

# **Dokumentacja geotechniczna i geologiczno – inżynierska w budownictwie drogowym i ogólnym.**

**Aktualne wymagania prawne, błędy, konsekwencje  
błędów w tym awarie.**

( Materiały szkoleniowe)

**Opracował: Piotr Jermolowicz**

**tel.: 501 293 746**

**e-mail : [p.jermolowicz@wp.pl](mailto:p.jermolowicz@wp.pl)**

**Wrocław, 27 lutego 2017 r.  
Wałbrzych, 28 lutego 2017 r.  
Jelenia Góra, 01 marca 2017 r.  
Lubin, 02 marca 2017 r.**

## 1. Wstęp.

Przedmiotem szkolenia są wybrane zagadnienia z Eurokodu 7.2 (PN-EN 1997-2: 2007) w związku z faktem przywołania tej normy w § 9 w Rozp.MTBiGM z dn.25.04.2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych.

W Polsce dość powszechnie pokutuje błędna praktyka, że dla potrzeb budowlanych należy wykonać badania geologiczne, które zgodnie z Prawem geologicznym i górnictwem wykonuje geolog.

Bezpodstawnie są one utożsamiane z badaniami geotechnicznymi – co stanowi dziś anachronizm.

Przedstawienie tych nieprawidłowości wymaga przybliżenia związanych z tym pojęć:

- geologia - dziedzina nauki zajmująca się historią i budową Ziemi, a szczególnie jej zewnętrznych warstw ,
- geologia inżynierska - dział geologii zajmujący się wpływem działalności technicznej człowieka na przypowierzchniową część skorupy ziemskiej oraz wpływem budowy geologicznej i procesów geologicznych na tę działalność,
- dokumentacja geologiczno-inżynierska to dokumentacja geologiczna zawierająca rozpoznanie budowy geologicznej podłoża gruntowego oraz prognozę zjawisk i procesów geologicznych i związanych z tym badań gruntów i wód. Zjawiska i procesy geologiczne to np. uskoki tektoniczne, trzęsienia ziemi, makro-osuwiska, tąpnięcia czy procesy krasowe.

W żadnym z tych pojęć nie zawiera się zatem działalność mająca na celu określanie skomplikowanych parametrów technicznych gruntów do potrzeb budowlanych, badanych specjalistycznym sprzętem geotechnicznym, co przede wszystkim wymaga bardzo dobrej znajomości mechaniki gruntów. Zajmującą się tym dyscypliną, będącą obecnie specjalizacją uprawnień konstrukcyjno-budowlanych, jest **geotechnika** - interdyscyplinarna dziedzina nauki i techniki dotycząca badań podłoża gruntowego do celów projektowania, wykonywania i kontroli: budowli ziemnych i podziemnych, fundamentowania konstrukcji budowlanych, dróg, linii kolejowych, lotnisk itp., a powiązana z tym inżynieria geotechniczna zajmuje się projektowaniem i realizacją konstrukcji geotechnicznych.

Natomiast **dokumentacja geotechniczna** to dokumentacja zawierająca szczegółowe wyniki badań geotechnicznych gruntu z określeniem obliczeniowych parametrów geotechnicznych, analizą i obliczeniami oraz ustaleniem geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych we wszystkich kategoriach geotechnicznych.

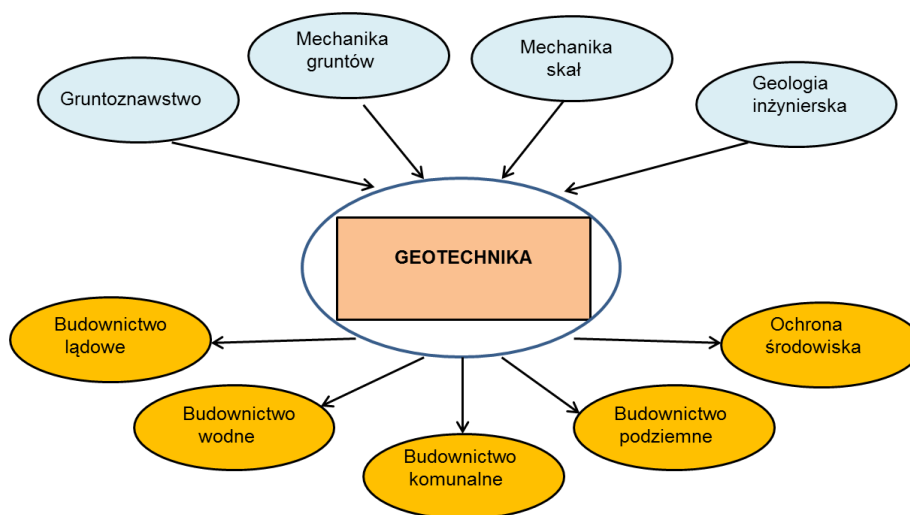
Zagadnienia te są tak bardzo obszerne i istotne, że poświęcono im 2 tomy jednej z 10 ogólnoeuropejskich norm Eurokod 7 - „Projektowanie geotechniczne”.

Rolą dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, wykonywanej dodatkowo w koniecznych przypadkach, jest uzupełnienie dokumentacji geotechnicznej, jeśli wystąpi potrzeba określania zjawisk i zagrożeń podanych w definicji.

Podłoże gruntowe jest częścią przestrzeni znajdująca się w zasięgu oddziaływania budowli, która wraz z fundamentem stanowi integralną całość, a w której rządzą prawa mechaniki, wytrzymałości materiałów i hydrauliki.

Określone w badaniach właściwości fizyczne i mechaniczne gruntów mają zatem bezpośredni wpływ zarówno na stateczność obiektu, jak i jego osiadania czy warunki realizacji. Zasięg tej strefy w każdym przypadku może być inny, ale generalnie dla obiektów naziemnych głębokość ta jest nie mniejsza niż 5 m i na ogół nie przekracza 30 m.

Dlatego grunty tej strefy stanowią materiał budowlany, który musi być badany w podobny sposób jak inne materiały. Jednak w odróżnieniu od materiałów wytworzonych przez człowieka są one wytworem przyrody, przez co mają szczególnie złożone i skomplikowane właściwości, jakich nie da się ująć w tabelach, wykresach czy aprobatkach. Było to powodem kształtowania, a potem powstania mechaniki gruntów będącej gałęzią mechaniki technicznej, której początki datowane są od ok. 230 lat. W ten sposób wraz z rozwojem inżynierii i budownictwa powstała nowa specjalność inżynierii nazwana początkowo geotechnologią, następnie geotechniką, a od wczesnych lat 70. inżynierią geotechniczną, w której mechanika gruntów i skał jest nauką podstawową i z której wywodzi się nowa specjalność zawodowa - inżynier geotechnik.



Rys. 1. Schemat synerгии nauk przyrodniczo-technicznych i budownictwa.

Do tego należy jeszcze dodać, że wykonywanie badań właściwości gruntów dla potrzeb budowlanych wymaga odpowiedniego wykształcenia i odpowiednich uprawnień.

Tym samym ustalanie geotechnicznych warunków posadowienia powinno być całkowicie wyłączone z jurysdykcji Prawa geologicznego i górniczego, a ściśle techniczne uprawnienia w zakresie budownictwa nie mogą być nadawane w Ministerstwie Środowiska przez komisje geologiczne nieprzygotowanym do tych zadań absolwentom geologii.

Dokumentacje geologiczno-inżynierskie nie mogą przejmować funkcji dokumentacji geotechnicznych, lecz zgodnie z ich zadaniem powinny ograniczać się do prognozy zjawisk i procesów geologicznych mających związek z projektowanym obiektem.

Jest to obecnie główne przesłanie do wszystkich Stron inwestycji.

## 2. Uwarunkowania prawne dotyczące procesu rozpoznania podłoża.

Artykuł 34 ust. 3 pkt. 4 ustawy Prawo budowlane stanowi, że projekt budowlany powinien zawierać, w zależności od potrzeb, wyniki badań geologiczno-inżynierskich oraz geotechniczne warunki posadawiania obiektów budowlanych. Przy opracowywaniu projektu pierwszego rozporządzenia z dnia 24 września 1998 roku w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych, przyjęto, że ustalanie geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych obejmuje głównie czynności projektowe. Są one wymienione dokładnie zarówno w § 3 ust. 1 rozporządzenia starego, jak i nowego rozporządzenia z dnia 25 kwietnia 2012 roku. Badania geologiczno-inżynierskie zawsze były traktowane przez projektantów jako czynności okołoprojektowe, do wykonywania których nie trzeba uprawnień projektowych. Taka interpretacja była właściwa do momentu wejścia w życie przepisów Eurokodu 7 - „Projektowanie geotechniczne” . Od tego momentu za podstawę wszelkich interpretacji prawa w zakresie geotechniki należy przyjąć przepisy Eurokodu 7.

Obowiązek stosowania przepisów Eurokodu 7 wynika nie tylko z powołania pełnego tekstu Eurokodu 7 w rozporządzeniu z dnia 25 kwietnia 2012 roku , ale głównie z przepisów rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 roku wprowadzającego od 1 lipca 2013 roku obowiązek dostosowania prawa budowlanego krajów członkowskich do przepisów zawartych w tak zwanych normach zharmonizowanych. Rozporządzenie z dnia 9 marca 2011 roku wydano we wszystkich językach urzędowych państw Unii Europejskiej i opublikowano w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej. Istotą tego rozporządzenia jest to, że wchodzi ono automatycznie do systemu prawnego państw Unii Europejskiej, bez konieczności implementowania go do Prawa krajowego, jak to ma miejsce w przypadku dyrektyw. Polska w traktacie akcesyjnym zrezygnowała z suwerenności w obszarze swobodnego przepływu towarów i usług. Utworzenie takiego obszaru stanowi podstawowy dogmat Unii Europejskiej. Stąd wspomniane rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Europy, wynikające z Traktatu Akcesyjnego, stanowi Prawo wyższego rzędu w stosunku do ustaw i rozporządzeń krajowych. Jest ono prawem nadrzędnym w stosunku do ustaw Prawo budowlane i Prawo geologiczne i górnicze. Z kolei na podstawie mandatu Komisji Europejskiej M/466 EN z 19 maja 2010 roku wszystkie europejskie normy konstrukcyjne, w tym Eurokod 7, zostały zaliczone do tak zwanych norm zharmonizowanych. Rozporządzenie z dnia 25 kwietnia 2012 roku jako pierwszy dokument prawa budowlanego w Polsce wprowadził w życie przepisy rozporządzenia Parlamentu Europejskiego dotyczące Eurokodów poprzez swój § 9.

Należy tutaj podkreślić, że ustalanie geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych, zaliczające się do typowych czynności projektowych, podlega tylko i wyłącznie przepisom prawa budowlanego, natomiast na mocy art. 3 pkt 7) jest wyłączone z przepisów prawa geologicznego i górniczego. Wynika z tego prosty wniosek, że o zakresie poszczególnych dokumentacji geotechnicznych decydują przepisy Eurokodu 7. a nie przepisy rozporządzenia Ministra Środowiska dotyczące zakresu dokumentacji hydrogeologicznych i geologiczno-inżynierskich. Zresztą na próżno szukać w EC - 7 pojęcia dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.

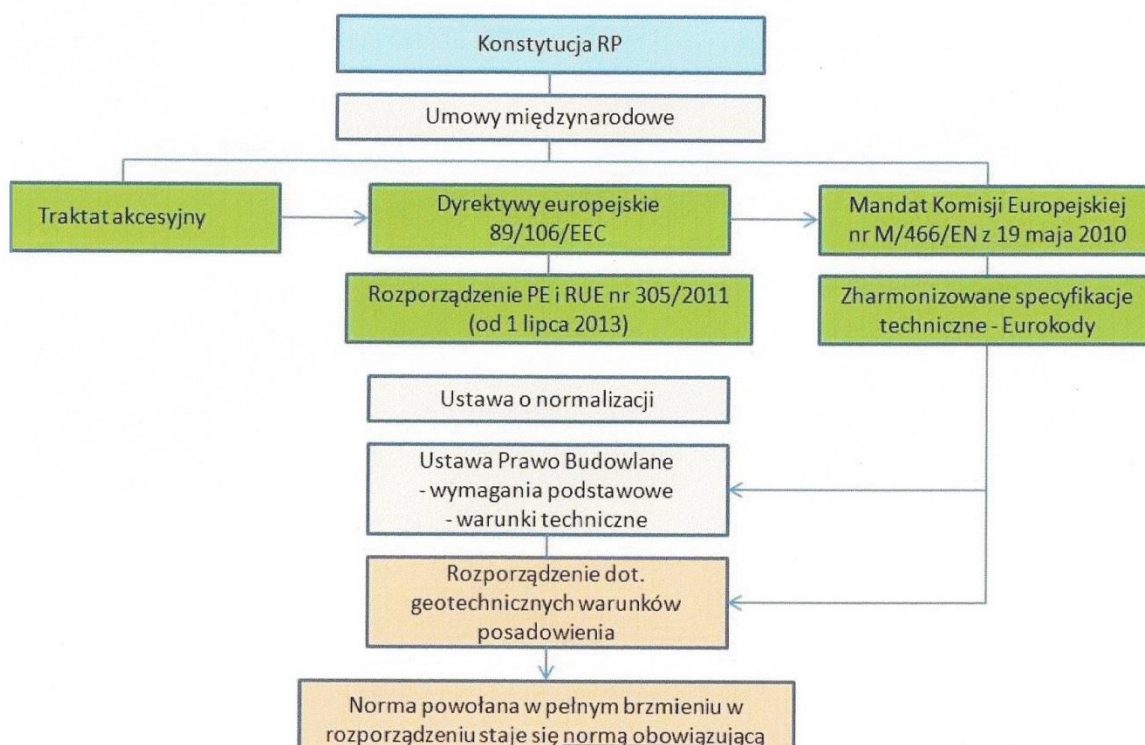
Stąd dokumentacja ta nie może być prostym dublowaniem dokumentacji badań podłoża gruntowego, lecz tylko i wyłącznie jej uzupełnieniem o nietypowe zjawiska geologiczne, które mogą mieć wpływ na zachowanie się projektowanego obiektu budowlanego. Tak też należy rozumieć przepis § 7 ust. 3 rozporządzenia z dnia 25 kwietnia 2012 roku. Nie przypadkowo użyto w tym paragrafie wyrazu „dodatkowo”.

Tymczasem praktyka badań podłoża gruntowego jest zdominowana przez geologów inżynierskich, którzy usiłują narzucić administracji architektoniczno-budowlanej swoją interpretację prawa w tym zakresie.

Nie ulega żadnym wątpliwościom, że podstawowym dokumentem dotyczącym rozpoznania podłoża gruntowego w procesie budowlanym jest dokumentacja badań podłoża gruntowego, co widać wyraźnie w tablicy 1 stanowiącej załącznik B do polskiej wersji normy europejskiej PN EN 1997-2 zawierającej przepisy Eurokodu 7 w zakresie dotyczącym projektowania geotechnicznego. Zapis ten znajduje potwierdzenie w §3 ust. 3 pkt 2) rozporządzenia z 25 kwietnia 2012 roku.

Konieczność rozpoznania podłoża gruntowego występuje w poszczególnych etapach planowania przestrzennego, projektowania, wykonawstwa i kontroli jakości robót budowlanych. Wymagany zakres dokumentacji w poszczególnych etapach jest różny. Różnice te wynikają z podstawowej roli jaką ma ta dokumentacja spełnić i dotyczą zarówno zakresu, jak i rodzaju badań geotechnicznych.

Tab. 1. Źródła prawa w Rzeczypospolitej Polskiej



Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9.03.2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych zakłada m.in.:

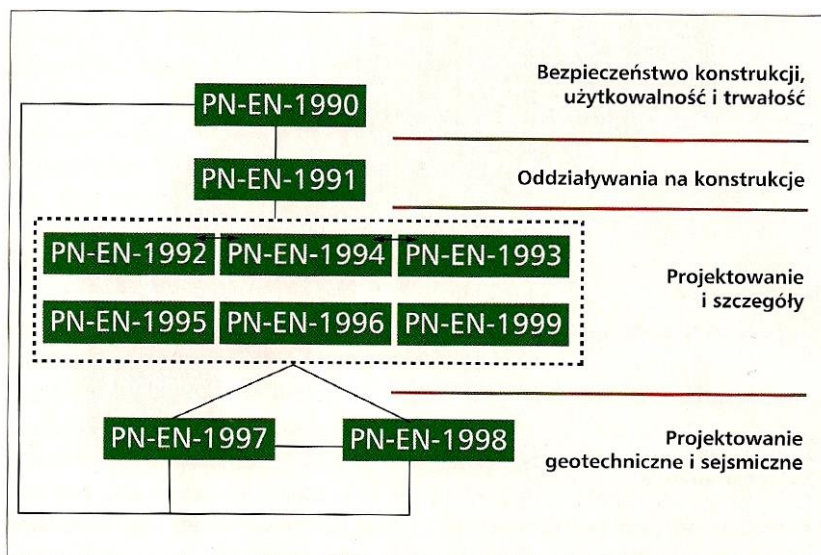
- (1) Przepisy państw członkowskich wymagają, by obiekty budowlane były projektowane i wykonywane w sposób niezagrażający bezpieczeństwu ludzi, zwierząt domowych ani mienia oraz niewywierający szkodliwego wpływu na środowisko.
- (10) Usunięcie przeszkód technicznych w dziedzinie budownictwa możliwe jest wyłącznie poprzez ustanowienie zharmonizowanych specyfikacji technicznych służących do oceny właściwości użytkowych wyrobów budowlanych.
- (11) Te zharmonizowane specyfikacje techniczne powinny obejmować badania, obliczenia i inne środki zdefiniowane w normach zharmonizowanych oraz w europejskich dokumentach oceny do celów oceny właściwości użytkowych w odniesieniu do zasadniczych charakterystyk wyrobów budowlanych.
- (12) Metody zastosowane przez państwa członkowskie w przyjętych przez nie wymaganiach dotyczących obiektów budowlanych, jak również inne przepisy krajowe odnoszące się do zasadniczych charakterystyk wyrobów budowlanych, powinny być zgodne ze zharmonizowanymi specyfikacjami technicznymi.

### **3. Skąd wzięły się Eurokody ?**

Z dniem 1 kwietnia 2010 roku zaczęły obowiązywać przepisy normy europejskiej tj. Eurokody i normy dla wyrobów nazywane normami zharmonizowanymi.

W 1975 r. rozpoczęły się działania Wspólnoty Europejskiej w zakresie unifikacji budownictwa. Celem podjętych działań było usunięcie przeszkód technicznych w handlu, w działaniach inwestycyjnych różnych firm i inwestorów w Europie bez granic oraz harmonizacja specyfikacji technicznych.

W ramach tego programu działań Komisja WE podjęła inicjatywę utworzenia zbioru zharmonizowanych reguł technicznych dotyczących projektowania konstrukcji.



Rys.2. Wzajemne powiązania i rola Eurokodów konstrukcyjnych

Eurokody uznają odpowiedzialność władz administracyjnych każdego z państw członkowskich i zastrzegły im prawo do ustalenia wartości związanych z zachowaniem krajowego poziomu bezpieczeństwa konstrukcji lub odmienności posadowień wynikających z warunków lokalnych.

W tekście PN-EN jest zdecydowanie więcej reguł niż zasad, więc projektant nie jest niewolniczo związany ze wszystkimi zapisami norm.

Z drugiej strony, istniejąca legislacja umożliwia wykorzystywanie norm wycofanych.

Wycofanie normy nie oznacza ani jej unieważnienia, ani zakazu stosowania. Oba pojęcia są bliskoznaczne i wiele osób wycofanie normy traktuje jak jej unieważnienie.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 12.03.2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2009 Nr 56, poz. 461) zawiera wykaz Polskich norm powołanych.

W myśl wykładni ministerstwa obecnie wycofane Polskie Normy własne (PN-B) i zastępujące je Eurokody (PN-EN) mogą być w zależności od decyzji projektanta- podstawą do wykonania projektu budowlanego obiektu.

I to stanowisko jest zgodne z zasadami normalizacji. Skoro niebezpieczeństwo nie istnieje i projektowaniu nie zagraża powszechny paraliż, większość z nas powróciła do swoich projektów z przekonaniem, że nic się nie stało i pozostało przy swoistym status quo.

Mając świadomość, że większość z nas nie chce się dobrowolnie przedzierać przez karty Eurokodów musimy zdawać sobie też sprawę z faktu braku nowelizacji norm wycofanych.

W ten sposób dochodzimy do przekonania, że w końcu trzeba będzie nabrać biegłości w projektowaniu według Eurokodów.

Ułatwieniem są i będą wszelkie dokumenty aplikacyjne, np. poradniki, instrukcje itp. oraz szkolenia.

## 4. Zakres Eurokodów.

Eurokod 7 (PN-EN 1997) jest normą zawierającą zasady projektowania geotechnicznego, tj.:

- rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych, występujących w otoczeniu konstrukcji obiektu,
- ustalenia oddziaływań na konstrukcję, wynikających z warunków podłoża i
- projektowania konstrukcji z uwzględnieniem tych oddziaływań.

Wprowadzone zostaje projektowanie geotechniczne jako novum w polskiej praktyce. Takim novum jest założenie, że na każdym etapie procesu inwestycyjnego, jeżeli zaistnieje jakakolwiek wątpliwość, należy wykonać badanie uzupełniające, a uściślenie danych prowadzić ma do poprawy bezpieczeństwa obiektu i oszczędności przy jego budowie.

Obecność geotechnika w zespole projektującym od początku projektowania przynosi wiele korzyści. Pozwala na racjonalne kształtowanie obiektu, wykopów, właściwej metody wzmocnienia podłoża, dobór systemu konstrukcyjnego.

Zaproszenie geotechnika do zespołu należy do konstruktora.

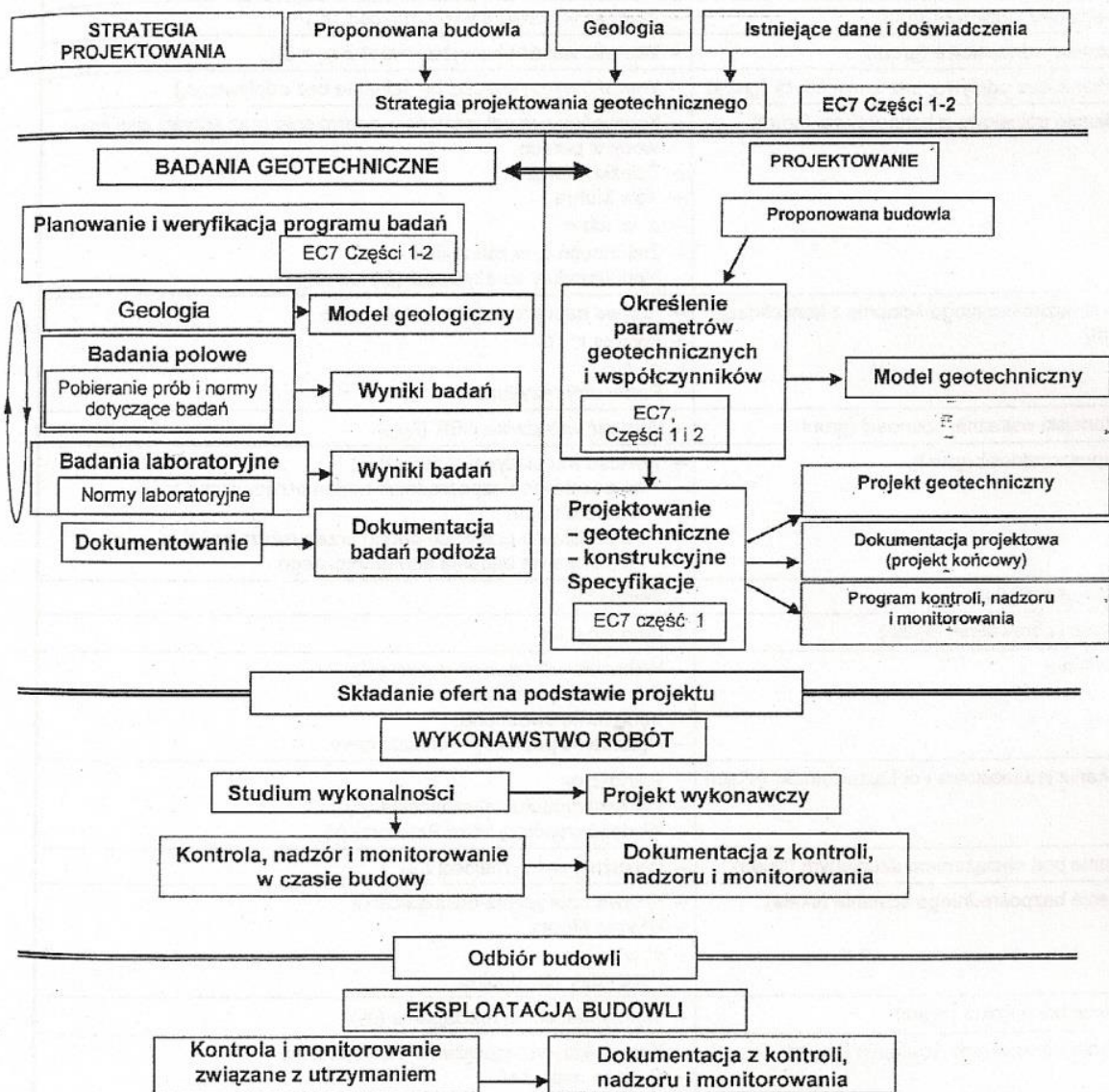
W części II Eurokodu 7 podano wskazówki dotyczące planowania i interpretacji geotechnicznych badań polowych i laboratoryjnych, które są wykorzystywane do projektowania geotechnicznego budynków i obiektów inżynierskich.

