

# MECHANIKA GRUNTÓW I FUNDAMENTOWANIE

- **Sem. IV**      **Mechanika Gruntów**
- **Sem. V**      **Fundamentowanie**

1

## Cztery zasadnicze części przedmiotu:

- **Właściwości fizyczne gruntów**
- **Właściwości mechaniczne**
  - ściśliwość
  - wytrzymałość (na ścinanie)
- **Naprężenia w ośrodku gruntowym**
- **Wybrane zagadnienia praktyki geotechnicznej i inżynierii**
  - naprężenia pod fundamentem bezpośrednim
  - mechaniczne oddziaływanie wody na szkielet gruntowy
  - stateczność skarp
  - parcie gruntu na konstrukcje oporowe

2

## Program wykładów:

- Wykład 1:** Historia i rozwój mechaniki gruntów. Rola i zadania inżynierii geotechnicznej w budownictwie. Klasyfikacja gruntów budowlanych. Przegląd własności fizycznych gruntów.
- Wykład 2:** Własności fizyczne gruntów: stopień zagęszczenia i wskaźnik zagęszczenia  
- wyznaczanie na podstawie badań laboratoryjnych i polowych.
- Wykład 3:** Właściwości mechaniczne gruntów – ściśliwość gruntów. Laboratoryjne i polowe badania ściśliwości. Krzywe konsolidacji i krzywe ściśliwości. Moduły ściśliwości i moduły odkształcenia.
- Wykład 4:** Właściwości mechaniczne gruntów – wytrzymałość gruntów na ścinanie. Parametry wytrzymałościowe gruntów. Hipoteza wytrzymałościowa Coulomba-Mohra.
- Wykład 5:** Laboratoryjne badania wytrzymałościowe gruntów w aparacie bezpośredniego ścinania – interpretacja wyników badań.
- Wykład 6:** Laboratoryjne badania wytrzymałościowe gruntów w aparacie trójosiowego ściskania – interpretacja wyników badań. Równania stanu granicznego w gruntach.
- Wykład 7:** Naprężenia w podłożu gruntowym. Naprężenia pierwotne. Naprężenia od obciążenia zewnętrznego (siłą skupioną i obciążeniem równomiernie rozłożonym). Naprężenia pod fundamentem.
- Wykład 8:** Mechaniczne oddziaływanie wody na szkielet gruntowy: ciśnienie sphywowe, upłynnienie i wyparcie hydrauliczne gruntu w dnie wykopu. Przeciwdziałanie.
- Wykład 9:** Odkształcalność podłoża gruntowego. Wybrane zagadnienia konsolidacji gruntów: naprężenia całkowite i efektywne, stopień konsolidacji. Metody obliczania czasu konsolidacji. Przyspieszanie konsolidacji gruntów ściśliwych.
- Wykład 10:** Stateczność skarp i zboczy naturalnych. Rodzaje osuwisk. Przyczyny występowania osuwisk. Równowaga skarpy z gruntu niespoistego.
- Wykład 11:** Równowaga skarpy w gruncie spoistym. Sprawdzanie stateczności skarpy metodami analizy równowagi bryły zsuwu.
- Wykład 12:** Uwzględnianie w obliczeniach stateczności ciśnienia sphywowego. Projektowanie nachylenia skarp nasypów i wykopów w gruntach sypkich i spoistych. Działania inżynierskie dla poprawy stateczności skarp.
- Wykład 13:** Parcie i odpór gruntu. Wyznaczanie parcia i odporu gruntu metodą Coulomba i metodą Rankine'a.
- Wykład 14:** Badania geotechniczne dla potrzeb budownictwa, kategorie geotechniczne. Wysadzinowość gruntów. Wpływ mrozu na grunty i metody przeciwdziałania niekorzystnym zjawiskom mrozowym w budownictwie ogólnym i drogowym.
- Wykład 15:** Repetytorium.

## Rodzaj i zakres ćwiczeń: ćwiczenia laboratoryjne i projektowe

**Ćwiczenie 1–2:** Wprowadzenie do ćwiczeń. Normy budowlane dotyczące gruntów budowlanych. Rodzaje, stany i właściwości fizyczne gruntów budowlanych.

