



KATEDRA HYDROGEOLOGII I GEOLOGII INŻYNIERKIEJ

WYKŁAD

GRUNTOZNAWSTWO

DR INŻ. ALEKSANDRA BORECKA

BIBLIOGRAFIA:

- 1.E. Myślińska – Laboratoryjne badania gruntów (i gleb), Wydawnictwo Naukowe PWN
- 2.B. Grabowska-Olszewska – Metody badań gruntów spoistych, Wydawnictwo Geologiczne, 1990
- 3.Z. Wiłun – Zarys geotechniki
- 4.Instrukcje ITB 428/2007 – Komentarz do nowych norm klasyfikacji gruntów, Warszawa, 2007
- 5.Z.Pazdro – Hydrogeologia ogólna
- 6.A. Macioszczyk – Podstawy hydrogeologii stosowanej, Wydawnictwo Naukowe PWN
- 7.R. Lancellotta – Geotechnical engineering, Taylor & Francis, 2009
- 8.B. M. Das – Principles of Geotechnical Engineering, PWS-KENT Publishing Company, 1985
- 9.J.K. Mitchell, K. Soga – Fundamentals of soil behavior, J. Wiley & Sons, 2005

Polskie Normy:

- 1.PN-B-02480:1986 – Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
- 2.PN-B-04481:1988 – Grunty budowlane. Badanie próbek gruntu.
- 3.PN-EN ISO 14688-1:2006 – Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczanie i opis
- 4.PN-EN ISO 14688-2:2006 – Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania
- 5.PN-EN 1997-2:2009 – Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznawanie i badanie podłoża gruntowego

BIBLIOGRAFIA cd:

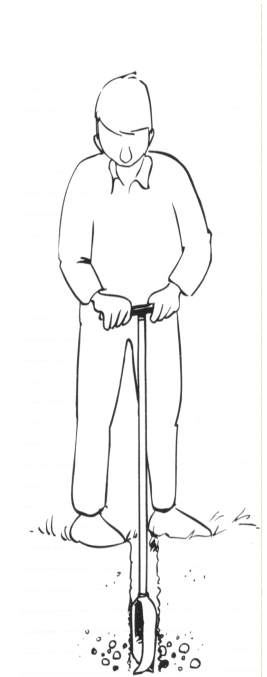
Specyfikacje techniczne:

1. PKN-CEN ISO/TS 17892-1:2009 – Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 1 – Oznaczanie wilgotności.
2. PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2009 – Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 2 – Oznaczanie gęstości gruntów drobnoziarnistych.
3. PKN-CEN ISO/TS 17892-3:2009 – Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 3 – Oznaczanie gęstości właściwej – Metoda piknometru.
4. PKN-CEN ISO/TS 17892-4:2009 – Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 4 – Oznaczanie składu granulometrycznego
5. PKN-CEN ISO/TS 17892-5:2009 – Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 5 – Badanie edometryczne gruntów.
6. PKN-CEN ISO/TS 17892-6:2009 – Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 6 – Badanie penetrometrem stożkowym.
7. PKN-CEN ISO/TS 17892-7:2009 – Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 7 – Badanie na ściskanie gruntów drobnoziarnistych w jednoosiowym stanie naprężenia.
8. PKN-CEN ISO/TS 17892-8:2009 – Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 8 – Badanie gruntów nieskonsolidowanych w aparacie trójosiowego ściskania bez odpływu wody.
9. PKN-CEN ISO/TS 17892-9:2009 – Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 9 – Badanie gruntów w aparacie trójosiowego ściskania po nasyceniu wodą.
10. PKN-CEN ISO/TS 17892-10:2009 – Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 10 – Badanie w aparacie bezpośredniego ścinania.
11. PKN-CEN ISO/TS 17892-12:2009 – Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 12 – Oznaczanie granic Atterberga.

GEOLOGIA INŻYNIERSKA

Jest nauką zajmującą się zastosowaniem geologii do praktyki inżynierskiej. Zadaniem geologii inżynierskiej jest ocena aktualnego stanu środowiska geologicznego oraz prognozowanie zmian tej części środowiska, na którą oddziałują wszelkiego typu roboty budowlane.

Jest nauką zajmującą się badaniem, studiowaniem i rozwiązywaniem problemów inżynierskich, które mogą powstać w środowisku geologicznym w wyniku działalności człowieka oraz planowaniem i rozwijaniem metod pomiarowych w celu zapobiegania katastrofom geologicznym lub usuwaniem ich skutków.



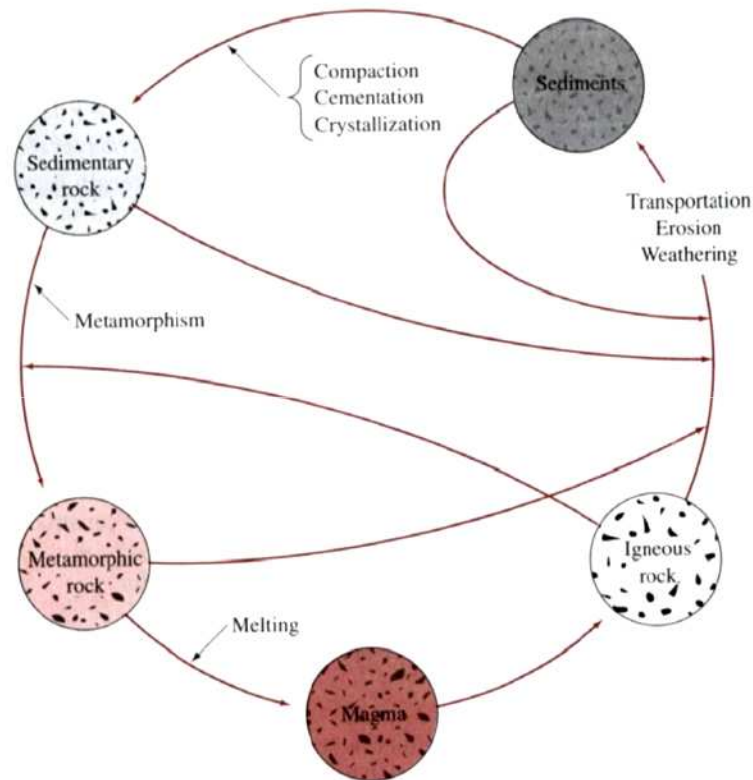


GRUNTOZNAWSTWO

Dyscyplina, której zadaniem jest badanie właściwości gruntu budowlanego. Stanowi ona dział geologii inżynierskiej. Przedmiotem badań gruntoznawstwa są fizyczne, mechaniczne oraz fizykochemiczne właściwości gruntów i ocena ich zmienności w zależności od składu mineralnego, chemicznego gruntu, jego struktury, tekstury, ...

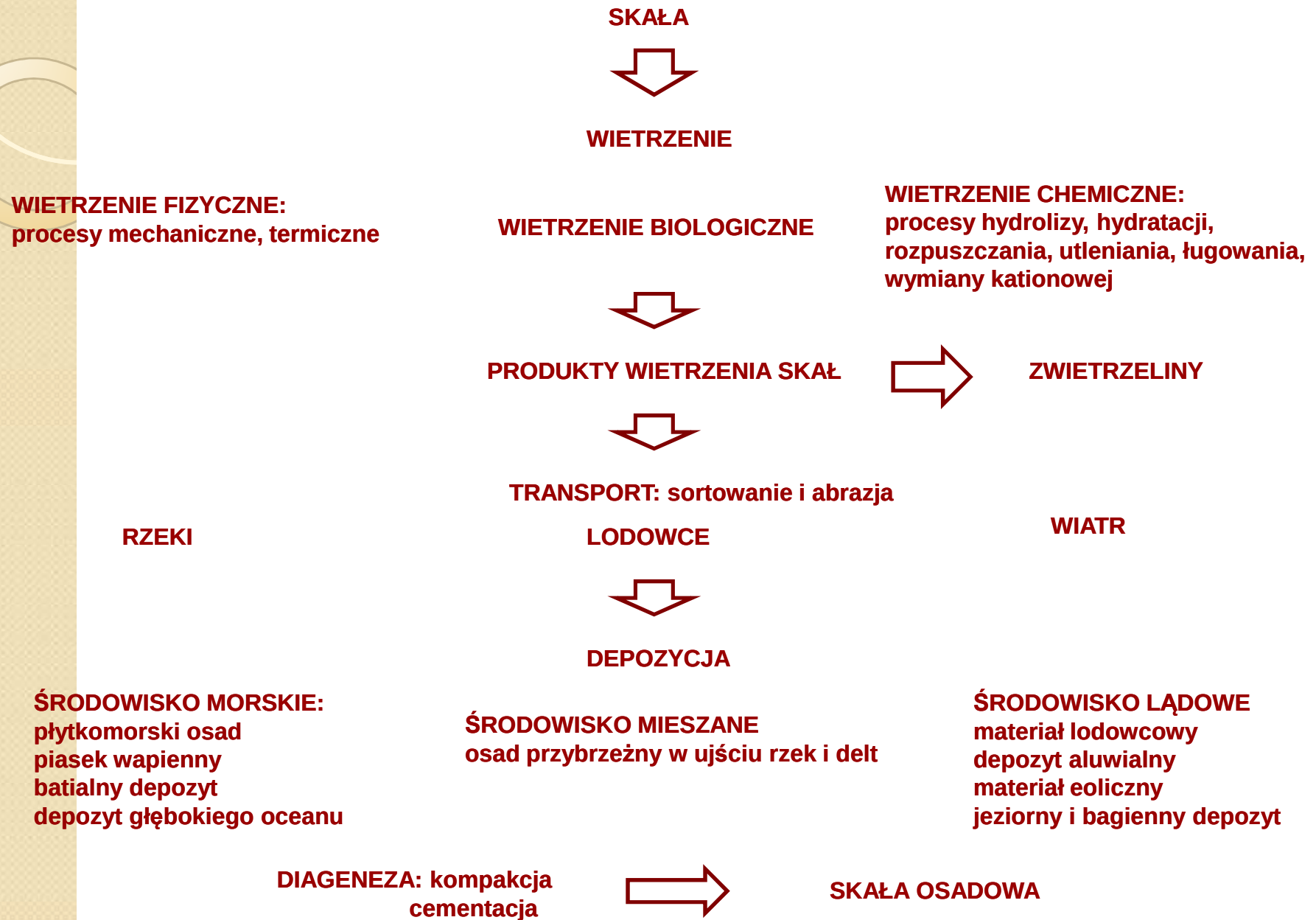
Wyniki badań gruntoznawczych wykorzystywane są dla potrzeb projektowania i wykonawstwa obiektów budowlanych oraz prognozy zmian właściwości gruntów i środowiska geologicznego przy zmianie warunków w trakcie wykonywania tych obiektów. Zajmuje się także opracowaniem metod polepszania właściwości gruntów (stabilizacja gruntów).

ROCK CYCLE I POCHODZENIE GRUNTÓW



ROCK CYCLE

ROCK CYCLE I POCHODZENIE GRUNTÓW



GRUNTY

stanowią fragment warstwy litosfery, powstały w wyniku wietrzenia skał pierwotnych czyli w **wyniku rozpadu czy rozkładu skały macierzystej** w wyniku oddziaływania procesów fizycznych, chemicznych czy biologicznych.

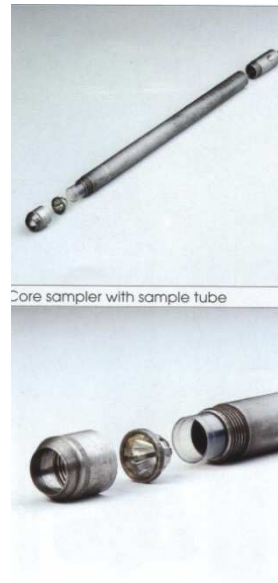
WIETRZENIE FIZYCZNE (MECHANICZNE) – rozpad skały bez zmiany jej składu chemicznego, pod działaniem powierzchniowych i przypowierzchniowych czynników fizycznych: częste zmiany temperatury skał, ciśnienia wody i lodu zawartego w skałach, odprężenia się skał w wyniku ich odciążenia, mechanicznego działania roślin, zwierząt i człowieka

WIETRZENIE CHEMICZNE – procesy chemicznego rozkładu, w trakcie których dochodzi do rozpuszczania i uwalniania składników oraz syntezy nowych minerałów bądź pozostawiania trwałych produktów końcowych rozpadu. Wietrzenie chemiczne jest głównie spowodowane procesami rozpuszczania, hydrolizy, hydratacji, utlenienia, uwęglanowania, itp. przebiegającymi głównie pod działaniem wody tlenu, dwutlenku węgla, azotu kwasów humusowych i bakterii.

WIETRZENIE BIOLOGICZNE (ORGANICZNE) – jest to każdy rodzaj wietrzenia spowodowany przez organizmy żywe (nie zawsze wyróżnia się wietrzenia biologicznego jako oddzielnego działu, uznaje się je jako wchodzące w skład wietrzenia fizycznego i chemicznego).

POBIERANIE PRÓBEK GRUNTU

Próbka o nie naruszonej strukturze (NNS) – jest to próbka pobrana w sposób zapewniający zachowanie naturalnej struktury, wilgotności i uziarnienia gruntu. Pobiera się je za pomocą specjalnych próbników wciskanych (z wykopów lub odkrywek można wyciąć bryłę gruntu). Przechowywane są w cylindrach, starannie zabezpieczone przed wysychaniem, odkształcaniem, przemarzaniem,....



POBIERANIE PRÓBEK GRUNTU

Próbka o naruszonej strukturze (NS) – jest to próbka w której struktura gruntu, wilgotność i/lub składniki zostały zmienione podczas pobierania

Próbka przerobiona – jest to próbka całkowicie przerobiona, o naturalnej wilgotności

Próbka o naturalnej wilgotności (NW) – jest to próbka pobrana w sposób zapewniający zachowanie naturalnej wilgotności gruntu. Przechowuje się je w szczelnych pojemnikach szklanych lub z tworzywa sztucznego albo w workach foliowych.

Próbka o naturalnym uziarnieniu (NU) – jest to próbka pobrana w sposób zapewniający zachowanie naturalnego uziarnienia gruntu (nie muszą mieć zachowanej naturalnej wilgotności i struktury). Przechowywane w szczelnych skrzynkach z przedziałami na wyznaczone głębokości (przy pobieraniu próbek z wierceń) lub też innych szczelnych pojemnikach (torebki, pudełka,...)

