



KATALOG OPTYMALNYCH METOD BADAŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO NA POTRZEBY DROGOWNICTWA

Edyta MAJER, Małgorzata SOKOŁOWSKA, Zbigniew
FRANKOWSKI, Grzegorz PACANOWSKI |
Program Geozagrożenia i Geologia Inżynierska



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

narzędzia – teledetekcja i geodezja

www.pgi.gov.pl



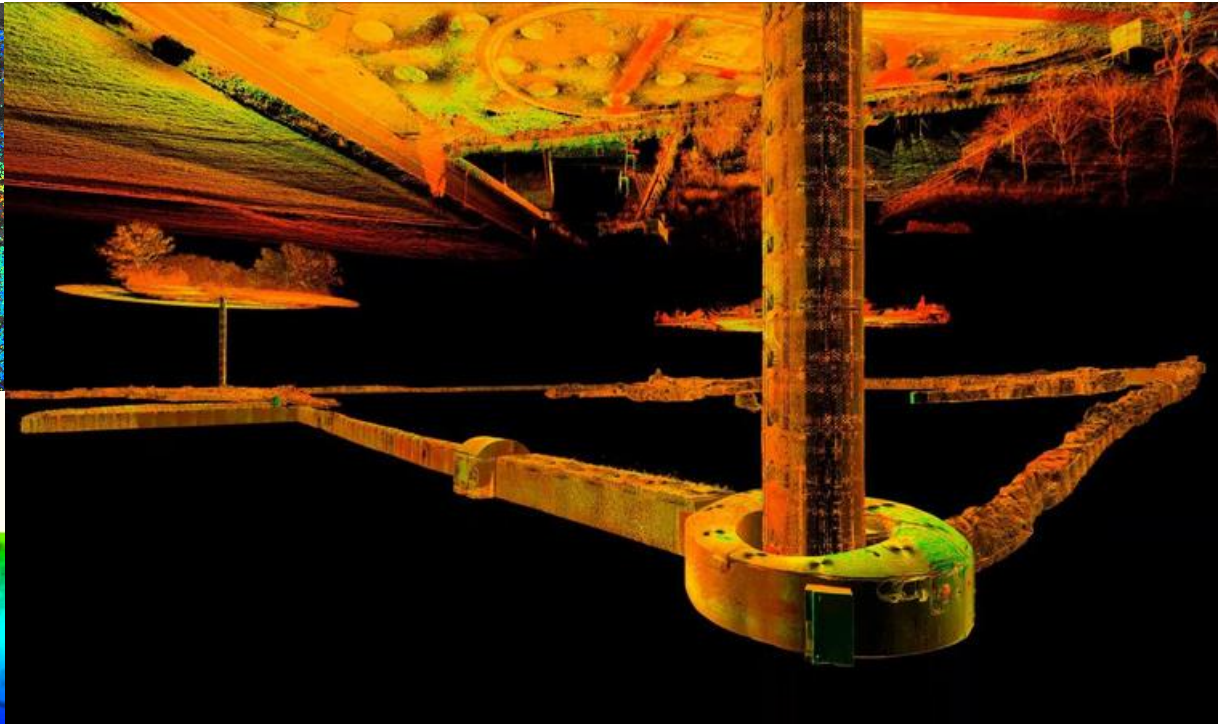
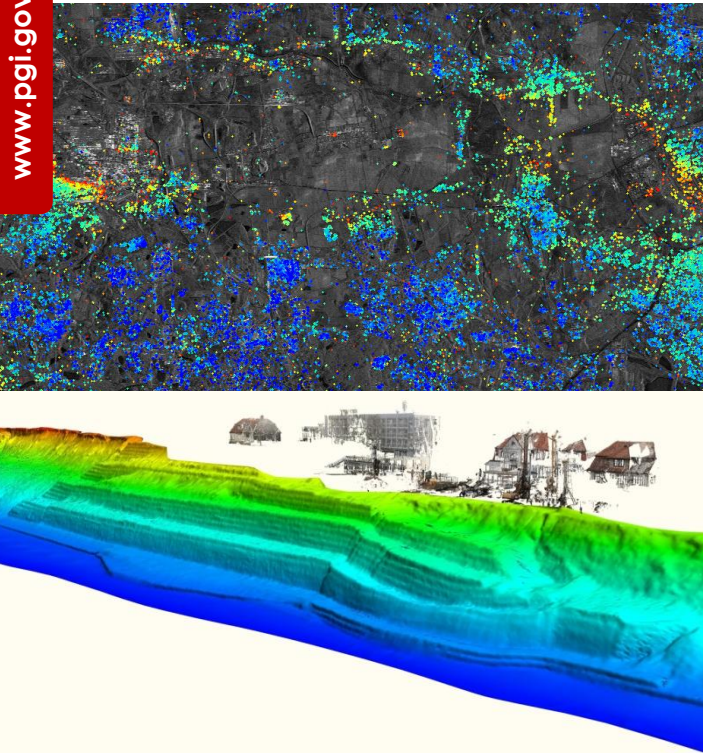
- pomiary geodezyjne
- skaning laserowy naziemny, lotniczy

NOWOCZESNE METODY
ROZPOZNANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO
W DROGOWNICTWIE

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

narzędzia – teledetekcja i geodezja

www.pgi.gov.pl



- badania deformacji terenu
- skanowanie infrastruktury naziemnej
- skanowanie infrastruktury podziemnej - geoBIM

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

narzędzia – wiercenia

?