**Ćwiczenia 3-6 (laboratoryjne):**

- oznaczanie granic konsystencji ( granica płynności i granica plastyczności gruntów),
- oznaczanie modułów ściśliwości pierwotnej i wtórnej gruntu metodą edometryczną,
- sprawydzian**, badania wytrzymałości gruntów na ścinanie w aparacie bezpośredniego ścinania,
- badania zagęszczalności gruntu w aparacie Proctora.

**Ćwiczenie 7 (obliczeniowe):** Ocena stateczności gruntu w dnie wykopu z uwagi na upłynnienie gruntu oraz wyparcie hydrauliczne.

**Ćwiczenie 8–9 (obliczeniowe):** Rozkład naprężeń w gruncie obciążonym siłą skupioną i prostokątnym obciążeniem równomiernie rozłożonym.

**Ćwiczenie 10 (obliczeniowe):** **Sprawydzian**. Obliczenia konsolidacji gruntów ściśliwych metodą analityczno-graficzną.

**Ćwiczenie 11–12 (obliczeniowe):**. Obliczenie stateczności skarp w gruntach niespoistych i spoistych.

**Ćwiczenie 13 (obliczeniowe):** Wyznaczenie wartości parcia czynnego i odporu gruntu

**Ćwiczenie 14 :** **Sprawydzian**.

**Ćwiczenie 15:** Zaliczenie ćwiczeń

#### •Efekty kształcenia

Po ukończeniu kursu student powinien znać właściwości fizyczne i mechaniczne gruntów budowlanych wraz z metodami ich oznaczania, umieć wyznaczać naprężenia w obciążonym ośrodku gruntowym oraz rozumieć relacje pomiędzy naprężeniami i odkształceniami w gruncie. Przedmiot daje teoretyczne podstawy projektowania fundamentów budowli i innych konstrukcji inżynierskich, w tym obiektów budownictwa ziemnego.

#### •Informacje dodatkowe:

Przedmioty poprzedzające: *matematyka, mechanika budowli, hydrogeologia z podstawami geologii, hydromechanika.*

Zakres i tematyka materiału zostały uzgodnione z prowadzącymi przedmiot *hydrogeologia z podstawami geologii.*

#### •Warunki zaliczenia przedmiotu

Zaliczenie ćwiczeń następuje na podstawie ocen ze sprawdzianów oraz wykonania ćwiczeń obliczeniowych. Przedmiot w semestrze 4 kończy się egzaminem rygorowym. Zaliczenie przedmiotu w semestrze 4 jest warunkiem koniecznym kontynuowania nauki przedmiotu w semestrze 5..

5

### Zalecane pozycje literatury

**S. Pisarczyk**, Mechanika gruntów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1998.

**Z. Witun**, Zarys geotechniki, WKŁ, Warszawa 1987.

**M. Obrycki**, S. Pisarczyk, Zbiór zadań z mechaniki gruntów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1999.

**E. Myślińska**, Laboratoryjne badania gruntów, PWN, Warszawa, 1992

**A. Czamara, J. Kowalski, T. Molski**, Hydrogeologia inżynierska z podstawami gruntoznawstwa. Przewodnik do ćwiczeń. Wyd. AR we Wrocławiu. 2005 (Rozdz. 1 i 4).