PN-EN 1997-2 jest przeznaczona do stosowania łącznie z PN-EN 1997-1 i zawiera zasady uzupełniające, a szczególnie:

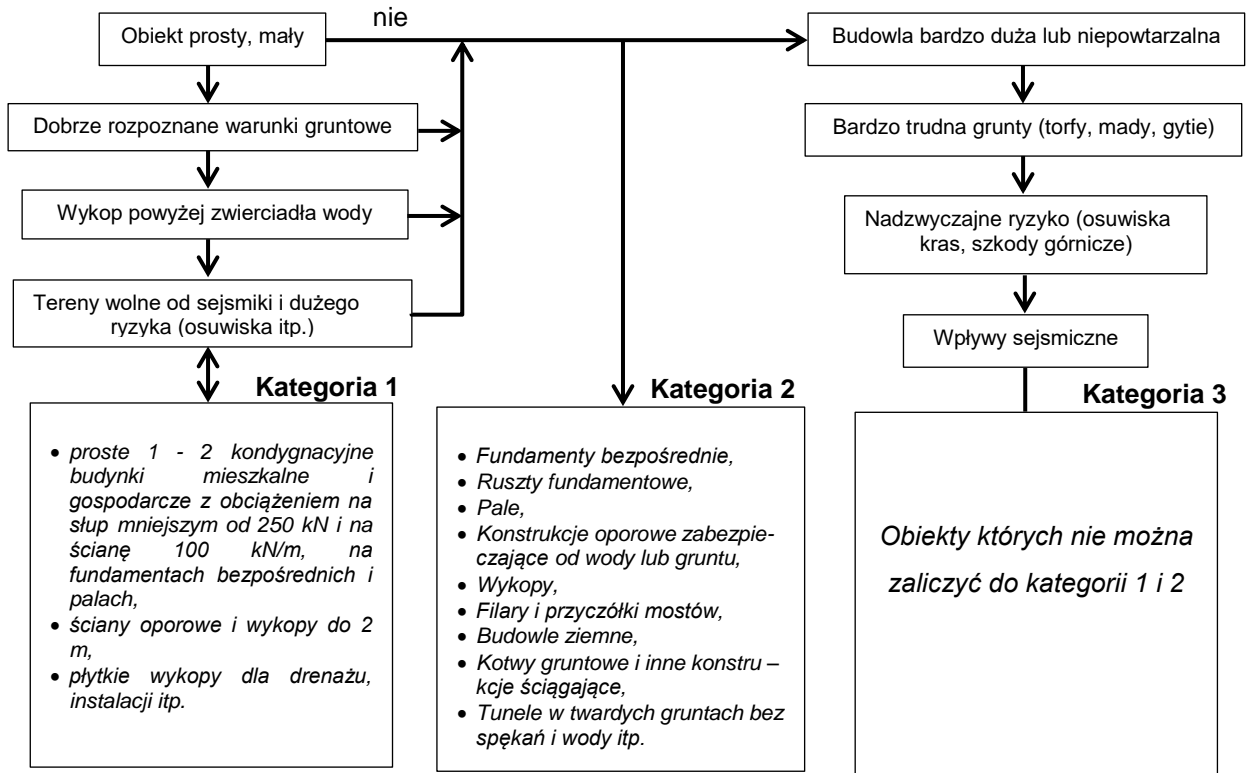
- planowania badań podłoża i opracowania dokumentacji badań,
- ogólnych wymagań dla niektórych powszechnie stosowanych badań laboratoryjnych i polowych,
- interpretacji i oszacowania wyników badań,
- wyprowadzenia parametrów i współczynników geotechnicznych,
- a wyniki badań i wartości wyprowadzone stanowią podstawę wartości charakterystycznych właściwości podłoża używanych do projektowania konstrukcji geotechnicznych.

Postanowienia normy stosuje się głównie do dokumentacji 2. kategorii geotechnicznej, zgodnie z definicją podaną w 2.1 w EN 1997-1:2004. Wymagania odnośnie do rozpoznania podłoża dla dokumentacji 1. kategorii są zwykle ograniczone, gdyż rozpoznanie bazuje zwykle na doświadczeniach miejscowych. Dla dokumentacji 3. kategorii geotechnicznej, ilość wymaganych badań jest zwykle co najmniej taka sama jak wskazana w kolejnych rozdziałach dokumentacji 2. kategorii geotechnicznej. W zależności od warunków, które decydują o zakwalifikowaniu projektu do 3. kategorii geotechnicznej, może być konieczne wykonanie dodatkowego rozpoznania oraz bardziej zaawansowanych badań.

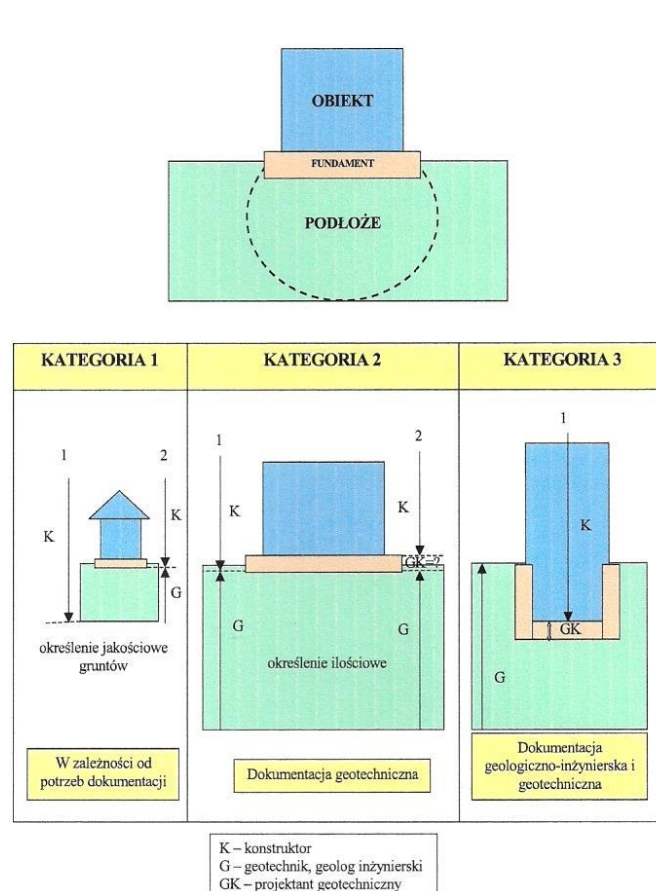




Rys. 3. Etapy badań podłoża podczas projektowania geotechnicznego, wykonawstwa i użytkowania obiektu [2]



Rys.4. Wydzielenie kategorii geotechnicznych.



Rys. 5. Zakres odpowiedzialności za obiekt [30]

Musimy zdawać sobie sprawę, że zawód inżyniera geotechnika został wyraźnie określony w rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 10 grudnia 2002 roku w sprawie klasyfikacji zawodów i specjalności na potrzeby rynku pracy. Jest on sklasyfikowany pod numerem 214206 na liście inżynierów budownictwa i ochrony środowiska. Na liście tej bezskutecznie można szukać zawodu geologa inżynierskiego. Sylwetkę inżyniera geotechnika zdefiniowano w załączniku do tego rozporządzenia. Geolodzy inżynierscy od wielu lat wykonują badania gruntu na potrzeby budownictwa, ale mają prawo jedynie do wykonywania badań gruntu i przedstawienia wyników tych badań. Natomiast od kilkunastu lat wyraźnie wykazują skłonności do przejmowania typowych czynności projektowych, do których wykonywania są niezbędne uprawnienia projektowe. Z racji wykształcenia przyrodniczego geolodzy inżynierscy nie mogą zdobyć uprawnień projektowych i dlatego często nazywają się geotechnikami, naruszając wyraźnie przepisy rozporządzenia.

## **5. Zasady wykonywania badań geotechnicznych i geologicznych – aktualny stan prawny.**

Zgodnie z aktualnym prawodawstwem, warunki geotechniczne na potrzeby procesu inwestycyjnego należy dokumentować, opracowując geotechniczne warunki posadowienia obiektów budowlanych (w formie opinii geotechnicznej, dokumentacji badań podłoża gruntowego i projektu geotechnicznego z dokumentacją geologiczno-inżynierską) na bazie uregulowań prawnych.

### **Podstawa prawna dokumentowania geotechnicznego:**

1. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106 EWG. Dz. Urzędowy UE L 88/5 z 04.04.2011 r.
2. PN-EN 1997-1 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne.
3. PN-EN 1997-2 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
4. Ustawa z dnia 7.07.1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. z 2010 r. Nr 243 poz. 1623. z późn. zm.).
5. Rozporządzenie MSWiA z dnia 24.09.1998 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. Nr 126. poz. 839).
6. Rozporządzenie MTBiGM z dnia 25.04.2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z dnia 27.04.2012 r. poz. 463).

7. Rozporządzenie MPiPS z dnia 10.12.2002 r. w sprawie kwalifikacji zawodów i specjalności na potrzeby rynku pracy (Dz. U. Nr. 222 z 2002 r. poz. 1868).
8. Ustawa z dnia 9.06.2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2011 r. Nr 163 poz. 981).
9. Rozporządzenie MŚ z dnia 8.05.2014 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz. U. z dnia 9.05.2014 r. poz. 596).
10. Rozporządzenie MTBiGM z dnia 25.04.2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (DZ. U. z 2012 r. poz. 462).
11. Rozporządzenie MliR z dnia 17.02.2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 10.03.2015 r., poz. 329).
12. Ustawa Prawo zamówień publicznych (Dz. U. z 29.01.2004 r.).
13. Rozporządzenie MI w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (Dz. U. Nr 202 z dnia 2.09.2004 r.).
14. PN-86/B-02480. Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
15. PN-B-02479:1998. Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.
16. PN-B-04452:2002. Geotechnika. Badania polowe.
17. PN-88/B-04481. Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
18. PN-EN ISO 22475-1:2006 (U). Rozpoznanie i badania geotechniczne. Pobieranie próbek metodą wiercenia i odkrywek oraz pomiary wód gruntowych.
19. PN-EN ISO 22476-2:2006 (U) Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania polowe. Część 2. Sondowania dynamiczne.
20. PN-EN ISO 22476-3:2006 (U) Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania polowe. Część 3. Sonda cylindryczna SPT.
21. Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych. Część I i II. GDDP, W-wa 1998 r.
22. Zarządzenie Nr 58 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 23.11.2015 r. w sprawie dokumentacji do realizacji inwestycji.

## 6. Planowanie badań podłoża.

Obecnie, w praktyce inżynierskiej, po wprowadzeniu szeregu aktów prawnych i normalizacji, dokonuje się swoista rewolucja. Dotyczy to szczególnie zmiany sposobów badań podłoża gruntowego, projektowania w tym także geotechnicznego, pomiarów parametrów, monitoringu obiektów wznoszonych, a przede wszystkim zmiany mentalności stron procesów inwestycyjnych.

Ogólnie, zakres badań powinien umożliwiać określenie i wydzielenie na ich podstawie warstw geotechnicznych z dokładnością odpowiadającą wymaganiom obliczeń nośności i stateczności budowli. Podłoże powinno być rozpoznane do głębokości strefy aktywnej oddziaływania budowli i zakończyć się w warstwie gruntów nośnych.

Cechy podłoża należy ustalać każdorazowo na podstawie wierceń lub wykopów badawczych, sondowań i innych badań polowych, badań makroskopowych oraz szczegółowych badań laboratoryjnych.

Badania laboratoryjne powinny objąć swoim zakresem przede wszystkim właściwości fizyko-mechaniczne warstw określanych zwykle ogólnikowo w różnego typu opracowaniach i dokumentacjach jako „nienośne”.

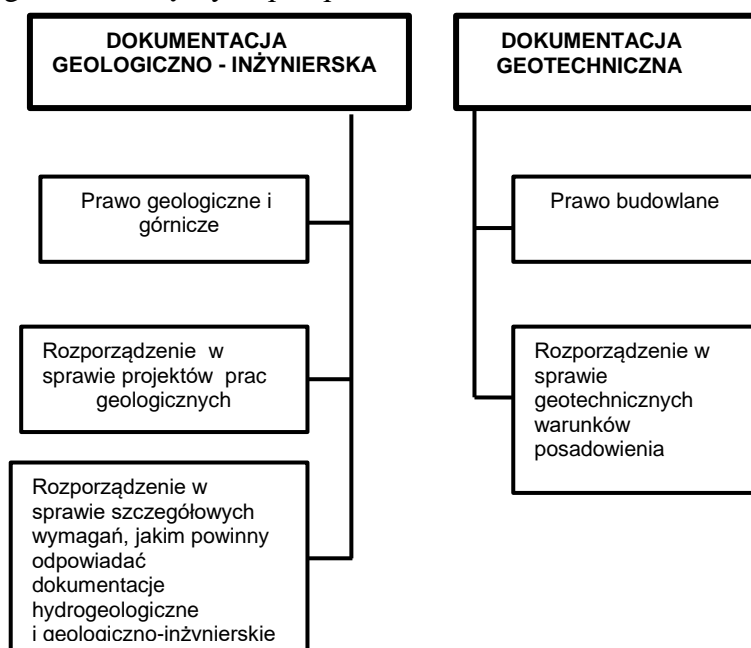
Pozostawianie w tabelach zbiorczych parametrów geotechnicznych warstw słabych bez podania konkretnej wielkości np. kąta tarcia wewnętrznego ( $\phi$ ), kohezji ( $c$ ) lub edometrycznego modułu ściśliwości pierwotnej ( $M_0$ ) uniemożliwia w sposób oczywisty lub co najmniej zaburza normalny proces projektowy ze wszystkimi tego konsekwencjami.

W ostatnim czasie następuje zasadnicze przegrupowanie w proporcji badań in situ w stosunku do badań laboratoryjnych. O tym fakcie zdecydował znaczny postęp w konstrukcji nowych urządzeń do badań in situ, poziom interpretacji wyników uzyskiwanych z tych testów oraz badania przeprowadzane w komorach kalibracyjnych. Obecnie badania in situ stanowią zasadniczą część planowanych prac badawczych, umożliwiając ograniczenie kosztownych i czasochłonnych badań laboratoryjnych. Ich zakres i udział w ogólnej liczbie prac jest częstokroć określany na podstawie ekonomicznej analizy ryzyka oraz w zależności od potrzeb wynikających z przeprowadzenia symulacji obciążeń, które będzie przenosiła konstrukcja na podłoże.

Powszechność stosowania testów in situ wymaga jednak zrozumienia sensu parametrów, jakie się na ich podstawie wyznacza. Niezbędna jest także orientacja w ograniczeniach stosowanych testów, wynikająca z analizy czynników, które mogą wpływać na mierzone parametry w trakcie wykonywania badań in situ. Często łatwość wykonania badania utożsamiana bywa z łatwością interpretacji dokonanych pomiarów, co jest podejściem nierzadko błędnym. Specyfika testów in situ powoduje również, że w niektórych przypadkach zastosowanie danego testu może ograniczać interpretację wyników tylko do analizy jednego parametru podłoża. Techniki badań in situ są już wszechobecne. W ostatnich latach szczególny rozwój dotyczy technik umożliwiających badanie w miejscu występowania tzw. gruntów słabych, czyli gruntów organicznych, pylastych oraz gruntów strukturalnych, w których odtworzenie rzeczywistych warunków in situ w badaniu laboratoryjnym jest niezwykle trudne.

- 1) Rozpoznanie geotechniczne należy planować w taki sposób, żeby istotne informacje oraz dane geotechniczne były dostępne na każdym etapie projektowania. Informacje geotechniczne należy dostosować do wymagań obiektu i przewidzianego ryzyka. Na etapie projektu budowlanego i wykonawczego informacje te i dane powinny zapewnić uniknięcie ryzyka wypadków, opóźnień i szkód.
- 2) Celem badań geotechnicznych jest ustalenie warunków geotechnicznych ( gruntów, skał i wody gruntowej), aby określić właściwości gruntów i skał i aby zebrać dodatkową istotną wiedzę o danym terenie.
- 3) Należy dokładnie zebrać, zapisać i zinterpretować informację geotechniczną. Informacja ta zależnie od potrzeb, powinna obejmować warunki występujące w podłożu, charakterystykę geologiczną, geomorfologiczną, aktywność sejsmiczną oraz warunki wodne. Należy uwzględnić zmienność warunków podłoża.
- 4) Warunki występujące w podłożu, które mogą mieć wpływ na wybór kategorii geotechnicznej, powinny zostać określone w pierwszym etapie badań podłoża.

W roku 1998 ukazały się dwa dokumenty zmieniające w istotny sposób zasady prowadzenia badań podłoża gruntowego. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 września 1998 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. Nr 126, poz. 839) wprowadziło pojęcia trzech kategorii geotechnicznych zależnych od warunków gruntowych (proste – złożone – skomplikowane) w powiązaniu z charakterem projektowanych obiektów. Jest to nawiązanie do europejskiej normy geotechnicznej, tzw. Eurokodu 7. Ważnym zapisem Rozporządzenia było zdefiniowanie „dokumentacji geotechnicznej” jako opracowania różnego od dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. W § 8.2. Rozporządzenia stwierdza się bowiem, że dla trzeciej kategorii geotechnicznej, a w złożonych warunkach gruntowych także dla drugiej „poza dokumentacją geotechniczną należy wykonać dokumentację geologiczno-inżynierską, opracowaną zgodnie z odrębnymi przepisami”.



Rys. 6. Przepisy prawa w zależności od rodzaju dokumentowania.

W ten sposób w nowej wersji wróciły techniczne badania podłoża gruntowego zlikwidowane poprzez uchwalenie w 1994 r. nowego Prawa geologicznego (Ustawa z dn. 4 lutego 1994 r. Prawo geologiczne i górnicze; Dz. U. Nr 27, poz. 96).

Zarówno badania geotechniczne, jak i kategorie geotechniczne znalazły się również w wydanej także w roku 1998 obszernej „Instrukcji badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych”.

Na zmiany legislacyjne w tych zakresach nie trzeba było długo czekać.

Szereg nowych wytycznych i charakterystycznych dla budownictwa drogowego definicji przyniosło Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 43, poz. 430).

Następowały kolejne nowelizacje Prawa geologicznego, aż do aktualnej ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. (Dz. U. Nr 163, poz. 981). Odpowiednim zmianom ulegały rozporządzenia wykonawcze, w szczególności Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (ostatnia wersja z 23 grudnia 2011 r.; Dz. U. Nr 291, poz. 1714).

Zmieniono również 2012 r. rozporządzenie w sprawie ustalenia geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 27.04.2012 r., poz. 463).

Działalność gospodarczą w geologii stosowanej regulują zapisy Prawa geologicznego i rozporządzeń wydanych na jego podstawie, zaś ustalenie geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych – ustawa 1994 r. (z późniejszymi zmianami) Prawo budowlane (Dz. U. Nr 89, poz. 414), a w szczególności Rozporządzenie MSWiA.

Warunki gruntowe w zależności od stopnia skomplikowania dzieli się na:

- 1) proste – występujące w przypadku warstw gruntów jednorodnych genetycznie i litologicznie, zalegających poziomo, nieobejmujących mineralnych gruntów słabonośnych, gruntów organicznych i nasypów niekontrolowanych, przy zwierciadle wody poniżej projektowanego poziomu posadowienia oraz braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych;
- 2) złożone – występujące w przypadku warstw gruntów niejednorodnych, nieciągłych, zmiennych genetycznie i litologicznie, obejmujących mineralne grunty słabonośne, grunty organiczne i nasypy niekontrolowane, przy zwierciadle wód gruntowych w poziomie projektowanego posadawiania i powyżej tego poziomu oraz przy braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych;
- 3) skomplikowane – występujące w przypadku warstw gruntów objętych występowaniem niekorzystnych zjawisk geologicznych, zwłaszcza zjawisk i form krasowych, osuwiskowych, sufozyjnych, kurzawkowych, glacitektonicznych, gruntów ekspansywnych i zapadowych, na obszarach szkód górniczych, przy możliwych nieciągłych deformacjach górotworu, w obszarach dolin i delt rzek oraz na obszarach morskich.

Zgodnie z Rozp. Min. Trans. Gosp. Mor. § 4.1. rozróżnia się 3 kategorie geotechniczne (patrz załącznik – Rozporządzenie Ministra Transportu, budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. Dz. U z dn. 27.04.2012 poz. 463).

Zgodnie z § 7.1 opracowuje się opinie geotechniczne, dokumentację badań podłoża gruntowego i projekty geotechniczne. W przypadku obiektów III kategorii geotechnicznej oraz w złożonych warunkach gruntowych II kategorii wykonuje się dodatkowo dokumentację geologiczno-inżynierską, zgodnie z przepisami ustawy z dnia 9.06.2011 – Prawo geologiczne i górnicze (D. U. Nr 163, poz. 381).

**Ze względu na zapis w § 9 Rozporządzenia mówiący, iż badania i dokumentacja mają być zgodne z Eurokodem 7, to badania terenowe i pobieranie próbek gruntów do badań laboratoryjnych powinny odpowiadać odpowiednim klasom jakości, czyli od A1 do C5, w zależności od rozpatrywanego parametru fizyko-mechanicznego.**

Problem odpowiedniego pobierania prób o przelocie ciągłym (rdzeniowy) dotyczy większości opracowań. Należy zwrócić szczególną uwagę na jakość robót geologicznych z uwagi na warunki glacitektoniczne panujące na rozpatrywanym terenie.

**Chcąc ustrzec się od typowej praktyki geotechnicznej, gdzie nadal (nieprawnie) parametry gruntów są odczytywane z tablic lub są badane na próbkach dostarczanych w woreczkach z naruszoną strukturą i wilgotnością, należy tym bardziej podkreślać ten problem.**

Badania geotechniczne powinny obejmować badania podłoża i inne badania danego terenu, takie jak:

- ocena istniejącej zabudowy, tj. budynków, mostów, tuneli, nasypów, zboczy,
- historia zabudowy na danym terenie i wokół tego terenu.

Przed sporządzeniem programu badań należy zebrać i ocenić dostępne informacje i dokumentację archiwalne.