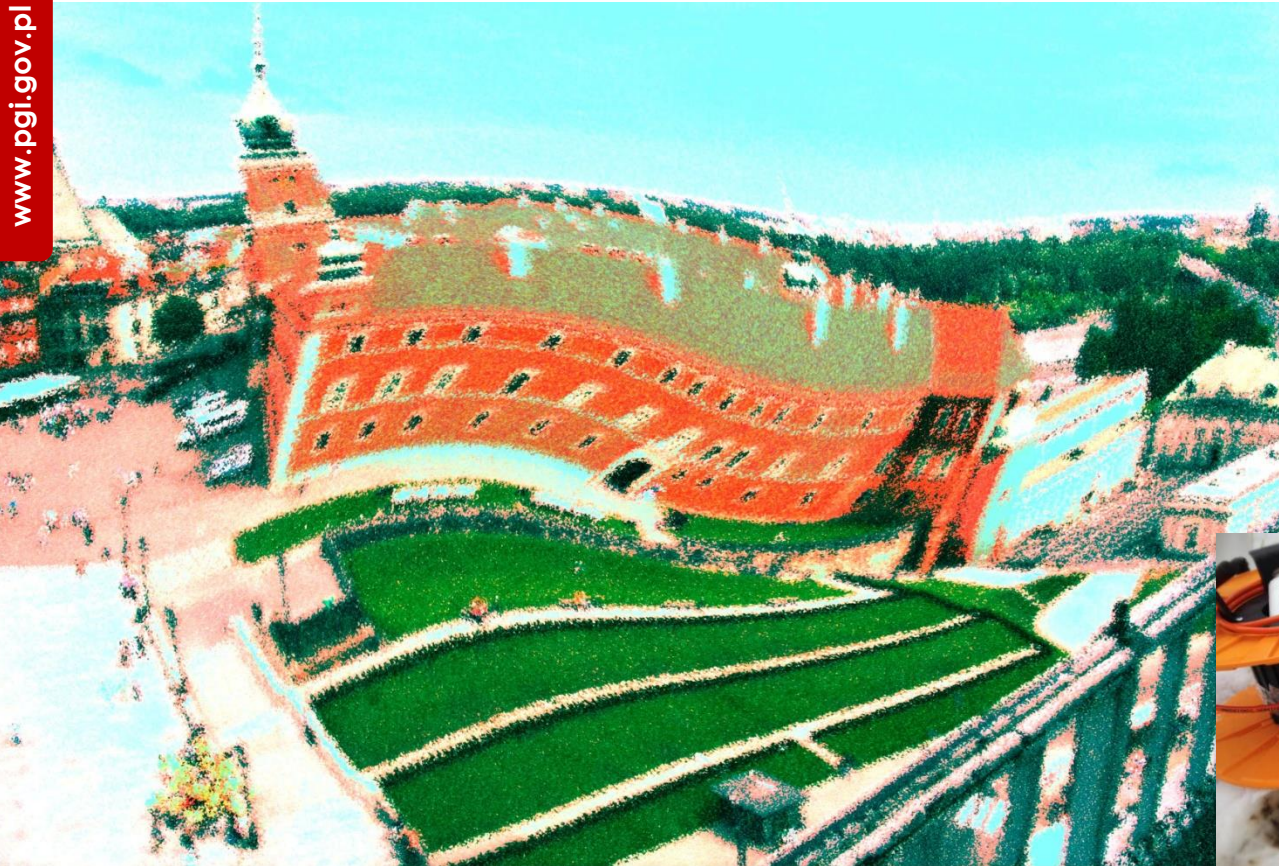


obraz
z jednego
wiercenia

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

narzędzia – wiercenia + geofizyka

www.pgi.gov.pl



obraz z kilku wierceń
o różnej głębokości
i rozstawie oraz
z badań geofizycznych



BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

wykonywanie – sondowania

www.pgi.gov.pl



CHARAKTERYSTYKA FIZYCZNO-MECHANICZNA

NOWOCZESNE METODY
ROZPOZNANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO
W DROGOWNICTWIE

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

wykonywanie – laboratorium

www.pgi.gov.pl



**ZESTAW DO BADAŃ
TRÓJOSIOWYCH TXT**



SYSTEM POMIAROWY TRAUTWEIN

Wyznaczenie współczynnika
filtracji k gruntów spoistych
i mieszanek technicznych

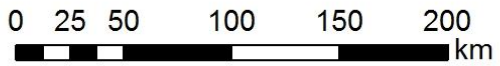
Badania właściwości fizycznych,
mechanicznych gruntów i skał
zgodnie z normami **PN, PN-EN ISO,**
ASTM, BS



**ZESTAW AUTOMATYCZNYCH
EDOMETRÓW DO BADANIA
WŁAŚCIWOŚCI ODKSZTAŁCENIOWYCH**

REGIONALIZACJA

problem



REGIONALIZACJA problem



BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

problemy

Rozpoznanie podłoża powinno być wykonywane **etapowo**, zależnie od problemów powstających w trakcie planowania, projektowania i wykonawstwa realizowanego projektu.