**PN-81/B-03020**. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.

**PN-74/B-02480**. Grunty budowlane. Badania polowe.

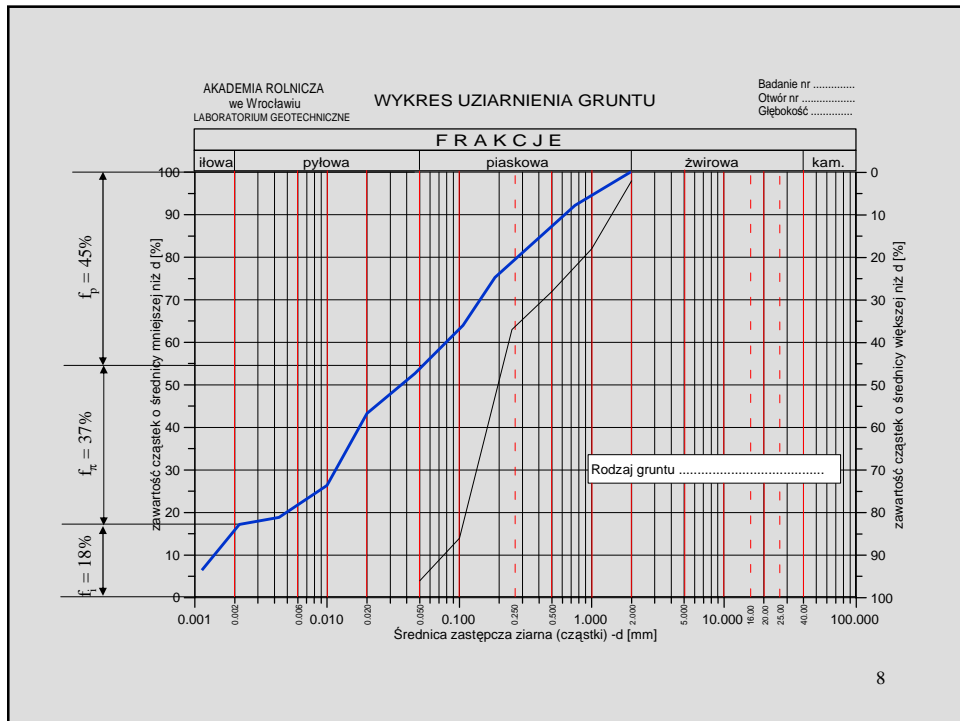
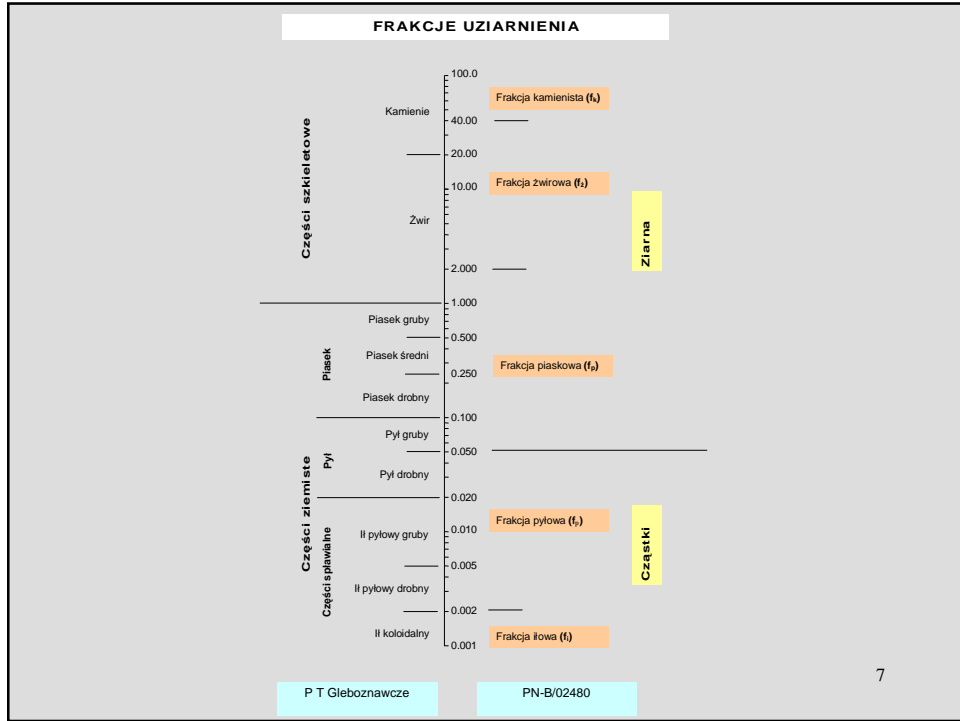
**PN-88/B-04481**. Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.

