35–55	30–45	
Attapulgit	160–230	100–120	
Chlorite	44–47	36–40	
Allophane (undried)	200–250	130–140	

Klasyfikacje i nazewnictwo gruntów



Uziarnienie jest podstawowym kryterium podziału gruntów. Do określenia rodzaju gruntów według uziarnienia, stosuje się klasyfikację opartą na trzech najdrobniejszych frakcjach: **piaskowej, pyłowej i ilowej**. Wzajemny stosunek zawartości tych frakcji w gruntach przedstawia **trójkąt Fereta**.

Klasyfikacje i nazewnictwo gruntów



equal
amounts
sand,
silt,
clay

Nazewnictwo gruntów nieskalistych mineralnych

Grunt	Nazwa gruntu	Symbol	Uziarnienie	Uwagi
Kamienisty $d_{50} > 40 \text{ mm}$	Zwierzelina	KW	$f_i \leq 2 \%$	Grunty występujące w miejscu wietrzenia skały w stanie nienaruszonym
	Zwierzelina gliniasta	KWg	$f_i > 2 \%$	
	Rumosz	KW	$f_i \leq 2 \%$	Grunt występuje poza miejscem wietrzenia skały pierwotnej, lecz nie podległ procesom transportu i osadzania w wodzie
	Rumosz gliniasty	KRg	$f_i > 2 \%$	
	Otoczaki	KO		
Grubo-ziarnisty $d_{50} \leq 40 \text{ mm}$ $d_{90} > 2 \text{ mm}$	Żwir	Ż	$f_i \leq 2 \%$ $f_k + f_z > 50\%$	
	Żwir gliniasty	Żg	$f_i > 2 \%$ $f_k + f_z > 50\%$	
	Pospółka	Po	$f_i \leq 2 \%$ $50\% > f_k + f_z > 10\%$	
	Pospółka gliniasta	Pog	$f_i > 2 \%$ $50\% > f_k + f_z > 10\%$	

Nazewnictwo gruntów nieskalistych mineralnych

Grunt	Nazwa gruntu	Symbol	Uziarnienie			Uwagi
Drobno-ziarnisty $d_{90} \leq 2 \text{ mm}$ Niespoisty (sypki) $I_p \leq 1\%$	Piasek gruby	Pr	Zawartość frakcji %			$d_{50} > 0.5 \text{ mm}$
			>2mm	>0.5mm	>0.25mm	
			<10	>50	-	
	Piasek średni	Ps	<10	<50	>50	$0.5 \text{ mm} > d_{50} > 0.25 \text{ mm}$
	Piasek drobny	Pd	<10	<50	<50	$d_{50} \leq 0.25 \text{ mm}$
	Piasek pylasty	$P\pi$	<10	<10	<10	$f_p = 68-90\%$ $f_\pi = 10-30\%$ $f_i = 0-2\%$

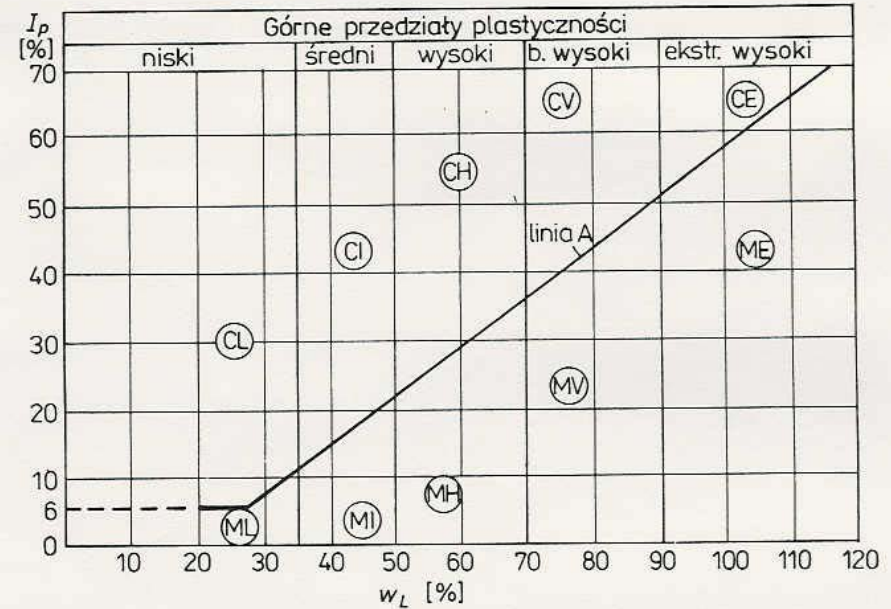
Nazewnictwo gruntów nieskalistych mineralnych