Wyróżnia się następujące **etapy**:

- badania **wstępne** mające na celu wybór lokalizacji i koncepcji budowy,
- badania **do celów projektowych**,
- **kontrola i monitoring**.

wg PN-EN 1997-2

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

Problemy - cele

Zidentyfikowano następujące problemy – cele badań:

- określenie form geomorfologicznych,
- określenie form antropogenicznych,
- określenie położenia granic warstw geologicznych – model geologiczny,
- określenie litologii (rodzaju gruntu i skały),
- wyznaczenie przestrzenne gruntów problematycznych,
- określenie profilu wietrzeniowego skał,
- pobór próbek gruntów i skał,
- ocena właściwości fizyczno-mechanicznych wydzielonych warstw gruntów i skał,
- ocena gruntów z wykopów pod kątem możliwości wbudowania w nasyp,
- ocena wody gruntowej pod kątem agresywności względem betonu i stali,
- ocena masywu skalnego,
- ocena stopnia spękania i charakterystyka spękań,
- ocena stopnia zaburzenia tektonicznego i identyfikacja uskoków,
- wykrycie pustek, pustek górniczych i form krasowych,
- ocena parametrów masywu skalnego, identyfikacja i ocena zagrożeń geologicznych i geotechnicznych oraz analiza ryzyka,
- prognoza zmian warunków geologicznych i geotechnicznych w wyniku realizacji inwestycji,
- ocena warunków hydrogeologicznych,
- ocena wahań poziomu wód gruntowych,
- ocena zanieczyszczeń chemicznych gruntów i wód podziemnych.

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

Katalog metod

Do celu badań przyporządkowano metodę badawczą
Katalog jakościowy
opracowany

Do metody zostaną przyporządkowane zakresy badań
Katalog ilościowy
w przygotowaniu
**aby dokumentacje nie zawierały bezużytecznych
badań**

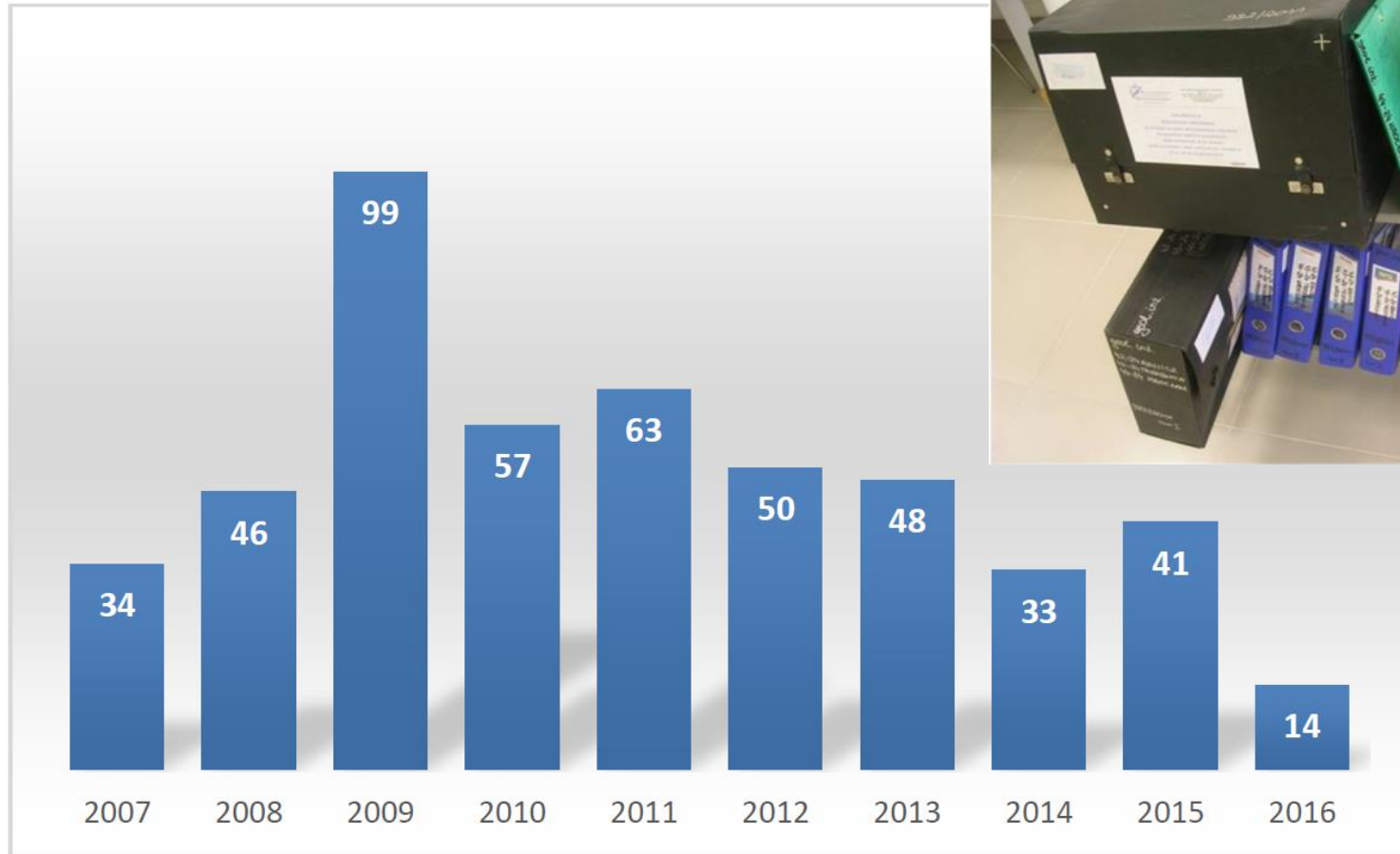
ZADANIE 1: ANALIZA OBOWIĄZUJĄCYCH PRZEPISÓW PRAWNYCH I NORM W CAŁYM ZAKRESIE PROJEKTU