Przykładem informacji i dokumentacji, które mogą być wykorzystane są:

- mapy topograficzne,
- stare plany opisujące dawne wykorzystanie danego terenu,
- mapy i dokumentacje geologiczne,
- mapy geologiczno-inżynierskie,
- mapy i dokumentacje hydrogeologiczne,
- mapy geotechniczne,
- zdjęcia lotnicze i wcześniejsze fotointerpretacje,
- badania agrogeofizyczne,
- wcześniejsze badania prowadzone na danym terenie i w jego otoczeniu,
- wcześniejsze doświadczenia z tego obszaru,
- lokalne warunki klimatyczne.

Badania podłoża powinny obejmować badania laboratoryjne, dodatkowe prace kameralne oraz kontrolę i monitoring tam, gdzie jest to potrzebne.

Czynnością wstępną rozpoznania podłoża poważnych inwestycji jest opracowanie „Projektu **robót** geologicznych”, który, po zatwierdzeniu przez odpowiedni organ administracji geologicznej, jest podstawą przeprowadzenia badań i opracowania Dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.



Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz. U. Nr 288, poz. 1696) dotyczy zmiany treści rozporządzenia z 2001 r. można uznać za kosmetyczne, zwłaszcza w stosunku do powszechnie znanej wersji z 2001 r., choć warto zwrócić uwagę na konieczność określenia wpływu zamierzonych robót geologicznych na obszary chronione (w tym Natura 2000) i przedstawienia składników środowiska podlegających ochronie na mapie geologiczno – gospodarczej. Zniknęło też pojęcie „aneksu do projektu” stosowane dotychczas w przypadku badań wieloetapowych. Obecnie dla każdego etapu badań sporządzać należy kolejny, nowy projekt, jednak o treści takiej samej, jak „dawny” aneks. Prawo geologiczne wprowadza jeszcze inne drobne zmiany, takie jak zwiększenie do 100 m głębokości wierceń, przy realizacji których nie stosuje się przepisów o ruchu zakładu górniczego, czy przeniesienie obowiązku zgłoszenia zamiaru rozpoczęcia robót z wykonawcy na inwestora. W dalszym ciągu Projekt zawierać ma więc omówienie planowanych prac geodezyjnych, czy badań laboratoryjnych, które przecież nie są „robotami geologicznymi”. Dodano zapomniany w poprzedniej edycji zapis o potrzebie określenia rodzaju dokumentacji mającej powstać w wyniku realizacji projektowanych robót geologicznych.

Rozporządzenie w sprawie projektów robót geologicznych zaleca dołączenia przekroju geologicznego, „o ile został już sporządzony”.

Dzięki takiemu przekrojowi, na który naniesiono by planowaną niweletę (ale już w wersji zaproponowanej przez projektanta, stanowiącej załącznik do wymagań techniczno-budowlanych) można by zaprojektować ograniczony do niezbędnego minimum zakres robót geologicznych. Przy dużych inwestycjach taka możliwość ma niebagatelne znaczenie.

Zakres badań powinien wynikać z:

- aktualnego stopnia rozpoznania geologicznego,
- wymagań techniczno- budowlanych i fazy projektowania (budowy, eksploatacji),
- kategorii geotechnicznej oraz klasy projektowanej drogi lub obiektu mostowego,
- uwarunkowań środowiska przyrodniczego i zagospodarowania terenu,

Po uzyskaniu wyników badań polowych, program badań podłoża powinien być ponownie przeanalizowany, aby sprawdzić wstępne założenia. W szczególności:

- jeśli uważamy, że konieczne jest lepsze określenie złożoności i zmienności podłoża na danym terenie, powinna być zwiększona liczba punktów badawczych,
- otrzymane parametry powinny być sprawdzone, w celu określenia, czy pasują do sprawdzonego modelu zachowania gruntu. Jeżeli okaże się to konieczne, powinny być przewidziane dodatkowe badania,
- powinno być uwzględnione każde ograniczenie w danych, ujawnione zgodnie z EN-1997-1:2004.

## **Podłoże**

Rozpoznanie podłoża powinno dostarczyć informacji potrzebnych do sporządzenia opisu warunków występujących w podłożu, mających znaczenie dla proponowanych prac i stworzyć podstawę do oszacowania parametrów geotechnicznych istotnych dla wszystkich stadiów budowy.

Otrzymane informacje powinny pozwolić na ocenę następujących zagadnień:

- przydatności danej lokalizacji dla proponowanej budowli i ocenę poziomu ryzyka,
- deformacji podłoża spowodowanej przez budowlę lub będącej wynikiem prac budowlanych, rozkładu przestrzennego i zachowania w czasie,
- bezpieczeństwa w odniesieniu do stanów granicznych (np. osiadanie zapadowe, wypór gruntu, wypiętrzenie, poślizg mas gruntowych i skalnych, wyboczenie się pali itd.),
- obciążeń przekazywanych na budowlę ze strony podłoża (np. boczne parcie na pale) i zakresu, w jakim zależą ona od projektu budowli i jej konstrukcję,
- metod posadowienia (np. ulepszenia podłoża, możliwości wykonania wykopów, możliwości wykonania pali, drenażu),
- kolejność prac fundamentowych,
- oddziaływania budowli i jej użytkowania na otoczenie,
- wszelkich dodatkowych wymaganych zabezpieczeń konstrukcyjnych (np. podparcie wykopu, zakotwienie, rurowanie pali wierconych, usuwanie przeszkód),
- oddziaływanie prac budowlanych na otoczenie,
- rodzaj zasięgu i zanieczyszczenia podłoża w miejscu lokalizacji i w jego sąsiedztwie,
- skuteczności przyjętych środków w celu powstrzymania lub zapobiegania zanieczyszczeniu.

### **Materiały budowlane**

Należy ustalić istotne parametry geotechniczne badanych gruntów i skał pod kątem wykorzystania ich jako materiałów budowlanych.

Otrzymane informacje powinny umożliwić ocenę następujących zagadnień:

- przydatności dla zamierzonego wykorzystania,
- zasięgu złoża,
- czy jest możliwe wydobycie i obróbka materiałów oraz czy i w jaki sposób odpad może być odseparowany i usunięty,
- przewidywalnych metod ulepszenia gruntu i skał,
- urabialności gruntów i skał podczas budowy i możliwych zmian ich własności w czasie transportu, rozmieszczania i dalszej obróbki,
- oddziaływania ruchu budowli i ciężkich ładunków na podłoże gruntowe,
- potencjalnych metod odwadniania i/lub wykonywania wykopów, oddziaływania odpadu, odporności na wietrzenie i podatności na kurczenie się, pęcznienie i rozdrabnianie.

### **Woda gruntowa.**

Należy dokonać rozpoznania wód gruntowych **wierceniami orurowanymi**, by dostarczyć niezbędnych informacji związanych z występującymi warunkami wodnymi na etapie projektowania i wykonawstwa.

Badania wody gruntowej powinny w miarę potrzeby dostarczyć informacji na temat:

- głębokości, miąższości, zasięgu i przepuszczalności warstw wodonośnych w podłożu i systemów nieciągłości w skałach,

- poziomu zwierciadła wód gruntowych nawierconych i ustabilizowanych lub powierzchni piezometrycznej warstwy wodonośnej, ich zmian w czasie oraz stwierdzonych poziomów wód gruntowych, z podaniem możliwych poziomów ekstremalnych i okresów powtarzalności,
- rozkładu ciśnienia wody w porach gruntu,
- składu chemicznego i temperatury wód gruntowych.

Otrzymane informacje powinny być wystarczające do oceny, jeśli to konieczne, następujących zagadnień:

- zakresu i charakteru prac prowadzonych w celu obniżenia poziomu wody gruntowej,
- możliwego ujemnego oddziaływania wody gruntowej na wykopy lub na skarpy (np. ryzyko przebicia hydraulicznego, nadmiernego ciśnienia spływowego lub erozji),
- wszelkich niezbędnych środków w celu ochrony budowli ( tj. izolacja wodoszczelna, drenaż i środki zapobiegające agresywnej wodzie),
- skutków obniżenia wód gruntowych, osuszenia, retencjonowania itd. na otoczenie,
- możliwości wykorzystania lokalnej wody gruntowej na potrzeby wykonawstwa z uwzględnieniem jej składu chemicznego.

## **7. Etapy badań podłoża.**

Wybór rodzaju i zakresu metod badawczych oraz lokalizacji punktów badań należy dostosować do przewidywanego rodzaju budowli, metody posadowienia, ulepszenia podłoża i głębokości posadowienia.

Wyniki analizy materiałów archiwalnych i wizji w terenie należy uwzględnić podczas wyboru metod badawczych i lokalizacji punktów badawczych. Projektowane badania powinny zapewnić rozpoznanie zmienności warunków występujących w podłożu w zakresie gruntów i wód gruntowych.

Rozpoznanie podłoża powinno być wykonane etapowo, zależnie od problemów powstających w trakcie planowania, projektowania i wykonawstwa realizowanego projektu. Wydziela się następujące etapy :

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

### **7.1. Badania wstępne.**

Badania wstępne powinny być tak planowane, żeby otrzymać zależnie od potrzeb, dane wystarczające do :

- oceny stateczności i przydatności danego terenu,
- oceny przydatności danego terenu w porównaniu z terenami alternatywnymi,
- oceny dogodnego położenia budowli,
- oszacowania możliwych skutków oddziaływania proponowanych prac na otoczenie, to jest na sąsiadujące budynki, budowle i tereny,
- określenia złóż kruszyw,

- uwzględnienia możliwych metod posadowienia i ulepszenia podłoża,
- planowania badań do celów projektowych i kontrolnych z określeniem głębokości strefy podłoża, która może mieć znaczący wpływ na zachowanie się budowli.

Wstępne badania podłoża gruntowego powinny dać ocenę, w zależności od potrzeb, następujących danych:

- Rodzaju gruntu lub skały i ich stratyfikacji,
- położenie zwierciadła wód gruntowych albo profilu ciśnienia w porach gruntu,
- wstępnych własności wytrzymałościowych i odkształceniowych gruntu lub skały,
- możliwości występowania agresywnej wody gruntowej lub zanieczyszczonego gruntu, co może być niebezpieczne dla trwałości materiałów budowlanych.

Pomimo ograniczonego zakresu badań, jaki przewidziany jest dla etapu badań wstępnych i wynikającej stąd niewielkiej dokładności rozpoznania zaleca się tam, aby poza danymi ogólnymi (inwestor, wykonawca, lokalizacja i wstępna charakterystyka budowli oraz rzeźby i użytkowania terenu) oraz informacjami z dostępnych danych o budowie geologicznej, hydrogeologii i warunkach geotechnicznych badania wstępne zawierały fragment mapy geologicznej lub geologiczno – inżynierskiej, mapę z lokalizacją obiektu (obie w skali 1 : 50 000 lub większej) oraz mapę (w skali 1 : 10 000 lub większej) o charakterze problemowym wskazującą np. zasięgi gruntów słabonośnych, czy obszary osuwiskowe. Praktycznie więc tylko ten ostatni załącznik dostarcza wskazówek na temat tych obszarów trasy, na których napotkać można trudności. Badania wstępne powinny zawierać wnioski z niego wynikające oraz propozycje wyboru wariantu lokalizacyjnego.

Rozpoznanie					
Badania studialne na podstawie map topograficznych, geologicznych i hydrogeologicznych. Interpretacja zdjęć lotniczych danego obszaru. Przegląd materiałów archiwalnych.					
Badania wstępne					
Grнты spoiste		Grнты niespoiste		Skały	
CPT, SS, DP lub SPT; pobieranie próbek (PS, TP, CS, OS) PMT, GW		SS, CPT, DP lub SPT, SR; pobieranie próbek (AS, OS, SPT, TP) PMT, DMT, GWO		obserwacje danego obszaru; mapa nieciągłości, SE; w słabych skałach: DP, CPT, SPT, SR lub CS	
Wstępny wybór metody posadowienia					
Badania do projektowania					
Grнты spoiste		Grнты niespoiste		Skały	
Fundamenty na palach	fundamenty bezpośrednie	fundamenty na palach	fundamenty bezpośrednie	fundamenty na palach	fundamenty bezpośrednie
SS, CPT, DP, SPT lub SR; pobieranie próbek (PS, OS CS), FVT, PMT, GWC, PIL	SS lub CPT, DP; pobieranie próbek (PS, OS, CS, TP), FVT, DMT lub PMT, GW	CPT, DP lub SPT; pobieranie próbek (PS, OS, AS), PMT, DMT, GWO, PIL	CPT+DP, SPT pobieranie próbek (PS, OS, AS, TP); możliwość PMT lub DMT (PLT), GWO	SR; mapa szczelin w TP, CS, RDT (PMT w zwietrzałych skałach), GWO	
Projekt geotechniczny					
Projekt budowlany					

Rys.7. Rodzaje badań polowych podczas projektowania geotechnicznego na różnych etapach rozpoznania geotechnicznego [32]

## 7.2. Badania do celów projektowych.

W przypadku gdy badania wstępne nie dają niezbędnych informacji do oceny zagadnień wymienionych w fazie badań do celów projektowych należy przeprowadzić dodatkowe badania.

Badania terenowe w fazie projektowej, w miarę potrzeb, powinny obejmować:

- wiercenia i/lub wykopy (doły próbne obejmujące szyby i przekopy) w celu pobrania prób
- pomiary wód gruntowych,
- badania polowe.

Tab.2. Wykaz czynności geotechnicznych

Faza projektu budowlanego	Faza badań	Czynności geotechniczne	Opracowywane dokumenty
<b>Planowanie</b>	Wstępne prace przygotowawcze	Wizje lokalne, wstępne prace badawcze	EC 7 nie wymaga dokumentu na tym etapie. Można opracować <b>raport wykonalności</b>
-	Badania terenowe i laboratoryjne	Plan badań. Realizacja planu w badaniach terenowych i laboratoryjnych	Zebranie i podanie wszystkich informacji z badań terenowych i laboratoryjnych w <b>Dokumentacji badań podłoża (GIR)</b>
<b>Projekt</b>	Dalsze badania wyjaśniające problemy	Projektowanie geotechniczne w oparciu o informacje z GIR	<b>Projekt geotechniczny (GDR)</b>
<b>Wykonanie</b>	Badania kontrolne	Sprawdzanie rzeczywistych warunków panujących w podłożu. Monitorowanie założeń. Próbne obciążenia	<b>Sprawozdania z prac</b> ewentualnie dodatek do(GDR z wynikami nadzorów i monitorowania
<b>Eksploatacja</b>	-	Monitorowanie sprawdzające zgodność założeń projektowych ze stanem faktycznym	<b>Wypis z GDR</b> wymagania dotyczące monitorowania i konserwacji dostarczone Inwestorowi i użytkownikowi

Przykłady badań polowych to:

- sondowanie statyczne, np. CPT, sondowanie dynamiczne SPT, WST, badania presjometryczne, badania dylatometryczne, badania za pomocą obciążenia płytą sztywną, badania polową sondą krzyżakową i badania przepuszczalności,
- pobieranie prób gruntów i skał w celu ich opisanie oraz do badań laboratoryjnych,
- pomiary wody gruntowej w celu określenia położenia zwierciadła wody gruntowej lub profilu ciśnienia w porach i ich zmian,
- badania geofizyczne (np. profilowanie sejsmiczne, georadar, pomiary oporności, pozyskiwanie danych z wnętrza otworu),
- badania wielkoskalowe, np. w celu wyznaczenia nośności podłoża albo nośności bezpośrednio na elementach takich jak kotwy.

**Procedury eurokodowe nie załatwiają istotnego elementu wszystkich badań geotechnicznych - konieczności interpretacji otrzymanych wyników.**

### 7.3. Rozmieszczanie i głębokość punktów badawczych.

Rozmieszczenie punktów badawczych i głębokości prac badawczych należy wybrać w oparciu o badania wstępne jako funkcję warunków geologicznych, rozmiarów budowli i występujących problemów inżynierskich.

Przy wyborze lokalizacji punktów badawczych, należy uwzględnić następujące elementy:

- punkty badawcze powinny być rozmieszczone w taki sposób, żeby układ warstw mógł być określony na całym obszarze badanej działki,
- punkty badawcze dla budynku lub budowli powinny być umieszczone w charakterystycznych punktach, związanych z kształtem, konstrukcją i oczekiwanym rozkładem obciążeń (np. na narożnikach obszaru posadowienia),
- dla budowli liniowych punkty badawcze powinny być rozmieszczone z odpowiednim przesunięciem w stosunku do linii środkowej, zależnie od całkowitej szerokości budowli, jak na przykład podstawa nasypu lub wykop.
- dla budowli położonych na/lub w pobliżu skarp i uskoków występujących w danym terenie (włączając wykopy), punkty badawcze powinny być również rozmieszczone na zewnątrz obszaru projektu, powinny być usytuowane tak, aby mogła być oszacowana stateczność skarpy wykopu. Tam gdzie są instalowane kotwy, należy zwrócić uwagę na występujące naprężenia w ich strefie przekazywania obciążeń,
- punkty badawcze powinny być rozmieszczone w ten sposób, aby nie stwarzały zagrożenia dla budowli, prac konstrukcyjnych, albo otoczenia (np. zmiany wywołane w pobliżu albo w wodach gruntowych),
- obszar uwzględniony w badaniach do projektowania powinien obejmować również sąsiadujący teren, na odległość gdzie nie przewiduje się już szkodliwego oddziaływania,
- w punktach pomiaru wód gruntowych powinno się uwzględnić możliwość wykorzystania zainstalowanych piezometrów do dalszego monitorowania podczas i po okresie budowy.

Tam gdzie warunki w podłożu są względnie jednorodne albo wiadomo, że podłoże posiada dostateczne właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe, można zastosować większe odległości albo mniej punktów badawczych. W tych przypadkach wybór ten powinien być uzasadniony lokalnym doświadczeniem.

W przypadkach gdy w określonym miejscu planuje się większą ilość badań (np. badanie CTP i pobieranie prób do cylindra), punkty badawcze powinny być rozmieszczone w odpowiedniej odległości.

W przypadku łącznych badań, na przykład CPT i odwiertów, badania CPT powinny być wykonane wcześniej niż odwierty. Minimalne rozstawienie powinno być wtedy takie, aby odwiert nie miał kontaktu z otworem w trakcie CPT. Jeżeli wiercenie jest przeprowadzone w pierwszej kolejności, badanie CPT powinno być wykonywane w odległości poziomej przynajmniej 2 m.

Głębokość badań powinna obejmować wszystkie warstwy, których dotyczy dokumentacja, albo te, na które budowla oddziałuje, a wszystkie warstwy gruntów określane mianem „słabe” muszą być przewiercone z konsekwencją niejednokrotnie dużego zwiększenia zaplanowanego wstępnie metrażu odwiertów. W przypadku zapór, jazów i wykopów poniżej

poziomu wód gruntowych i tam gdzie prowadzone są prace odwadniające, głębokość badań powinna uwzględniać warunki hydrogeologiczne. Skarpy i uskoki w terenie powinny być przebadane do głębokości poniżej potencjalnej powierzchni poślizgu.

Należy wyraźnie podkreślić, że w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obowiązuje rozporządzenie z 2012 roku. Zarówno badania jak i dokumentacje muszą być zgodne z Eurokodem 7. Tym samym obowiązują nas klasy jakości prób gruntu, poczynwszy od A1 do C5 (tab. 4).

Tab.3. Zestawienie metod, wyników pomiarów wraz z parametrami wyprowadzonymi na ich podstawie [32]

Metoda	Wykonywane pomiary	Wartości wyprowadzane *
Wszystkie inne badania presjometryczne (PBP, SBP, FDP)	krzywa odkształcenia	$I_D, I_L, c_u, M, q_c$
Badanie połową sondą krzyżakową FVT	wytrzymałość na ścinanie bez odpływu (bez poprawki) $c_{fs}$ , wytrzymałość na ścinanie bez odpływu gruntu przerobionego $c_{rv}$ , krzywa momentu obrotowego	$I_L, c_u, c_r, S_t$
Badanie sondą wkręcaną WST	ciągły zapis oporu sondowania sondą wkręcaną, opór sondowania sondą wkręcaną to: – wielkość zagłębienia przy obciążeniu normowym, albo – liczba półobrotów potrzebnych na każde 0,2 m wępu, przy normowym obciążeniu 1 kN	$\varphi', E, c_u, I_D$
Próbne obciążenie płytą PLT	graniczne naprężenie kontaktowe $p_u$	$c_u, E_{PLT}, k_s$
* Wybrano najbardziej znaczące parametry, symbole i opisy wg [9] i [19].		

Wyniki badań należy interpretować z uwzględnieniem poziomu wody gruntowej, rodzaju gruntu, metody wierceń, metody pobierania próbek, transportu i warunków składowania oraz przygotowywania próbek do badań. W zależności od rodzaju badanych właściwości gruntu, wyróżniono trzy kategorie metod pobierania próbek: A, B i C. Metodami kategorii A pobierane są próbki zupełnie nienaruszone, w których wilgotność i wskaźnik porowatości są takie jak w warunkach in situ, i nie następują w nich zmiany składników oraz składu chemicznego gruntu. Metodami kategorii B pobrać można próbki o naruszonej strukturze, zawierające wszystkie składniki gruntu in situ z zachowaniem naturalnej wilgotności. Metodami kategorii C można pobierać próbki o naruszonej strukturze i wilgotności.

Tab.4. Klasy jakości próbek gruntu do badań laboratoryjnych [2]

Właściwość gruntu / Klasa jakości	1	2	3	4	5
<b>Charakterystyki gruntu:</b>					
Uziarnienie	*	*	*	*	
Wilgotność	*	*	*		
Gęstość, wskaźnik lub stopień zagęszczenia, przepuszczalność	*	*			
Ścisłość, wytrzymałość na ścinanie	*				
<b>Właściwości, które mogą być określone:</b>					
Następstwo warstw	*	*	*	*	*
Granice warstw – przybliżone	*	*	*	*	
Granice warstw – dokładne	*	*			
Granice Atterberga, gęstość właściwa, zawartość części organicznych	*	*	*	*	
Wilgotność	*	*	*		
Gęstość, wskaźnik zagęszczenia, porowatość, przepuszczalność	*	*			
Ścisłość, wytrzymałość na ścinanie	*				
Kategorie pobierania próbek gruntu zgodnie z EN ISO 22475-1	A				
				B	
					C

Objaśnienia do tablicy 5 :

1 – nienaruszone, 2 – naruszone, 3 – zagęszczone, 4 – przerobione, 5 – odtworzone.

Metoda A - próbki pobierane bez naruszania struktury gruntu z zachowaną wilgotnością i porowatością,

Metoda B - próbki z zachowaną wilgotnością i składem ziarnowym,

Metoda C - próbki umożliwiające jedynie określenie składu ziarnowego.

Rozmieszczenie punktów badawczych i głębokości prac badawczych należy wybrać w oparciu o badania wstępne, jako funkcję warunków geologicznych, rozmiarów budowli i występujących problemów inżynierskich.

• **Przykłady zaleceń odnośnie rozstawu i głębokości rozpoznania.**

Zaleca się następujące rozstawy punktów badawczych:

- dla budowli wysokich i przemysłowych, w formie siatki z punktami w odległościach 15 m do 40 m,
- dla budowli o dużej powierzchni, w kształcie siatki z punktami w odległościach nie większych niż 60 m,
- dla budowli liniowych (np. mosty, drogi kolejowe, kanały, rurociągi, wały, tunele, ściany oporowe) rozstaw 20 m do 200 m,
- dla budowli specjalnych (np. mosty, kominy, fundamenty pod maszyny) dwa do sześciu punktów badawczych na fundament,
- dla zapór i jazów, odległości 25m do 75 m wzdłuż odpowiednich przekrojów.



Zaleca się następujące głębokości rozpoznania  $z_a$  (poziomem odniesienia dla  $z_a$  jest najniższy punkt fundamentu budowli albo elementu konstrukcyjnego lub dno wykopu). Tam gdzie istnieją różne możliwości ustalenia  $z_a$  zaleca się przyjmowanie wartości największej.

Tam gdzie spodziewane są niekorzystne warunki geologiczne, zaleca się zawsze przyjmować większe głębokości rozpoznania, na przykład warstwy słabe lub słabe lub ściśliwe poniżej warstwy o większej nośności.