**PN-86/B-02480**. Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.

**PN-B-02479**. Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.

**PN-B-02481**. Geotechnika. Terminologia podstawowa. Symbole literowe i jednostki miar.

6



### Cechy charakteryzujące uziarnienie

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad \text{wskaźnik różnoziarnistości}$$

$$C = \frac{d_{30}^2}{d_{60} \cdot d_{10}} \quad \text{wskaźnik krzywizny uziarnienia}$$

Oba w/w wskaźniki charakteryzują przydatność gruntu do budowy nasypów (z uwagi na łatwość zagęszczania).

Żwiry łatwo można zagęszczać, gdy  $U > 4$  oraz  $C = 1-4$

Piaski łatwo się zagęszczają, gdy  $U > 6$  oraz  $C = 1-4$

9

### Klasyfikacja gruntów nieskalistych mineralnych

(na podstawie normy PN-86/B-02480)

Grнты	Nazwa gruntu	Symbol	Uziarnienie		Dodatkowe kryteria lub nazwy
<b>Kamieniste</b> $d_{50} > 40 \text{ mm}$	zwietrzelnina	KW	$f_i \leq 2\%$		Grнты występujące w miejscu wietrzenia skały w stanie nienaruszonym
	zwietrzelnina gliniasta	KWg	$f_i > 2\%$		
	rumosz	KR	$f_i \leq 2\%$		grunt występuje poza miejscem wietrzenia skały pierwotnej, lecz i osadzania w wodzie
	rumosz gliniasty	KRg	$f_i > 2\%$		
	otoczaki	KO			
<b>Gruboziarniste</b> $d_{50} \leq 40 \text{ mm}$ $d_{90} > 2 \text{ mm}$	żwir	Ż	$f_1 \leq 2\%$	$f_k + f_z > 50\%$	
	żwir gliniasty	Żg	$f_1 > 2\%$		
	pospółka	Po	$f_1 \leq 2\%$	$50\% \geq f_k + f_z > 10\%$	
	pospółka gliniasta	Pog	$f_1 > 2\%$		