W ramach zadania zebrano i przeanalizowano ogółem 600 dokumentów, w tym:

- ✓ około **300 norm**
- ✓ około **40 aktów prawnych**
- ✓ około **40 instrukcji i wytycznych**
- ✓ około **30 innych dokumentów o charakterze wytycznych**
- ✓ około **200 innych pozycji literaturowych**

ZADANIE 1: ANALIZA DANYCH ARCHIWALNYCH NA PRZYKŁADZIE DANYCH GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH

www.pgi.gov.pl

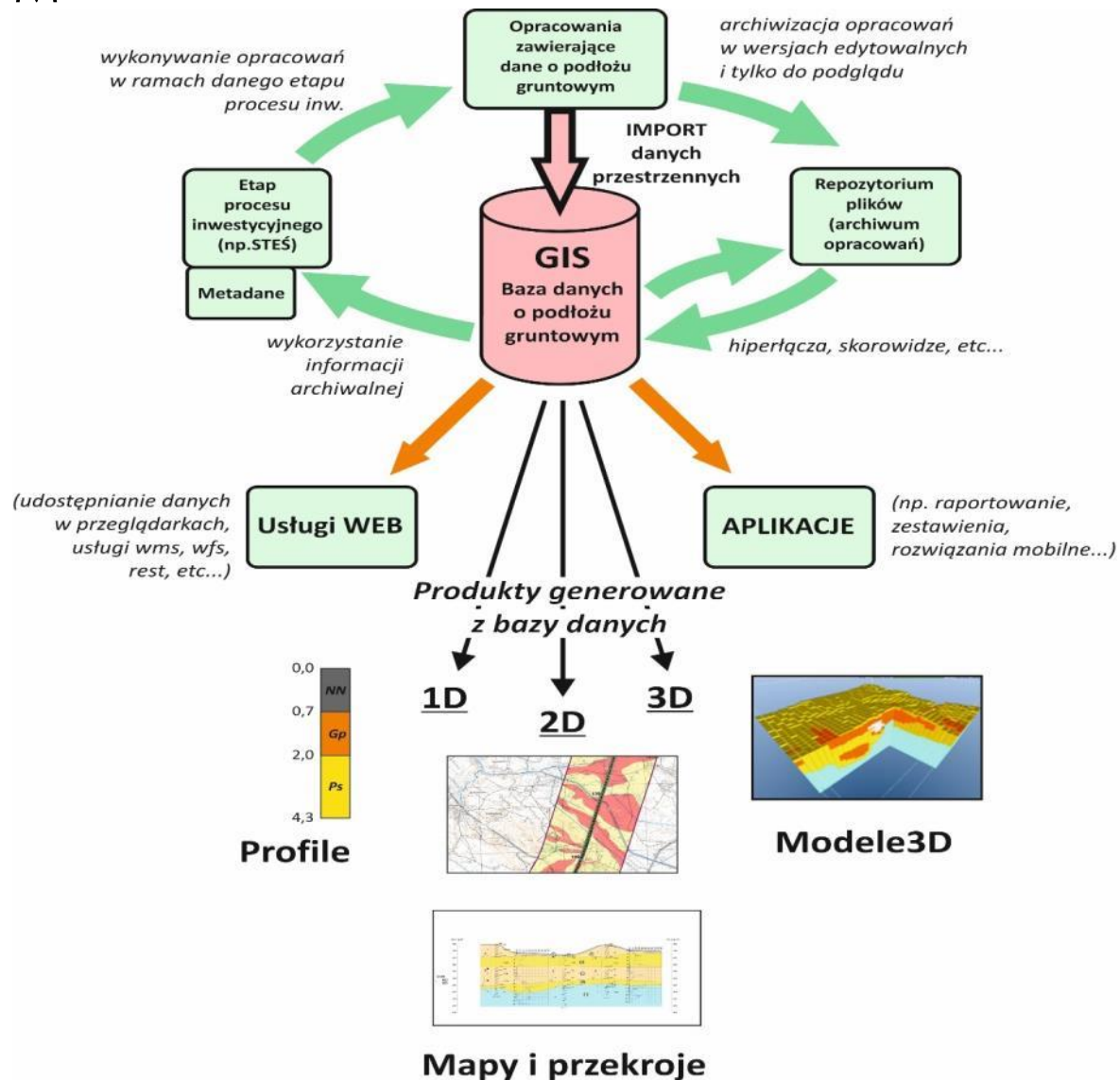


Liczba przeanalizowanych dokumentacji = 485

ZADANIE 1: SCHEMAT GROMADZENIA I OBIEGU DANYCH O PODŁOŻU GRUNTOWYM

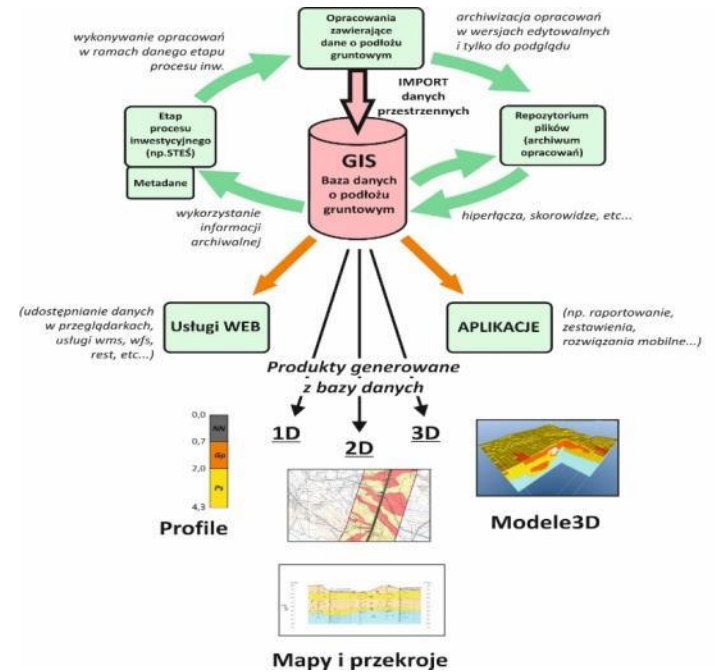
Baza danych GIS

zgromadzenie
wszystkich informacji
o wykonanych
badaniach podłoża
gruntowego na
wszystkich etapach
procesu
inwestycyjnego



ZADANIE 1: SCHEMAT GROMADZENIA I OBIEGU DANYCH O PODŁOŻU GRUNTOWYM

www.pgi.gov.pl



.JPG

CAD/GIS

ZADANIE 1: KATALOG DOSTĘPNYCH METOD BADAŃ PODŁOŻA

1. Badania polowe gruntów i skał

2. Pobieranie prób gruntu i skał

3. Badania laboratoryjne
gruntów i skał

4. Badania laboratoryjne
kruszyw

5. Metody geodezyjne i
teledetekcyjne

6. Metody oceny
stateczności



1.1 Wiercenia

1.2 Sondowania

3.

1.3 Geofizyka

3.2 Badania fizyczne gruntów

4.2. Wybrane badania

3.3 Badania geometrycznych właściwości

3.4 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości
kruszyw

3.5 Badania wplywu czynnikow atmosferycznych na dzialanie
kruszyw

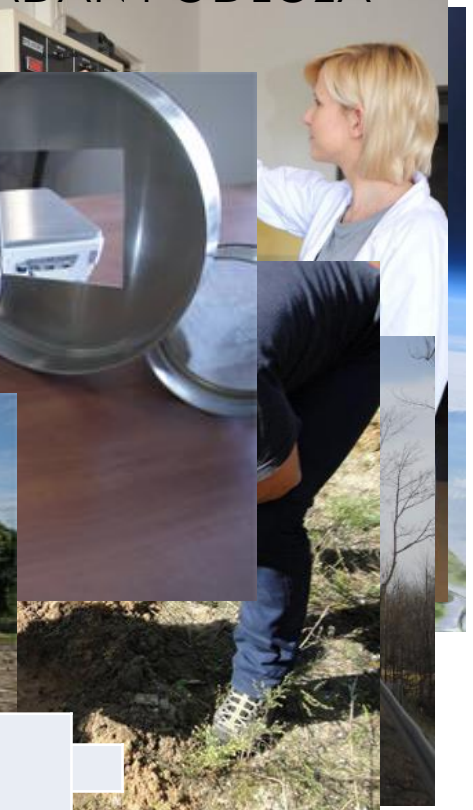