**KLASA JAKOŚCI PRÓB GRUNTU DO BADAŃ LABORATORYJNYCH I
KATEGORIE POBIERANIA PRÓB**
wg PN-EN ISO 22475-1:2006; PN-B-04452:2002 (zastąpiona przez PN-EN 1997-2:2009)

Właściwości gruntu/klasy jakości	1	2	3	4	5
Niezmienione właściwości gruntu uziarnienie wilgotność gęstość, stopień zagęszczenia, przepuszczalność ściśliwość, wytrzymałość na ścinanie	+	+	+	+	
Właściwości które mogą być określane kolejność warstw granice warstw – przybliżone granice warstw – dokładne granice Atterberga, gęstość właściwa szkieletu, zawartość części organicznych wilgotność gęstość, stopień zagęszczenia, przepuszczalność ściśliwość, wytrzymałość na ścinanie	+	+	+	+	+
Kategorie pobierania prób gruntu zgodnie z PN-EN ISO 22475-1:2006	A				
			B		
					C

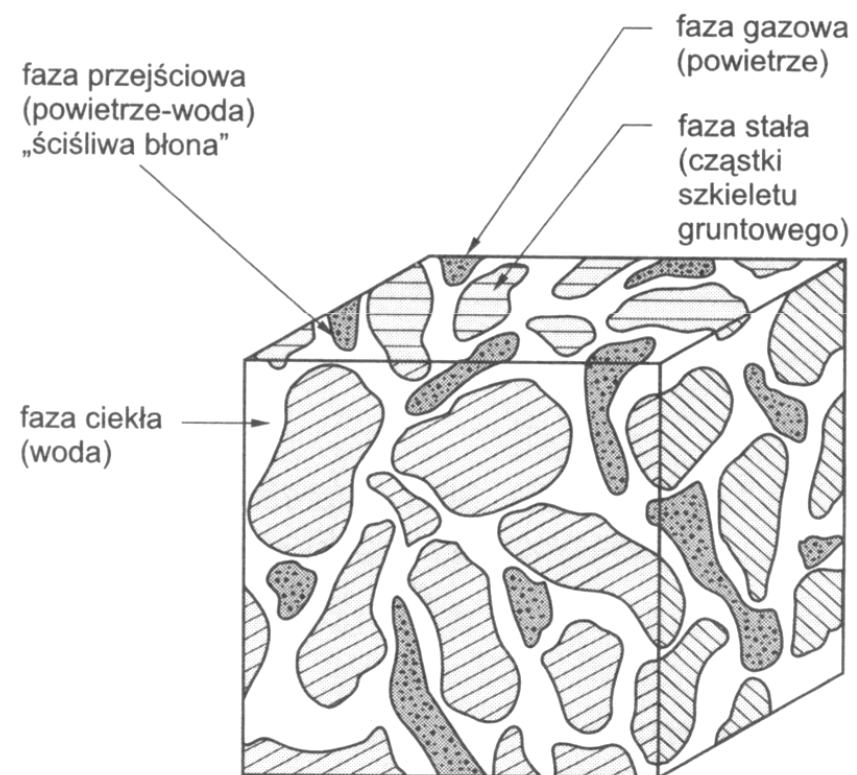
METODY POBIERANIA PRÓBEK GRUNTU

- **metoda A** – próbki pobierane bez naruszenia struktury gruntu z zachowaną wilgotnością i porowatością

- **metoda B** – próbki gruntu z zachowaną wilgotnością i składem ziarnowym

- **metoda C** – próbki umożliwiające jedynie określenie składu ziarnowego

FAZY W GRUNCIE



FRAKCJE (UZIARNIENIE) GRUNTU

wg PN-B-02480:1986

frakcja kamienista f_k $d > 40 \text{ mm}$
frakcja żwirowa f_z $40 \text{ mm} \geq d > 2 \text{ mm}$
frakcja piaskowa f_p $2 \text{ mm} \geq d > 0,05 \text{ mm}$
frakcja pyłowa f_π $0,05 \text{ mm} \geq d > 0,002 \text{ mm}$
frakcja iłowa f_i $d < 0,002 \text{ mm}$

Grunty bardzo gruboziarniste

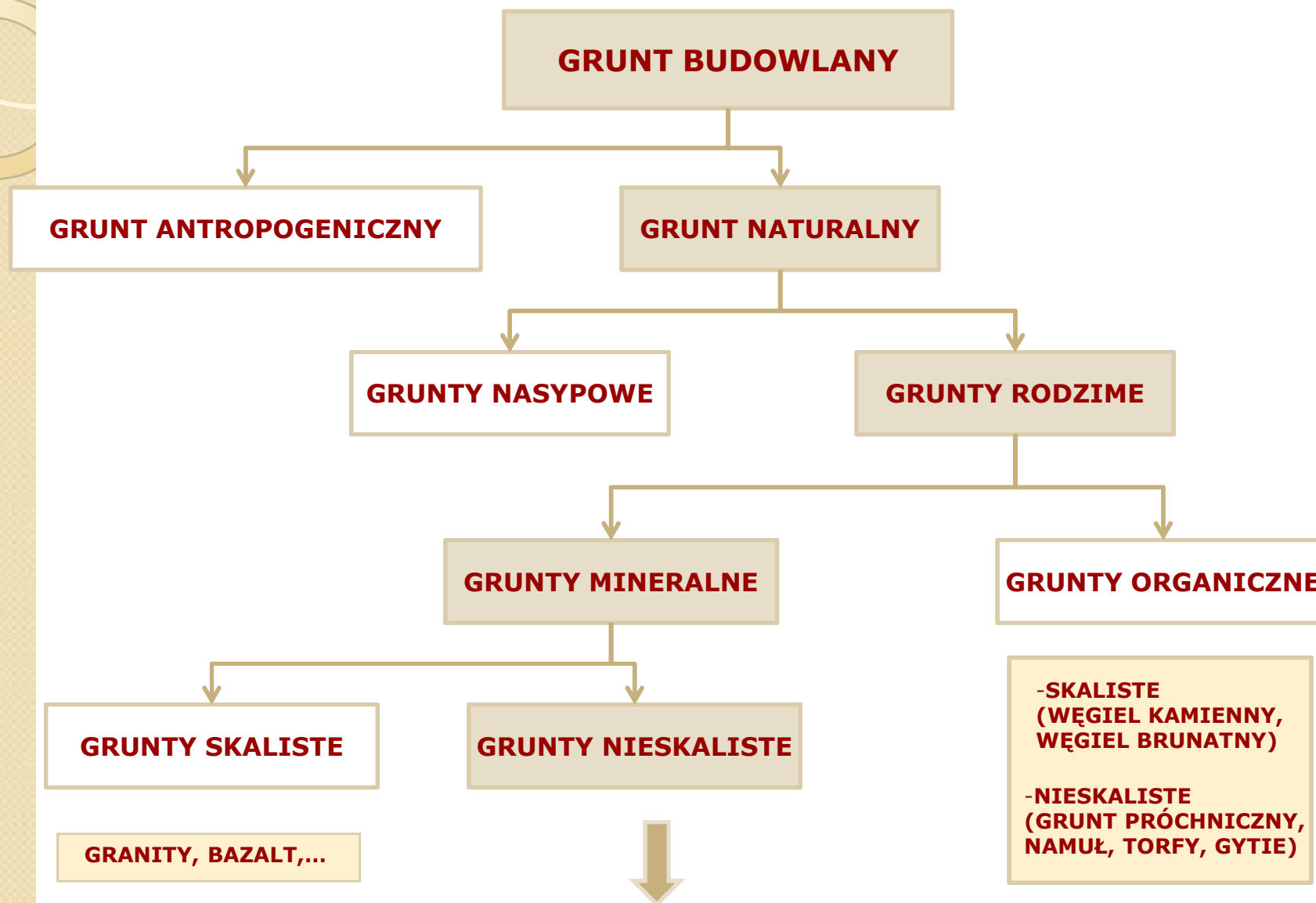
Grunty gruboziarniste

wg PN-EN ISO 14688-1:2006

Duże głazy $d > 630 \text{ mm}$
Głazy Bo $630 \text{ mm} \geq d > 200 \text{ mm}$
Kamienie (frakcja kamienista) Co $200 \text{ mm} \geq d > 63 \text{ mm}$
Żwiry (frakcja żwirowa) Gr $63 \text{ mm} \geq d > 2 \text{ mm}$
Piaski (frakcja piaskowa) Sa $2 \text{ mm} \geq d > 0,063 \text{ mm}$
Pyły (frakcja pyłowa) Si $0,063 \text{ mm} \geq d > 0,002 \text{ mm}$
Ił (frakcja iłowa) Ci $d < 0,002 \text{ mm}$