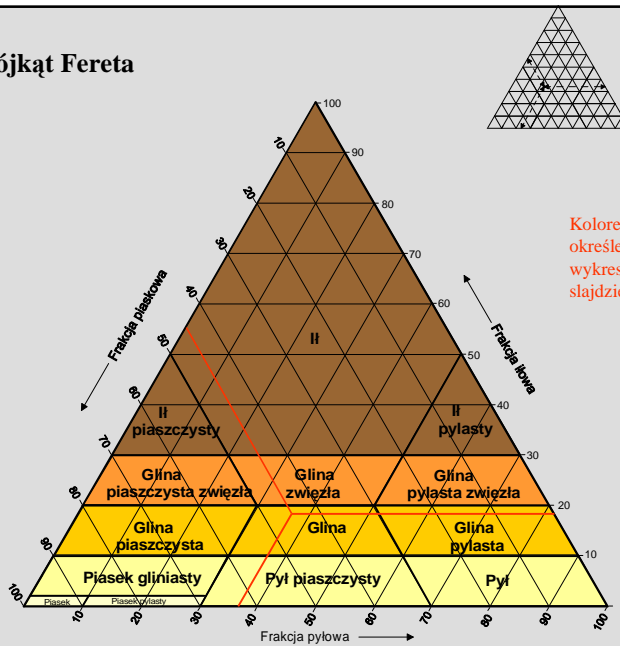
10

**Klasyfikacja gruntów nieskalistych mineralnych**  
( na podstawie normy PN-86/B-02480 )

			Zawartość frakcji %			
			> 2 mm	> 0,5 mm	> 0,25 mm	
<b>Niespoiste</b>	piasek grubo	Pr	< 10	> 50	-	$d_{50} > 0,5 \text{ mm}$
	piasek średni	Ps	< 10	< 50	> 50	$0,5 \text{ mm} \geq d_{50} > 0,25 \text{ mm}$
	piasek drobny	Pd	< 10	< 50	< 50	$d_{50} \leq 0,25 \text{ mm}$
	piasek pylasty	$P_{\pi}$	< 10	< 50	< 10	$f_p = 68-90\%; f_{\pi} = 10-30\%; f_i = 0-2\%$
			$f_p$	$f_{\pi}$	$f_i$	
<b>Spoiste</b>	piasek gliniasty	Pg	60-98	0-30	2-10	mało spoiste
	pył piaszczysty	$\pi p$	30-70	30-70	0-10	$I_p = 1-10\%$
	pył	$\pi$	0-30	60-100	0-10	
	glina piaszczysta	Gp	50-90	0-30	10-20	średnio spoiste
	glina	G	30-60	30-60	10-20	
	glina pylasta	$G_{\pi}$	0-30	30-90	10-20	
	glina piaszczysta zwięzła	Gpz	50-80	0-30	20-30	zwięzła spoiste
	glina zwięzła	Gz	20-50	20-50	20-30	
	glina pylasta zwięzła	$G_{\pi z}$	0-30	50-80	20-30	
	ił piaszczysty	Ip	50-70	0-20	30-50	
	ił	I	0-50	0-50	30-100	bardzo spoiste
	ił pylasty	$I_{\pi}$	0-20	50-70	30-50	

11

**Trójkąt Fereta**



Kolorem czerwonym pokazano określenie rodzaju gruntu dla wykresu uziarnienia podanego na slajdzie nr 8

Podział gruntów drobnoziarnistych wg. PN-86/B-02480

12

**Podstawowe cechy fizyczne gruntów budowlanych.**

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

$$w = \frac{m_w}{m_s} = \frac{m - m_s}{m_s}$$

$$r = \frac{m}{V}$$

**Pozostałe cechy fizyczne (stanowiące pochodne cech podstawowych).**

$$r_d = \frac{m_s}{V} = \frac{r}{1+w}$$

$$n = \frac{V_p}{V} = \frac{r_s - r_d}{r_s}$$

$$e = \frac{V_p}{V_s} = \frac{r_s - r_d}{r_d}$$

$$S_r = \frac{V_w}{V_p} = \frac{w \cdot r_s}{e \cdot r_w}$$

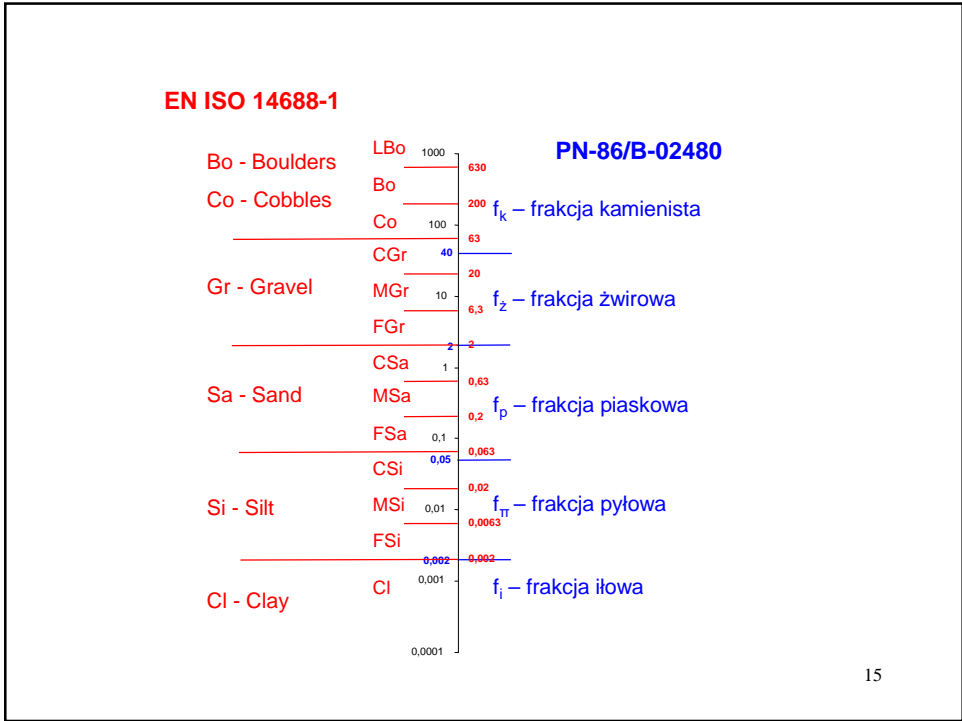
$$w_{sr} = w_{sat} = \frac{r_w \cdot n}{r_d} \quad \text{wilgotność całkowita, (przy } S_r = 1)$$