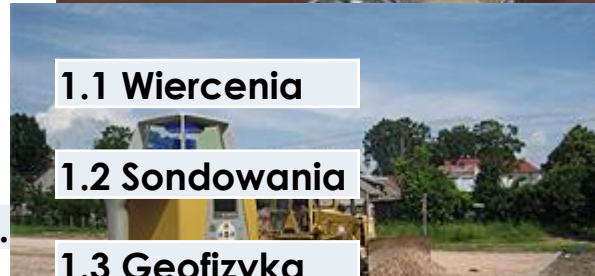
3.6 Badania wytrzymałości 5.2 Metody geodezyjne

4.5 Badania chemiczne kruszyw

3.7 Badania podatności skał

4.6 Badania UPS i gruntów stabilizowanych hydraulicznie

3.8 Badania wytrzymałości skał



ZADANIE 1: KATALOG DOSTĘPNYCH METOD BADAŃ PODŁOŻA

7 kolumn

231 metod

Metoda →

badania z ciągłym przyrostem odkształcenia CRS

Parametr mierzony [symbol, jednostka] →

F [kN], L [mm], u [kPa]

Zakres głębokościowy/rozdzielczość →

zależy od zakresów pomiarowych przetworników zła jakość próbek, nieodpowiednie zakresy pomiarowe i dokładności przetworników, źle zaprogramowane warunki badania, brak informacji od projektantów o warunkach badania.

Ograniczenia →

Typ ośrodka [S - skała, G - grunt] →

G

Typowe zastosowania →

wyznaczanie różnego rodzajów geotechnicznych modułów charakteryzujących właściwości odkształcalności i konsolidacji ośrodka gruntowego

Podstawa wykonania [N - norma, P - przepis prawa, L - literatura branżowa]; →

N (ASTM D-4186M-12)

ZADANIE 4: KRYTERIA OPTYMALIZACJI

KRYTERIA OPTYMALIZACJI wyznaczono w zależności od:

- **Cel** badań (problem do rozwiązania)
- **Etap** realizacji inwestycji
- **Stopień** skomplikowania warunków gruntowych
- **Typ** obiektu budowlanego
- **Sposób** posadowienia
- **Rodzaj** parametru potrzebny do projektowania
- **Uwarunkowania** terenu
- **Rodzaj** gruntu, skały
- **Dostępność** na rynku
- **Czasochłonność**
- **Pracochłonność**