Tam gdzie budowle są posadawione na nośnej warstwie głębokość rozpoznania może być zredukowana do  $z_a = 2,0$  m, chyba, że budowa geologiczna jest nieznana; w tym przypadku przynajmniej jeden otwór wiertniczy powinien sięgać minimum do głębokości  $z_a = 5$  m. Jeżeli napotka się podłoże skalne na proponowanym poziomie posadowienia budowli, to ten poziom zaleca się przyjąć jako poziom odniesienia  $z_a$ . W innym przypadku  $z_a$  odnosi się do powierzchni podłoża skalnego.

W przypadku budowli innych konstrukcji inżynierskich o dużych wysokościach zaleca się zastosowanie większej wartości następujących warunków (Rys. 8 a):

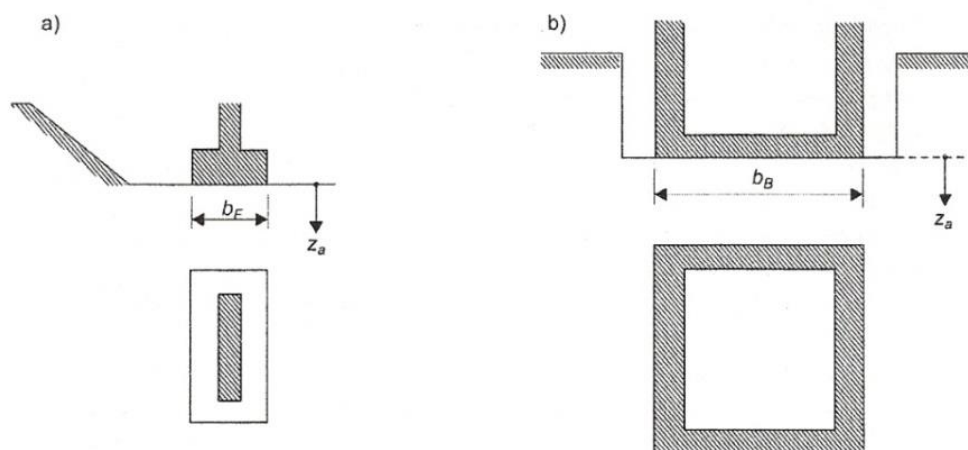
- $z_a \geq 6\text{m}$ ,
- $z_a \geq 3,0 b_F$

gdzie  $b_F$  jest wymiarem krótszego boku fundamentu.

W przypadku fundamentów płytowych oraz konstrukcji z kilkoma elementami fundamentowymi, których obciążenia w głębszych warstwach nakładają się na siebie (Rys.8 b) :

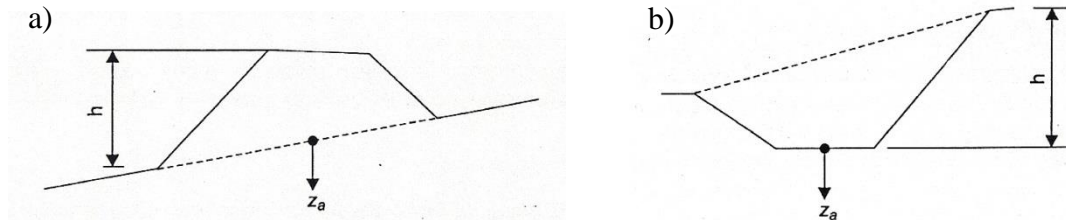
$$z_a \geq 1,5 b_B$$

gdzie  $b_B$  jest krótszym bokiem konstrukcji.



Rys.8. Budowle o dużej wysokości, konstrukcje inżynierskie  
a - fundament, b – konstrukcja

W przypadku nasypów i wykopów zaleca się przyjmowanie większej wartości wynikającej z następujących warunków:



Rys. 9. Nasypy i wykopy  
a-nasyp, b - wykop

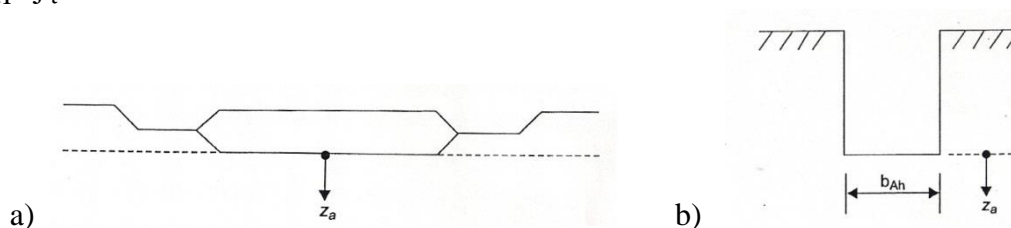
- a) dla nasypów :  
 -  $0,8 h < z_a < 1,2 h$ ,  
 -  $z_a \geq 6 \text{ m}$ ,

gdzie h jest wysokością nasypu;

- b) dla wykopów:  
 -  $z_a \geq 2,0 \text{ m}$   
 -  $z_a \geq 0,4 h$

gdzie h jest wysokością nasypu lub głębokością wykopu.

W przypadku budowy liniowych zaleca się przyjmowanie większej wartości spełniającej następujące warunki:



Rys.10. Budowle liniowe  
a-droga, b – wykop wąskoprzestrzenny

- a) dla dróg i lotnisk  $z_a \geq 2,0 \text{ m}$  poniżej proponowanej niwelety;

- b) dla wykopów wąskoprzestrzennych, większa z wartości:

- $z_a \geq 2,0 \text{ m}$  poniżej poziomu dna wykopu'  
 -  $z_a \geq 1,5 b_{Ah}$

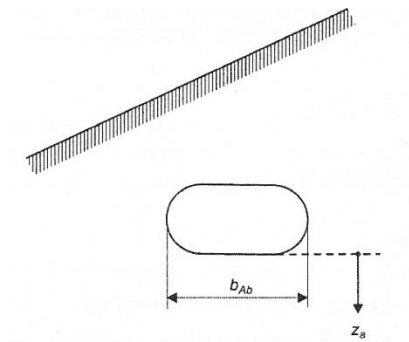
gdzie b<sub>Ah</sub> jest szerokością wykopu.

W przypadku małych tuneli i komór podziemnych:

$$b_{Ab} < z_a < 2,0 b_{Ab}$$

gdzie b<sub>Ab</sub> jest szerokością wykopu.

Zaleca się również brać pod uwagę warunków związanych z wodą gruntową.



Rys.11. Tunele i komory podziemne.

Wykopy ( Rys.12) :

- $z_a \geq 0,4 h$
- $z_a \geq (t + 2,0) \text{ m}$

gdzie:

$t$  – zagłębienie obudowy poniżej dna wykopu

$h$  – głębokość wykopu

- $z_a \geq (1,0 H + 2,0) \text{ m}$

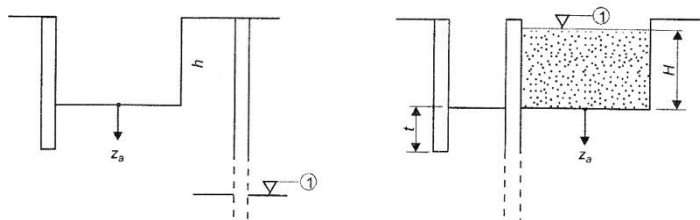
- $z_a \geq (t + 2,0) \text{ m}$

gdzie:

$H$  – wysokość zwierciadła wody gruntowej dna (podstawy) wykopu

$t$  – zagłębienie obudowy poniżej dna wykopu.

Warunek, gdy żadna warstwa mało przepuszczalna dla wody gruntowej, nie występuje w tym zakresie głębokości :  $z_a \geq t + 5\text{m}$

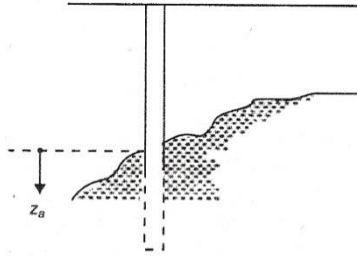


Rys.12. Wykopy  
1-poziom wody gruntowej

W przypadku konstrukcji zbiorników wodnych,  $z_a$  zaleca się określać w funkcji proponowanego poziomu retencjonowanej wody, warunków hydrogeologicznych oraz sposobu wykonania konstrukcji.

W przypadku przesłon wodoszczelnych:

- $z_a \geq 2,0 \text{ m}$  poniżej stropu warstwy nieprzepuszczalnej dla wód gruntowych



Rys.13. Przesłona wodoszczelna

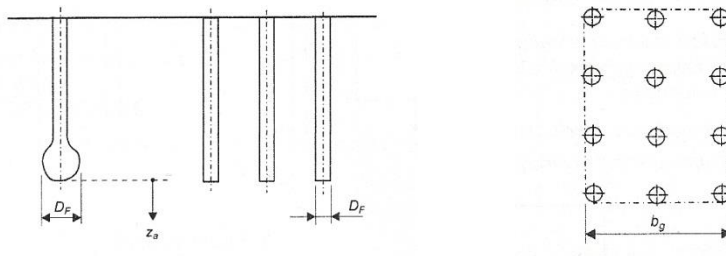
W odniesieniu do pali zaleca się spełnianie następujących trzech warunków:

- $z_a \geq 1,0 b_g$
- $z_a \geq 5,0 \text{ m}$ ,
- $z_a \geq 3 D_F$

gdzie:

$D_F$  – średnica podstawy pala,

$b_g$  – krótszy bok prostokąta stanowiącego obwód grupy pali tworzących fundament, w poziomie podstawy pali.



Rys.14. Grupa pali

Podane wartości głębokości rozpoznania, jako sprawdzone w praktyce, można stosować przy planowaniu badań. Dotychczas nie mieliśmy tak dokładnych wytycznych ustalania głębokości rozpoznania. Zalecenie eliminuje dyskusje z inwestorami. W przypadkach uzasadnionych (np. gdy występują słabe grunty na większych głębokościach) rozpoznanie powinno być głębsze. Rodzaj i liczbę niezbędnych punktów badawczych oraz ich rozmieszczenie ustala się od stopnia wstępnego rozpoznania geologicznego terenu, warunków gruntowych i wodnych oraz projektowania zabudowy.

Nowe punkty sytuuje się zwykle od 2 m do 3 m poza obrysem budynku, a w przypadku budowli wielonawowych również w osiach słupów wewnętrznych.

Dla jednego budynku o powierzchni mniejszej niż  $600 \text{ m}^2$  należy wykonać co najmniej trzy otwory wiertnicze lub wykopy badawcze względnie sondowania.

Dla obiektów o powierzchni większej niż  $600 \text{ m}^2$  liczbę otworów lub wykopów należy zwiększyć zgodnie z tablicą 6, przy czym odległość między nimi nie powinna przekraczać od 30 m do 50 m.

Dla obiektów liniowych odległość między punktami badawczymi nie powinna przekraczać 100 m.

Tab.5. Liczba punktów badawczych przy badaniu podłoża w kategorii I, w zależności od projektowanej zabudowy

Liczba punktów dla powierzchni zabudowy w m <sup>2</sup>				
do 600	od 600 do 1 500	od 1 500 do 5 000	od 5 000 do 20 000	więcej niż 20 000
od 3 do 5	od 5 do 8	od 8 do 12	od 12 do 18	od 5 do 7 na każdy następny ha

Generalnie głębokość rozpoznania powinna obejmować przyszłą strefę oddziaływania budowli na środowisko gruntowe.

Przykładowo zaleca się przyjmowanie następujących głębokości badań:

- w przypadkach sprawdzenia stateczności podłoża - 5 m poniżej najgłębszych prawdopodobnych powierzchni poślizgu,
- przy głębokim posadowieniu obiektów - co najmniej 5 m poniżej przewidywanego zagłębienia podstaw pali, studni opuszczonych, ścianek szczelnych, ścian szczelinowych, innych,
- w innych przypadkach głębokość rozpoznania można określić podobnie jak dla II kategorii geotechnicznej.

Tab.6. Rozmieszczenie wyrobisk na etapie badań podstawowych wg Instrukcji GDDP z 1998 r.

Stopień złożoności podłoża	Klasa drogi	Rozstaw wyrobisk wzdłuż osi drogi (m)	Rozstaw wyrobisk w kierunku poprzecznym do osi drogi (m)	Liczba wyrobisk w kierunku poprzecznym do osi drogi
Proste	I, II	≤ 100	≤ 30	≥ 2
	III ÷ V	≤ 150	≤ 30	≥ 2
			-	1
VI, VII	≤ 200	-	≥ 1	
Złożone	I, II	≤ 70	≤ 25	≥ 3
	III ÷ V	≤ 100	≤ 25	≥ 2
	VI, VII	≤ 150	-	≥ 1
Skomplikowane	I, II	≤ 50	≤ 20	≥ 3
	III ÷ V	≤ 70	≤ 20	≥ 3
	VI, VII	≤ 100	≤ 25	≥ 2

#### 7.4. Woda gruntowa.

1. Należy wykonać rozpoznanie wód gruntowych, by dostarczyć niezbędnych informacji związanych z występującymi warunkami wodnymi na etapie projektowania i wykonawstwa.
2. Badania poziomu wód gruntowych za pomocą wierceń orurowanych prowadzone powinny być dla określenia:

- zwierciadła wody gruntowej nawierconej i ustabilizowanej, a to wymaga wykonywania wierceń w systemie orurowanym,
- głębokości, miąższości i zasięgu i przepuszczalności warstw wodonośnych w podłożu i systemów nieciągłości w skałach,
- poziomu zwierciadła wód gruntowych nawierconych i ustabilizowanych lub powierzchni piezometrycznej warstwy wodonośnej, ich zmian w czasie oraz stwierdzonych poziomów wód gruntowych, z podaniem możliwych pomiarów ekstremalnych i okresów ich powtarzalności.

### **7.5. Badania laboratoryjne.**

W trakcie pobierania prób gruntów do badań zgodnie z metodą A, B i C (Tab. 4) należy wykonać badania makroskopowe w celu oznaczenia rodzaju gruntu, konsystencji i własności mechanicznych. Ilość prób do badania laboratoryjnego zależy od jednorodności podłoża, jakości prób i kategorii geotechnicznej.

### **7.6. Kontrolowanie i monitorowanie.**

W celu sprawdzenia poprawności wyników badań do celów projektowych należy sprawdzać je w trakcie wykonawstwa obiektu.

Kontrola dotyczy: sprawdzenia profilu z dokumentacji ze ścianą w wykopie, przegląd dna wykopu, wpływu na sąsiednie obiekty, poziomy wód gruntowych oraz zachowanie się wznoszonego obiektu w trakcie robot jak i jego użytkowania.

Cały proces projektowania bazuje na wielu uproszczeniach, które swoje źródło mają między innymi w rozpoznaniu i przyjęciu warunków gruntowo-wodnych, ocenie stanu konstrukcji istniejących, metodach obliczeniowych oraz rzeczywistym przebiegu robót.

Mając świadomość powyższego, należy na etapie wykonawczym prowadzić pomiary i obserwacje wykonywane zazwyczaj w formie monitoringu. Terminy „pomiary” i „monitoring”, na chwilę obecną, są bardzo często mylone, przez co błędnie funkcjonują zamiennie. Ogólnie rzecz ujmując różnica pomiędzy pomiarami, a monitoringiem polega na zakresie i częstotliwości działań. W skład każdego systemu monitoringu wchodzić muszą zarówno pomiary i obserwacje, określenie rodzaju zagrożenia (wartości ostrzegawczych i granicznych wyników pomiaru) oraz jasne zasady informacji o tychże wynikach i sposobie alarmowania w razie przekroczenia wartości ostrzegawczych czy granicznych (określenie sposobu informacji o zagrożeniu). Z powyższego wynika, że monitoring charakteryzuje znacznie szerszy zakres niż pomiary. Wymaga on ustalenia zarówno zakresu pomiarów i obserwacji dostosowanych do zagrożenia, które chcemy monitorować, jak również instrukcji postępowania z uzyskanymi informacjami.

Zgodnie z definicją, monitoring rozumiany jest, jako zespół działań mających na celu odpowiednio wczesne wykrycie zagrożenia, którym w przypadku obudowy wykopu jest zaistnienie nadmiernego przemieszczenia. Wymaga to permanentnego dokonywania pomiarów i obserwacji oraz przestrzegania ustalonych procedur.

Monitoring obejmuje swoim zakresem:

- a) istniejące obiekty zlokalizowane w strefie oddziaływania wykopu w szczególności zlokalizowane w strefie wpływów bezpośrednich w zakresie:
  - określenia zmian stanu technicznego obiektów,
  - rozwoju uszkodzeń w zainstalowanych szczelinomierzach,
  - przemieszczeń i odkształceń w geodezyjnych punktach pomiarowych,
- b) elementy zabezpieczenia wykopu, na które składają się konstrukcja obudowy wykopu oraz jej podparcia w zakresie:
  - pomiarów inklinometrycznych poziomych przemieszczeń ścian szczelinowych,
  - pomiary geodezyjne ścian szczelinowych i rozparć,
- c) osiadania terenu prac i terenów przyległych:
  - pomiary geodezyjne zmian wysokościowych terenu.
- d) stosunki gruntowo-wodne w zakresie:
  - pomiarów poziomów wód gruntowych,
  - kontroli zawartości części stałych w odprowadzanych wodach,
  - kontroli wskaźników jakościowych wód gruntowych.

Monitoring prowadzi się w oparciu o szczegółową dokumentację, wykonywaną zazwyczaj etapowo w dostosowaniu do postępu prac. Składają się na nią dwa opracowania:

- a) wytyczne do projektu monitoringu opracowane na etapie projektu budowlanego zazwyczaj w ramach ekspertyzy technicznej;
- b) projekt monitoringu opracowany na etapie dokumentacji wykonawczej, bazujący na ostatecznie przyjętych rozwiązaniach konstrukcyjnych i materiałowych.

Projekt monitoringu opracowuje się kompleksowo z uwzględnieniem wszystkich etapów budowy. Monitorowanie wybranych elementów takich jak poziomy, wskaźniki jakościowe oraz stosunki wód gruntowych, osiadania i wychylenia obiektów oraz rozwój uszkodzeń obiektów sąsiadujących rozpoczyna się przed przystąpieniem do zasadniczych prac budowlanych. Pomiary te dostarczają cennych informacji pozwalających na ustalenie udziału prac związanych z realizacją inwestycji w ogóle zjawisk zachodzących na rozważanym terenie- czyli uchwycenie tła.

W projekcie monitoringu zawiera się część opisową oraz graficzną precyzującą:

- rodzaje pomiarów i obserwacji składające się na całość programu monitoringu,
- zakres monitoringu z wyszczególnieniem elementów składowych (obiektów),
- rozmieszczenie i ilość punktów pomiarowych,
- sposób prowadzenia pomiarów i obserwacji, ich min. częstotliwość, dokładność oraz powiązanie z postępowaniem robót,
- terminy wykonania pomiarów bazowych, ustalających stan wyjściowy,
- wskazanie prac mających szczególne znaczenie dla bezpieczeństwa w odniesieniu do monitorowanych wielkości,
- minimalne okresy, w jakich należy prowadzić poszczególne pomiary i obserwacje, w tym monitoring prowadzony po realizacji obiektu,

- sposób rejestracji poszczególnych wyników i obserwacji oraz określenie formy, w jakiej zostaną opracowane i przedstawione do oceny,
- sposób oceny wyników pomiarów i obserwacji,
- wartości ostrzegawcze i alarmowe,
- sposób postępowania w przypadku przekroczenia wartości ostrzegawczych i alarmowych,
- osoby odpowiedzialne za prowadzenie monitoringu oraz ocenę i weryfikację wyników pomiarów i obserwacji,
- sposób i czas likwidacji punktów pomiarowych i obserwacyjnych.

W dokumentacji należy przewidzieć także możliwość rozszerzenia wstępnie wyznaczonych stref oddziaływania wykopu. Dokonuje się tego na podstawie wyników pomiarów przemieszczeń prowadzonych podczas głębienia wykopu.

Rozszerzenie zasięgu stref niesie za sobą konieczność zwiększenia zakresu punktów pomiarowych. Wyjściowy okres i ilość pomiarów ustalona zostaje w korelacji z poszczególnymi etapami wykonywania prac.

Dla obiektów, które wymagają wzmocnień konstrukcji należy przewidzieć konieczność prowadzenia monitoringu osiadań i rozwoju uszkodzeń przy prowadzenia prac wzmacniających. Tak samo należy postąpić przy wyburzeniach, które prowadzone będą przed przystąpieniem do zasadniczych robót budowlanych.

Niezwykle ważnym elementem projektu monitoringu jest określenie ostrzegawczych oraz dopuszczalnych wartości mierzonych wielkości, a w szczególności przemieszczeń obudowy oraz istniejących obiektów. Wartości te w odniesieniu do obudowy wykopu określane są przez projektanta, który powinien uwzględnić zarówno rodzaj obudowy, jak i charakterystykę oraz stan obiektów pozostających w strefie oddziaływania. Dopuszczalne przemieszczenia istniejących obiektów określane są na podstawie inwentaryzacji oraz wynikają z oceny stanu technicznego konstrukcji.

Z uwagi na charakterystykę inwestycji monitoring istniejących obiektów zlokalizowanych w strefie oddziaływań jest zagadnieniem niezwykle ważnym. Poszczególne pomiary i obserwacje rozpoczyna się przed przystąpieniem do zasadniczych prac, wykonując:

- przeglądy wraz z inwentaryzacją stanu technicznego,
- lokalizację zarysowań i pęknięć oraz instalacje szczelinomierzy,
- instalacje wraz z wykonaniem pomiaru zerowego punktów geodezyjnych.

Na dalszych etapach obejmujących realizację wzmocnień istniejących obiektów, formowanie zabezpieczenia oraz głębienie wykopu wykonuje się:

- kontrolę stanu technicznego odnosząc się do wykonanej inwentaryzacji,
- pomiary rozwarości rys i pęknięć w zainstalowanych uprzednio szczelinomierzach,
- pomiary punktów geodezyjnych.

Monitoring przemieszczeń obudowy wykopu stanowi podstawowy element weryfikacji prawidłowego przebiegu procesu wznoszenia obiektu w jego początkowej fazie. Prowadzony jest z wykorzystaniem pomiarów inklinometrycznych oraz pomiarów geodezyjnych.



Pomiary inklinometryczne wykorzystywane są tam gdzie wymagana jest znaczna dokładność kontroli przemieszczeń poziomych oraz brak dostępu wyklucza zastosowanie pomiarów geodezyjnych. Dzieje się tak między innymi poniżej poziomu dna wykopu.

Pomiary hydrogeologiczne prowadzone na etapie wykonawczym mają na celu dostarczenie informacji odnośnie zmian położenia poszczególnych horyzontów wodonośnych wywołanych przez prowadzone prace. Zmiany te mogą mieć charakter spiętrzenia zwierciadła wód gruntowych lub ich obniżenia. W większości przypadków w pomiarach prowadzonych na etapie wykonawczym wykorzystuje się kolumny piezometryczne, wykonane wcześniej na potrzeby opracowania dokumentacji hydrogeologicznej. Pomiary prowadzi się nieprzerwanie poczynając od chwili instalacji kolumn do końca realizacji inwestycji.

Kontrolę poziomu wód gruntowych należy prowadzić zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz wykopu. Pomiary prowadzone wewnątrz obrysu wykopu pozwalają na bieżąco weryfikować wykonane obliczenia hydrogeologiczne. Umożliwiają kontrolę stopnia szczelności obudowy oraz wykluczają niebezpieczeństwo znacznego obniżenia zwierciadła wód gruntowych poza wykopem w przypadku powstania nieszczelności.

Uzupełniająco do pozostałych pomiarów, wykonuje się monitoring zmian wysokościowych siatki wyznaczonych punktów pomiarowych zlokalizowanych na powierzchni terenu. Z uwagi na zagrożenie uszkodzeniem punktów pomiarowych, wykonuje się je w postaci reperów wgłębnych z pomiarem zerowym na czelu.