Grunty drobnoziarniste

KLASYFIKACJA GRUNTÓW BUDOWLANYCH wg PN-B-02480:1986





KAMIENISTE

ZWIETRZELINA KW

ZWIETRZELINA GLINIASTA KW_g

RUMOSZ KR

RUMOSZ GLINIASTY KR_g

OTOCZAKI KO

GRUBOZIARNISTE

ŻWIR Z

ŻWIR GLINIASTY Z_g

POSPÓŁKA Po

POSPÓŁKA GLINIASTA Po_g

DROBNIZIARNISTE

NIESPOISTE

PIASEK GRUBY Pr

PIASEK ŚREDNI Ps

PIASEK DROBNY Pd

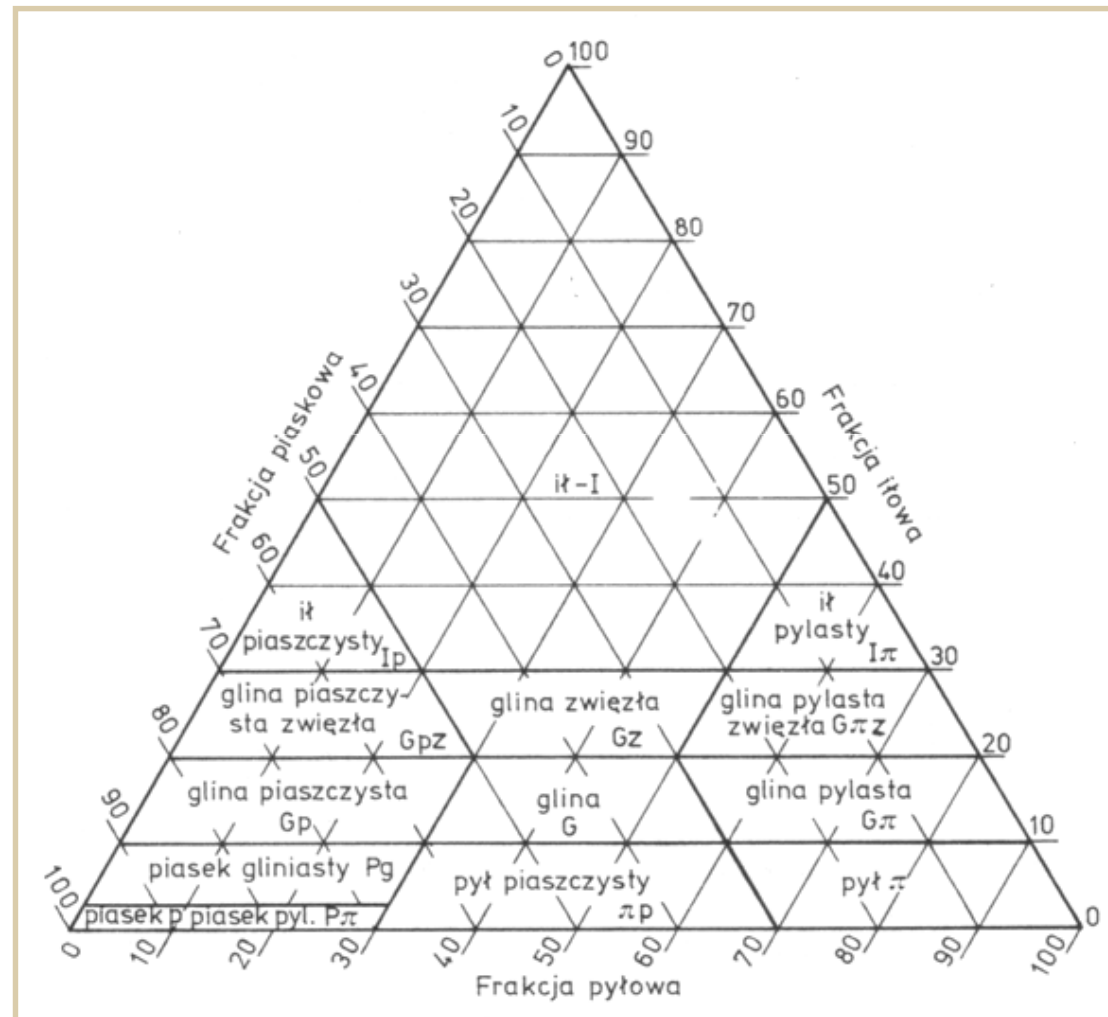
PIASEK PYLASTY P_π

SPOISTE

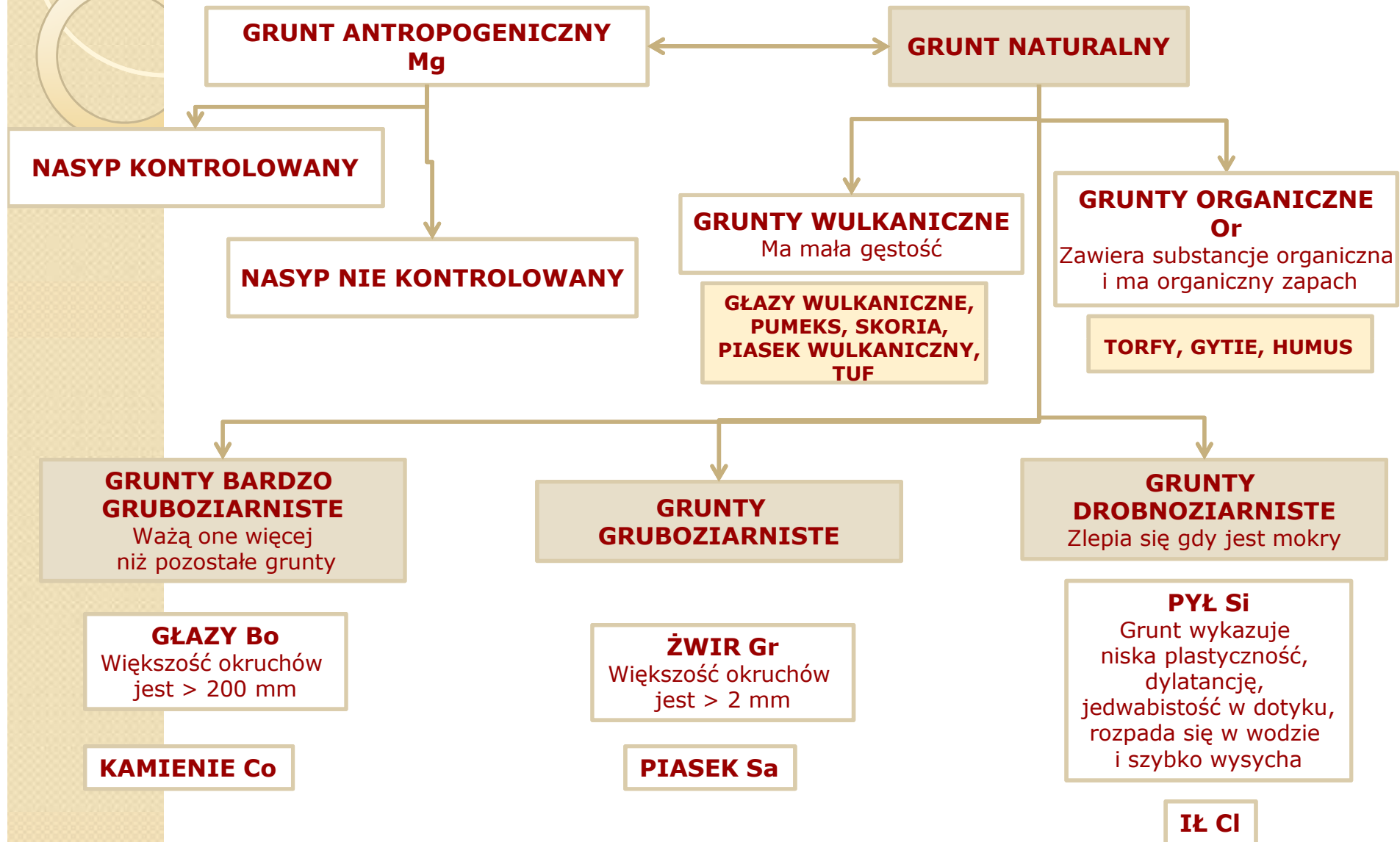


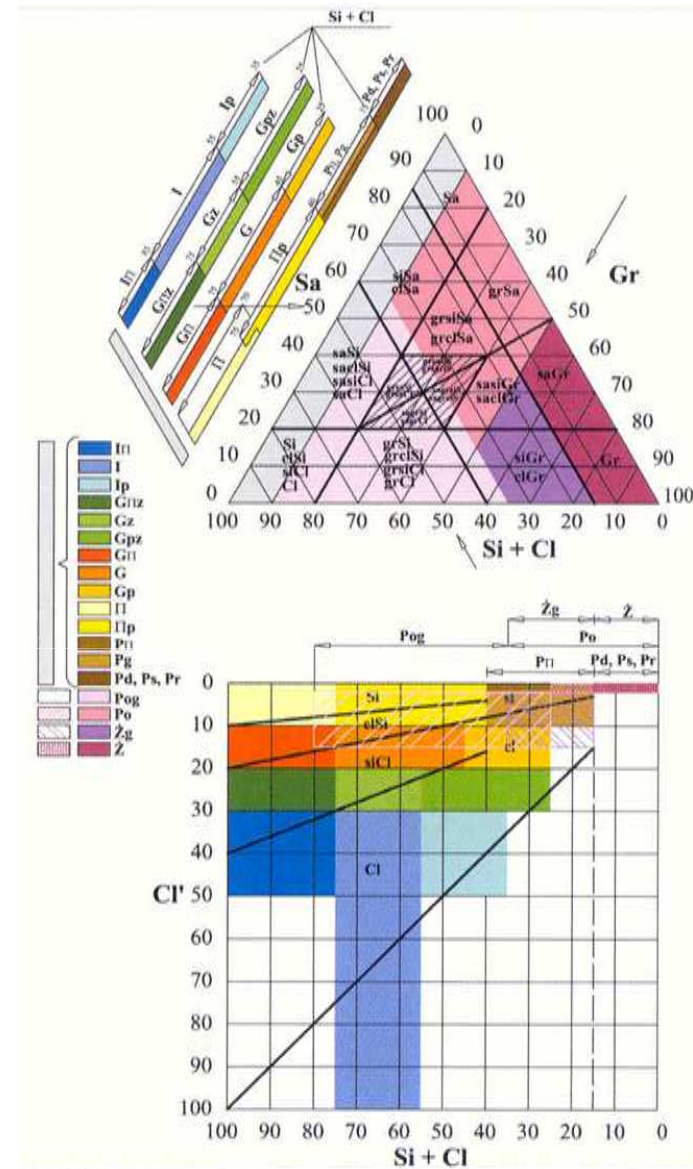
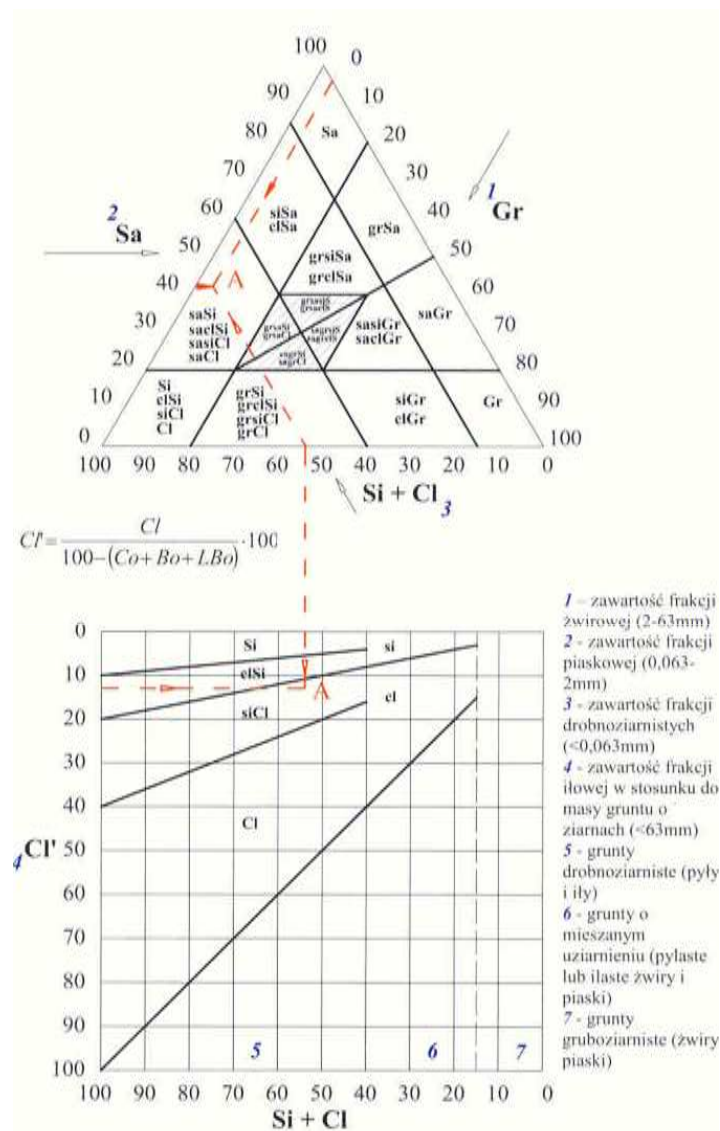
TRÓJKĄT FERETA

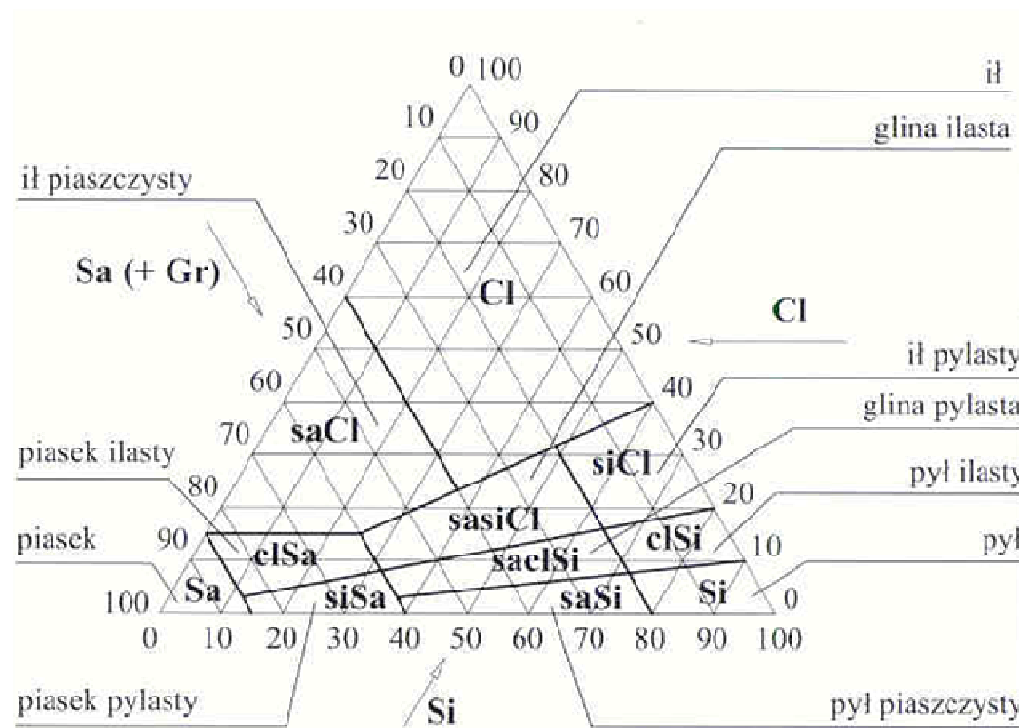
TRÓJKĄT FERETA wg PN-B-02480:1986



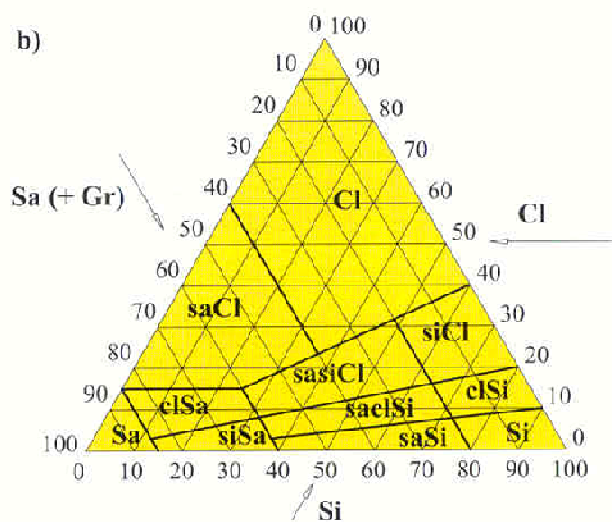
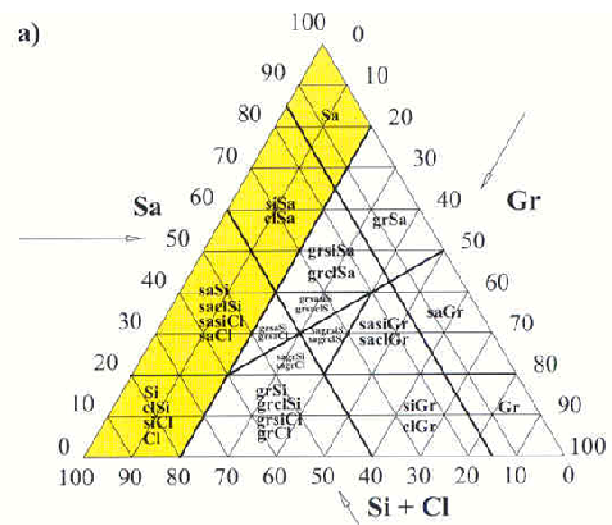
KLASYFIKACJA GRUNTÓW wg PN-EN ISO 14688-1:2006

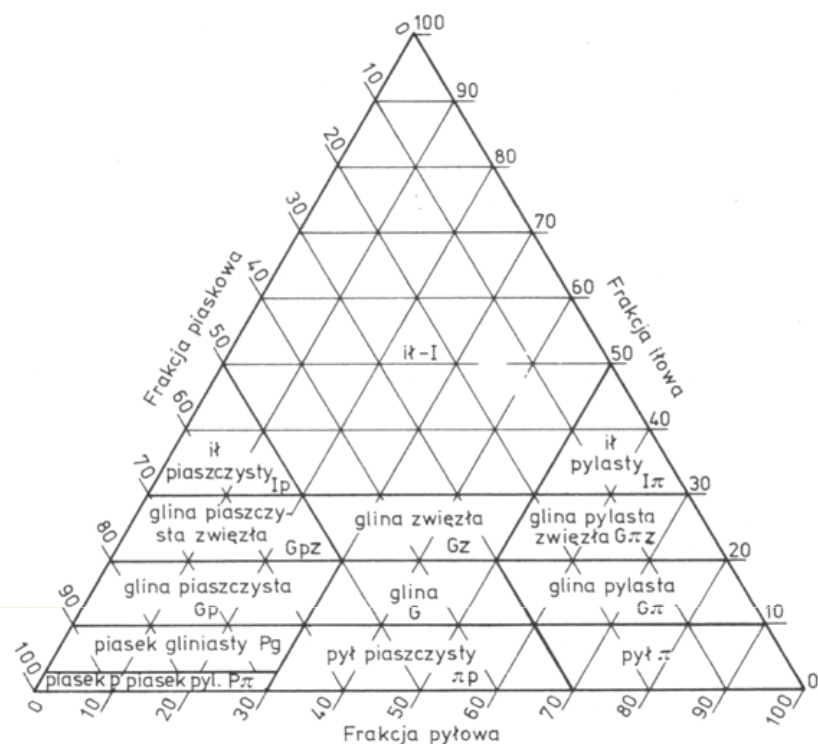






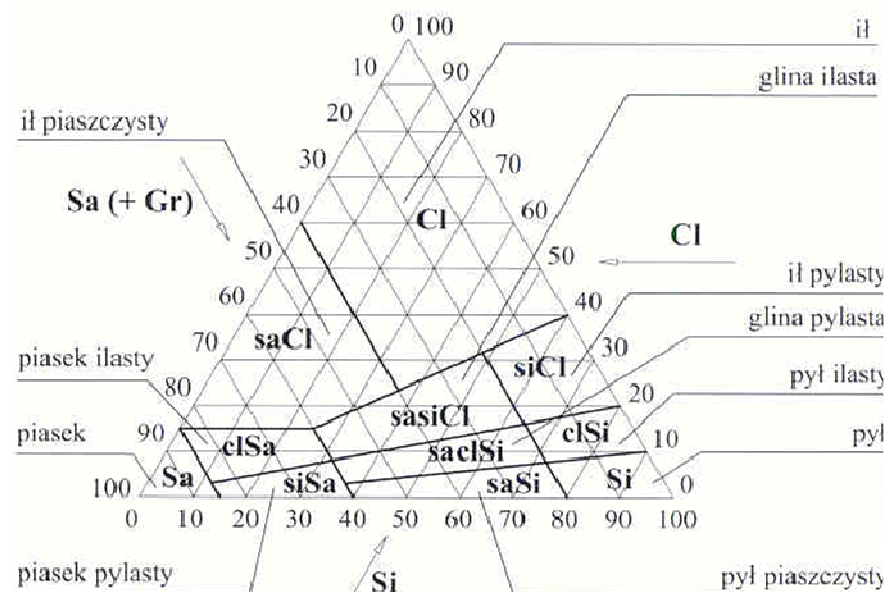
źródło: Gołębiewska A., Wudzka A., Nowa klasyfikacja gruntów według normy PN-EN ISO, Geoinżynieria drogi mosty tunele 4/2006 [11]





TRÓJKĄT FERETA
wg PN-B-02480:1986

TRÓJKĄT
wg PN-EN ISO 14688:2006



ANALIZA MAKROSKOPOWA

wg PN-B-04481:1988

Jest uproszczonym badaniem, mającym na celu określenie nazwy, rodzaju i stanu gruntów bez pomocy przyrządów. Wykonuje ją się w terenie (wstępny opis gruntu), w laboratorium (przeglądowe badanie).

✓ oznaczenie spistości gruntu – grunt spoisty , niespoisty

✓ oznaczenie rodzaju gruntów spoistych – próba wałeczowania, próba rozcierania w wodzie, próba rozmakania

✓ oznaczenie stanu gruntów spoistych – wałeczowanie, zliczanie ilości wałeczków (zwarty, półzwarty, twardoplastyczny, plastyczny, miękoplastyczny, płynny)

✓ oznaczenie rodzaju gruntów sypkich (niespoistych) – na podstawie wielkości i zawartości ziarn (żwir, pospółka, piaski)

✓ określenie barwy gruntu

✓ określenie wilgotności (suchy, mało wilgotny, wilgotny, mokry, nawodniony)

✓ oznaczenie zawartości węglanów 20% kwasem solnym (kl. I - <1; kl. II – 1-3; kl. III – 3-5; kl. IV - >5)

ANALIZA MAKROSKOPOWA

wg PN-EN ISO 14688-1:2006

✓ oznaczenie spoistości gruntu – grunt spoisty , niespoisty

✓ oznaczenie rodzaju gruntów spoistych – próba rozcierania w wodzie, próba nacinania, zarysowywania(błyszczcy, matowy)

✓ oznaczenie wytrzymałości w stanie suchym gruntów spoistych – rozpad pod naciskiem po wysuszeniu próbki (mała, średnia, duża wytrzymałość)

✓ oznaczenie dylatacji pyłu i łu – wstrząsanie, przerzucanie między dłońmi

✓ oznaczenie plastyczności – próba wałeczkowania, grubość uzyskiwanych wałeczków (mała plastyczność, duża plastyczność)

✓ oznaczenie stanu gruntów spoistych – formowanie, wałeczkowanie, ściskanie (bardzo zwarty, zwarty, twaroplastyczny, plastyczny, miękkoplastyczny)

✓ oznaczenie rodzaju gruntów sypkich (niespoistych) – na podstawie wielkości i zawartości ziarn (żwir, pospółka, piaski)

✓ oznaczenie kształtu ziarn – ostrość krawędzi, forma, charakter powierzchni

✓ określenie barwy gruntu

✓ określenie zawartości części organicznych – zapach, barwa

✓ oznaczenie zawartości węglanów 10% kwasem solnym (bezwapnisty (0); wapnisty (+), silnie wapnisty (++))

ANALIZA GRANULOMETRYCZNA

wg PN-B-04481:1988

wg PKN-CEN ISO/TS 17892-4:2009

Wykonuje się ją w celu określenia składu granulometrycznego gruntów nieskalistych, a więc wyznaczenia procentowej zawartości ziarn i cząstek o różnych wymiarach, a następnie oznaczenia zawartości poszczególnych frakcji granulometrycznych. Pozwala to w końcowym efekcie na wykreślenie krzywej uziarnienia oraz ustalenie rodzaju i nazwy badanego gruntu. Znajomość rodzaju badanego gruntu pozwala na prognozowanie jego właściwości oraz ustalenie zakresu dalszych badań.