Lp.	NAZWA METODY	Geomorfologia		Geologia								Pobór próbek gruntów i skał							
		Określenie form geomorfologicznych	Określenie form antropogenicznych	Określenie położenia granic warstw geologicznych w gruntach	Określenie granic warstw geologicznych w skałach	Określenie litologii (rodzaju gruntu)	Określenie litologii (rodzaju skały)	Konturowanie przestrzenne gruntów problematycznych (stabilności i nasypowych)	Określenie granicy gruntu/skały	Określenie profilu wietrzeńcowego skał	Identyfikacja uskoków	Pobór próbek gruntów klasy 1-2	Pobór próbek gruntów klasy 3-5	Pobór próbek skał	Zagęszczenie gruntów niespoistych	Stan gruntów spoistych	Właściwości wytrzymałościowe gruntów	Właściwości i wytrzymałościowe skał	Właściwości odkształceniowe gruntów
1	Kartowanie geologiczno-inżynierskie																		
2	Wiercenia rdzeniowane na sucho pojedynczą rdzeniówką	nd	nd																
3	Rdzeniowanie na makro podwójną rdzeniówką	nd	nd																
4	Rdzeniowanie na makro potrójną rdzeniówką	nd	nd																
5	Rdzeniowanie podwójną lub potrójną rdzeniówką z wewnętrznym próbnikiem	nd	nd																
6	Wiercenie świdrem przelotowym	nd	nd																
7	Wiercenie świdrem spiralnym w rurach ostonowych	nd	nd								NNS					NNS		NNS	
8	Wiercenie świdrem spiralnym bez rur ostonowych	nd	nd								NNS					NNS		NNS	
9	Wiercenie udarowe (np. RKS)	nd	nd																
10	Wiercenie wibracyjne (np. soniczna)	nd	nd																
11	Wiercenie ręczne	nd	nd																
12	Szybk, wykop badawczy w gruncie				nd		nd				NNS					NNS		NNS	
13	Odstąpienie naturalne w skałe			nd		nd		nd			nd	nd			nd	nd		nd	
14	Instalacja piezometru	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
15	Sondowanie dynamiczne DP	nd	nd								nd	nd	nd						
16	Sondowanie statyczne CPT/rCPTu/visCPTu	nd	nd				nd											nd	
17	Sondowanie statyczne mCPT	nd	nd				nd											nd	
18	Presjometr PMF (do gruntów)	nd	nd				nd											nd	
19	Dylatometr płaski DMT	nd	nd				nd											nd	
20	Dylatometr do skał RDT	nd	nd			nd		nd						nd	nd	nd			nd
21	Sondowania cylindryczne SPT	nd	nd				nd											nd	
22	Badania sondą krzyżakową FVT	nd	nd				nd											nd	
23	Badanie sondą BAT	nd	nd				nd												
24	Badanie płytą VSS	nd	nd				nd												
25	Badanie płytą dynamiczną HMP	nd	nd				nd												
26	Badanie PANDA 2	nd	nd								nd	nd	nd						
27	Badanie CBR	nd	nd				nd												
28	Badanie końcówką sejsmiczną (SDMT, SCPT, ślepa)	nd	nd				nd												
29	Badania laboratoryjne cech fizycznych	nd	nd	nd				nd	nd	nd	nd								
30	Badania laboratoryjne cech wytrzymałościowych	nd	nd	nd		nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd				nd
31	Badania laboratoryjne cech odkształceniowych	nd	nd	nd		nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
32	Badania laboratoryjne cech filtracyjnych	nd	nd	nd		nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	
33	Badania chemiczne gruntów i skał	nd	nd	nd		nd	nd	nd	nd	nd	nd			nd	nd	nd	nd	nd	

Lp.	SYMBOL	ZAKRES STOSOWALNOŚCI DLA GŁĘBOKOŚCI				GRUNTY		
		0-3 m p.p.t.	3-6 m p.p.t.	6-10 m p.p.t.	10-30 m p.p.t.	Określenie litologii (rodzaju gruntu)	Określenie położenia granic warstw geologicznych w gruntach	
1	ERT							
2	SE							
3	GCM							
4	SR							
5	SPR							
6	SRT							
7	MASW, SASW, CSWS							
8	-							
9	SDMT, SCPT/SCPT							
10	SBT							
11	mGRAW							
12	GPR							

NAZWA METODY	OBRAZOWANIE OGÓLNE			PRODUKTY		
	Ogląd terenu pozwalający wychwytywać regionalne elementy budowy geologicznej	Rozpoznanie niewielkich elementów budowy geologicznej	Możliwość penetracji przez niewielką pokrywą roślinną	Ortofotomapa	Obraz pokrycia terenu	Numeryczny model terenu
Satelity optyczne o średniej zdolności rozdzielczej	Green	Red	Red	Green	Green	Green
Satelity optyczne o wysokiej zdolności rozdzielczej	Green	Green	Red	Green	Green	Green
Satelity operujące w zakresie radarowym	Green	Green	Yellow	Red	Yellow	Green
Satelitarna interferometria radarowa	Red	Red	Yellow	Red	Red	Green
Fotogrametria lotnicza	Green	Green	Red	Green	Green	Green
Fotogrametria niskiego pułapu - Bezzałogowe Statki Powietrzne (ang. Unmanned Aerial Vehicles)	Green	Green	Red	Green	Green	Green
Lotniczy skaning laserowy	Green	Green	Green	Red	Green	Green
Mobilny skaning laserowy z niskiego pułapu lotniczego	Green	Green	Green	Red	Green	Green
Naziemny skaning laserowy	Green	Green	Green	Red	Green	Green
Naziemny radar interferometryczny	Green	Red	Red	Red	Yellow	Green
Pomiary GNSS	Red	Green	Green	Red	Red	Green
Pomiary tachymetryczne	Red	Green	Green	Red	Red	Green
Niwelacja	Red	Green	Green	Red	Red	Green

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

projektowanie – typy wierceń i próbek

Wyróżnia się następujące **typy wierceń**:

- Wiercenia klasyfikacyjne,
- Wiercenia do określenia parametrów geotechnicznych

Wyróżnia się następujące **typy próbek**:

- próbki do badań klasyfikacyjnych,
- próbki do badań w celu określenia parametrów geotechnicznych

wg PN-EN 1997-2

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

projektowanie badań – od czego zacząć!!!