Budowa obiektów wymagających wykonania głębokich wykopów, w szczególności zlokalizowanych w terenie zabudowanym, wiąże się z licznymi utrudnieniami. W procesie przygotowania i realizacji inwestycji niezbędna jest współpraca zespołu specjalistów z różnych branż. Wśród nich nie może zabraknąć geotechników rozpoczynających prace już na początkowym etapie robót.

## **8. Badania polowe gruntów .**

Badania polowe należy zrealizować przy uwzględnieniu :

- warunków geologicznych/stratyfikacji podłoża,
- typu budowli, rodzaju posadowienia i przewidywanych prac podczas budowy,
- wymaganego rodzaju parametru geotechnicznego,
- przyjętej metody projektowania,
- statyczną sondą stożkową CPT,
- presjometrycznych i dylatometrycznych,
- sondą cylindryczną SPT,
- sondowań dynamicznych,
- sondą wkręcaną WST,
- polową sondą krzyżakową FVT,
- dylatometrem płaskim DMT,
- przez obciążenie płytą sztywną PLT

Badania polowe w ramach dokumentacji geologiczno-inżynierskiej możemy zrealizować po zatwierdzeniu projektu robót geologicznych.

## **9. Analiza makroskopowa.**

Metoda makroskopowa jest uproszczonym badaniem rodzaju i stanu gruntów, a uzyskane wyniki mają charakter przybliżony. Najczęściej badania makroskopowe obejmują określenie:

- rodzaju i nazwy gruntu,
- stanu gruntu,
- barwy,
- wilgotności,
- zawartości węgla wapnia.

Próbki do badań makroskopowych pobiera się z każdej warstwy gruntu różniącej się rodzajem lub stanem, lecz nie rzadziej niż co 1 m głębokości.

Wszystkie próbki powinny być zaopatrzone w zabezpieczoną przed uszkodzeniem kartkę (metryczkę) z opisem daty, miejsca i głębokości pobrania.

## **10. Dokumentowanie geotechniczne i geologiczno-inżynierskie.**

Wszystkie ostatnio dokonane działania związane ze zmianami legislacyjnymi w zakresie geotechniki, podporządkowane są dążeniu do pełnej zgodności stanu polskiego prawa z Eurokodem 7.

Należy podkreślić, że Ustawa – Prawo budowlane w art. 34, ust 3, pkt 4 już wcześniej definiowała zawartość projektu budowlanego, wprowadzając pojęcie geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych jako integralnej części projektu architektoniczno-budowlanego.

Począwszy od 2011 r. regulacjom prawnym poddano praktycznie cały proces rozpoznania podłoża i przygotowania inwestycji na podstawie projektowania geotechnicznego wyznaczając odpowiednie grupy zawodowe odpowiedzialne za poszczególne fazy i etapy procesu inwestycyjnego.

Geotechniczna ocena warunków posadowienia stanowi integralną część projektu budowlanego, służącą do właściwego i bezpiecznego zaprojektowania obiektu na podstawie przeprowadzonego rozpoznania podłoża.

Jest ona ustalana na podstawie wszystkich dostępnych danych geologicznych i geotechnicznych, obejmując :

- określenie kategorii geotechnicznej budowli lub jej fragmentów,
- zestawienie informacji i danych liczbowych właściwości gruntów,
- zestawienie wartości charakterystycznych i obliczeniowych parametrów geotechnicznych gruntów w podłożu i w bezpośrednim otoczeniu obiektu.

Warunki posadowienia powinny zawierać zalecenia konstrukcyjne, dotyczące:

- wykonawstwa robót ziemnych i fundamentowych,
- prognozy współoddziaływania konstrukcji z podłożem,
- zachowania się podłoża w czasie budowy i eksploatacji,
- danych koniecznych do ochrony gruntów i wód gruntowych przed zanieczyszczeniem.

Ocena geotechnicznych warunków posadowienia może być zawarta w jednej z form opracowania:

- opinii geotechnicznej, gdy jest dostępne wystarczające rozpoznanie podłoża,
- opinii geotechnicznej z uzupełniającymi badaniami (bez robót geologicznych), jeżeli dostępne rozpoznanie podłoża nie jest wystarczające,
- projektu geotechniczno - konstrukcyjnego stanowiącego część projektu budowlanego.

Zgodnie z zapisami Rozporządzenia MTB i GM w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych z dn. 25 kwietnia 2012 r. (Dz. U z 2012 r. poz. 463), dla obiektów budowlanych wymagających wykonania robót geologicznych, zaliczonych do III kategorii geotechnicznej oraz w złożonych warunkach gruntowych do II kategorii geotechnicznej, poza dokumentacją geotechniczną należy wykonać dokumentację geologiczno-inżynierską, opracowaną według odrębnych przepisów.

Istotnym zadaniem jest określenie wartości parametrów geotechnicznych (charakterystycznych i obliczeniowych) wszystkich warstw podłoża (także „nienośnych”) z oceną potrzeby redukcji czy modyfikacji tych parametrów w dostosowaniu do konstrukcji i zachowania budowli. Dokumentacja może też zawierać zalecenia rozwiązań konstrukcyjnych lub projekt fundamentów, poparty odpowiednimi analizami obliczeniowymi, oraz prognozę współdziałania konstrukcji z podłożem i jej zachowania w czasie budowy i eksploatacji, ewentualnie wskazówki dotyczące sposobu poprawy lub modyfikacji warunków podłoża oraz wytyczne rozwiązywania problemów geotechnicznych mogących pojawić się w trakcie robót.

Zgodnie z §3 ust.1 rozporządzeniem MTB i GM w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych z dn. 25 kwietnia 2012 r. zakres czynności przy ustalaniu geotechnicznych warunków posadawiania (w zależności od sytuacji projektowej) obejmuje:

- kwalifikację obiektu budowlanego do odpowiedniej kategorii geotechnicznej,
- projektowanie odwodnień budowlanych, barier lub ekranów uszczelniających,
- ocenę przydatności gruntów na potrzeby wykonywania budowli ziemnych,
- określenie nośności, przemieszczeń i ogólnej stateczności podłoża gruntowego,
- ocenę stateczności zboczy, skarp i wykopów i nasypów,
- ustalenie wzajemnych oddziaływań obiektu budowlanego i podłoża gruntowego, obiektu budowlanego i wód gruntowych, obiektu budowlanego i sąsiadujących z nim innych obiektów budowlanych na różnych etapach budowy i eksploatacji,
- wybór metody wzmacniania podłoża gruntowego i stabilizacji zboczy, skarp wykopów i nasypów,
- ocenę stopnia zanieczyszczenia podłoża gruntowego i dobór metody oczyszczenia gruntu.

Paragraf 3 ust. 3 rozporządzenia MTB i GM w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych z dn. 25 kwietnia 2012 r. określa formy przedstawienia geotechnicznych warunków posadowienia, wprowadzając pojęcia: opinii geotechnicznej, dokumentacji badań podłoża gruntowego i projektu geotechnicznego. Zarówno forma przedstawienia geotechnicznych warunków posadowienia, jak i zakres niezbędnych czynności dla ich określenia uzależnione są od kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego (§ 3 ust. 2 i 4).

Pojęcie kategorii geotechnicznej jest kluczowe w przedmiotowym rozporządzeniu MTB i GM w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych z dn. 25 kwietnia 2012 r. Kategorię geotechniczną ustala się w zależności od stopnia skomplikowania warunków gruntowych, konstrukcji obiektu budowlanego, wartości technicznej i zabytkowej obiektu budowlanego oraz możliwości znaczącego oddziaływania obiektu na środowisko (§ 4 ust. 1).

W § 4 ust. 2 określone zostały warunki gruntowe w zależności od stopnia ich skomplikowania (proste, złożone, skomplikowane), natomiast § 4 ust. 3 rozporządzenia MTB i GM w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych z dn. 25 kwietnia 2012 r. określa zasady zaliczania obiektów budowlanych do pierwszej, drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej, z uwzględnieniem stopnia skomplikowania warunków gruntowych i pozostałych kryteriów.

W zależności od przyjętej kategorii geotechnicznej rozporządzenie MTB i GM w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych z dn. 25 kwietnia 2012 r. określa zakres niezbędnych badań geotechnicznych (§ 6).

Wyniki badań geotechnicznych, zgodnie z uregulowaniami niniejszego rozporządzenia (§ 7), sporządza się w formie:

- opinii geotechnicznej (zdefiniowanej w § 8 rozporządzenia) dla wszystkich kategorii geotechnicznych;
- dokumentacji badań podłoża gruntowego (zdefiniowanej w § 9 zgodnej z PN-EN 1997-2: 2009) dla drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej;
- projektu geotechnicznego (zdefiniowanego w § 10) dla drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej.

Ponadto w § 7 ust.3 rozporządzenia MTB i GM w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych z dn. 25 kwietnia 2012 r. dla obiektów zaliczonych do drugiej kategorii geotechnicznej w złożonych warunkach gruntowych oraz obiektów zaliczonych do trzeciej kategorii geotechnicznej ustawodawca określił konieczność sporządzenia odrębnej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej zgodnie z przepisami Ustawy – Prawo geologiczne i górnicze z 9.06.2011 r.

### **Przykłady konstrukcji, które mogą być zaliczone do kategorii I :**

- wykopy powyżej zwierciadła wody lub poniżej, gdy doświadczenia miejscowe wskazują, że wykonanie ich będzie łatwe,
- posadowienia bezpośrednio obiektów mostowych ze swobodnie podpartymi przęsłami rozpiętości do 15 m w prostych warunkach podłoża,
- nasypy wysokości do 3 m oraz ściany oporowe i zabezpieczenia wykopów, gdy różnica poziomów nie przekracza 2 m,
- płytkie wykopy przy układaniu przepustów lub przewodów, rowów odwadniających itp.,
- budynki jedno- lub dwukondygnacyjne o prostej konstrukcji, posadowione na owych fundamentach bezpośrednich lub na palach.

### **Przykłady konstrukcji, które mogą być zaliczone do kategorii II :**

- typowe posadowienia bezpośrednich i palowych podpór mostowych i budynków o złożonej konstrukcji,
- ściany oporowe lub inne konstrukcje oporowe, utrzymujące grunt i wodę oraz zabezpieczenia wykopów, gdy różnica poziomów jest większa od 2 m,
- nasypy budowli ziemnych wysokości ponad 3 m,
- kotwy gruntowe i podobne systemy,
- przyczółki i filary mostowe oraz nabrzeża,
- wykopy i przekopy na zboczach w złożonych warunkach podłoża,
- tunele w twardych i niespękanych skałach, nieobciążonych wodami naporowymi i nie wymagające szczególnej szczelności, tunele odkrywkowe itp.

### **Przykłady konstrukcji, które mogą być zaliczone do kategorii III :**

- autostrady i drogi ekspresowe (klasy I i II),
- mosty przez rzeki o świetle ponad 100 m lub rozpiętości przęseł powyżej 100 m,
- głębokie wykopy poniżej zwierciadła wody,
- nietypowe fundamenty głębokie i specjalne,
- urządzenia służące do czasowego lub trwałego obniżania poziomu wody gruntowej, wywołujące ryzyko dużych przemieszczeń mas gruntu i zniszczenia konstrukcji,
- przekopy i przejścia pod terenami o dużym natężeniu ruchu drogowego,
- konstrukcje nabrzeży,
- konstrukcje narażone na wstrząsy sejsmiczne lub położone na terenach górniczych kategorii II i wyższych,
- konstrukcje posadowione na gruntach pęczniejących i zapadowych,
- wykopy prowadzone w trudnych warunkach, zwłaszcza wśród zabudowy,
- tunele w skałach miękkich i spękanych, obciążonych wodami naporowymi, wymagające szczelności.

Ocena stopnia złożoności podłoża (Instrukcja badań podłoża gruntowego, 1998)

Stopień złożoności podłoża	Na potrzeby kartowania geologiczno-inżynierskiego	Na potrzeby programowania badań podłoża budowli drogowych i ustalania kategorii geotechnicznych
Proste	Tereny płaskie lub pofałdowane; warstwy gruntu poziome lub nieznacznie pochylone, wyraźne, stałe i znane poziomy litostratygraficzne; jeden poziom wody podziemnej o ustabilizowanym składzie; brak objawów procesów geodynamicznych lub procesy o małej intensywności;	Poziome warstwy gruntów jednorodnych, dobrze poznanych w podłożu obiektu, gdy z dostępnych badań wynika, że grunty niespoiste są co najmniej średnio zagęszczone, a spoiste co najmniej plastyczne. Brak warstw o małej nośności lub zaburzeń geodynamicznych (glacitektonika, zsuwy, kras itp.), woda gruntowa jest poniżej poziomu posadowienia (dna wykopów) lub można ją łatwo obniżyć;
Złożone	Tereny pagórkowate, formy erozyjne, warstwy pochyle, sfałdowane, słabo poznana stratygrafia z niewyraźnymi poziomami przewodnimi, zmienna facja; jeden do trzech poziomów wodonośnych o zróżnicowanym składzie chemicznym, wyraźne formy po ustabilizowanych procesach geodynamicznych;	Poniżej poziomu posadowienia obiektów występują grunty mineralne zróżnicowane co do rodzaju, miąższości i stanu; woda gruntowa występuje okresowo lub stale powyżej poziomu posadowienia, a odwodnienie jest trudne, przypowierzchniowe warstwy gruntów o małej nośności (organiczne lub spoiste miękkoplastyczne), brak czynnych procesów geodynamicznych;
Skomplikowane	Tereny podgórskie i górskie, doliny rzek, złożona budowa geologiczna fałdowo-łuskowa, zdyslokowana; na pozostałych terenach: duża zmienność litologiczna, kilka poziomów wodonośnych o zróżnicowanym składzie chemicznym (wody krasowe, tereny kopalniane), intensywne procesy geodynamiczne, w tym zaburzenia glacitektoniczne.	Duża zmienność rodzajów, miąższości i stanu gruntów; występowanie gruntów organicznych, pęczniących lub spoistych miękkoplastycznych o zmiennej miąższości, w kilku warstwach, obiekt znajduje się na terenie lub w bezpośrednim sąsiedztwie zagrożeń geodynamicznych, szczególnie glacitektonicznych i osuwiskowych albo na terenach szkód górniczych.

Wymagania co do zakresu rozpoznania podłoża (PN-EN1997-1:2008/Ap2:2010)

Kategoria	Zakres rozpoznania podłoża
Obiekty zaliczone do pierwszej kategorii geotechnicznej w prostych warunkach gruntowych	– jakościowe określenie właściwości podłoża na podstawie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• analizy materiałów archiwalnych</li> <li>• uwzględnienia doświadczeń porównywalnych</li> <li>• badań terenowych</li> </ul>
Obiekty zaliczone do drugiej kategorii geotechnicznej w prostych i złożonych warunkach gruntowych	– ilościowe określenie liczbowych wartości parametrów geotechnicznych na podstawie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• analizy materiałów archiwalnych i doświadczeń porównywalnych</li> <li>• wyników badań polowych</li> <li>• wyników badań laboratoryjnych</li> </ul> z uwzględnieniem korelacji bezpośrednich z badań
Obiekty zaliczone do trzeciej kategorii geotechnicznej w prostych, złożonych lub skomplikowanych warunkach gruntowych	– ilościowe określenie liczbowych wartości parametrów geotechnicznych na podstawie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• analizy materiałów archiwalnych i doświadczeń porównywalnych</li> <li>• wyników badań polowych</li> <li>• wyników badań laboratoryjnych</li> <li>• wyników badań specjalistycznych</li> </ul> z uwzględnieniem korelacji bezpośrednich z badań

## 11. Problematyka stopnia skomplikowania warunków gruntowych.

Obowiązujące przepisy w projektowaniu określają szczegółowe zasady ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. Zakres badań geotechnicznych gruntu ustala się w zależności od kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego i stopnia skomplikowania warunków gruntowych oraz sporządza, adekwatną do stwierdzonej kategorii geotechnicznej w określonych warunkach gruntowych, dokumentację geotechniczną. Przepisy Rozporządzenia w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 2012 roku poz. 463), jednoznacznie ustalają trzy kategorie geotechniczne obiektów oraz przewidują trzy formy opracowań geotechnicznych.

W zależności od stopnia skomplikowania warunków gruntowych i kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego geotechniczne warunki posadawiania przedstawia się w formie: opinii geotechnicznej, dokumentacji badań podłoża gruntowego, projektu geotechnicznego.

**Dodatkowo** w przypadku obiektów trzeciej kategorii geotechnicznej oraz w złożonych warunkach gruntowych drugiej kategorii wykonuje się dodatkowo dokumentację geologiczno-inżynierską zgodnie z przepisami Ustawy Prawo Geologiczne i Górnicze (Dz. U. z 2011 roku Nr 163, poz. 981).

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 roku rozróżnia się następujące kategorie geotechniczne obiektu budowlanego:

- a. pierwsza kategoria geotechniczna, która obejmuje posadawianie niewielkich obiektów budowlanych, o statycznie wyznaczalnym schemacie obliczeniowym w prostych warunkach gruntowych, w przypadku których możliwe jest zapewnienie minimalnych wymagań na podstawie doświadczeń i jakościowych badań geotechnicznych, takich jak:
  - a) lub 2-kondygnacyjne budynki mieszkalne i gospodarcze,
  - b) ściany oporowe i rozparcia wykopów, jeżeli różnica poziomów nie przekracza 2.0 m,
  - c) wykopy do głębokości 1.2 m i nasypy budowlane do wysokości 3.0 m wykonywane w szczególności przy budowie dróg, pracach drenażowych oraz układaniu rurociągów;
- b. druga kategoria geotechniczna, która obejmuje objekty budowlane posadawiane w prostych i złożonych warunkach gruntowych, wymagające ilościowej i jakościowej oceny danych geotechnicznych i ich analizy, takie jak:
  - a) fundamenty bezpośrednie lub głębokie,
  - b) ściany oporowe lub inne konstrukcje oporowe, z zastrzeżeniem pkt 1 lit. B Rozporządzenia (Dz. U. z 2012 roku poz. 463), utrzymujące grunt lub wodę,
  - c) wykopy, nasypy budowlane, z zastrzeżeniem pkt 1 lit. C Rozporządzenia (Dz. U. z 2012 roku poz. 463), oraz inne budowle ziemne,
  - d) przyczółki i filary mostowe oraz nabrzeża,
  - e) kotwy gruntowe i inne systemy kotwiące,
- c. trzecia kategoria geotechniczna, która obejmuje:
  - a) objekty budowlane posadawiane w skomplikowanych warunkach gruntowych,
  - b) nietypowe objekty budowlane niezależnie od stopnia skomplikowania warunków gruntowych, których wykonanie lub użytkowanie może stwarzać poważne zagrożenie dla użytkowników, takie jak: objekty energetyki, rafinerie, zakłady chemiczne, zapory

wodne i inne budowle hydrotechniczne o wysokości piętrzenia powyżej 5,0 m, budowle stoczniowe, wyspy morskie i platformy wiertnicze oraz inne skomplikowane budowle morskie, lub których projekty budowlane zawierają nieznaną podstawę w przepisach nowe niesprawdzone w krajowej praktyce rozwiązania techniczne,

- c) obiekty budowlane zaliczane do inwestycji mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko, określone w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 roku w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397),
- d) budynki wysokościowe projektowane w istniejącej zabudowie miejskiej,
- e) obiekty wysokie, których głębokość posadawiania bezpośredniego przekracza 5.0 m lub które zawierają więcej niż jedną kondygnację zagłębioną w gruncie,
- f) tunele w twardych i niespękanych skałach, w warunkach niewymagających specjalnej szczelności,
- g) obiekty infrastruktury krytycznej,
- h) obiekty zabytkowe i monumentalne.

Natomiast warunki gruntowe w zależności od stopnia ich skomplikowania dzieli się na:

- 1) proste - występujące w przypadku warstw gruntów jednorodnych genetycznie i litologicznie, zalegających poziomo, nieobejmujących mineralnych gruntów słabonośnych, gruntów organicznych i nasypów niekontrolowanych, przy zwierciadle wody poniżej projektowanego poziomu posadowienia oraz braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych,
- 2) złożone - występujące w przypadku warstw gruntów niejednorodnych, nieciągłych, zmiennych genetycznie i litologicznie, obejmujących mineralne grunty słabo-nośne, grunty organiczne i nasypy niekontrolowane, przy zwierciadle wód gruntowych w poziomie projektowanego posadawiania i powyżej tego poziomu oraz przy braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych,
- 3) skomplikowane - występujące w przypadku warstw gruntów objętych występowaniem niekorzystnych zjawisk geologicznych, zwłaszcza zjawisk i form krasowych, osuwiskowych, sufozyjnych, kurzawkowych, glacictektonicznych, gruntów ekspansywnych i zapadowych, na obszarach szkód górniczych, przy możliwych nieciągłych deformacjach górotworu, w obszarach dolin i delt rzek oraz na obszarach morskich.

W tabeli schematycznie przedstawiono konieczny do opracowania zakres wymaganych dokumentów w zależności od stopnia skomplikowania warunków gruntowych i kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego.



Lp.	Warunki geotechniczne	I kategoria geotechniczna	II kategoria geotechniczna		III kategoria geotechniczna
		proste	proste	złożone	proste/złożone/ skomplikowane
1	2	3	4	5	6
1	Opinia geotechniczna	X	X	X	X
2	Dokumentacja badań podłoża gruntowego		X	X	X
3	Projekt geotechnicznych warunków posadowienia		X	X	X
4	Dokumentacja geologiczno-inżynierska			X	X

Opracowania takie jak: opinia geotechniczna i projekt geotechnicznych warunków posadowienia może wykonać tylko osoba z niezbędnymi kwalifikacjami i uprawnieniami budowlanymi. Natomiast dokumentację geologiczno-inżynierską oraz dokumentację badań podłoża gruntowego może wykonywać osoba z uprawnieniami geologicznymi (kategorii VI i VII). Jest to istotne, ponieważ ustalania danych niezbędnych dla projektowania budowlanego dokonuje osoba posiadająca stosowne uprawnienia budowlane.

Kategorię geotechniczną całego obiektu budowlanego lub jego poszczególnych części określa projektant obiektu budowlanego na podstawie badań geotechnicznych gruntu, których zakres uzgadnia z wykonawcą specjalistycznych robót geotechnicznych. Opinia geotechniczna powinna ustalać przydatność gruntów na potrzeby budownictwa oraz wskazywać kategorię geotechniczną obiektu budowlanego.

Przepisy Ustawy Prawo Budowlane i przepisy obowiązującego Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 roku w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. Nr 463 z dnia 27 kwietnia 2012 roku) jednoznacznie określają sposób ustalania kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego oraz sposób i zakres wykonywania opinii geotechnicznych, dokumentacji badań podłoża gruntowego i projektów geotechnicznych warunków posadowienia.

Potrzeba jednoznacznego uregulowania tego zagadnienia jest niezwykle istotna. Poprzedni zapis Prawa geologicznego z 2001 r. wyłączał również prace dotyczące ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych z zakresu robót geologicznych - „będących wykonywaniem w ramach prac geologicznych wszelkich czynności poniżej powierzchni ziemi”.

## 12. Wyznaczanie parametrów geotechnicznych.

Podstawowe parametry fizyczne gruntów podawane w dokumentacjach geotechnicznych to:

- $\rho^{(n)}$  - gęstość objętościowa gruntu,
- $\gamma$  - ciężar objętościowy w kN/m<sup>3</sup>,
- $w_n$  - wilgotność naturalna,

- ID- stopień zagęszczenia gruntów niespoistych,
- IL- stopień plastyczności gruntów spoistych
- oraz dodatkowo porowatość  $n$  i wskaźnik porowatości  $e$ .

Parametry wytrzymałościowe gruntów są opisywane przez następujące cechy mechaniczne:

- $\varphi$  - kąt tarcia wewnętrznego i spójność  $c$  - określane na podstawie badań w aparacie trójosiowym w warunkach bez odpływu ( $\varphi_u, c_u$ ) i z odpływem ( $\varphi', c'$ ),
- $K_0$  - współczynnik parcia spoczynkowego,
- moduły odkształcenia  $E$  lub edometryczne moduły ściśliwości  $M$ ,
- wytrzymałość na ścinanie w warunkach bez odpływu  $\tau_u$ .
- $k_z$  – współczynnik podatności podłoża ( hipoteza Winklera  $\rightarrow q = k_z \cdot s$  ).