Analizę granulometryczną wykonuje się metodami:

- mechanicznymi – analiza sitowa, (*jeśli prawie wszystkie ziarna w gruncie mają wymiary ponad 0.063mm*)
- sedymentacyjnymi – analiza areometryczna, pipetowa i inne (*jeśli prawie wszystkie ziarna w gruncie mają wymiary mniejsze niż 0.063mm*)

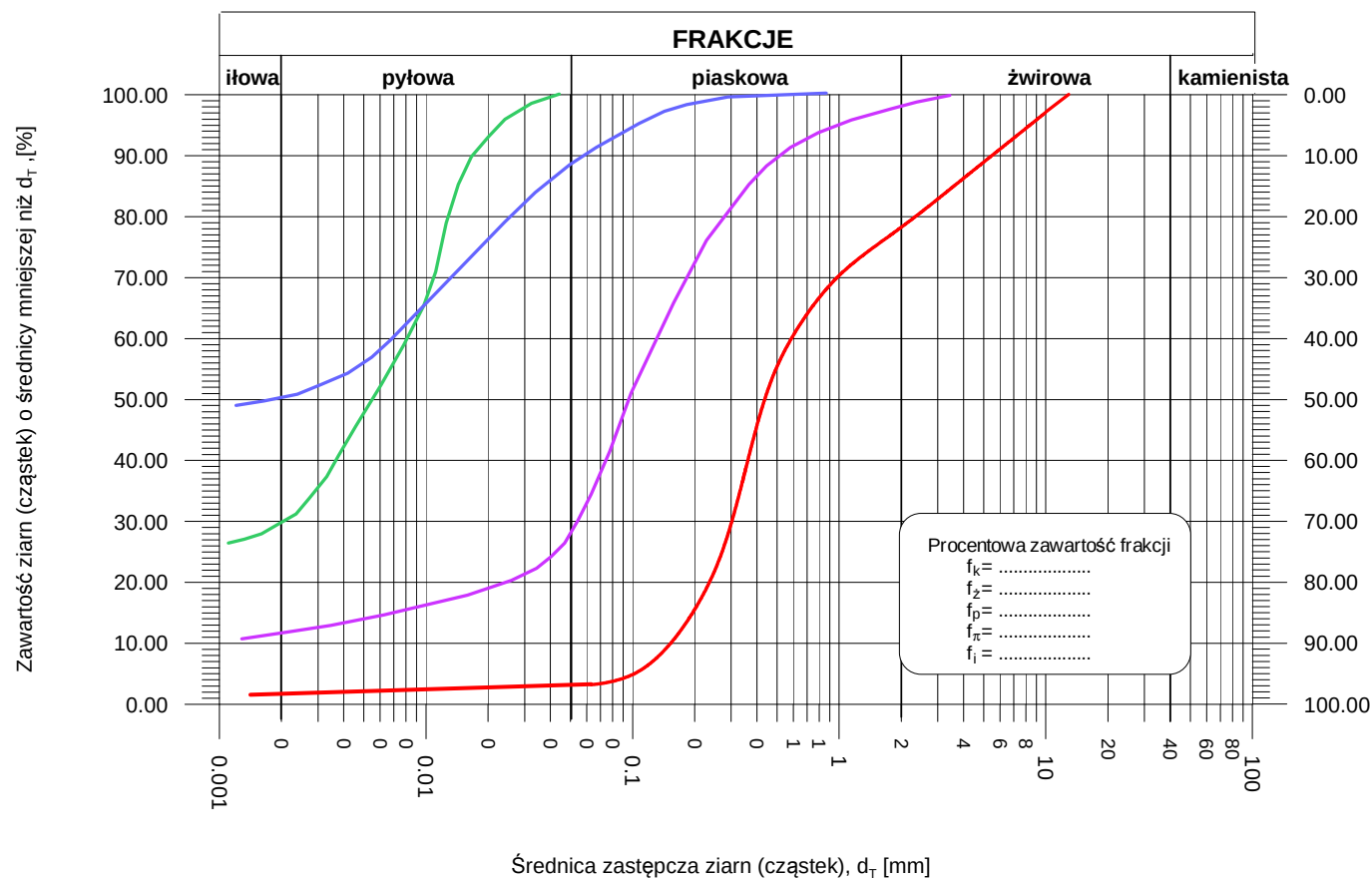
ANALIZA SITOWA

Polega na przesianiu wysuszonej w temp. $105 \div 110^{\circ}\text{C}$ próbki gruntu nieskalistego przez odpowiedni komplet sit o różnych wymiarach oczek i obliczeniu procentowych mas ziarn pozostających na sitach w stosunku do całkowitej masy badanej próbki gruntu. Za pomocą tej metody określa się skład granulometryczny gruntów sypkich i określa ich nazwę. Jest stosowana również jako badanie uzupełniające przy określaniu składu granulometrycznego gruntów spoistych.



PRZYKŁADOWA SIATKA DO ANALIZY GRANULOMETRYCZNEJ

wg PN-B-04481:1988



PODZIAŁ GRUNTÓW GRUBOZIARNISTYCH

wg PN-B-02480:1986

<i>Żwir</i>	<i>Z</i>	$f_k + f_z > 50\%$	
<i>Żwir gliniasty</i>	<i>Zg</i>	$f_k + f_z > 50\%$	$f'_i > 2\%$
<i>Pospółka</i>	<i>Po</i>	$50\% > f_k + f_z > 10\%$	
<i>Pospółka gliniasta</i>	<i>Pog</i>	$50\% > f_k + f_z > 10\%$	$f'_i > 2\%$

PODZIAŁ GRUNTÓW DROBNOZIARNISTYCH

wg PN-B-02480:1986

<i>Piasek gruby</i>	<i>Pr</i>	$d_{50} > 0,5 \text{ mm}$
<i>Piasek średni</i>	<i>Ps</i>	$0,5 \text{ mm} > d_{50} > 0,25 \text{ mm}$
<i>Piasek drobny</i>	<i>Pd</i>	$d_{50} < 0,25 \text{ mm}$
<i>Piasek pylasty</i>	<i>Pπ</i>	$f'_p > 68 \div 90\%$
		$f'_\pi > 10 \div 30\%$
		$f'_i > 0 \div 2\%$

PODZIAŁ GRUNTÓW GRUBOZIARNISTYCH

wg PN-EN ISO 14688-1:2006

RODZAJ GRUNTU	SYMBOL	Zawartość frakcji (% wag.)			
		Cl (f_l)	Si (f_{π})	Sa (f_p)	Gr (f_z)
Żwir	Gr	do 3	0 - 15	0 - 20	80 - 100
Żwir piaszczysty	saGr	do 3	0 - 15	20 - 50	50 - 80
Piasek ze żwirem (pospółka)	grSa	do 3	0 - 15	50 - 80	20 - 50
Piasek drobny Piasek średni Piasek gruby	F M Sa C	do 3	0 - 15	85 - 100	0 - 20
Żwir pylasty	siGr	do 3	15 - 40	0 - 20	40 - 85
Żwir ilasty (pospółka ilasta)	clGr	do 3	15 - 40	20 - 45	40 - 65
Żwir pylasto-piaszczysty	sisaGr	do 3	15 - 40	20 - 45	40 - 65
Żwir piaszczysto-pylasty (pospółka ilasta)	sasiGr	do 3	15 - 40	20 - 45	40 - 65

Piasek gruby CSa

Piasek średni MSa

Piasek drobny FSa

$d_{50} > 0,63 \text{ mm}$

$0,63 \text{ mm} > d_{50} > 0,2 \text{ mm}$

$d_{50} < 0,2 \text{ mm}$

WSKAŹNIK RÓŻNOZIARNISTOŚCI

wskazujący jednorodność uziarnienia

$$U(C_U) = \frac{d_{60}}{d_{10}}, (-)$$

wg PN-B-02480:1986

Bardzo różnoziarnisty	> 15
Różnoziarnisty	$5 \div 15$
Równoziarnisty	< 5

wg PN-EN ISO 14688-2:2006

Wielofrakcyjne	> 15
Kilkufrakcyjne	$6 \div 15$
Jednofrakcyjne	< 6
Źle uziarnine	<i>przeważnie wysoki</i>

WSKAŹNIK KRZYWIZNY

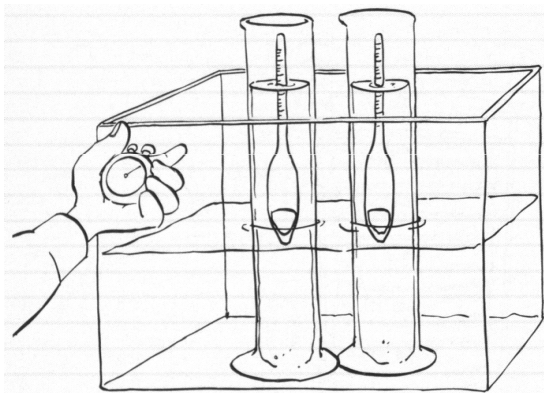
$$C_C = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \cdot d_{60}}, (-)$$

wg PN-EN ISO 14688-2:2006

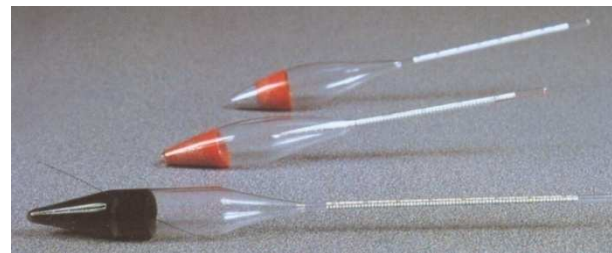
Wielofrakcyjne	$1 \div 3$
Kilkufrakcyjne	< 1
Jednofrakcyjne	< 1
Źle uziarnine	różny (przeważnie $< 0,5$)

ANALIZA AREOMETRYCZNA

Analiza areometryczna jest zalecaną przez normę metodą sedymentacyjną, polegającą na określeniu frakcji gruntu przeprowadzonego w zawiesinę wodną. Wykorzystywana jest tu zasada swobodnego opadania cząstek kulistych w zawieszynie wodnej

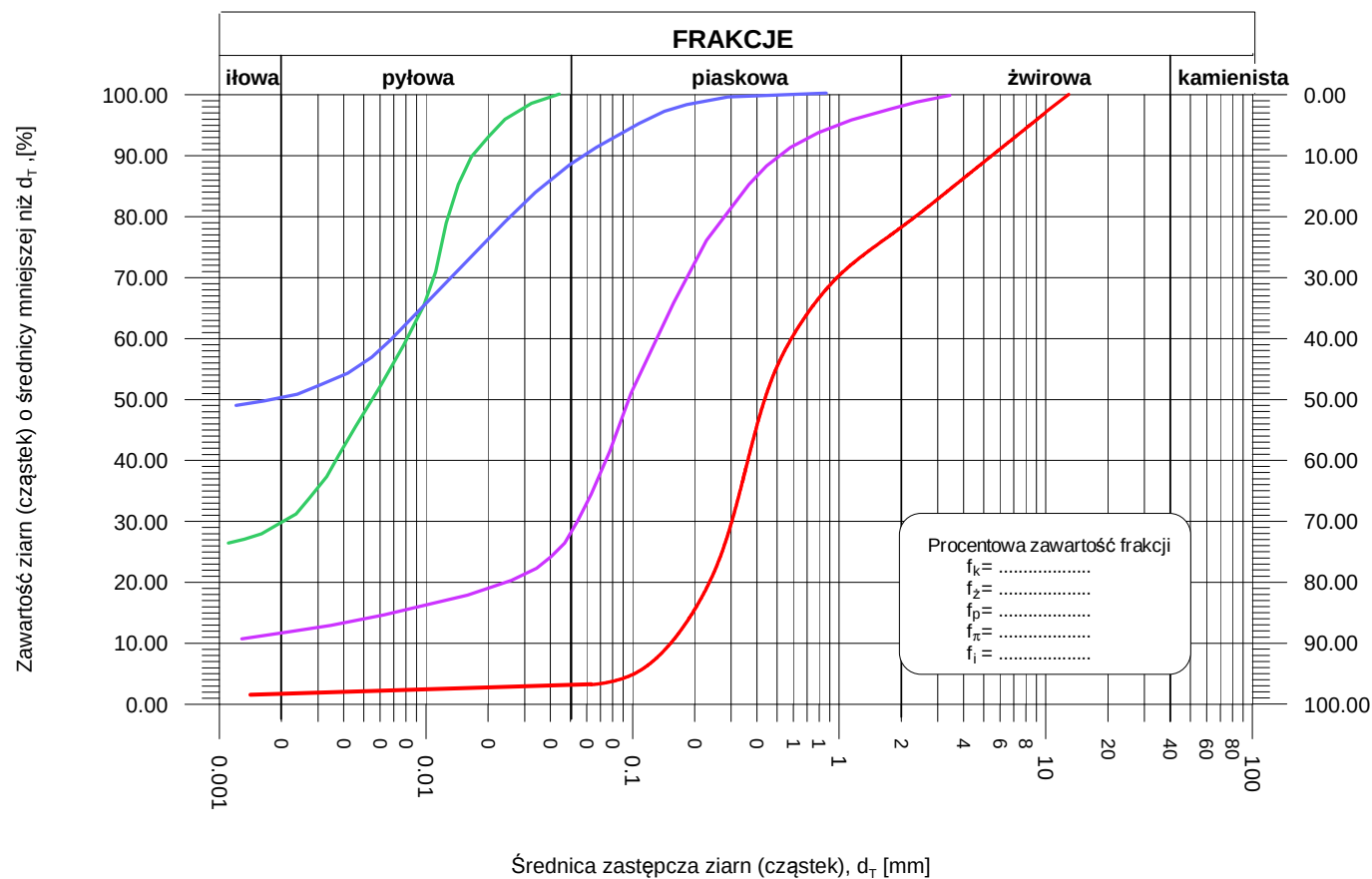


Metodę sedymentacyjną stosuje się dla cząstek o średnicy mniejszej niż 0,063mm. Ziarna większe od 0.063mm nie dadzą się rozdzielić metodą sedymentacyjną, gdyż szybkość ich opadania jest zbyt duża, a ponadto wykonują w trakcie opadania ruch wirowy, podczas gdy jednym z głównych założeń analiz sedymentacyjnych jest swobodne opadanie cząstek.