Właściwości gruntu		Klasa jakości próbek				
		1	2	3	4	5
Niezmienione	uziarnienie	+	+	+	+	
	wilgotność	+	+	+		
	gęstość, stopień zagęszczenia, przepuszczalność	+	+			
	ściśliwość, wytrzymałość na ścinanie	+				
Możliwe do określenia	następstwo warstw	+	+	+	+	+
	przybliżone granice warstw	+	+	+	+	
	dokładne granice warstw	+	+			
	granice Atterberga, gęstość właściwa szkieletu gruntowego, zawartość części organicznych	+	+	+	+	
	wilgotność	+	+	+		
	gęstość, stopień zagęszczenia, przepuszczalność	+	+			
	ściśliwość, wytrzymałość na ścinanie	+				
Kategorie pobierania próbek gruntu wg PN-EN ISO 22475-1		A				
					B	
						C

PN-EN 1997-2

PN-EN ISO 22475-1:

1. Właściwości gruntu
2. Klasa jakości próbek (1 – 5)
3. Kategoria pobierania próbek (A, B, C)
4. Rodzaj wiercenia

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

projektowanie – od czego zacząć!!!



PN-EN 1997-2

PN-EN ISO 22475-1:

1. Właściwości gruntu
2. Klasa jakości próbek (1 – 5)
3. Kategoria pobierania próbek (A, B, C)
4. Rodzaj wiercenia

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

projektowanie – od czego zacząć!!!

www.pgi.gov.pl



PN-EN 1997-2

PN-EN ISO 22475-1:

1. Właściwości gruntu
2. Klasa jakości próbek (1 – 5)
3. Kategoria pobierania próbek (A, B, C)
4. Rodzaj wiercenia

MUSIMY NAUCZYĆ SIĘ WIERCIĆ!!!

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

wiercenie - próbki



Zgodnie z normą PN-EN 1997-2:2009 Eurokod 7 - Część 2 **metodę** wiercenia, a także **narzędzie wiertnicze** należy dobrać zgodnie z:

- wymaganymi kategoriami próbek,
- projektowaną głębokością wiercenia,
- spodziewanymi warunkami gruntowo-wodnymi,
- wymaganą minimalną średnicą rdzenia,
- projektowanymi dalszymi badaniami (np. laboratoryjnymi, sondowaniami, geofizycznymi),
- lokalizacją wiercenia.

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

wiercenie - próbki



Według normy PN-EN ISO 22475-1:2006, próbki można pozyskać trzema metodami :

- poprzez wiercenie (ciągłe opróbowanie)
- z zastosowaniem próbników (opróbowanie na wybranych głębokościach)
- poprzez wycinanie bloków.

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

wiercenie - próbki



Próbki klasy 1 można uzyskać następującymi technikami:

1. Obrótowe wiercenie rdzeniowane potrójną rdzeniówką

Próbki klasy 2 można uzyskać następującymi technikami:

1. Obrótowe wiercenie rdzeniowane podwójną/potrójną rdzeniówką z wewnętrznym próbnikiem,
2. Wiercenie rdzeniowane udarowe w gruntach drobnoziarnistych,
3. Wiercenie obrotowo udarowe pojedynczą lub podwójną rdzeniówką w gruntach drobnoziarnistych).

Próbki klasy 3 można uzyskać następującymi technikami:

1. Obrótowe wiercenie rdzeniowane na sucho świdrem przelotowym),
2. Obrótowe wiercenie rdzeniowane podwójną rdzeniówką.

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

wiercenie - próbki



Próbki klasy 4 można uzyskać następującymi technikami:

1. Obrótowe wiercenie rdzeniowane na sucho pojedynczą rdzeniówką,
2. Obrótowe wiercenie rdzeniowane pojedynczą rdzeniówką,
3. Wiercenie rdzeniowane udarowe w gruntach gruboziarnistych,
4. Wiercenie udarowe,
5. Wiercenie obrotowo-udarowe pojedynczą lub podwójną rdzeniówką w gruntach gruboziarnistych,
6. Wiercenie wibracyjne w gruntach drobnoziarnistych,
7. Wiercenie wbijane z przewodem wiertniczym z łyżką wiertniczą,
8. Wiercenie chwytakowe powyżej zwierciadła wody gruntowej.

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

wiercenie - próbki



Próbki klasy 5 można uzyskać następującymi technikami:

1. Wiercenie z lewym obiegiem płuczki,
2. Wiercenie świdrem lekkim,
3. Wiercenie udarowe małośrednicowe,
4. Wiercenie wibracyjne w gruntach gruboziarnistych,
5. Wiercenie wbijane z przewodem wiertniczym z tyżką wiertniczą z zaworem kulkowym,
6. Wiercenie hydrauliczne/stałe wciskanie małośrednicowe,
7. Wiercenie chwytakowe poniżej zwierciadła wody gruntowej.