Grunt	Nazwa gruntu	Symbol	Uziarnienie			Uwagi
			f_p	f_π	f_i	
Drobno- ziarnisty $d_{90} \leq 2 \text{ mm}$ Spoisty $I_p > 1\%$	Piasek gruby	Pg	60-98	0-30	2-10	Mało spoiste: $1\% < I_p \leq 10\%$
	Pył piaszczysty	πp	30-70	30-70	0-10	
	Pył	π	0-30	60-100	0-10	
	Gлина piaszczysta	Gp	50-90	0-30	10-20	Średnio spoiste: $10\% < I_p \leq 20\%$
	Gлина	G	30-60	30-60	10-20	
	Gлина pylasta	G π	0-30	50-90	10-20	
	Gлина piaszczysta zwięzła	Gpz	50-80	0-30	20-30	Zwięzła spoiste: $20\% < I_p \leq 30\%$
	Gлина zwięzła	Gz	20-50	20-50	20-30	
	Gлина pylasta zwięzła	G π z	0-30	50-80	20-30	
	Ił piaszczysty	Ip	50-70	0-20	30-50	Bardzo spoiste: $I_p > 30\%$
	Ił	I	0-50	0-50	30-100	
	Ił pylasty	I π	0-20	50-70	30-50	

Nazewnictwo gruntów spoistych

W celu identyfikacji gruntów spoistych, często podaje się tzw. **kartę plastyczności Casagrandego**. Grunty spoiste są na niej podzielone w zależności od granicy płynności oraz od wskaźnika plastyczności.

CL - łyły o niskiej plastyczności; **CI** – łyły o średniej plastyczności; **CH** – łyły o wysokiej plastyczności; **CV** – łyły o bardzo wysokiej plastyczności; **CE** – łyły o ekstremalnie wysokiej plastyczności; **ML** – pyły o niskiej plastyczności; **MI** – pyły o średniej plastyczności; **MH** – pyły o wysokiej plastyczności; **MV** – pyły o bardzo wysokiej plastyczności; **ME** – pyły o ekstremalnie wysokiej plastyczności



Podczas waleczkowania obserwuje się rodzaj spękań (podłużne czy poprzeczne) i zmiany wyglądu waleczka (czy jest matowy czy nabiera połysku). Charakter spękań oraz wygląd waleczka pozwalają na określenie rodzaju gruntu spoistego.

Nazewnictwo gruntów spoistych

Próba rozmakania

1. Próbkę umieszcza się w siatce o wymiarach boków oczek kwadratowych 5 mm i zanurza w całości w zlewce z wodą destylowaną
2. Mierzy się czas rozmakania grudki od chwili zanurzenia w wodzie aż do momentu przeniknięcia jej przez oczka siatki w wyniku rozpadnięcia
3. Czas oczekiwania, zależny od zawartości frakcji iłowej w próbce pozwala na zaliczenie jej do odpowiedniego rodzaju gruntu

Próba rozcierania

1. Grudkę gruntu przeznaczonego do badań rozciera się pomiędzy dwoma palcami zanurzonymi w wodzie
2. Jeżeli podczas tego rozcierania pozostaje pomiędzy palcami dużo ziaren piasku, grunt zalicza się do grupy pierwszej – gruntów o największej zawartości piasku
3. Jeżeli podczas tego rozcierania pozostają pomiędzy palcami tylko pojedyncze ziarna piasku, grunt zalicza się do grupy drugiej – gruntów o pośredniej zawartości piasku i pyłu
4. Jeżeli pomiędzy palcami nie pozostają ziarna piasku, grunt zaliczamy do grupy trzeciej – gruntów o minimalnej zawartości piasku, na korzyść obecności pyłu.