PRZYKŁADOWA SIATKA DO ANALIZY GRANULOMETRYCZNEJ

wg PN-B-04481:1988



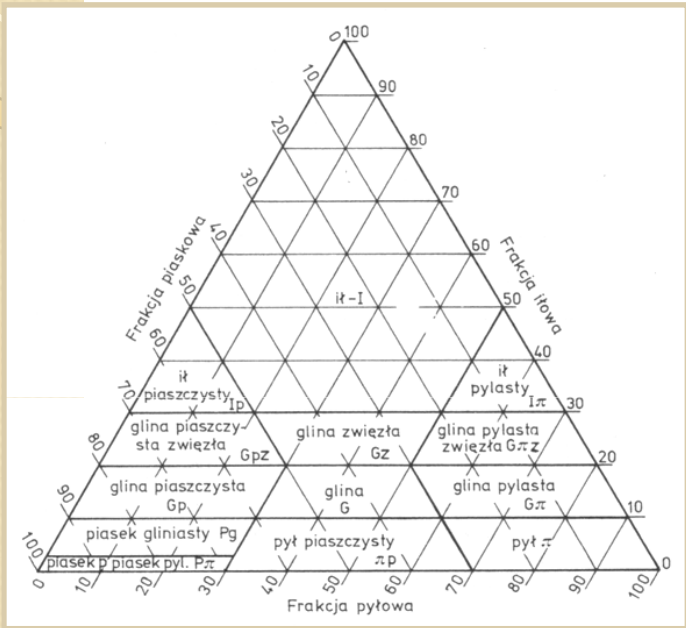
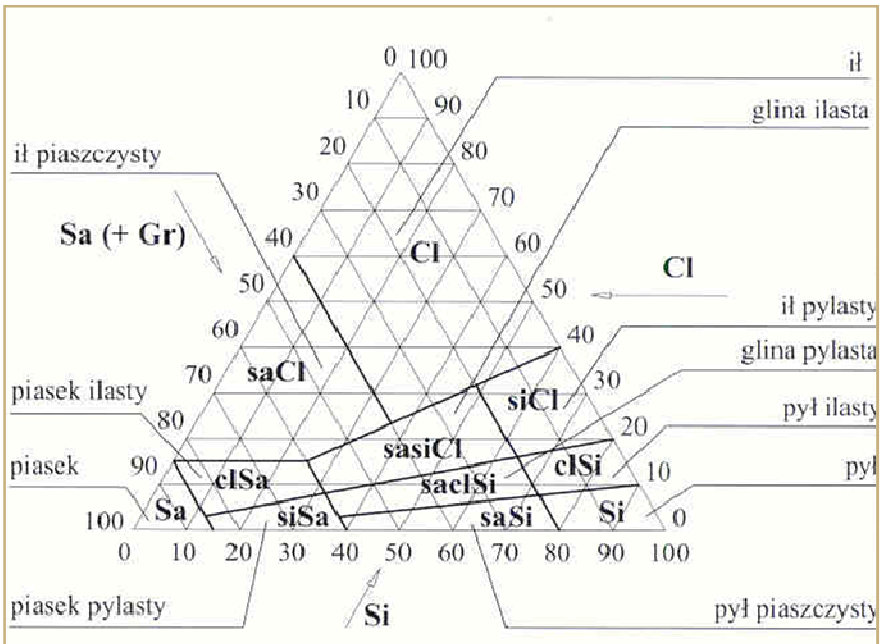


Diagram trójkątny przedstawiający klasyfikację gleb na podstawie zawartości gliny (il), piasku (Sa) i pyłu (Si). Oś pionowa (0-100) reprezentuje zawartość gliny (il). Oś pozioma (0-100) reprezentuje zawartość piasku (Sa) i pyłu (Si). Oś boczna (0-100) reprezentuje zawartość gliny (il) i pyłu (Si). Diagram jest podzielony na obszary oznaczone jako: il piaszczysty, glina ilasta, il pylasty, glina pylasta, pył ilasty, pył piaszczysty, piasek, piasek ilasty, piasek pylasty. Wewnątrz diagramu znajdują się linie i punkty oznaczone symbolami: Sa (+ Gr), Cl, saCl, siCl, clSa, sasiCl, clSi, saSi, siSa, Sa, Si.



CECHY FIZYCZNE GRUNTU

Można podzielić je na podstawowe (wyznaczane na podstawie badań laboratoryjnych) i pochodne od nich, które oblicza się na podstawie cech podstawowych.

Do podstawowych cech fizycznych gruntu zalicza się:

- wilgotność, **w (%)**,
- gęstość objętościową gruntu, **ρ (g/cm^3 , Mg/m^3)**,
- gęstość właściwą szkieletu gruntowego, **ρ_s (g/cm^3 , Mg/m^3)**.

Do pochodnych zaliczamy:

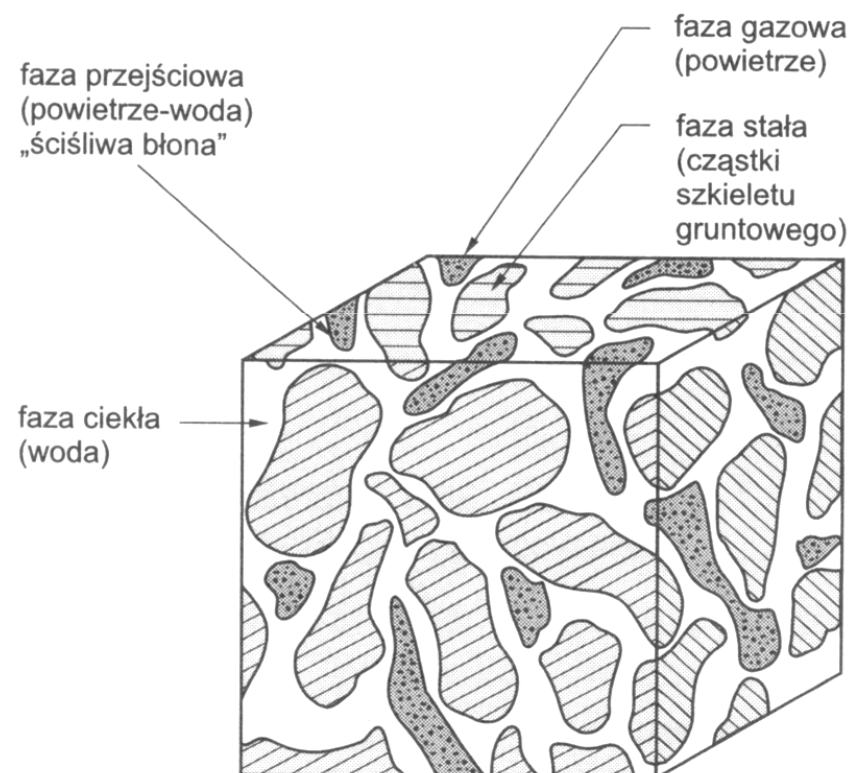
- gęstość objętościową szkieletu gruntowego, **ρ_d (g/cm^3 , Mg/m^3)**,
- porowatość, **n (- , %)**,
- wskaźnik porowatości, **e (- , %)**.

CECHY FIZYCZNE GRUNTU

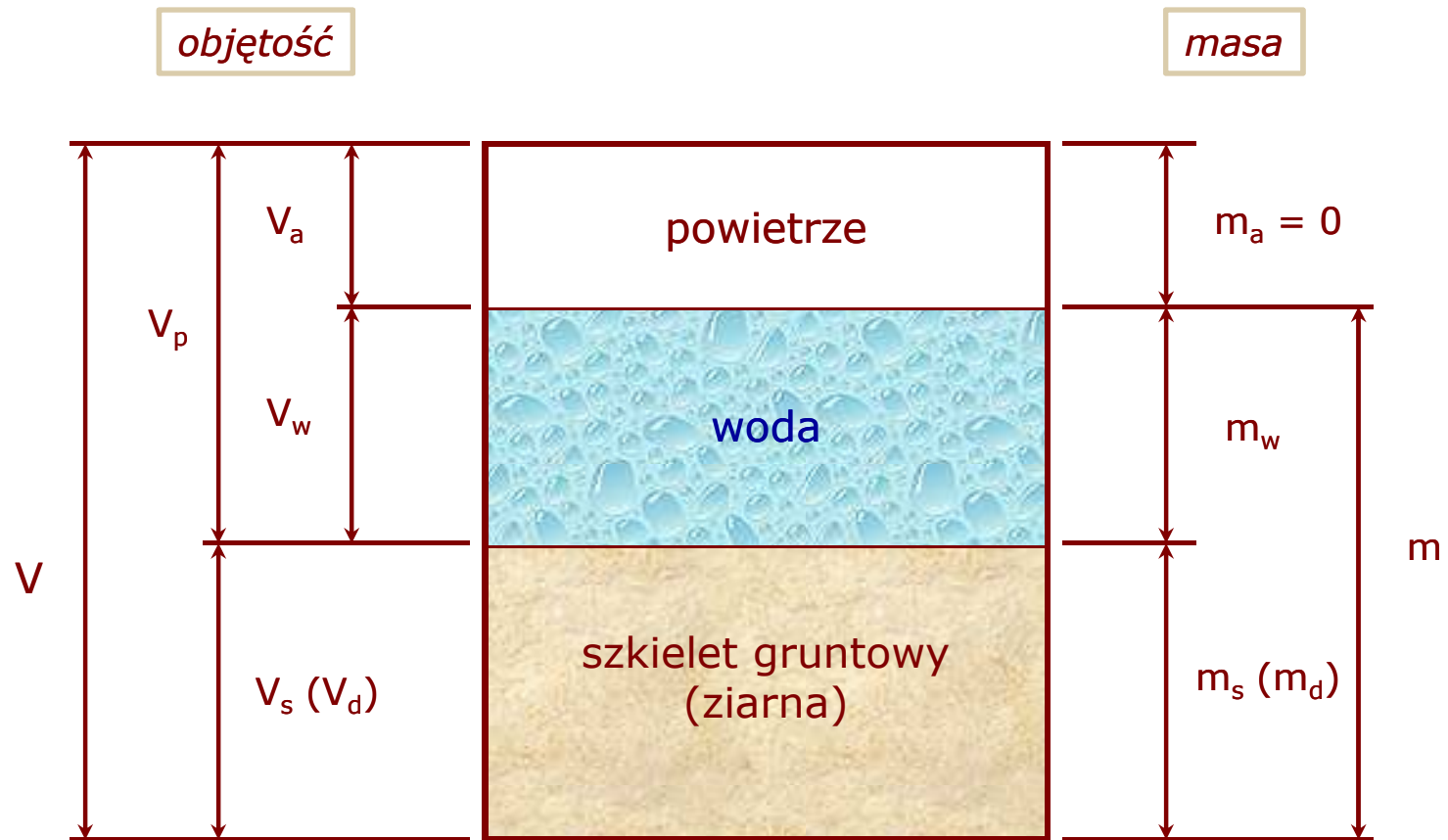
Znajomość podstawowych cech fizycznych jest również niezbędna do określenia:

- stopnia wilgotności $S_r (-)$,
- stopnia zagęszczenia $I_D (-, \%)$
- wskaźnik konsystencji $I_c (-)$,
- stopnia plastyczności $I_L (-)$,
- wskaźnika plastyczności $I_p (\%)$,
- wskaźnika zagęszczenia $I_s (-)$.

FAZY W GRUNCIE



FAZY W GRUNCIE



$$V = V_s + V_p = V_s + V_w + V_a$$

$$m = m_s + m_w$$

WILGOTNOŚĆ GRUNTU

wg PN-B-04481:1988
wg PKN-CEN ISO/TS 17892-1:2009

Jest to stosunek masy wody m_w zawartej w w danej próbce gruntu do masy tej próbki wysuszonej m_s (m_d) (masy stałych suchych cząstek gruntu), w temperaturze $105 \div 110^{\circ}\text{C}$ wyrażony w procentach:

$$w = \frac{m_w}{m_s (m_d)} * 100\%$$

WILGOTNOŚĆ NATURALNA

To taka wilgotność, która charakteryzuje zawartość wody w gruncie w warunkach naturalnych, a więc bezpośrednio w terenie. Do oznaczenia tej wilgotności w laboratorium powinny być pobrane próbki o naturalnej wilgotności (*NW*) lub próbki o nienaruszonej strukturze (*NNS*), których sposób pobierania i przechowywania zapewnia zachowanie naturalnej wilgotności.

STOPIEŃ WILGOTNOŚCI

Wyraża on stosunek objętości wody V_w zawartej w porach gruntu do objętości porów V_p .

$$Sr = \frac{V_w}{V_p} \quad , \quad (-)$$

Od stopnia wilgotności zależy wiele właściwości gruntu, między innymi ścisłość, wytrzymałość na ścinanie, itp. Wskazuje on bowiem na stopień wypełnienia porów gruntu przez wodę.

Podział gruntów niespoistych ze względu na ich stopień wilgotności jest następujący (wg PN-B-02480:1986):

Grunt suchy (<i>su</i>)	$Sr = 0$
Grut mało wilgotny (<i>mw</i>)	$0 < Sr \leq 0,4$
Grunt wilgotny (<i>w</i>)	$0,4 < Sr \leq 0,8$
Grunt mokry (<i>m</i>)	$0,8 < Sr \leq 1,0$

GĘSTOŚĆ OBJĘTOŚCIOWA GRUNTU

wg PN-B-04481:1988

wg PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2009

Jest to stosunek masy próbki gruntu m (cząstek stałych i wody w stanie naturalnym) do jej całkowitej objętości V . Wyznacza ją się ze wzoru:

$$\rho = \frac{m}{V} , (g/cm^3, Mg/m^3)$$

$$g/cm^3 = Mg/m^3$$

Jest jednym z parametrów charakteryzujących strukturalno-teksturalne właściwości gruntów. Jej wartość zależy od składu mineralnego, porowatości i wilgotności gruntów. Jest więc wartością zmienną. Jest bezpośrednim wskaźnikiem obliczeniowym służącym m.in. do:

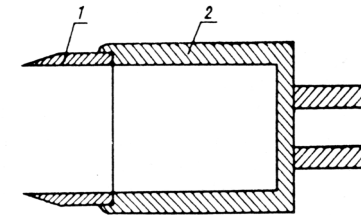
- obliczania stateczności zboczy naturalnych i sztucznych,
- obliczania wielkości osiadań
- wyznaczania dopuszczalnych obciążeń gruntu w podłożu budowli,
- i inne.

GĘSTOŚĆ OBJĘTOŚCIOWA GRUNTU

W zależności od rodzaju gruntu oraz stanu i wielkości próbki przeznaczonej do badań przy oznaczaniu gęstości objętościowej gruntu stosuje się jedną z metod:

- metoda pierścienia tnącego, wg PN-B-04481:1988

stosowana przy badaniu próbek spoistych o nienaruszonej strukturze (NNS), o dostatecznie dużej objętości oraz w stanie pozwalającym na zastosowanie pierścienia bez naruszenia struktury próbki.

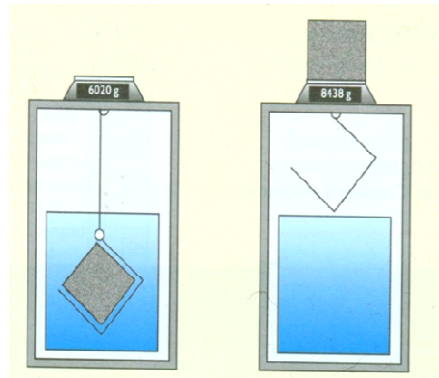


- metoda pomiaru bezpośredniego, wg PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2009

- wycięta z bloku monolitu o kształcie graniastosłupa lub walca
- wycięta bezpośrednio z próbnika
- próbki cylindryczne o mniejszej średnicy niż próbnik

GĘSTOŚĆ OBJĘTOŚCIOWA GRUNTU

- *metoda w wodzie (parafinowania) wg PN-B-04481:1988*
metoda zanurzania w wodzie wg PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2009



stosuję badania próbek gruntów spoistych, których objętość lub stan nie pozwalają na wycięcie próbki za pomocą pierścienia. Metodę tą można stosować dla próbek o dowolnej wielkości i kształcie.