Na podstawie nowych rozporządzeń oraz obowiązującej normy EC-7-1,2 wymaga się, aby wartości tych parametrów były określane na podstawie wyników badań laboratoryjnych i/lub sondowań, a nie z zależności korelacyjnych (metodą B) wg normy PN-81/B03020 lub tylko z badań makroskopowych.

Oprócz wyżej wymienionych parametrów jest koniecznym określenie współczynnika filtracji i wodoprzepuszczalności warstw gruntów, np. w celu prawidłowego zaprojektowania odwodnienia wykopu. **Ze względu na zapis w § 9 Rozp. MTBiGM z dn. 25.04 2012 r. mówiący, iż badania i dokumentacja mają być zgodne z Eurokodem 7, to badania terenowe i pobieranie próbek gruntów do badań laboratoryjnych powinny odpowiadać odpowiednim klasom jakości, czyli od A1 do C5, w zależności od rozpatrywanego parametru fizyko-mechanicznego.**

Należy wyraźnie podkreślić, że w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obowiązują nas klasy jakości prób gruntu, począwszy od A1 do C5.

Problem odpowiedniego pobierania prób o przelocie ciągłym (rdzeniowy) dotyczy większości opracowań. Należy zwrócić szczególną uwagę na jakość robót geologicznych z uwagi na warunki glacitektoniczne panujące na rozpatrywanym terenie.

**Chcąc ustrzec się od typowej praktyki geotechnicznej, gdzie nadal (nieprawnie) parametry gruntów są odczytywane z tablic lub są badane na próbkach dostarczanych w woreczkach z naruszoną strukturą i wilgotnością, należy tym bardziej podkreślać ten problem.**

W Polsce od 1981 r. projektanci budowlani stosują normę PN/B-03020. Wg tej normy parametry geotechniczne dla warstw wydzielonych zgodnie z zasadami geologicznymi ustalać można było 3 metodami:

Metoda A – polega na bezpośrednim oznaczaniu wartości parametru za pomocą polowych lub laboratoryjnych badań gruntów;

Metoda B – polega na oznaczaniu wartości parametru na podstawie ustalonych zależności korelacyjnych między parametrami fizycznymi lub wytrzymałościowymi a innymi parametrami, (np.  $I_L$  lub  $I_D$ ) wyznaczonymi metodą A;

Metoda C – polega na przyjęciu wartości parametrów określonych na podstawie praktycznych doświadczeń budownictwa na innych podobnych terenach uzyskanych dla budowli o podobnej konstrukcji i zbliżonych obciążeniach.

Metodę A należało stosować, gdy brak było zależności korelacyjnych (dla gruntów miękkoplastycznych, organicznych, luźnych), przy dużej sile poziomej większej niż 10 % pionowej, dla budowli na zboczach lub, gdy w sąsiedztwie projektuje się wykopy, albo dodatkowe obciążenia.

W praktyce w 95 % przypadków stosowana była metoda B, w której wartości parametrów geotechnicznych ustalane były z wykresów zawartych w treści normy. Istnieje pogląd, że gdyby autorzy tej normy przewidzieli kreatywność inżynierów projektantów, inwestorów i dokumentatorów geotechników, to umieściliby te wykresy w załącznikach do normy, wtedy ich ważność byłaby mniejsza.

Z drugiej strony, trudno jest już po czasie, stawiać tego typu tezy.

Informacje służące do wyznaczania wartości parametrów (nazwy gruntów i stany) określane były w badaniach terenowych zwykle tylko metodą makroskopową.

***Tak więc przyszedł koniec „tradycji” i wszyscy musimy przestawić się na nową jakość zarówno badań terenowych, laboratoryjnych jak i samego projektowania !!!***

Tym bardziej trudno jest zrozumieć ten sposób postępowania, że posługując się związkami korelacyjnymi odczytujemy nadal parametry gruntów z tablic.

Widać siłą przyzwyczajenia jest większa od rangi nowych zapisów w rozporządzeniach, ustawach czy zarządzeniach.

Metoda B jest metodą wymyśloną przez projektantów i samych geotechników dla przyspieszenia prac i ich znaczącego potania.

W budownictwie nie opłaca się oszczędzać na badaniach podłoża. Ewentualne oszczędności są pozorne i na ogół powodują wielokrotnie większe dodatkowe koszty budowy, związane z nieprzewidzianymi sytuacjami - awariami, naprawami czy katastrofami, grożącymi bezpieczeństwu ludzi i/lub obiektu.

Metoda korelacyjna B nie jest nigdzie wymieniana, a sama norma PN-81/B-03020 jest normą o statusie wycofanej i to już od 31.03.2010 r.

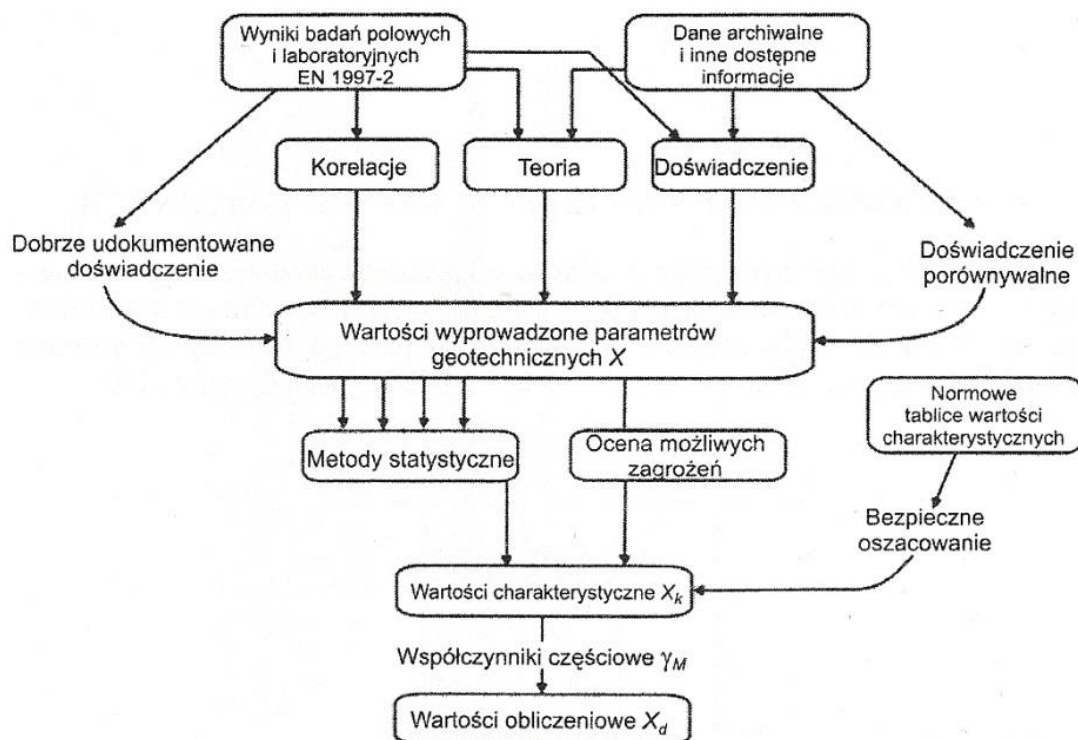
Niedopuszczalność podawania parametrów fizyko-mech. gruntów na podstawie tej normy zawiera też Zarządzenie Nr 58 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 23.11.2015 r. w sprawie dokumentacji do realizacji inwestycji.

Zarządzenie to może okazać się bardzo pomocnym w zmianie nastawienia projektantów, zwłaszcza na zapis ze str. 10, zamieszczony w Dokumencie 7 dot. szczegółowych wymagań dokumentacji i projektów robót geologicznych, a mówiący o (cytat) :

***Zamawiający nie dopuszcza podawania parametrów fizyko-mechanicznych gruntów na podstawie normy PN-B-03020 : 1981***

Zakres badań i dokumentacji geotechnicznych dla obiektów budowlanych określony w Rozp. MTBiGM. z dn. 25.04.2012 r. i Eurokodzie 7 – 2 wprowadził dodatkowo pojęcie wartości wyprowadzonych.

**Wartości wyprowadzone** : parametry geotechniczne uzyskane w wyniku korelacji nazwano wartościami wyprowadzonymi parametrów geotechnicznych. Pojęcie wartości wyprowadzonych włączono do EN 1997-1, aby służyły do określania wartości charakterystycznych.

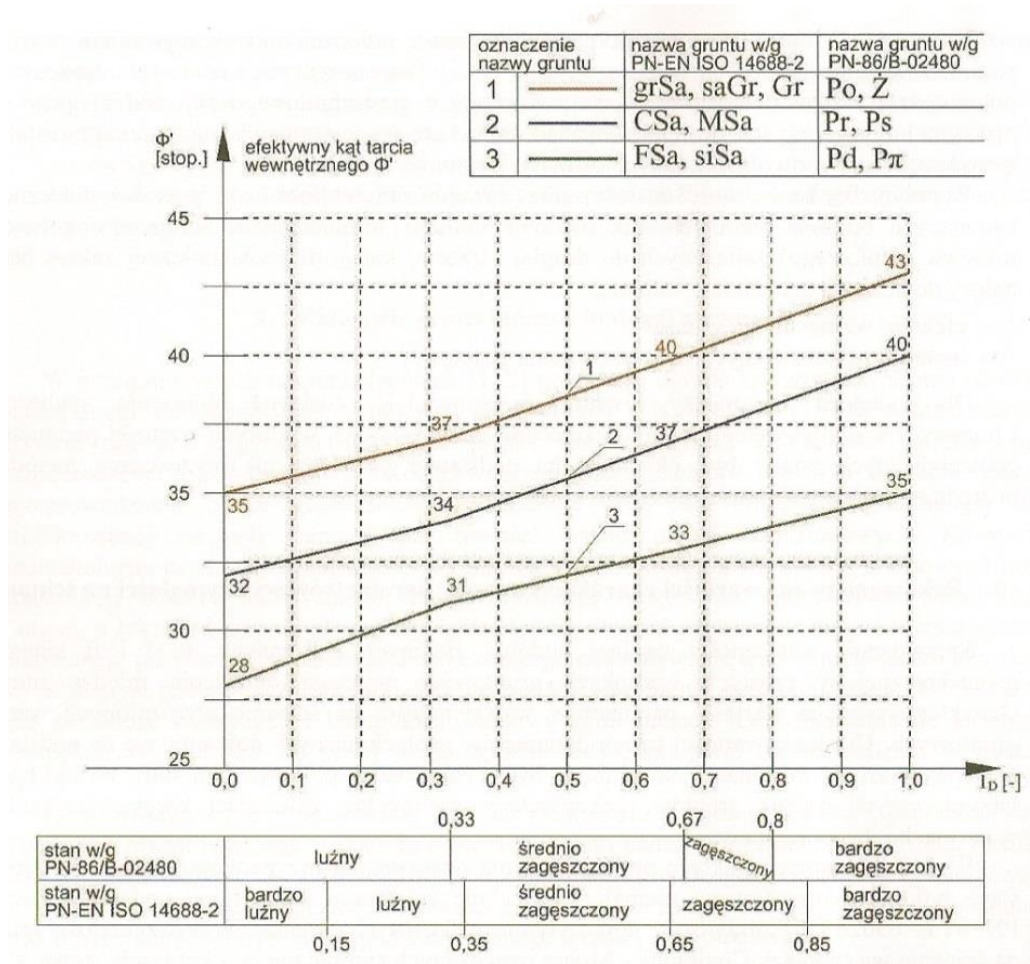


Rys. 15. Przykład z Eurokodu 7 pokazujący zasadę tworzenia wartości wyprowadzonych

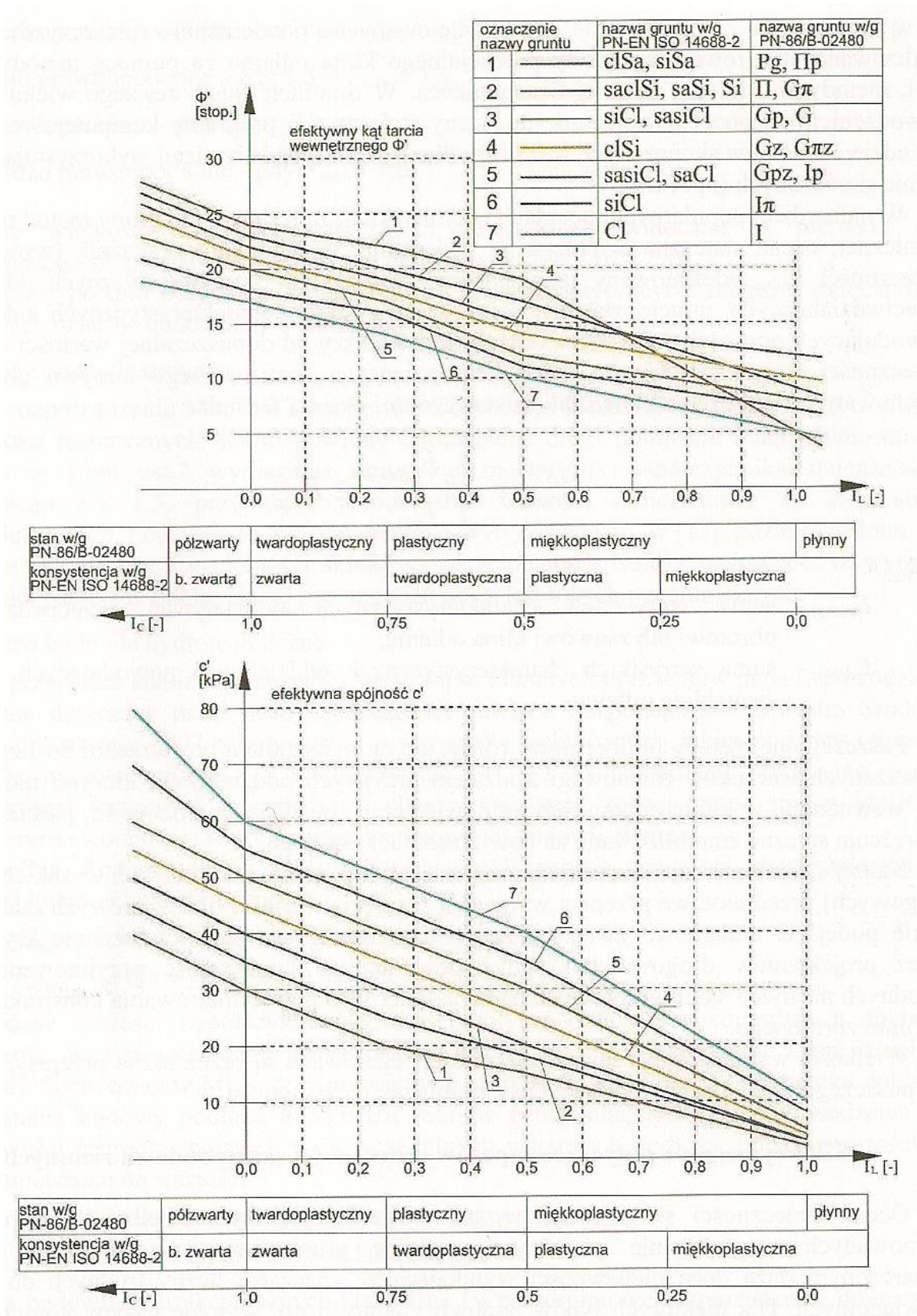
W dotychczasowej praktyce projektowej, dla omawianych przypadków budowli ziemnych, i nie tylko, wykorzystywano niemal powszechnie zależności korelacyjne podane w normie PN-81/B-03020, przy czym dotyczyły one całkowitych parametrów wytrzymałości gruntu na ścinanie wg hipotezy Coulomba - Mohra oznaczonych symbolami  $\varphi_u$  - kąt tarcia wewn. i  $c_u$  – spójność. Parametry te można stosować w analizach stateczności dla warstw występujących powyżej zwierciadła wód gruntowych w których ciśnienie wody w porach gruntu jest pomijalne. Obecnie w zalecanych metodach obliczeniowych, wymaga się wprowadzenia wartości efektywnego kąta tarcia wewnętrznego  $\varphi'$  i efektywnej spójności  $c'$  odnoszących się do wytrzymałości szkieletu gruntowego.

Na rysunkach 16 i 17 podano propozycję sposobu ustalenia wyprowadzonych wartości i efektywnych parametrów wytrzymałości opracowaną na podstawie danych literaturowych w

formie podobnych zależności korelacyjnych jak ma to miejsce w normie, przy czym uwzględniono nową klasyfikację nazw i stanów gruntu według standardu ISO.



Rys.16. Rekomendowane wartości charakterystyczne parametrów wytrzymałości na ścinanie gruntów gruboziarnistych. [19]



Rys.17. Rekomendowane wartości charakterystyczne parametrów wytrzymałości na ścinanie gruntów drobnoziarnistych.[19]

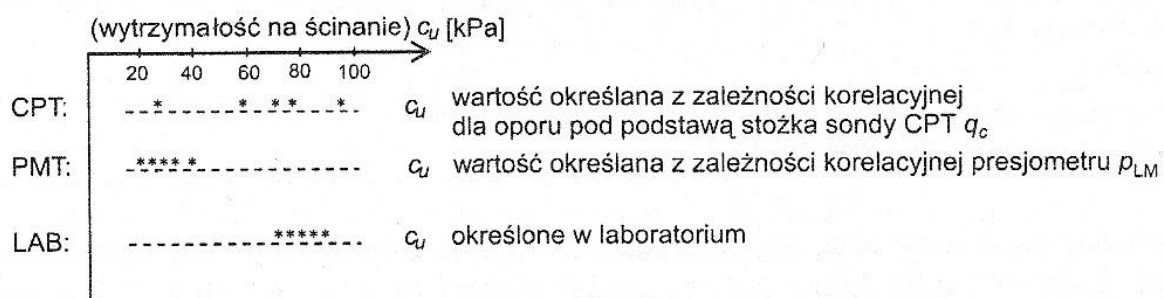
Przykładowo założmy, że mamy jednorodną warstwę gruntu. Wykonano dwa rodzaje badań polowych, np.: pięć pomiarów sondą CPT i pięć pomiarów presjometrem. Wykonano także pięć badań laboratoryjnych w celu określenia wytrzymałości na rozciąganie przy szybkim ścinaniu. Na podstawie wartości  $q_c$  z sondowania sondą CPT i wartości  $P_{LM}$  z badania presjometrycznego uzyskano zbiory wartości, które można skorelować z wytrzymałością na ścinanie bez odplywu.

Określone z tych trzech zbiorów wartości służą do określenia wartości charakterystycznych przyjmowanych w projektowaniu np. w tym przypadku  $c_u$ . Podana przez geotechnika wartość  $c_u$  nie musi być zgodna z dokładnym wynikiem któregoś z badań.

Właściwie oba te terminy inaczej nazywane stosowaliśmy i stosujemy.

Wartości wyprowadzone to znowu nic innego jak korelacje między danymi określonymi w terenie, np.  $N_{10}$  – z sondowań, a wartościami  $I_D$ .

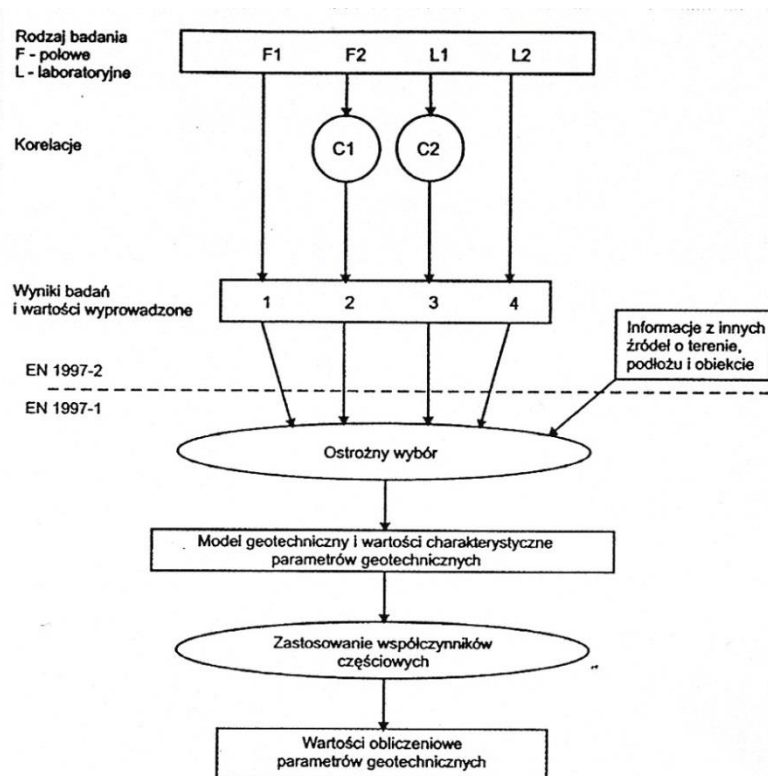
W zasadzie wartości wyprowadzone są wartościami eksperckimi parametrów geotechnicznych. Zmienia to bardzo dotychczasową praktykę i sposób myślenia geotechnika. Nie ma potrzeby ani obowiązku podawania jako parametru geotechnicznego dokładnie tych wartości, które uzyskano z badań laboratoryjnych próbek jako wyników charakteryzujących warstwę np.  $\phi$  i  $c$ . Odchodzimy od stosowanej w naszych normach (03020) praktyki określania wartości średnich, np. z 5 badań.



Rys.18. Zasada wartości wyprowadzonych [32]

Należy zauważyć, że nie podano sugestii, ile wynosi przyjęta na podstawie tych badań wartość charakterystyczna. Wskazane wartości  $c_u$ , określone przez trzech różnych ekspertów na podstawie tych wyników, wynosiły : A – 70 kPa, B – 60 kPa, C – 30 kPa. Brakuje zatem jednoznacznej teoretycznej miary, a przyjęcie wartości odbywa się na odpowiedzialność eksperta.

Analiza wyników pomiarów, które należy wykonać, przebiega na podstawie określonych korelacji z literatury, norm i doświadczeń własnych. Korelacje powinny być ogólnie akceptowane albo uzasadnione badaniami. W zadaniach 2 kategorii geotechnicznej powinno się korzystać z ogólnie uznanych, sprawdzonych zależności. Wartości wyprowadzone z pomiarów dokonanych w trakcie sondowań ( np.  $q_c$ ,  $f_s$ ) z sondy CPT przekładamy w wyniku korelacji na parametry ( $\phi$ ,  $c$ ,  $E$ ) potrzebne do projektowania. Dobrze jest, jeśli korelacje te są sprawdzone regionalnie, tj. na tym etapie gruntu, który badamy. Źle dobrany wykres lub wzór do korelacji powoduje błąd systematyczny.



Rys.19. Schemat wyboru wartości wyprowadzonych, charakterystycznych i obliczeniowych parametrów geotechnicznych .

Nowe procedury przy wyznaczaniu parametrów opisujących grunty i związana z tym konieczność wymiany sprzętu badawczego powinny wyeliminować „procedury” oparte na metodzie B (PN-81/B-03020). Choć jeżeli chodzi o przyzwyczajenia, może to być długi proces.

Niezajomość prawa powoduje nadal, że praktyka stosowana przez niektórych projektantów, dokumentatorów geotechnicznych jak i organy administracji budowlanej odbiega od wymagań zawartych w Rozp. z dn. 25.04.2012 r. i ustalonych nowych procedur.

Zapisy Rozporządzeń i Ustaw obowiązują przecież wszystkie strony procesu inwestycyjnego i wymagają prawidłowego stosowania wymagań w zakresie opinii, dokumentacji jak i projektów geotechnicznych.