Nazewnictwo gruntów spoistych

Rodzaj gruntu; $I_p; f_i$	Rodzaje i nazwy gruntu w zależności od zawartości frakcji piaskowej			Rozpoznawanie stopnia spoistości gruntu	
	Grupa I, grunty piaszczyste; $f_p > 50\%$, $f_\pi < 30\%$	Grupa II, grunty pośrednie; $f_p > 30\%$, $f_\pi < 30\%$	Grupa III, grunty pylaste; $f_p < 30\%$, $f_\pi > 30\%$	Próba wałeczkowania	Próba rozmakania
Mało spoisty $I_p < 5\%$, $f_i < 5\%$	Piasek gliniasty	Pył piaszczysty	Pył*	Kulka rozpląszcza się lub rozsypuje; grunt nie daje się wałeczkować	Grudka rozmaka natychmiast
Mało spoisty $I_p = 5-10\%$, $f_i = 5-10\%$	Piasek gliniasty	Pył piaszczysty	Pył	Waleczek rozwarstwa się podłużnie	Grudka rozmaka w czasie od 0.5 do 5 min.
Średnio spoisty $I_p = 10-20\%$, $f_i = 10-20\%$	Glina piaszczysta	Glina	Glina pylasta	Od początku do końca powierzchnia waleczka bez połysku; waleczek pęka poprzecznie	Grudka rozmaka w czasie od 5 do 60 min.

Nazewnictwo gruntów spoistych

Rodzaj gruntu; I_p ; f_i	Rodzaje i nazwy gruntu w zależności od zawartości frakcji piaskowej			Rozpoznawanie stopnia spoistości gruntu	
	Grupa I, grunty piaszczyste; $f_p > 50\%$, $f_\pi < 30\%$	Grupa II, grunty pośrednie; $f_p > 30\%$, $f_\pi < 30\%$	Grupa III, grunty pylaste; $f_p < 30\%$, $f_\pi > 30\%$	Próba waleczkowania	Próba rozmakania
Zwięzło- spoisty $I_p = 20-30\%$, $f_i = 20-30\%$	Glina piaszczysta zwięzła	Glina zwięzła	Glina pylasta zwięzła	Waleczek początkowo bez połysku, przy końcu waleczkowania z połyskiem; pęka poprzecznie	Grudka rozmaka w czasie od 1 do 24 h
Bardzo spoisty $I_p > 30\%$, $f_i > 30\%$	II piaszczysty	II	II pylasty	Kulka i waleczek od początku z połyskiem	Grudka rozmaka w czasie krótszym niż 1 doba
Próba rozcierania w wodzie; rozpoznawanie ilości frakcji piaskowej	Między palcami pozostaje dużo piasku ostrego	Wyczuwa się pojedyncze drobne ziarna piasku	Ziarn piasku nie wyczuwa się		

*Pył mało wilgotny przy rozcieraniu między palcami zachowuje się jak mąka kartoflana, a palce pokrywają się jasną mączką



Literatura

- Szymański A. – Wykłady z mechaniki gruntów i budownictwa ziemnego
- Wiłun Z. – Zarys geotechniki
- Lambe T. W. Whitman R.V (1976, 1977) Mechanika gruntów, Tom I i II, Arkady, Warszawa
- Verruijt A. 2001. Soil Mechanics
- Coduto D.P. 1999. Geotechnical Engineering.
- Coduto D.P. 2001. Foundation design.
- Jarominiak A. 1999. Lekkie konstrukcje oporowe.
- Myślińska E. 2001. Laboratoryjne badania gruntów.
- Obrycki M., Pisarczyk S. 1999. Zbiór zadań z mechaniki gruntów.