- *metoda w cylindrze wg PN-B-04481:1988*

przy badaniu gruntów sypkich

- *metoda wypierania płynu wg PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2009*

GĘSTOŚĆ OBJĘTOŚCIOWA GRUNTU

Przykłady niektórych wartości gęstości objętościowych:

Nazwa gruntu	Gęstość objętościowa ρ (g/cm^3 , Mg/m^3)
Piaskowiec	1,90 – 2,73
Wapień	2,07 – 2,74
Granit	2,40 – 2,72
Żwiry, pospółki gliniaste	2,05 – 2,25
Piaski gliniaste	2,05 – 2,20
Pyły	1,95 – 2,10
Gliny	1,95 – 2,20
Iły	1,75 – 2,15

CIĘŻAR OBJĘTOŚCIOWY

$$\gamma = \rho * g, (kN/m^3)$$

g – przyspieszenie ziemskie w m/s^2

GĘSTOŚĆ WŁAŚCIWA SZKIELETU GRUNTOWEGO

wg PN-B-04481:1988

wg PKN-CEN ISO/TS 17892-3:2009

Jest to stosunek masy szkieletu gruntowego m_s (m_d) (czyli masy próbki wysuszonej w temperaturze $105 \div 110^\circ\text{C}$) do jego objętości V_s (V_d). Wyznacza ją się ze wzoru:

$$\rho_s = \frac{m_s (m_d)}{V_s (V_d)}, \text{ (g/cm}^3, \text{ Mg/m}^3 \text{)}$$

Gęstość właściwa jest parametrem charakteryzującym szkielet gruntowy, jej wartość zależy więc od składu mineralnego gruntu i innych domieszek w nim zawartych.

Znajomość wartości gęstości właściwej jest niezbędna przy obliczaniu wielu parametrów: porowatości, wskaźnika porowatości, składu granulometrycznego, itp.



pycnometry

GĘSTOŚĆ WŁAŚCIWA SZKIELETU GRUNTOWEGO

Przykłady niektórych wartości gęstości właściwych szkieletu gruntowego:

Nazwa gruntu	Gęstość właściwa szkieletu ρ_s (g/cm^3 , Mg/m^3)
Kwarc	2,65
Montmorylonit	2,00 – 3,00
Piaski	2,65 – 2,67
Piaski gliniaste	2,66 – 2,68
Pyły	2,66 – 2,67
Gliny	2,68 – 2,72
Iły	2,71 – 2,78
Torfy	1,40 – 1,70

CIĘŻAR WŁAŚCIWY SZKIELETU GRUNTOWEGO

$$\gamma_s = \rho_s * g, (kN/m^3)$$

g – przyspieszenie ziemskie w m/s^2

GĘSTOŚĆ OBJĘTOŚCIOWA SZKIELETU GRUNTOWEGO

wg PN-B-04481:1988

wg PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2009

Jest to stosunek masy szkieletu gruntowego m_s (m_d) (czyli masy próbki wysuszonej w temperaturze $105 \div 110^\circ\text{C}$) do jej całkowitej objętości V . Wyznacza ją się ze wzoru:

$$\rho_d = \frac{m_s (m_d)}{V} , (g/cm^3, Mg/m^3)$$

Gęstość objętościową szkieletu gruntowego oblicza się w praktyce ze wzoru:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_s + m_w}{V} = \frac{m_s + ((w \cdot m_s)/100)}{V} = \rho_d + \frac{w}{100} \cdot \rho_d$$

$$\rho_d = \frac{\rho \cdot 100}{(100 + w)} , (g/cm^3, Mg/m^3)$$

wg PN-B-04481:1988

$$\rho_d = \frac{\rho}{(1 + w)} , (Mg/m^3)$$

wg PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2009



GĘSTOŚĆ OBJĘTOŚCIOWA SZKIELETU GRUNTOWEGO

Gęstość objętościowa szkieletu gruntowego zależy od porowatości i składu mineralnego gruntu.

Wartość gęstości objętościowej szkieletu gruntowego wykorzystuje się do obliczenia porowatości, wskaźnika porowatości gruntu, stopnia zagęszczenia oraz wskaźnika zagęszczenia nasypów.

POROWATOŚĆ

Jest to stosunek objętości porów V_p w danej próbce gruntu do jej całkowitej objętości V .

$$n = \frac{V_p}{V} , (- , \%)$$

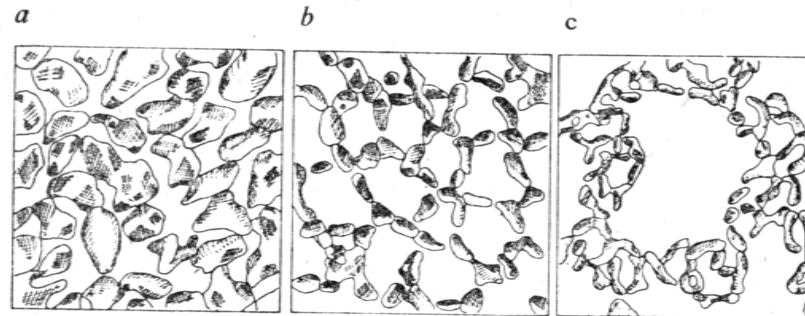
Charakteryzuje sumaryczną objętość porów w gruncie, niezależnie od jej wielkości.

W praktyce porowatość oblicza się według wzoru:

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} , (- , \%)$$

POROWATOŚĆ

Porowatość gruntów nieskalistych zależy od ich uziarnienia, a więc od wielkości ziarn. Na ogół porowatość wzrasta ze zmniejszaniem się wymiarów ziarn. Np. równoziarniste piaski drobne mają większą porowatość niż równoziarniste piaski grube. Grunty spoiste występujące w stanie naturalnym mają zwykle wyższą porowatość od gruntów sypkich. Zaznacza się ogólna zależność, że ze wzrostem porowatości maleje wymiar porów.



a) struktura *ziarnista* b) struktura *komórkowa* c) struktura *kłaczkowa*

POROWATOŚĆ

Porowatość zależna jest również od wielu innych czynników:

- stopnia jednorodności uziarnienia (grunty równoziarniste mają wyższą n od gruntów różnoziarnistych),
- kształtu ziarn (grunty o ziarnach i cząstkach zbliżonych do kulistych mają wyższą n niż grunty o ziarnach i cząstkach płytkowatych),
- wilgotności, zwłaszcza dla gruntów spoistych (grunty o wyższej wilgotności mają na ogół wyższą n),
- sposobu ułożenia ziarn.

Znając wartość porowatości można ocenić zagęszczenie gruntu i ich ściśliwość w różnych warunkach. Od n zależy wodochłonność i przepuszczalność gruntów.

Wyróżnia się porowatość całkowitą n , uwzględniającą całkowitą ilość porów w gruncie oraz porowatość efektywną n_e , charakteryzującą objętość porów kontaktującą się ze sobą (potrzebna do oceny własności filtracyjnych gruntów).

WSKAŹNIK POROWATOŚCI

Jest to stosunek objętości porów V_p w danej próbce gruntu do objętości szkieletu gruntowego V_s (V_d).

$$e = \frac{V_p}{V_s (V_d)}, (-, \%)$$

W praktyce porowatość oblicza się według wzoru:

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}, (-, \%)$$

Między porowatością a wskaźnikiem porowatości istnieje następująca zależność:

$$e = \frac{V_p}{V_s} = \frac{V_p}{V - V_p} = \frac{V_p/V}{1 - (V_p/V)} = \frac{n}{1 - n}$$



$$\begin{aligned} V_p &= n \\ V_s &= 1 - n \end{aligned}$$

$$n = \frac{e}{1 + e} \quad e = \frac{n}{1 - n} \quad (-, \%)$$

STOPIEŃ ZAGĘSZCZENIA GRUNTÓW SYPKICH wg PN-B-04481:1988

Stopniem zagęszczenia I_D nazywa się stosunek zagęszczenia istniejącego w warunkach naturalnych do największego możliwego zagęszczenia danego gruntu. Stosuję się go wyłącznie do określenia zagęszczenia gruntów niespoistych (sypkich) i oblicza się ze wzoru:

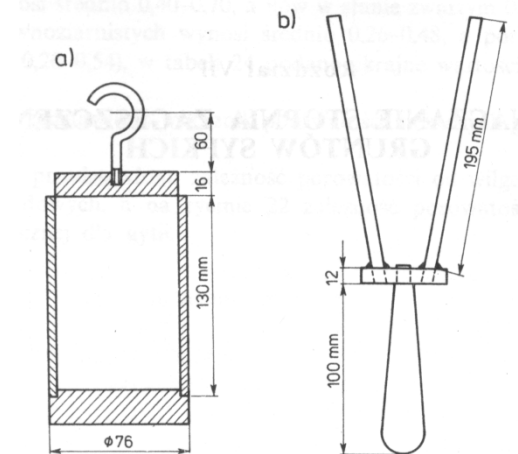
$$I_D = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}, \quad (-)$$

gdzie:

e – wskaźnik porowatości gruntu w stanie naturalnym,

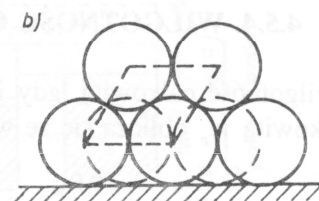
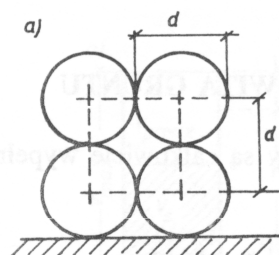
e_{max} – wskaźnik porowatości gruntu przy najluźniejszym ułożeniu ziarn,

e_{min} – wskaźnik porowatości gruntu przy najściślejším ułożeniu ziarn.



STOPIEŃ ZAGĘSZCZENIA GRUNTÓW SYPKICH

Jego wielkość zależy od składu granulometrycznego gruntu, porowatości, kształtu ziarn oraz od wielu innych czynników. Wartość stopnia zagęszczenia wyznaczamy w celu określenia nośności gruntu. I_D gruntu luźno usypanego jest równy 0, a maksymalnie zagęszczonego jest równy 1.



a) *najluźniejsze* ułożenie ziarn

b) *max. zagęszczenie* układu ziarn

W zależności od wartości stopnia zagęszczenia I_D dzieli się grunty sypkie

	wg PN-B-02480:1986	wg PN-EN ISO 14688-2:2006
Bardzo luźne (<i>bln</i>)		$0 \div 15\%$
Luźne (<i>ln</i>)	$I_D \leq 0,33$	$15\% \div 35\%$
Średnio zagęszczone (<i>szg</i>)	$0,33 < I_D \leq 0,67$	$35\% \div 65\%$
Zagęszczone (<i>zg</i>)	$0,67 < I_D \leq 0,80$	$65\% \div 85\%$
Bardzo zagęszczone (<i>bzg</i>)	$I_D > 0,80$	$85\% \div 100\%$

STOPIEŃ PLASTYCZNOŚCI wg PN-B-04481:1988

Właściwości *gruntów spoistych* w wielu przypadkach zależą od intensywności współdziałania tych gruntów z wodą. Istnieje wiele wskaźników charakteryzujących tę zależność. Jednym z takich wskaźników jest *konsystencja gruntu*.

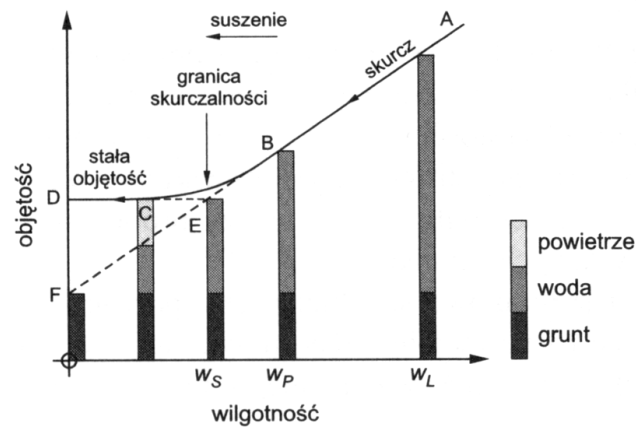
Rozróżnia się trzy konsystencje gruntów spoistych:

- zwartą, jeżeli jego wilgotność nie zezwala na ulepienie kulki lub kulka pęka podczas pierwszego wałeczkowania,
- plastyczną – grunt o takiej konsystencji wałeczkuje się, daje się formować w dowolne kształty i zachowuje je,
- płynną, jeżeli wilgotność gruntu jest tak duża, że grunt nie zachowuje nadanego mu kształtu.

STOPIEŃ PLASTYCZNOŚCI wg PN-B-04481:1988

Granicznymi wilgotnościami rozdzielającymi poszczególne konsystencje są granice konsystencji:

- granica skurczalności w_s – wilgotność na granicy stanu półzwartego i zwartego. Jest to wilgotność w procentach, przy której grunt mimo dalszego suszenia nie zmienia swej objętości i jednocześnie zaczyna zmieniać barwę na powierzchni na odcień jaśniejszy.



STOPIEŃ PLASTYCZNOŚCI wg PN-B-04481:1988

- granica plastyczności w_p – wilgotność na granicy między konsystencją zwartą i plastyczną. Jest to wilgotność w procentach, jaką ma grunt, gdy przy kolejnym wałeczkowaniu wałeczek pęka po osiągnięciu średnicy 3mm.
- granica płynności w_L - wilgotność na granicy między konsystencją plastyczną i płynną. Jest to wilgotność w procentach, jaką ma masa gruntowa umieszczona w aparacie Casagrande'a, w momencie, gdy wykonana w niej bruzda zlewa się przy 25-ym uderzeniu miseczki o podstawę, na długości 10mm i wysokości 1mm.



STOPIEŃ PLASTYCZNOŚCI wg PN-B-04481:1988

W praktyce wyróżnia się szereg dalszych wydzielen, określając je jako stany gruntu: stan zwarty, półzwarty, twardoplastyczny, plastyczny, miękkoplastyczny i płynny

Mając oznaczoną wilgotność naturalną w_n oraz wartości poszczególnych granic, można wyznaczyć stan gruntu poprzez ustalenie wartości stopnia plastyczności gruntu I_L .

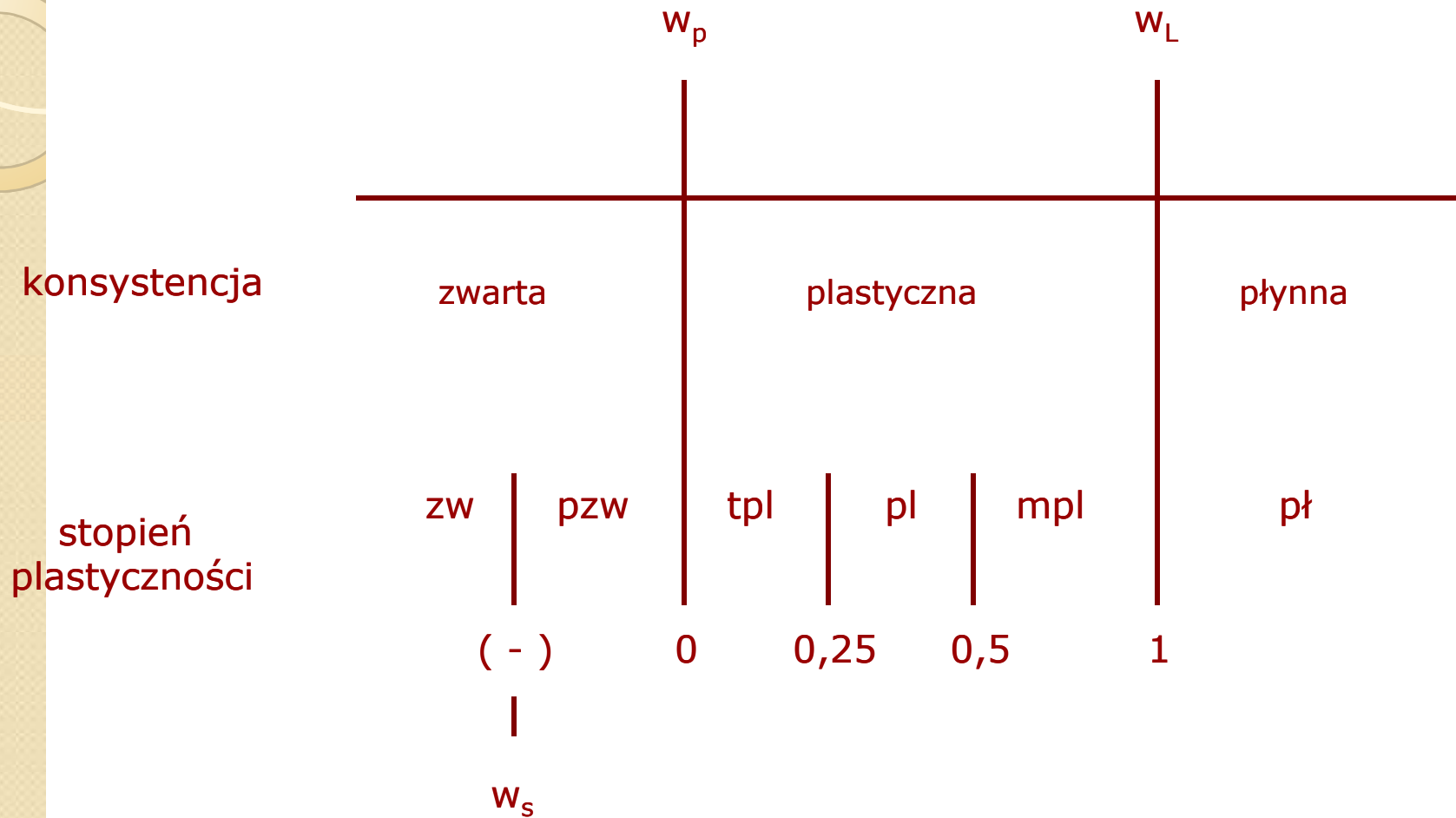
$$I_L = \frac{w_n - w_p}{w_L - w_p} , (-)$$



$$I_L = \frac{w_n - w_p}{I_p} , (-)$$

wg PN-B-04481:1988

$$I_L = \frac{w_n - w_p}{w_L - w_p} , (-)$$



zw – stan zwarty
pl – stan plastyczny

pzw – stan półzwarty
mpl – stan miękkoplastyczny

tpl – stan twardoplastyczny
pł – stan płynny

STOPIEŃ PLASTYCZNOŚCI wg PN-B-04481:1988

Wartość I_L i w_n	Stan gruntu	Symbol	Konsystencja
$I_L < 0$ oraz $w_n \leq w_s$ $I_L \leq 0$ oraz $w_s < w_n \leq w_p$	zwarty półzwarty	zw pzw	zwarta
$0 < I_L \leq 0,25$ $0,25 < I_L \leq 0,5$ $0,5 < I_L \leq 1$	twardoplastyczny plastyczny miękkoplastyczny	tpl pl mpl	plastyczny
$I_L > 1$	płynny	pł	płynny