***Uwaga : Ważne !***

**Może świadomość, że niekompletność dokumentacji i projektów budowlanych grozi rozpoczęciem procedury kasacji decyzji administracyjnej, przyspieszy w Polsce przejście na normalne traktowanie prawa , a nie tylko z przymrużeniem oka.**



Wobec powyższego, geotechnicy i konstruktorzy (projektanci) muszą zweryfikować swoją wiedzę i przyzwyczajenia zapominając przy tym o metodzie U.D.A. ( uda się , albo się nie uda ) !!!

### 13. Badania podłoża i projektowanie posadawiania budowli – podstawowe definicje.

Problematyka geotechnicznych badań podłoży gruntowych oraz fundamentowania jest jednym z podstawowych elementów każdego procesu inwestycyjnego.

Przecież każda inwestycja wiąże się z posadowieniem na gruncie.

Jest to, jak niektórzy trafnie zauważają, mankament wynikający z istnienia grawitacji na naszej planecie.

Stąd też dokładne określenie warunków gruntowych stanowi bardzo istotne działanie wpływające na bezpieczeństwo konstrukcji oraz koszty związane z realizacją inwestycji.

Obecnie, w praktyce inżynierskiej, po wprowadzeniu szeregu aktów prawnych i normalizacji, dokonuje się swoista rewolucja. Dotyczy to szczególnie zmiany sposobów badań podłoża gruntowego, projektowania w tym także geotechnicznego, pomiarów parametrów, monitoringu obiektów wznoszonych, a przede wszystkim zmiany mentalności stron procesów inwestycyjnych.

Ogólnie, zakres badań powinien umożliwiać określenie i wydzielenie na ich podstawie warstw geotechnicznych z dokładnością odpowiadającą wymaganiom obliczeń nośności i stateczności budowli. Podłoże powinno być rozpoznane do głębokości strefy aktywnej oddziaływania budowli i zakończyć się w warstwie gruntów nośnych.

Cechy podłoża należy ustalać każdorazowo na podstawie wierceń lub wykopów badawczych, sondowań i innych badań polowych, badań makroskopowych oraz szczegółowych badań laboratoryjnych.

Badania laboratoryjne powinny objąć swoim zakresem przede wszystkim właściwości fizyko-mechaniczne warstw określanych zwykle ogólnikowo w różnego typu opracowaniach jako „nienośne”.

Tab.7. Rodzaje potrzebnych dokumentów w zależności od warunków gruntowych i kategorii geotechnicznej

Warunki gruntowe	Pierwsza kategoria geotechniczna	Druga kategoria geotechniczna	Trzecia kategoria geotechniczna
Proste			
Złożone			
Skomplikowane			
<b>Legenda :</b>	- Opinia geotechniczna - Dokumentacja badań podłoża gruntowego - Projekt geotechniczny - Dokumentacja geologiczno-inżynierska		

Tab.8. Wymagane formy opracowań wyników badań podłoża gruntowego w zależności od etapu inwestycji.

Etap inwestycji		Wymagany dokument	Podstawa prawna	Etap badań
Planowanie	Wizja	-	-	-
	Koncepcja Studium wykonalności Program funkcjonalno-użytkowy (PFU)	Studium geologiczno-inżynierskie	Brak	Badania wstępne mające na celu wybór lokalizacji i koncepcję budowli
	Projekt budowlany i wykonawczy	Opinia geotechniczna	Prawo budowlane	Badania do celów projektowania
Program badań		Brak		
		Projekt robót geologicznych, jeśli wykonywane są roboty geologiczne Dokumentacja geologiczno-inżynierska Dokumentacja hydrogeologiczna (jeśli wymagana odrębnymi przepisami)	Ustawa Prawo geologiczne i górnicze	
		Dokumentacja badań podłoża gruntowego Projekt geotechniczny	Ustawa Prawo budowlane	
Budowa	Wybór inżyniera kontraktu	-	-	-
	Wybór wykonawcy inwestycji	-	-	-
	Budowa infrastruktury	Raport geotechniczny	Brak	Badania kontrolne i monitoringowe (Badania uzupełniające)
	Przekazanie linii do eksploatacji	-	-	-
Eksploatacja (utrzymanie)	Eksploatacja Konserwacja	Raport geotechniczny	Brak	Badania kontrolne i monitoringowe (Badania uzupełniające)

Niejednoznaczności przepisów Ustawy Prawo budowlane, Rozp. MTBiGM z dnia 25.04.2012 r. oraz Ustawy Prawo geologiczne i górnicze błędne niejednokrotnie tłumaczenie zwrotów zawartych w Eurokodzie 7 (PN-EN 1997-1,2) spowodowały zrozumiałe zaniepokojenie wśród projektantów konstrukcji budowlanych, geologów inżynierskich i geotechników.

Podstawą prawną Rozp. MTBiGM z 25.04.2012 r. są zapisy art. 34, ustęp 3 i 6 ustawy Prawo budowlane (Dz. U. z 2010 r. Nr 243, poz.1623, z późn. zm.). Powołanie w Prawie budowlanym sprawia, że rozporządzenie podlega tylko i wyłącznie przepisom ustawy Prawo budowlane.

**Dokumentacje geotechniczne wchodzące w skład ustalania warunków geotechnicznych posadawiania obiektów budowlanych (opinia geotechniczna, dokumentacja badań podłoża gruntowego i projekt geotechniczny) nie podlegają więc przepisom Prawa geologicznego i górniczego i związanych z nim rozporządzeń.**

W żadnym przypadku nie wymagają konieczności zatwierdzenia przez geologa wojewódzkiego. Osoby wykonujące poszczególne dokumentacje geotechniczne nie podlegają zasadom kwalifikacji określonym w przepisach związanych z Prawem geologicznym i górnictwem, a tym samym nie muszą posiadać uprawnień geologicznych w świetle stosownego rozporządzenia do tej ustawy.

W przypadku niektórych obiektów budowlanych, w trzeciej kategorii geotechnicznej, przy występowaniu skomplikowanych warunków gruntowo-wodnych, niezbędna jest zarówno dokumentacja geologiczno-inżynierska (w myśl definicji przedstawionej na końcu stanowiska) jak i dokumentacja hydrogeologiczna, o czym zapomniano w tekście rozporządzenia. W przypadku obiektów hydrotechnicznych może być dodatkowo wymagany operat wodno-prawny, a w przypadku niektórych obiektów budowlanych raport o oddziaływaniu na środowisko.

Zmiany w rozporządzeniu z 25 kwietnia 2012 r. są wynikiem harmonizacji polskiego Prawa budowlanego z europejskimi normami konstrukcyjnymi, w tym przypadku z Eurokodem 7 (PN-EN 1997-1, 2). W Eurokodzie 7 nie występują badania geologiczno-inżynierskie podłoża, natomiast mówi się wyraźnie o laboratoryjnych i polowych badaniach geotechnicznych i ściśle określa się procedury tych badań. Wprowadzono również jednoznaczne pojęcie dokumentacji badań podłoża gruntowego. Również pojęcie projektu geotechnicznego jest wynikiem harmonizacji polskiego prawa z normami europejskimi.

W rozporządzeniu w § 8 zawarta jest definicja opinii geotechnicznej, w § 9 definicja dokumentacji badań podłoża gruntowego, a w § 10 definicja projektu geotechnicznego.

Zgodnie z tymi zapisami, w oryginalnym tekście mamy:

- Geotechnical design report – GDR - (Raport geotechniczny),
- Ground investigation report – GIR - (Dokumentacja badań podłoża).

**Projekt geotechniczny**, który jako wyrażenie pojawił się w różnego rodzaju zapisach, artykułach, a nawet materiałach aplikacyjnych jest w sumie niefortunnym tłumaczeniem z języka angielskiego GDR.

Słowo „design” w języku angielskim nie dotyczy tylko i wyłącznie projektowania.

Stąd wniosek o zmianę określenia:

**Projekt geotechniczny**

→ np. na →

**Raport geotechniczny.**

Obecnie, przez to „niefortunne tłumaczenie GDR” można zauważyć mylenie pojęć.

Bardzo często pojawiają się wśród projektantów dylematy : czy „projekt geotechniczny” to projekt fundamentów i jeszcze w dodatku z doбором zbrojenia !!!?

A może, to jest Projekt Wykonawczy?!!!

Jest to konsekwencja niekonsekwencji osób, które nie widziały rozbieżności w trakcie tłumaczenia m.in. tego zwrotu (GDR).

Według autorów tego tłumaczenia, projekt geotechniczny powinien zawierać:

- obliczeniowe parametry geotechniczne,
- częściowe współczynniki bezpieczeństwa,
- obliczeniowy model podłoża gruntowego (przekrój geotechniczny),
- obliczenia nośności podłoża,
- obliczenia osiadań,
- obliczenia ogólnej stateczności podłoża,
- określenie oddziaływań od gruntu i wody gruntowej,
- sposób przeciwdziałania jej skutkom,
- zakres prowadzenia monitoringu obiektu budowlanego.

Czy wyżej wymienione składniki mogą po pierwsze kojarzyć się z projektem geotechnicznym, i po drugie być opatrzone słowem „projekt”.

Na oba pytania sądzę, że trafnie można odpowiedzieć : **NIE !**

Wszystkie te składniki służą dopiero projektantowi konstrukcji do stosownych obliczeń i do wyboru odpowiedniego fundamentowania.

**W ten sposób odpowiedziałem na wcześniejsze pytanie dotyczące pryncypiów projektantów konstrukcji.**

## 14. Podstawowe definicje

**Projektant konstrukcji obiektu budowlanego posiadający odpowiednie uprawnienia bez ograniczeń :**

- może sam wykonać opinię geotechniczną i projekt geotechniczny, ponosząc pełną odpowiedzialność prawną za wykonanie tego projektu.,
- może zlecić wykonanie projektu geotechnicznego uprawnionemu geotechnikowi i wówczas geotechnik weźmie całkowitą odpowiedzialność prawną za wykonanie tego projektu.

**Kategoria geotechniczna obiektu budowlanego** - rozumie się przez to stopień skomplikowania obiektu budowlanego, złożoność warunków gruntowych, współpracę konstrukcji i podłoża gruntowego, a także potencjalne oddziaływanie konstrukcji na środowisko oraz środowiska na konstrukcję,

**Opinia geotechniczna** – rozumie się przez to dokument techniczny,

- który w pierwszej kategorii geotechnicznej, w prostych warunkach gruntowych, w zwięzłej formie zastępuje dokumentację badań podłoża gruntowego przez ustalenie warunków geotechnicznych posadowienia obiektów budowlanych, w zależności od potrzeb z wynikami badań laboratoryjnych i polowych;
- lub określa kategorię geotechniczną obiektu budowlanego lub jej zmianę;

- lub w drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej określa zakres laboratoryjnych i polowych badań podłoża gruntowego, niezbędnych do wykonania obliczeń w ramach projektu geotechnicznego;
- lub w procesie projektowania i wykonawstwa służy do wyjaśnienia kwestii geotechnicznych istotnych dla projektanta konstrukcji obiektu budowlanego, projektanta robót geotechnicznych lub wykonawcy obiektu budowlanego,

**Dokumentacja badań podłoża gruntowego** – rozumie się przez to opracowanie,

- zgodnie z Polskimi Normami PN-EN 1997-1: Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne - Część 1: Zasady ogólne i
- PN-EN1997-2: Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego,

zawierające opis metodyki polowych i laboratoryjnych badań gruntu, ich wyniki i interpretacje, model geologiczny oraz zestawienie wartości zbadanych właściwości fizyko-mechanicznych gruntu dla każdej warstwy, niezbędne do opracowania projektu geotechnicznego,

**Projekt geotechniczny** - rozumie się przez to część projektu budowlanego zawierającą,

- zgodnie z Polskimi Normami PN-EN 1997 : Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne - Część 1: Zasady ogólne i
- PN-EN 1997-2: Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego,

określenie obliczeniowych (projektowych) parametrów geotechnicznych, wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa, obliczeniowy model podłoża gruntowego (w prostych przypadkach przekrój geotechniczny podłoża gruntowego), obliczenia nośności i stateczności gruntu i fundamentów konstrukcji, specyfikację badań niezbędnych do zapewnienia jakości robót ziemnych i specjalistycznych robót geotechnicznych oraz dane dla projektanta konstrukcji niezbędne do bezpiecznego zaprojektowania fundamentów obiektu budowlanego,

**Dokumentacja geologiczno-inżynierska** - rozumie się przez to **dodatkowe** opracowanie zawierające wyniki badań i analizy niekorzystnych warunków geologicznych, zwłaszcza zjawisk i form krasowych, osuwiskowych, sufozyjnych, kurzawkowych, glacictektonicznych, gruntów ekspansywnych i zapadowych, na obszarach szkód górniczych, przy możliwych deformacjach górotworu, w obszarach dolin i delt rzek oraz na obszarach morskich.

## 15. Badania kategorii I.

### Program badań

Badania kategorii I dotyczą tylko prostych warunków gruntowych. Wstępne informacje o występowaniu prostych warunków gruntowych można uzyskać z materiałów geologicznych i archiwalnych profili wierceń w otoczeniu projektowanej budowli; wykorzystać tu można również doświadczenia regionalne i wywiady dotyczące posadowienia sąsiednich obiektów, spostrzeżenia dotyczące rzeźby terenu, rodzaju szaty roślinnej itp.

Badania kategorii I obejmują:

- rozpoznanie gruntów zalegających w poziomie posadowienia,
- rozpoznanie gruntów do poziomu posadowienia w celu ustalenia prawidłowej organizacji robót ziemnych,
- określenie profilu gruntowego od 2 m do 3 m poniżej poziomu posadowienia,
- ustalenie zwierciadła, wahań poziomu wody gruntowej i jej agresywności.

Rozpoznanie warunków geotechnicznych kategorii I odbywa się zazwyczaj na podstawie:

- a) dokumentacji archiwalnych,
- b) małosrednicowych wierceń geotechnicznych,
- c) obserwacji studni lub innych punktów umożliwiających ustalenie poziomu wód gruntowych i agresywności środowiska.

Badania laboratoryjne wykonuje się tylko sporadycznie w celu sprawdzenia oznaczeń makroskopowych.

Rodzaj i liczbę niezbędnych punktów badawczych oraz ich rozmieszczenie ustala się zależnie od stopnia wstępnego rozpoznania geologicznego terenu, warunków gruntowych i wodnych oraz projektowania zabudowy. Nowe punkty sytuuje się zwykle od 2 m do 3 m poza obrysem budynku, a w przypadku budowli wielonawowych również w osiach słupów wewnętrznych. Dla jednego budynku o powierzchni mniejszej niż 600 m<sup>2</sup> należy wykonać co najmniej trzy otwory wiertnicze lub wykopy badawcze względnie sondowania. Dla obiektów o powierzchni większej niż 600 m<sup>2</sup> liczbę otworów lub wykopów należy zwiększyć, zgodnie z tablicą 9, przy czym odległość między nimi nie powinna przekraczać od 30 m do 50 m.

Dla obiektów liniowych odległość między punktami badawczymi nie powinna przekraczać 100 m. Przy projektowaniu dróg można stosować większe odległości. Podane liczby oznaczają łączną liczbę punktów badanych.

Tablica.9. Liczba punktów badawczych przy badaniach w kategorii I, w zależności od powierzchni projektowanej zabudowy [32]

Liczba punktów dla powierzchni zabudowy w m <sup>2</sup>				
do 600	od 600 do 1 500	od 1 500 do 5 000	od 5 000 do 20 000	więcej niż 20 000
od 3 do 5	od 5 do 8	od 8 do 12	od 12 do 18	od 5 do 7 na każdy następny ha

W wyjątkowo prostych warunkach gruntowych, przy dobrym wstępnym rozpoznaniu tych warunków, zmniejsza się podane w tablicy 15 liczby lub można zrezygnować z badań i do projektowania przyjmuje się dane na podstawie rozpoznania archiwalnego (wstępnego).

Przyjęte do projektu dane sprawdza się wówczas w wykopie budowlanym. W dokumentacjach wielostadiowych, gdy nie jest określona lokalizacja obiektu, wykonuje się badania wstępne jako badania kategorii I niezależnie od zróżnicowania podłoża.

### **Dokumentacja geotechniczna kategorii I - Opinia geotechniczna.**

Opinia geotechniczna dla kategorii I składa się z części opisowej, planu sytuacyjnego zawierającego lokalizację budowli i punktów badań geotechnicznych, profili i przekrojów geotechnicznych z naniesionymi danymi o gruntach i poziomach wód gruntowych oraz ewentualne zestawienia profili archiwalnych wierceń i wykonanych w trakcie badań polowych.

Część opisowa dokumentacji powinna obejmować:

- opis stanu działki i jej otoczenia w okresie badań,
- informacje o wcześniejszym sposobie użytkowania terenu,
- opis projektowanych budowli, jeśli to możliwe również opis ich oddziaływań na podłoże gruntowe,
- opis wyników wykonanych badań,
- analizę warunków geotechnicznych oraz ustalenie geotechnicznych warunków posadowienia i zalecenia dotyczące fundamentów i robót ziemnych,
- zestawienie źródeł informacji oraz stosowanych norm i przepisów,
- wskazanie związanych z geotechniką prac sprawdzających i czynności, które powinny być wykonane podczas budowy.

## **16. Badania kategorii II.**

### **Program badań**

Program powinien określać zadania i podawać sposoby ich rozwiązania oraz zawierać specyfikację badań terenowych i laboratoryjnych.

Podstawę programu badań stanowią:

- założenia inwestycyjne,
- plan sytuacyjno-wysokościowy (w skali co najmniej 1:1 000) z lokalizacją projektowanych budowli i informacjami o uzbrojeniu terenu,
- archiwalne informacje o terenie, wiercenia, mapy geologiczne, literatura dotycząca terenu i jego podłoża, także w strefie możliwego oddziaływania obiektu.
- Program badań podłoża powinien zakładać taki zakres badań, aby wyjaśnić istotne problemy geotechniczne wynikające z wymagań projektu.

W ramach tych badań należy:

- sprecyzować problemy, które mają być rozwiązane, oraz określić zmiany w podłożu, jakie mogą wywołać przewidywane prace budowlane,
- ustalić adekwatny do potrzeb zakres badań,
- opracować część tekstową i graficzną programu.

## **Prace wstępne**

W ramach prac wstępnych należy zebrać materiały na temat badanego terenu i jego otoczenia, które należy wykorzystać do ustalenia warunków geotechnicznych.

W pracach wstępnych należy uwzględnić:

- dane - publikowane i archiwalne - dotyczące budowy geologicznej terenu badań i jego najbliższego otoczenia,
- ocenę ogólnej przydatności terenu do programowanej inwestycji,
- topografię, rzeźbę terenu, szatę roślinną,
- warunki wodne,
- informacje o zmianach jakie miały miejsce w przeszłości (wykopy, nasypy, uzbrojenie, zabudowa),
- stan sąsiednich budowli i informacje wynikające z prowadzonych w okolicy robót ziemnych i budowlanych,
- doświadczenia wynikające z budownictwa w regionie,
- inne informacje, mogące służyć określeniu warunków geotechnicznych.

## **Zakres badań terenowych**

Liczba podstawowych punktów obserwacyjnych i ich usytuowanie w terenie powinny umożliwić wydzielenie warstw geotechnicznych z dokładnością odpowiadającą wymaganiom obliczeń projektowych. Przyjmuje się następujące wymagania minimalne:

- Najmniejsza dopuszczalna liczba punktów obserwacyjnych dla jednej budowli wynosi cztery w tym co najmniej jeden otwór wiertniczy; jeżeli istnieje możliwość wykorzystania archiwalnych otworów wiertniczych, wykonywanie otworu nie jest konieczne.
- Dla obiektów liniowych rozstaw punktów obserwacyjnych nie powinien przekraczać 100 m - w przypadku prostych oraz 50 m - w przypadku złożonych warunków gruntowych.
- Dla obiektów o zwartym obrysie w planie odległość między punktami obserwacyjnymi nie powinna być większa niż 40 m – w przypadku prostych oraz większa niż 20 m - w przypadku złożonych warunków gruntowych, w razie potrzeby dla uściślenia warunków geotechnicznych należy zwiększyć liczbę punktów badawczych.
- Jeżeli podczas badań stwierdzone zostanie występowanie gruntów słabych, mogących wpływać w istotny sposób na wartości osiadań i nośności podłoża, liczbę punktów badawczych należy zwiększyć tak, aby można było jednoznacznie ustalić rozciągłość i miąższość warstw geotechnicznych obejmujących te grunty.
- W przypadku lokalizacji projektowanych budowli w bezpośrednim sąsiedztwie budowli istniejących, należy - szczególnie gdy brak dokumentacji tych budowli - wykonać odkrywki istniejących fundamentów w celu określenia ich stanu, rodzaju, wymiarów i głębokości posadowienia, po czym należy zbadać możliwość wzajemnego niekorzystnego oddziaływania nowych i starych budowli.
- W trakcie prowadzenia prac polowych należy prowadzić obserwację zwierciadła wód gruntowych w dostępnych miejscach i otworach.



Wiercenia i sondowania powinny obejmować sferę podłoża, w której właściwości gruntów mają istotny wpływ na projektowanie, wykonywanie i eksploatację budowli. Jako zasadę przyjmuje się następujące minimalne głębokości badań.

- dla stóp i ław fundamentowych - od 1 do 3 szerokości fundamentu poniżej przewidywanego poziomu posadowienia, lecz nie mniej niż 5 m,
- dla fundamentów płytowych - szerokość płyty poniżej przewidywanego poziomu posadowienia,
- dla fundamentów palowych - zazwyczaj 5-krotna średnica pala i nie mniej niż 3 m poniżej jego podstawy i każdorazowo głębokość zapewniająca bezpieczeństwo posadowienia,
- w obszarach występowania gruntów antropogenicznych głębokość zależy od ich miąższości, ściśliwości i strefy oddziaływania budowli.

W każdym przypadku należy ustalić miąższość nasypów.

W uzasadnionych przypadkach - np. gdy dane geologiczne lub wcześniejsze badania wskazują na występowanie warstw o dużej nośności i miąższości - głębokość badań można ograniczyć do poziomu około 0,5 m poniżej stropu warstwy nośnej występującej w podłożu.

W czasie wykonywania prac terenowych konieczne jest bieżące analizowanie wyników. W przypadku stwierdzenia istotnych różnic budowy geologicznej w porównaniu z przewidywaną w programie badań, zakres badań należy uaktualnić, a nawet zmienić kategorię geotechniczną.

W szczególności dotyczy to:

- a) zagęszczenia wierceń lub sondowań w celu uściślenia zasięgu gruntów słabych,
- b) pogłębienia otworów badawczych poniżej spągu gruntów słabych,
- c) zmniejszenia liczby punktów badawczych lub ich głębokości, jeżeli stwierdza się korzystniejsze od przewidywanych warunki geotechniczne.

W celu wydzielenia warstw geotechnicznych, badania gruntów należy prowadzić w zakresie umożliwiającym określenie parametrów geotechnicznych wydzielanych warstw.

Próbki gruntów pobiera się w takiej liczbie, aby dla każdej wydzielanej warstwy geotechnicznej można było oznaczyć cechy identyfikacyjne gruntu oraz określić potrzebne parametry geotechniczne.

Próbki wody w celu zbadania jej agresywności należy pobierać wówczas, gdy projektuje się posadowienie obiektów poniżej zwierciadła wód gruntowych lub w strefie wahań zwierciadła wód gruntowych.

### **Zakres badań laboratoryjnych**

W przypadku kategorii II nie zawsze zachodzi konieczność ustalania parametrów geotechnicznych na podstawie badań laboratoryjnych. Badania laboratoryjne służą zwykle do potwierdzenia ustaleń dokonanych w terenie; są to badania identyfikacyjne gruntów określające ich skład granulometryczny, wilgotność, granice płynności i plastyczności, stan gruntu.

## **Dokumentacja geotechniczna kategorii II**

Dokumentację badań podłoża gruntowego opracowuje się na podstawie analizy materiałów archiwalnych oraz wyników badań terenowych i laboratoryjnych wraz z opracowaniem projektu geotechnicznego.