13

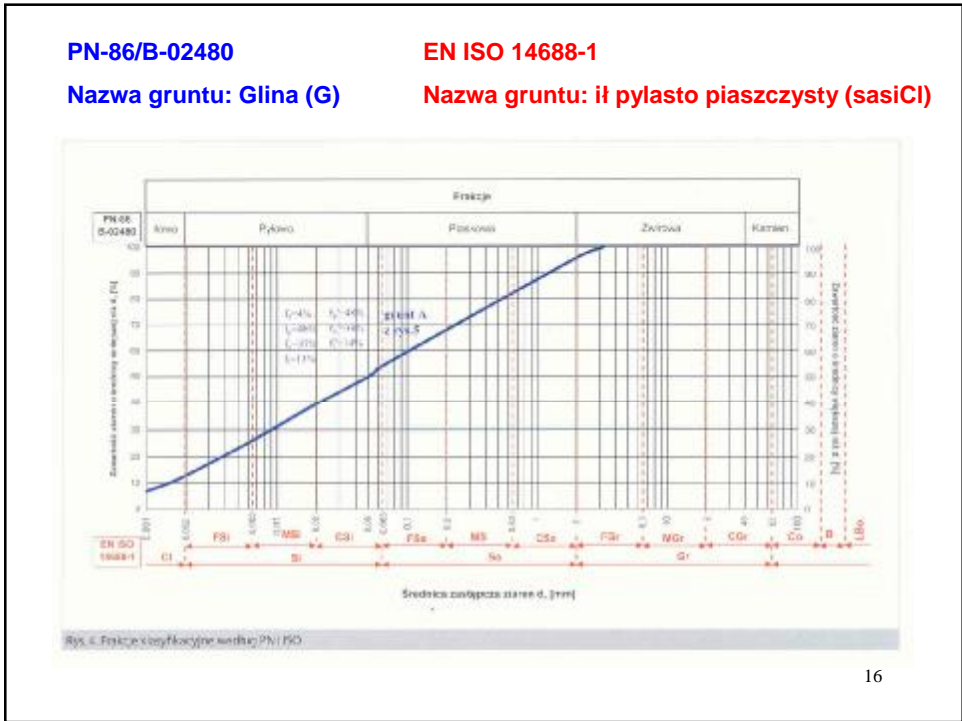
**Charakterystyczne ciężary objętościowe gruntu i ich orientacyjne wartości liczbowe (przy porowatości  $n = 0,30$  oraz  $g_w = 10 \text{ kN/m}^3$ )**

Cecha	Nazwa	Orientacyjna wartość
$g_s = \frac{m_s}{V_s}$	Ciężar właściwy	26 kN/m <sup>3</sup>
$g = \frac{m}{V}$	Ciężar objętościowy	zależny od wilgotności gruntu ( $g_d < g < g_{sr}$ )
$g_d = (1 - n)g_s$	Ciężar objętościowy szkieletu gruntowego	18,2 kN/m <sup>3</sup>
$g_{sr} = (1 - n)g_s + ng_w$	Ciężar objętościowy przy całkowitym nasyceniu porów wodą (przy $S_r = 1$ )	21,2 kN/m <sup>3</sup>
$g' = (1 - n)(g_s - g_w)$	Ciężar objętościowy z uwzględnieniem wyporu wody	11,2 kN/m <sup>3</sup>
$g'' = g - p_s = g' - ig_w$	Ciężar objętościowy z uwzględnieniem ciśnienia sphywowego (przy pionowym przepływie wody do góry)	zależny od spadku hydraulicznego (0, gdy $i = i_{kr} < g'' < g'$ )

14



15



16