STOPIEŃ PLASTYCZNOŚCI

GRANICE ATTERBERGA

wg PKN-CEN ISO/TS 17892-12:2009

- granica plastyczności w_p – wilgotność, przy której grunt przechodzi ze stanu twardoplastycznego w zwarty. Jest to wilgotność w procentach, jaką ma grunt, gdy przy kolejnym wałeczkowaniu wałeczek pęka (poprzecznie lub podłużnie) po osiągnięciu średnicy 3mm.

- granica płynności w_L – wilgotność, przy której grunt przechodzi ze stanu płynnego w stan miękoplastyczny. Jest to wilgotność w procentach, jaką ma masa gruntowa przy zagłębieniu stożka (metoda penetrometru stożkowego) na głębokość 20 mm dla stożka 80g/30° lub 10mm dla stożka 60g/60°.



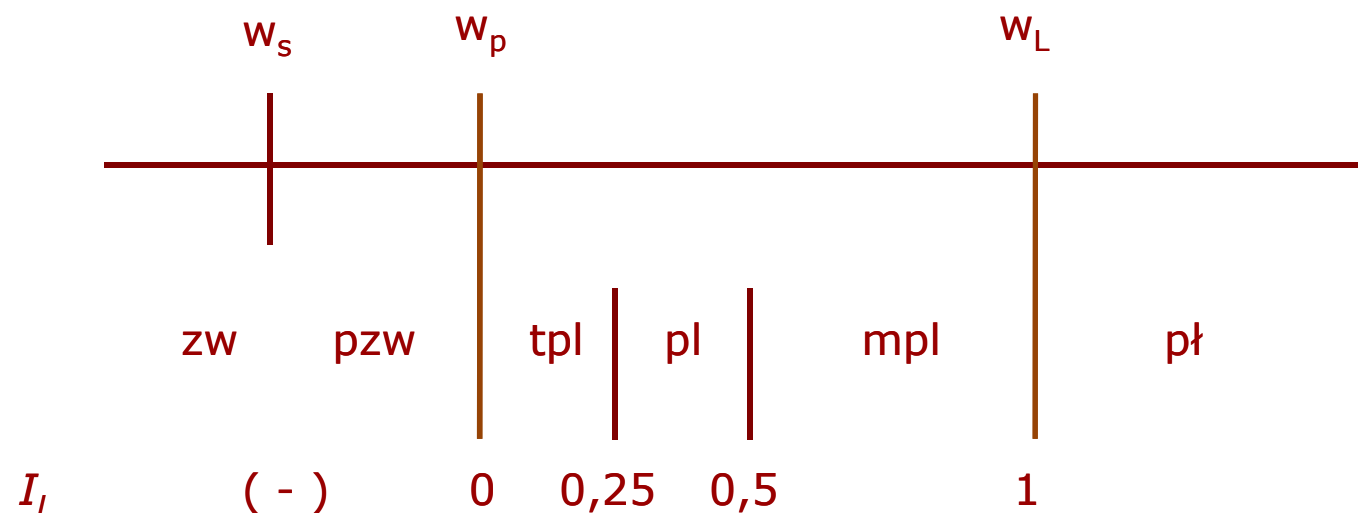
$$I_L = \frac{W_n - W_p}{W_L - W_p}, (-)$$

$$I_C = \frac{W_L - W_n}{W_L - W_p}, (-)$$

$$I_C = 1 - I_L, (-)$$

wg PN-B-04481:1988

stopień
plastyczności



wg PN-EN ISO 14688-2:12006

wskaźnik
konsystencji



bzu – stan bardzo zwarty

zw – stan zwarty

pl – stan plastyczny

pzw – stan półzwarty

mpl – stan miękkoplastyczny

tpl – stan twardoplastyczny

pŁ – stan płynny

WSKAŹNIK PLASTYCZNOŚCI

wg PN-B-04481:1988

wg PKN-CEN ISO/TS 17892-12:2009

Jest to różnica pomiędzy granicą płynności i granicą plastyczności:

$$I_p = w_L - w_p \quad (\%)$$

Określa plastyczne właściwości gruntów, wskazując, ile wody wchłania grunt przy przejściu ze stanu półzwarłego w stan płynny, a więc podając zakres wilgotności, w których grunt ma właściwości plastyczne.

Wskaźnik plastyczności I_p przyjęto za podstawę klasyfikacji gruntów pod względem spoistości (wg PN-B-04481:1988).

<i>Niespoisty</i>	$I_p \leq 1\%$
<i>Spoisty</i>	$I_p > 1\%$
<i>mało spoisty</i>	$1\% < I_p \leq 10\%$
<i>średnio spoisty</i>	$10\% < I_p \leq 20\%$
<i>zwięzły spoisty</i>	$20\% < I_p \leq 30\%$
<i>bardzo spoisty</i>	$30\% < I_p$

WILGOTNOŚĆ OPTYMALNA wg PN-B-04481:1988

Jest to taka wilgotność , przy której w danych warunkach ubijania można osiągnąć największe zagęszczenie gruntu, a więc uzyskuje on maksymalną gęstość objętościową szkieletu gruntowego ρ_{ds} .

W trakcie laboratoryjnych badań wilgotności optymalnej w_{opt} danego gruntu określa się więc ilość wody, jaką należy użyć podczas zagęszczania tego gruntu, aby uzyskać on największe zagęszczenie. Badania tego typu wykonuje się przede wszystkim *przy zagęszczaniu gruntów pod nawierzchnie drogowe, kolejowe, lotniska boiska, itp.*

W każdym z tych przedsięwzięć zależy nam na usypaniu korpusu drogi, podłoża lotniska lub podłoża obiektu budowlanego na gruncie maksymalnie zagęszczonym, gdyż grunt w tym stanie uzyskuje lepsze własności mechaniczne - zwiększa się jego nośność oraz zmniejsza się jego zdolność do odkształcania (osiadania) pod wpływem obciążenia zewnętrznego.

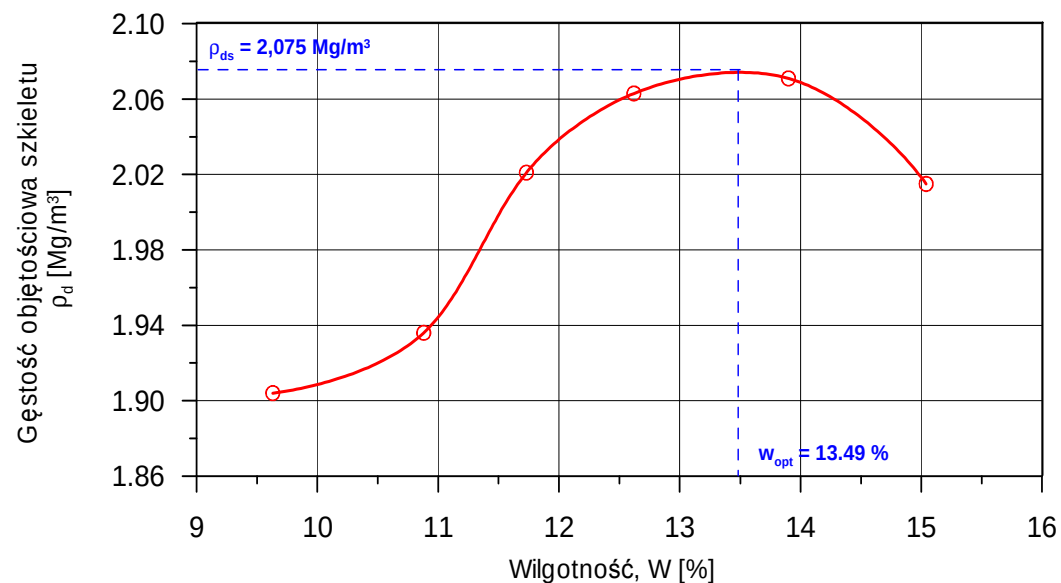
WILGOTNOŚĆ OPTYMALNA wg PN-B-04481:1988

Do oznaczenia wilgotności optymalnej stosujemy metodę Proctora.

Metoda	Cylinder	Rodzaj ubijaka	Liczba warstw	Liczba uderzeń	Wysokość ubijania	Jednostkowa energia zagęszczania J/m ³
I	1 dm ³	2,5 kg	3	25	32 cm	0,59
II	2,2 dm ³	2,5 kg	3	55	32 cm	0,59
III	1 dm ³	4,5 kg	5	25	48 cm	2,65
IV	2,2 dm ³	4,5 kg	5	55	48 cm	2,65



WILGOTNOŚĆ OPTYMALNA wg PN-B-04481:1988



Typ cylindra: mały 1dm^3

Typ ubijaka: lekki

Metoda badania: standardowa wg PN-88/B-04481

Data badania: styczeń 2002 rok

Wilgotność optymalna: w_{opt} - 13,49 [%]

Maksymalna gęstość

objętościowa szkieletu: ρ_{ds} - 2,075 [Mg/m^3]

WSKAŹNIK ZAGĘSZCZENIA wg PN-B-04481:1988

Jest miernikiem charakteryzującym jakość zagęszczenia nasypów, który wyznaczamy według wzoru:

$$I_s = \frac{\rho_d}{\rho_{ds}}, (-)$$

gdzie:

ρ_d – gęstość objętościowa szkieletu gruntowego w nasypie, (g/cm³ , Mg/m³),

ρ_{ds} – maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntowego, (g/cm³ , Mg/m³).

Przyjmuje się że nasyp jest dobrze zagęszczony, jeżeli $I_s \geq I_{Sdop}$.
Wartość I_{Sdop} ustala się w nawiązaniu do projektowanych cech mechanicznych gruntu nasypowego. W większości przypadków ustala się dla nasypów $I_{Sdop} \geq 0,95 \div 1.0$

WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE GRUNTU

ŚCIŚLIWOŚĆ GRUNTÓW wg PN-B-04481:1988 wg PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2009

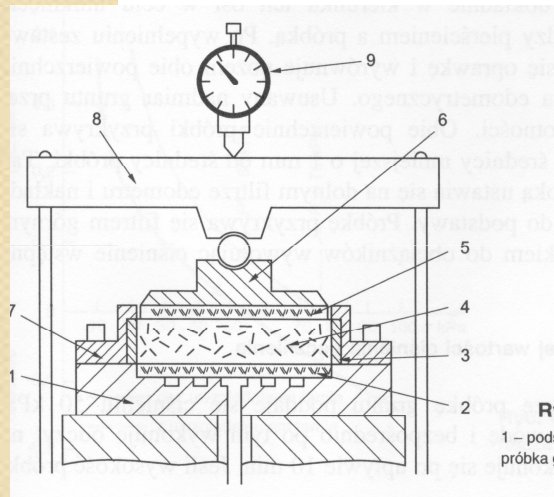
Ściśliwość gruntu oznacza jego zdolność do zmniejszania objętości pod wpływem obciążenia. Osiadanie gruntu jest procesem zachodzącym między innymi w wyniku ściśliwości.

Ściśliwość gruntu zależy od dwóch grup czynników:

- właściwości gruntu
 - * skład granulometryczny
 - * porowatość
 - * wilgotność
 - * skład chemiczny i stopień mineralizacji wody porowej
- parametrów charakteryzujących obciążenie
 - * rodzaj obciążenia
 - * wielkość obciążenia
 - * czas działania obciążenia
 - * szybkość obciążania

ŚCISLIWOŚĆ GRUNTÓW

Badania ścisłości gruntów w laboratorium przeprowadza się w edometrze lub konsolidometrze.



Ryc. 4.13. Schemat edometru

1 – podstawa, 2 – filtr dolny, 3 – pierścień, 4 – badana próbka gruntu, 5 – filtr górny, 6 – kopułka, 7 – kołnierz, 8 – rama, 9 – czujnik

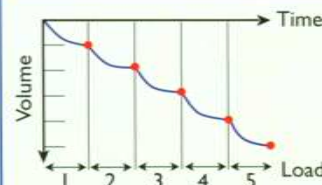
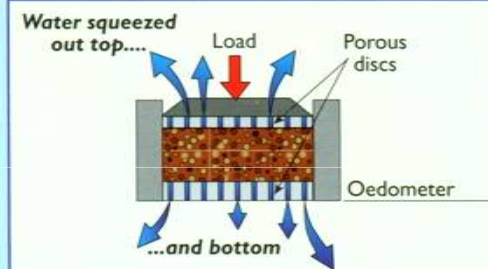


W przyrządzie tym próbka znajduje się w metalowym pierścieniu i wobec tego nie ma możliwości rozszerzania się na boki (uniemożliwiona boczne rozszerzalność). W związku z tym obciążenie wywierane na próbkę powoduje tylko odkształcenie pionowe próbki, czyli zmianę wysokości.

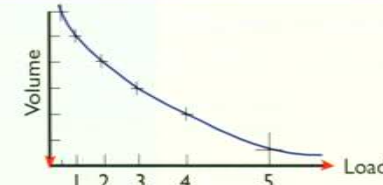
ŚCIŚLIWOŚĆ GRUNTÓW



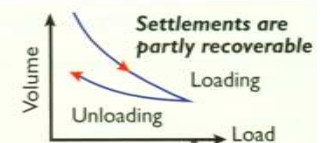
The Theory of Consolidation



Consolidation is time dependent:-
coarse grain soil - fast
fine grain soil - slow



Soil gets stiffer with increasing load



ŚCISLIWOŚĆ GRUNTÓW

wg PN-B-04481:1988

Ścisłość gruntu można scharakteryzować przez: krzywą ścisłości, oraz moduł ścisłości.