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

wiercenie - próbki



Norma PN-EN ISO 22475-1 wyróżnia 3 metody pobierania próbek gruntu.

Metoda A - metoda pozwalająca uzyskać próbki klas 1-5:

- brak naruszenia struktury gruntu (dopuszczalne są tylko drobne jej zmiany),
- wilgotność i wskaźnik porowatości pobranej próbki są takie same jak gruntu in situ,
- brak zmiany składników lub ich proporcji oraz składu chemicznego gruntu.

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

wiercenie - próbki



Norma PN-EN ISO 22475-1 wyróżnia 3 metody pobierania próbek gruntu.

Metoda B - metoda pozwalająca uzyskać próbki klas 3-5:

- wilgotność pobranej próbki jest taka sama jak gruntu in situ,
- brak zmiany składników lub ich proporcji,
- dopuszczalna zmiana struktury gruntu, z zachowaniem możliwości ustalenia ogólnego następstwa warstw gruntu

BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

wiercenie - próbki



Norma PN-EN ISO 22475-1 wyróżnia 3 metody pobierania próbek gruntu.

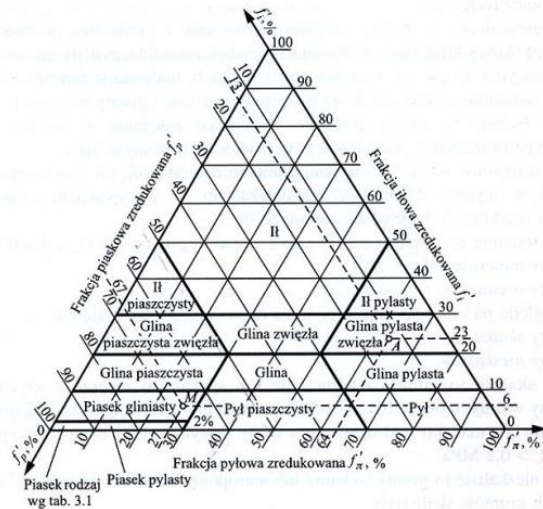
Metoda C - metoda pozwalająca uzyskać próbki wyłącznie klasy 5:

- zmieniona wilgotność pobranej próbki,
- wymieszane składniki gruntu, zmiana ich proporcji,
- całkowita zmiana struktury gruntu,
- brak możliwości dokładnego określenia warstw gruntu in situ.

Próbki gruntu pobrane metodą C nie nadają się do badań laboratoryjnych. Mogą posłużyć wyłącznie do przybliżonego określenia granic warstw litologicznych.

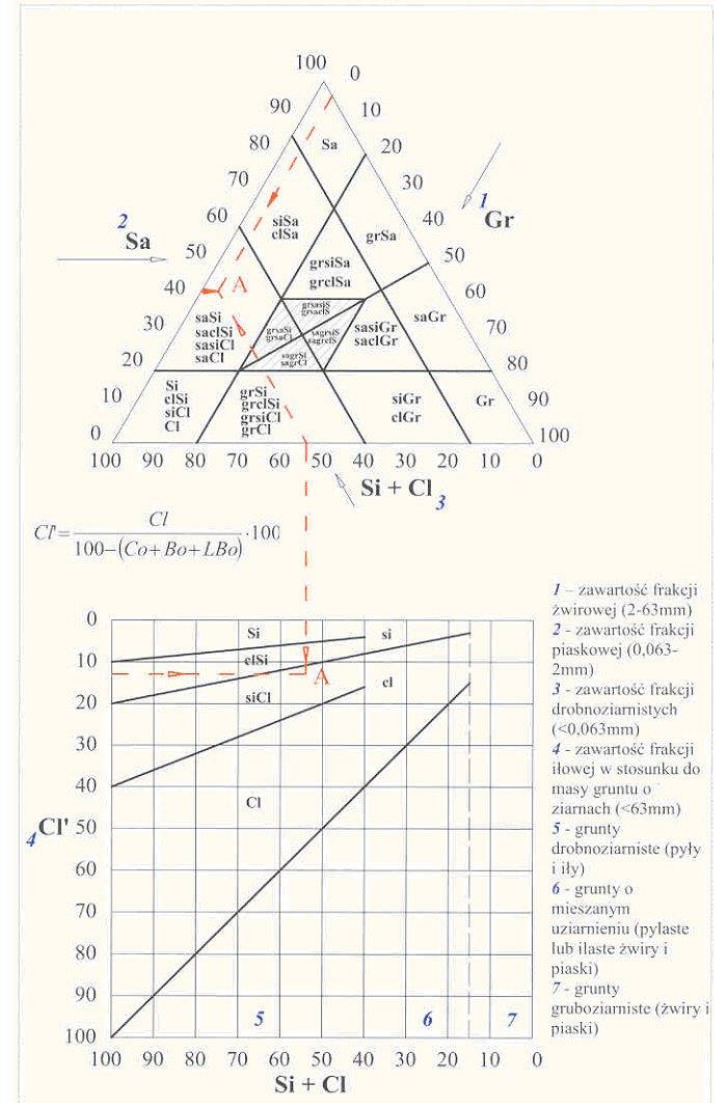
BADANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO

klasyfikacja



Nie będzie korelacji

Zalecamy stosować obie metody opisu i klasyfikacji gruntów





Dziękuję!

edyta.majer@pgi.gov.pl