Miarą ścisłości gruntu (badanie w edometrze) jest *edometryczny moduł ścisłości* – przy pierwszym obciążeniu próbki jest to *edometryczny moduł ścisłości pierwotnej* M_0 , w przypadku powtórznego obciążenia próbki - *edometryczny moduł ścisłości wtórnej* M .

$$M_0, M = \frac{\Delta\sigma * h_0}{h_0 - h_1} \quad (kPa, MPa)$$

gdzie:

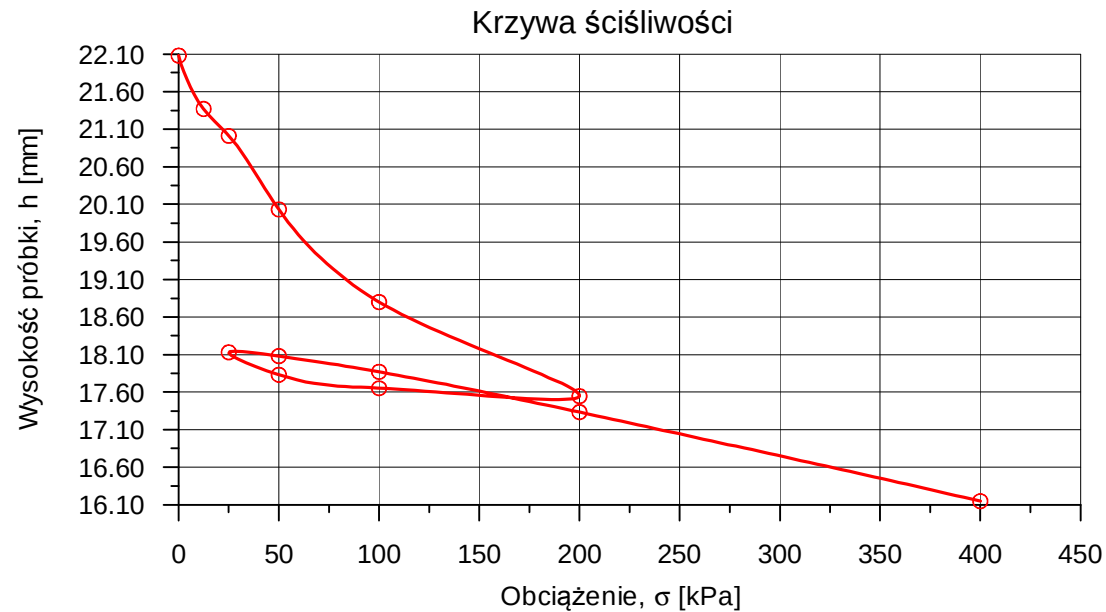
$\Delta\sigma$ - przyrost obciążenia, (kPa, MPa),

h_0 - wysokość początkowa dla danego zakresu obciążenia, (mm, cm),

h_1 - wysokość końcowa dla danego zakresu obciążenia, (mm, cm).

ŚCISLIWOŚĆ GRUNTÓW

Krzywa ścisłości charakteryzuje zależność zmian wysokości próbki do przyłożonego obciążenia, przy czym wyróżnia się krzywą ścisłości pierwotnej i wtórnej oraz krzywą odprężenia.



Zestawienie wyników obliczeń modułów ścisłości :

Zakres obciążenia [kPa]	12,5 - 25	25 - 50	50 - 100	100 - 200	200 - 400
Moduł ścisłości pierwotnej M_0 [kPa]	742,0	536,0	814,3	1498,0	2928,0

ŚCIŚLIWOŚĆ GRUNTÓW

Przebieg krzywej ścisłości i odprężenia wskazuje, że grunt po każdym obciążeniu i odciążeniu odkształca się częściowo sprężysto i częściowo trwale, więc po zdjęciu obciążenia nie wraca do swojej pierwotnej wysokości. Z wykresu ponadto wynika, że przy obciążeniu wtórnym jest mniej ścisliwy niż przy obciążeniu pierwotnym.

WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE GRUNTU

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE wg PN-B-04481:1988 wg PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2009

Jest to maksymalny jednostkowy opór jaki stawia grunt zewnętrznym siłom ścinającym, dążącym do przesunięcia pewnej partii gruntu względem pozostałej.

dla gruntów spoistych

$$\tau_f = \sigma_n * \operatorname{tg} \phi + c \quad (kPa, MPa)$$

dla gruntów sypkich

$$\tau_f = \sigma_n * \operatorname{tg} \phi \quad (kPa, MPa)$$

gdzie:

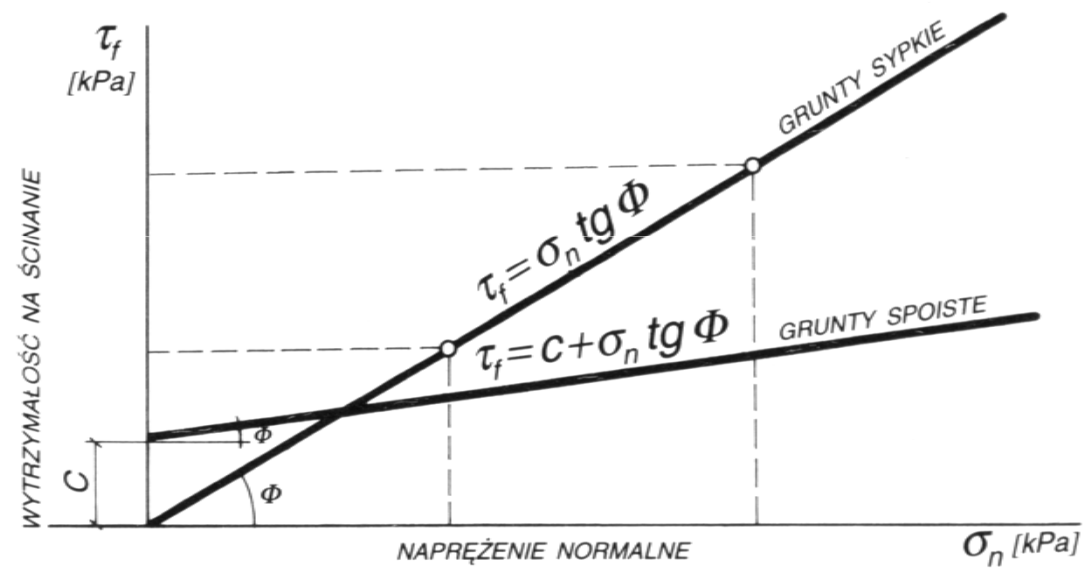
σ_n - naprężenia normalne w płaszczyźnie ścicia (kPa)

ϕ - kąt tarcia wewnętrznego ($^{\circ}$)

c - spójność (kPa)

W gruntach sypkich występuje tzw. *spójność pozorna* powstająca w wyniku działania sił kapilarnych.

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE



WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE

W mechanice gruntów wytrzymałość na ścinanie określa się jako wielkość składającą się z dwóch parametrów:

$$\tau_f = \sigma_n * \operatorname{tg} \phi + c \quad (kPa, MPa)$$

Tarcie wewnętrzne jest to opór jaki stawiają ziarna i cząstki gruntu przy przemieszczaniu się względem siebie (tarcie posuwiste i obrotowe).

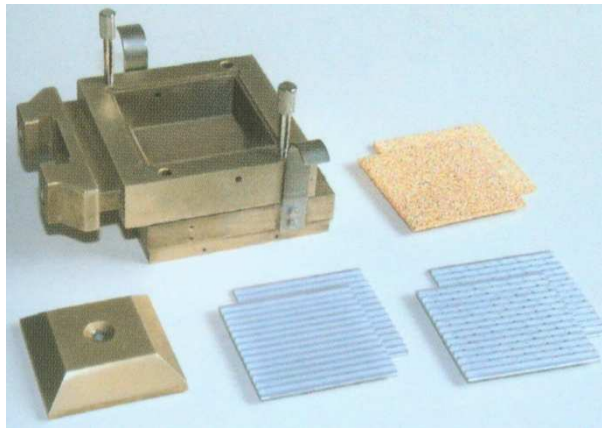
Opór spójności - spójność jest to wzajemne przyciąganie się cząstek substancji w wyniku działania sił międzycząsteczkowych krótkiego zasięgu.

Oznaczenie parametrów wytrzymałościowych (spójności i kąta tarcia wewnętrznego), a tym samym oznaczenie wytrzymałości na ścinanie przeprowadza się w *aparacie bezpośredniego ścinania* i *aparacie trójosiowego ściskania*.

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE

APARAT BEZPOŚREDNIEGO ŚCINANIA

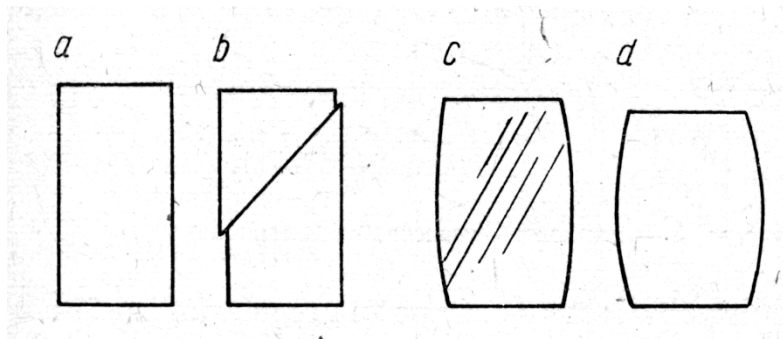
Ścięcie następuje w wymuszonej płaszczyźnie między dwoma ścianami dwudzielnej skrzynki w której jest umieszczana próbka. Próbki stosowane w tym badaniu mają kształt prostopadłościanu o wymiarach w planie (6×6; 8×8; 10×10; 12×12 cm).



WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE

APARAT TRÓJOSIOWEGO ŚCISKANIA

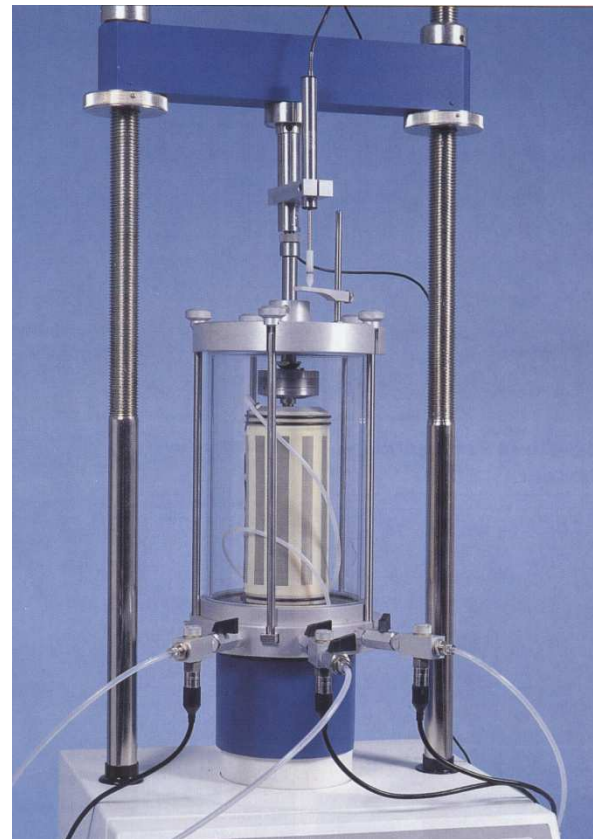
W badaniach tych można dość wiernie modelować przebieg obciążenia gruntu w warunkach rzeczywistych, co pozwala uzyskać najbardziej wiarygodne parametry wytrzymałościowe. Badania prowadzi się na próbkach cylindrycznych, których wysokość powinna być 2 razy większa od średnicy ($h = 2D$). Średnica próbek poddanych badaniu w ATS mają przeważnie wielkość 38mm, 50mm, 65mm, 100mm, Ścięcie następuje nie w wymuszonej płaszczyźnie lecz w płaszczyźnie najniekorzystniejszego działania naprężeń czyli tam gdzie opór na ścinanie zostanie zrównoważony przez naprężenie ścinające.



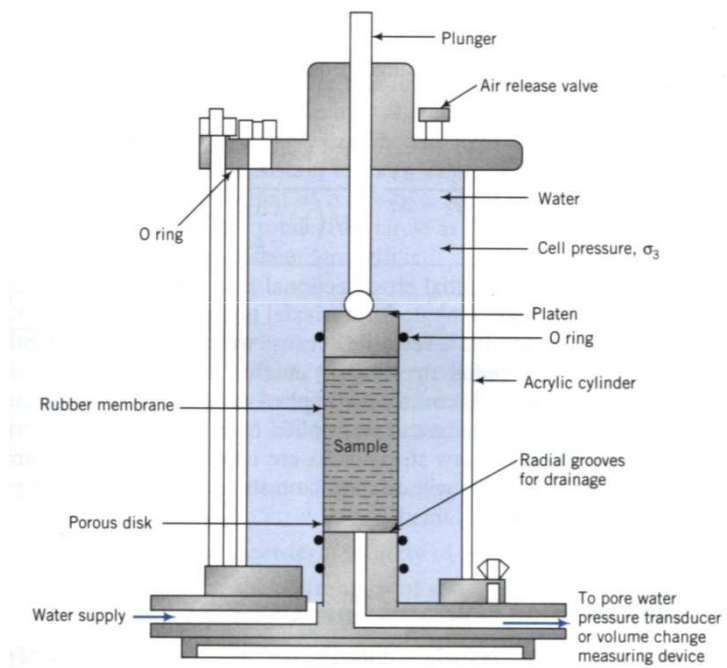
- a) próbka przed badaniem
- b) ścięcie „kruche” próbki gruntu
- c,d) ścięcie „plastyczne” próbki gruntu

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE

APARAT TRÓJOSIOWEGO ŚCISKANIA



APARAT TRÓJOSIOWEGO ŚCISKANIA



BADANIE W APARACIE TRÓJOSIOWEGO ŚCISKANIA

- **metoda UU (unconsolidated undrained)** - ścinaniu próbki przebiega bez wstępnej konsolidacji, w trakcie zasadniczego badania najczęściej nie prowadzimy pomiaru ciśnienia porowego wody w próbce oraz badanie przeprowadzamy bez odpływu wody z próbki. Badania tą metodą przeprowadza się, gdy badany grunt będzie przenosił obciążenia od budowli dla której obciążenia użytkowe stanowią ponad 70% obciążeń całkowitych.

Na podstawie badań wyznacza się parametry wytrzymałościowe (Φ_{uu} oraz c_{uu}) w oparciu o naprężenia całkowite.

- **metoda CU (consolidated undrained)** - próbki są wstępnie skonsolidowane. W trakcie zasadniczego badania prowadzi się pomiar ciśnienia porowego wody w próbce oraz badanie przeprowadzamy bez odpływu wody z próbki. Metodę stosuje się, gdy obciążenie użytkowe budowli stanowi od 30 do 70% obciążenia całkowitego, w praktyce warunki takie występują, gdy po powolnym wznoszeniu obiektu budowlanego wprowadza się obciążenie użytkowe w stosunkowo krótkim czasie.

Na podstawie badań wyznacza się całkowite i efektywne parametry wytrzymałościowe (Φ_{cu} oraz c_{cu} , Φ'_{cu} oraz c'_{cu}).

- **metoda CD (consolidated drained)** - polega na bardzo powolnym ścinaniu próbki wstępnie poddanej konsolidacji. W trakcie zasadniczego badania następuje ciągły odpływ wody z próbki, prędkość badania jest tak dostosowana aby wartość ciśnienia porowego rejestrowana w próbce była równa zero. Metodę tą stosuje się, gdy przewidywane obciążenie użytkowe budowli nie przekracza 30% obciążenia całkowitego, a czas budowy jest dostatecznie długi do uzyskania pełnej konsolidacji podłoża.

Na podstawie badań wyznacza się parametry wytrzymałościowe (Φ_D oraz c'_D) w oparciu o naprężenia efektywne.