Wynikiem badań jest ustalenie warstw geotechnicznych i charakteryzujących je parametrów geotechnicznych.

Stosownie do możliwości i potrzeb zaleca się wartość każdego określonego parametru geotechnicznego porównywać z danymi wynikającymi z regionalnych doświadczeń geotechnicznych, a także uwzględnić publikowane korelacje. Parametry geotechniczne warstwy można określić z wystarczającą dokładnością na podstawie wyników sondowań w połączeniu z analizą makroskopową, na podstawie korelacji lub doświadczenia. Określa się je także przez laboratoryjne badania próbek. Wybór metody ustalania parametrów zależy od warunków lokalnych, dokładności wstępnego rozpoznania, kategorii geotechnicznej, dopuszczalnego stopnia ryzyka.

Przy ustalaniu wartości parametrów geotechnicznych uwzględnia się fakt, że wartości wielu z nich nie są stałe, lecz zależą od takich czynników jak stan naprężenia, warunki konsolidacji, zmienna zawilgocenia.

Wykonuje się tyle badań, aby na ich podstawie możliwe było określenie zmienności i odchyień standardowych metodami przyjętymi w geotechnice oraz podanie wartości wyprowadzonych parametrów.

Dokumentacja geotechniczna kategorii II powinna zawierać niezbędne dane ilościowe potrzebne do projektowania.

Dokumentacja geotechniczna składa się z części opisowej i części graficznej, ujmujących całość wyników badań.

Część opisowa dokumentacji powinna zawierać:

- kartę tytułową z informacją ogólną (nazwa inwestora, nazwiska: projektanta, wykonawcy badań geotechnicznych, konsultantów i podwykonawców).
- określenie zadania i celu badań,
- lokalizację terenu badań,
- charakterystykę projektowanej budowli: wymiary, przewidywane obciążenia,
- zakres badań geotechnicznych,
- typ urządzeń wykorzystywanych w badaniach terenowych,
- dane o zespołach, które wykonywały badania,
- termin wykonywania prac terenowych i laboratoryjnych,
- analizę materiałów archiwalnych oraz zakres ich wykorzystania,
- charakterystykę terenu badań, stosownie do potrzeb pod względem geologicznym, hydrogeologicznym, morfologicznym i hydrograficznym,
- dokładną charakterystykę warunków geotechnicznych w obrębie dokumentowanego terenu, zawierającą przede wszystkim charakterystykę wydzielonych warstw geotechnicznych z omówieniem wartości parametrów budujących je gruntów,

- wartości parametrów uzyskane na podstawie wykonanych badań,
- jako szczególnie istotne: wnioski i zalecenia dotyczące realizacji i eksploatacji budowli, w tym:
  - ocenę podłoża określającą możliwość zrealizowania projektowanej budowli,
  - ocenę projektowanej głębokości posadowienia lub kryteria właściwego doboru tej głębokości.

Zaleca się umieszczenie w części opisowej - stosownie do potrzeb i możliwości - także następujących danych:

- omówienia i uzasadnienia ewentualnych zmian w zakresie badań i wykonaniu prac w stosunku do programu,
- oceny zgodności wyników badań terenowych i laboratoryjnych oraz ich krytyczną ocenę na tle danych archiwalnych i z literatury,
- prognozy osiadań,
- ustalenia poziomów piezometrycznych wód gruntowych i ich wahań, a także kierunków filtracji oraz charakterystyki agresywności wód w stosunku do materiałów konstrukcyjnych,
- oceny długookresowych zmian warunków wodnych, zwłaszcza w odniesieniu do pierwszego poziomu wód gruntowych, lub mogących mieć wpływ na zmiany gruntów,
- wskazania sposobów odwodnienia okresowego lub trwałego,
- zaleceń dotyczących sposobu wykonania robót ziemnych, szczególnie w bezpośrednim sąsiedztwie istniejących obiektów,
- zaleceń dotyczących sposobu zabezpieczenia powierzchni terenu przyległego do budowli przed infiltracją wód opadowych,
- innych, w zależności od potrzeb.

W skład części graficznej dokumentacji kategorii II wchodzi:

- plan sytuacyjno-wysokościowy w skali 1:500 (w uzasadnionych przypadkach w innej skali), z lokalizacją wykonanych i archiwalnych punktów badawczych, przekrojów geotechnicznych oraz projektowanych obiektów,
- profile analityczne wierceń i sondowań (wykonanych i archiwalnych),
- rysunki wykopów badawczych,
- rysunki odkrywek fundamentowych,
- przekroje geotechniczne,
- problemowe mapy geotechniczne (np. mapa zasięgu, stropu i miąższości gruntów słabych, izoliniowa mapa występowania pierwszego poziomu wód gruntowych itp.).

## 17. Badania kategorii III.

### Program badań

Budowle zaliczone do kategorii III wymagają szczególnie dokładnego i wnikliwego zbadania podłoża gruntowego oraz opracowania również **dodatkowo** dokumentacji geologiczno-inżynierskiej zgodnie z wymaganiami prawa geologicznego i górniczego i projektu geotechnicznego.

Na wstępie należy dokładnie zapoznać się z całym planowanym przedsięwzięciem. Należy rozpatrzyć rodzaj i funkcje projektowanej budowli, jej rozmiary, zagłębienie, rodzaj i sposób przekazywania obciążeń, wrażliwość na osiadania. Ważna jest także lokalizacja budowli i możliwości jej zmiany w obrębie działki oraz sposób zagospodarowania otoczenia.

Wszystkie te dane - jako założenia technologiczne i konstrukcyjno-budowlane, stosownie do potrzeb - powinny być dostarczone wraz z planem sytuacyjno-wysokościowym w skali 1:500 (w uzasadnionych przypadkach w innej skali). Na planie powinien być przedstawiony aktualny stan terenu i jego uzbrojenia oraz położenie projektowanych obiektów. Ponadto należy zgromadzić dane dotyczące budowy geologicznej okolicy, ewentualnie występowania czynnych procesów geologicznych i inne dane ogólne o okolicy, mogące mieć znaczenia dla dalszych badań- zgodnie z definicją.

***Dokumentacja geologiczno-inżynierska** - rozumie się przez to **dodatkowo** opracowanie zawierające wyniki badań i analizy niekorzystnych warunków geologicznych, zwłaszcza zjawisk i form krasowych, osuwiskowych, sufozyjnych, kurzawkowych, glacitektonicznych, gruntów ekspansywnych i zapadowych, na obszarach szkód górniczych, przy możliwych deformacjach górotworu, w obszarach dolin i delt rzek oraz na obszarach morskich.*

W czasie wizji lokalnej należy zapoznać się z obecnym stanem zagospodarowania terenu, jego morfologią i topografią, określić jednostkę lub jednostki geomorfologiczne występujące na rozpatrywanym obszarze, w miarę możliwości stwierdzić, czy występują czynne procesy geodynamiczne, obserwować wody powierzchniowe, stan sąsiednich obiektów, ewentualnie istniejących w pobliżu wyrobisk, zebrać informacje od miejscowych wykonawców robót budowlanych i ludności. Podczas wizji lokalnej należy zebrać także inne informacje i dane, które mogą być przydatne przy opracowywaniu projektu **robót** geologicznych. Wybór metody badań powinien być uzależniony od warunków geotechnicznych w jakich podłoże będzie pracować w czasie realizacji i eksploatacji projektowanej budowli.

Metody badań można podzielić na badania, które pozwalają na ustalenie właściwości gruntów "in situ" oraz uzupełniające badania laboratoryjne.

Zakres badań kategorii III powinien odpowiadać potrzebom wyjaśnienia zjawisk i procesów jak w definicji + badania specjalistyczne. Oprócz obserwacji, odkrywek, wierceń badawczych, sondowań statycznych i dynamicznych, próbnych obciążeń - stosuje się badania

współczynnika filtracji, badania geofizyczne (radarowe, elektrooporowe, sejsmiczne) i inne badania specjalne zależnie od potrzeby.

Zaleca się, aby zakres i metody laboratoryjnych badań próbek gruntu i wody ukierunkowane były ściśle na rozwiązanie problemów projektu. W badaniach należy odtwarzać stany oddziaływań jakie będą występować podczas pracy obiektu i w tych stanach określać potrzebne parametry geotechniczne do projektowania.

Analizując materiały archiwalne należy wykorzystać między innymi:

- przeglądowe, podstawowe i szczegółowe mapy geologiczne Polski,
- opracowania fizjograficzne,
- dokumentacje geologiczne i geotechniczne,
- wiercenia archiwalne,
- dane dotyczące pierwszego poziomu wód gruntowych - jego głębokości i wahań,
- dla obszarów dolinnych - dane dotyczące stanów powodziowych rzek,
- dane dotyczące zjawisk i form krasowych,
- dane dotyczące osuwisk, gruntów ekspansywnych i zapadowych,
- dane dotyczące zjawisk sufozyjnych, kurzawkowych i glacitektonicznych,
- oraz pozostałe dane w zależności od lokalizacji terenu badań.

Wyniki uzyskane z analizy materiałów archiwalnych przedstawia się w formie opisowej i graficznej.

Zaprojektowane roboty i badania geotechniczne powinny dawać obraz warunków geotechnicznych w zakresie koniecznym do projektowania inwestycji na wszystkich etapach przygotowania inwestycji (studium, koncepcja techniczna), a przede wszystkim danych do opracowania projektu budowlanego i wykonawczego.

Część graficzna projektu robót powinna zawierać:

- przewidywane przekroje geologiczne przez teren,
- mapę dostosowaną do skali przedsięwzięcia inwestycyjnego (1:1 000, 1:500, 1:2 000 itp.) z zaznaczonymi archiwalnymi punktami badawczymi i innymi danymi uzyskanymi z materiałów archiwalnych, np.:
  - głębokość zalegania gruntów słabych,
  - miejsca występowania procesów geodynamicznych,
  - podmokłości,
  - miejsca okresowo zalewane,
  - spodziewane głębokości poziomów wód gruntowych itp.,
  - osuwiska.

W projekcie należy jednoznacznie określić zakres prac badawczych (np. liczba odkrywek i otworów badawczych, zakres badań specjalistycznych), który wynika przede wszystkim z warunków geologicznych, ale także z wielkości obiektu, jego rodzaju i konstrukcji, zakresu przebudowy oraz warunków miejscowych.

W pracach rozpoznawczych powinny być preferowane prace inżyniersko-geologiczne. Punkty badawcze (wiercenia, wykopy) należy rozmieścić w ten sposób, aby możliwe było uzyskanie przestrzennego obrazu budowy geologicznej podłoża. Rodzaj projektowanych badań polowych powinien być dostosowany do spodziewanych warunków geologicznych. Należy zaprojektować taką liczbę otworów badawczych, aby możliwe było pobranie niezbędnych

próbek gruntów do badań laboratoryjnych. Obszar i głębokość rozpoznania powinny obejmować przyszłą strefę oddziaływania budowli na środowisko gruntowe.

Przykładowo zaleca się przyjmowanie następujących głębokości badań:

- w przypadkach sprawdzenia stateczności podłoża - 5 m poniżej najgłębszych prawdopodobnych powierzchni poślizgu,
- przy głębokim posadowieniu obiektów - co najmniej 5 m poniżej przewidywanego zagłębienia podstaw pali, studni opuszczanych, ścianek szczelnych, ścian szczelinowych, innych,
- w innych przypadkach głębokość rozpoznania można określić podobnie jak dla II kategorii geotechnicznej.

W celu wyznaczenia metodą laboratoryjną parametrów fizycznych i mechanicznych gruntów każdej wydzielonej warstwy geotechnicznej trzeba przewidzieć pobranie próbek, z użyciem metody A-1 klasy jakości, umożliwiającą wykonanie badań parametrów wytrzymałościowych oraz odkształceniowych warstwy (tablica 5).

Należy dążyć by na próbkach z każdej wstępnie wydzielonej warstwy geotechnicznej wykonać minimum pięć badań trójosiowych lub/i konsolidometrycznych lub innych, przy czym metodyka badań powinna być dostosowana do zadania geotechnicznego. W przypadku warstw mogących mieć jedynie drugorzędny wpływ na wnioski dotyczące podłoża, zakres prac może być zmniejszony.

Jeśli warstwy wodonośne występują powyżej poziomu posadowienia (również pali, studni itp.), należy przewidzieć pobranie próbek wody z każdej warstwy w celu zbadania jej agresywności.

Należy również rozważyć potrzebę wykonania badań i pomiarów hydrogeologicznych, a szczególnie:

- pobrania próbek gruntów niespoistych w celu określenia ich współczynnika filtracji metodami empirycznymi lub laboratoryjnymi,
- obserwacji i pomiarów prędkości dopływu wody do otworu badawczego oraz polowych badań wodochłonności i nasiąkliwości warstw,
- próbnych pompowań w badawczych studniach depresyjnych,
- badań geofizycznych.

Przy wszystkich problemach nietypowych mogą być projektowane badania specjalne w celu rozwiązania konkretnego zadania.

W projekcie **robót** należy przewidzieć obserwacje, badania i pomiary geotechniczne, jakie będą prowadzone w czasie budowy i podczas eksploatacji obiektu (np. pomiary osiadań, obserwacje procesów geodynamicznych, pomiary inklinometryczne, pomiary hydrogeologiczne itp.).

Przewidziane w projekcie badania laboratoryjne, w połączeniu z badaniami polowymi, powinny umożliwić empiryczne wyznaczenie parametrów wydzielonych warstw geotechnicznych. Zakres badań laboratoryjnych należy rozszerzyć o badania specjalne (np. rozmakanie, pęcznienie, skurcz, ciśnienie pęcznienia, oznaczanie wskaźnika osiadania zapadowego itp.), jeśli przewiduje się, że w warunkach pracy podłoża charakterystyki te będą miały znaczenie.

## **Wykonywanie badań**

Badania należy wykonywać zgodnie z projektem. W przypadku stwierdzenia istotnych różnic budowy geologicznej w porównaniu z przewidywaną w projekcie robót, należy ich zakres na bieżąco uaktualniać. W razie konieczności powiększenia zakresu badań należy stosować zasadę stopniowego zwiększania szczegółowości rozpoznania podłoża gruntowego, a więc zagęszczać badania w miarę postępu prac. Należy rejestrować wszelkie niezgodności planu sytuacyjno-wysokościowego ze stanem rzeczywistym oraz zjawiska i fakty, które mogą mieć wpływ na bezpieczeństwo i trwałość projektowanej budowli.

Badania laboratoryjne wykonuje się według projektu robót, zgodnie z Polskimi Normami. W przypadku badań nietypowych (specjalistycznych) należy wraz z wynikami podać szczegółowe dane dotyczące metodyki badań.

## **Zasady sporządzania dokumentacji.**

Dokumentację sporządza się na podstawie wszystkich danych osiągniętych w trakcie prac geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych.

Dokumentacje i projekty geotechniczne, opracowane na podstawie informacji uzyskanych w wyniku przeprowadzonych badań i analiz, powinny zawierać dostatecznie dokładną prognozę zjawisk i procesów występujących w podłożu gruntowym i w konstrukcji budowli współpracującej z podłożem. Prognoza powinna być podana w takiej formie, aby mogła być wykorzystana przez projektanta, wykonawcę i użytkownika obiektu. Prognoza zjawisk, które mogą wystąpić w podłożu oraz Projekt budowlany powinny uwzględnić wszystkie stany graniczne (użytkowania, nośności) przewidywane przez normy. Jeżeli to wynika ze specyficznych warunków lub wymagań, to należy również uwzględniać warunki dodatkowe, zapewniające zabezpieczenie obiektu przed niekorzystnymi wpływami i oddziaływaniami miejscowego środowiska (w całym okresie jego istnienia), z uwzględnieniem specyfiki budowli oraz warunków jej wykonania i eksploatacji. Dokumentacja kategorii III powinna zawierać część opisową i graficzną (wraz z zestawieniami tabelarycznymi) oraz załączniki.

## **Nadbudowy i przebudowy.**

W przypadku nadbudowy, przebudowy, rekonstrukcji, remontu kapitalnego, modernizacji budowli itp., gdy brak jest dokumentacji projektowej wyjaśniającej sposób posadowienia, należy wykonać odkrywki fundamentów pod elementami nośnymi konstrukcji, w takiej liczbie i do takiej głębokości, aby można było wystarczająco dokładnie określić sposób i głębokość posadowienia. Poza tym do nadbudów i przebudów stosuje się identyczne zasady jak do nowo wznoszonych budowli, podobnie ustalając kategorię geotechniczną i wynikające z niej wymagania.

W przypadku dużych inwestycji drogowych opracowaniem zamykającym etap badań podstawowych jest Dokumentacja geologiczno – inżynierska. Aktualne wytyczne odnośnie zawartości dokumentacji znajdują się w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 08 maja

2014 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (Dz. U. z 09.05.2014r., poz. 596).

Zgodnie z tym aktem prawnym Dokumentację geologiczno – inżynierską składającą się z części tekstowej i graficznej sporządza się w formie papierowej i elektronicznej, co jest nowością. Część tekstowa obejmuje sformalizowane stronę tytułową i tzw. kartę informacyjną, kopię decyzji zatwierdzającej Projekt robót geologicznych, część opisową oraz spis literatury i materiałów archiwalnych. Treść merytoryczną zawiera oczywiście część opisowa tekstu i część graficzna dokumentacji. W Rozporządzeniu zastosowano manierę polegającą na wymienieniu najpierw tych elementów części opisowej i graficznej, które powinny się znaleźć w każdej dokumentacji geologiczno – inżynierskiej (§18), a następnie elementów charakterystycznych dla dokumentacji sporządzanych w określonym celu, w tym na potrzeby posadawiania obiektów budowlanych inwestycji liniowych (§22).

Analizując i nieznacznie modyfikując zapisy obu paragrafów można przyjąć, że część opisowa dokumentacji geologiczno – inżynierskiej wykonanej na potrzeby inwestycji drogowych powinna zawierać:

- określenie inwestora, zleceniodawcy i wykonawcy, dane na temat zlecenia/umowy, podstawę prawną wykonania dokumentacji, numer i datę decyzji oraz nazwę organu zatwierdzającego Projekt,
- informacje o wymaganiach techniczno – budowlanych, określenie celu badań i kategorii geotechnicznej projektowanej inwestycji,
- opis wykonanych badań w nawiązaniu do założeń ustalonych w Projekcie robót geologicznych i analiza ich wyników w aspekcie zakładanego celu badań,
- opis położenia geograficznego i administracyjnego dokumentowanego terenu,
- ogólne informacje o dokumentowanym terenie dotyczące jego rzeźby, zagospodarowania, istniejących obiektów budowlanych, infrastruktury podziemnej i stosunków własnościowych,
- opis budowy geologicznej, z uwzględnieniem nietypowych zjawisk i procesów : tektoniki, krasu, litologii i genezy warstw, osuwiskowości, zjawisk kurzawkowych, sufozyjnych, gruntów ekspansywnych i zapadowych, szkód górniczych, na obszarach dolin i delt rzek oraz na obszarach morskich,
- przedstawienie występujących na trasie projektowanego obiektu budowlanego inwestycji liniowej i w jego sąsiedztwie zjawisk i procesów geodynamicznych (łącznie z kartą rejestracyjną osuwiska lub kartą rejestracyjną terenu zagrożonego ruchami masowym ziemi, jeżeli zostały opracowane), procesów wietrzeniowych, deformacji filtracyjnych, pęcznienia, osiadania zapadowego i przekształceń antropogenicznych oraz ocenę wielkości wpływu tych procesów na realizację tego obiektu,
- opis warunków hydrogeologicznych i hydrologicznych, w tym poziomów wodonośnych, dynamiki wód i kontaktów hydraulicznych między nimi na projektowanej trasie i w jej sąsiedztwie,
- informację o lokalizacji i zasobach złóż kopalin, które mogą być wykorzystane przy wykonywaniu projektowanej inwestycji oraz ich jakości,



- charakterystykę wydzielonych zespołów gruntowych i skalnych, w tym serii litologiczno-genetycznych, oraz opis właściwości fizyko-mechanicznych (parametrów) gruntów (warstw geotechnicznych) tworzących te zespoły,
- ocenę warunków geologiczno-inżynierskich z uwzględnieniem niwelety trasy, wskazanie terenów mało przydatnych i propozycje umożliwiające wariantowe rozwiązanie przebiegu trasy projektowanej inwestycji liniowej,
- ocenę wpływu przebiegu trasy projektowanego obiektu budowlanego inwestycji liniowej na środowisko, ze wskazaniem możliwych zagrożeń,
- określenie kierunków rekultywacji i zagospodarowania obszarów zmienionych antropogenicznie,
- propozycję zakresu i sposobu prowadzenia monitoringu.

Natomiast część graficzna dokumentacji powinna zawierać:

- mapę przeglądową z lokalizacją dokumentowanego terenu (w skali 1 : 100 000 lub większej)
- plan sytuacyjny sporządzony w skali od 1:500 do 1:2000,
- mapę dokumentacyjną sporządzoną na podkładzie topograficznym, z naniesionymi lokalizacją dokumentowanego terenu, liniami przekrojów geologiczno-inżynierskich i punktami badawczymi;
- mapę geologiczno-inżynierską obejmującą strefę wzdłuż trasy projektowanego obiektu budowlanego inwestycji liniowej o szerokości uzależnionej od występujących warunków geologicznych, klasy drogi, wskazań projektanta (np. warianty przebiegu trasy i przewidywanego wpływu tego obiektu na środowisko,
- mapę miąższości gruntów słabonośnych, mapę obszarów zagrożonych podtopieniami, ewentualnie inne,
- przekroje geologiczno-inżynierskie, z naniesioną niweletą trasy projektowanej drogi oraz wykresami sondowań statycznych i dynamicznych.

Próbując uogólnić wyszczególnione wyżej elementy części opisowej (bo nie należy ich raczej traktować jako wymaganej zawartości kolejnych części, czy rozdziałów tekstu) wydzielić możemy dużą część informacyjno – opisową (od aspektów formalnych, poprzez zrealizowany zakres prac, opis budowy geologicznej, procesów i zjawisk geologicznych, warunków hydrogeologicznych i występujących na trasie złóż, aż do zbudowania na tyle dokładnego, na ile to możliwe modelu geologiczno – inżynierskiego (serie litogenetyczne i warstwy geotechniczne). Na tej podstawie przeprowadzana jest ocena warunków geologiczno – inżynierskich (wraz z graficznym ich przedstawieniem na mapach i przekrojach) i wreszcie przedstawiane wnioski (bez wskazywania sposobów posadowień, fundamentowania lub określania nośności i osiadania).

Wobec wycofania normy PN-81/B-03020 z zawartymi w niej tabelami parametrów geotechnicznych (czyli tzw. „metody B”) oczekiwać należy prawidłowych zachowań poszczególnych grup zawodowych.

## 18. Grupy nośności vs. obliczanie nośności podłoża.

Nadrzędnym celem wzmocnienia podłoża jest dostosowanie jego parametrów do wymogów eksploatacyjnych posadawianych obiektów. Wymogi dotyczące podłoża, np. obiektów komunikacyjnych zawarte są między innymi w normach PN-B-03020:1981, PN-S-02205: 1998 i były w zmienionym Rozporządzeniu MTiGM (nowe Rozporządzenie obowiązuje od 10.03.2015 r. niestety już bez tych praktycznych wskazań), a całość projektowania geotechnicznego, robót i badań podłoża reguluje norma europejska EN 1997-1:2004 Eurokod 7.

W celu dokonania oceny podłoża oprócz podstawowych badań geotechnicznych powinny być przeprowadzone badania specjalistyczne, w szczególności:

1. badania potrzebne do oceny przydatności gruntu podłoża budowli ziemnej, zgodnie z Polskimi Normami,
2. badania wysadzinowości gruntu: kapilarności biernej  $H_{kb}$ , wskaźnika piaskowego WP, pęcznienia liniowego,
3. wskaźnika nośności CBR,
4. ocena zagęszczenia: maksymalna gęstość objętościowa  $\rho_{ds}$ , wskaźnik zagęszczenia  $I_s$ , moduły odkształcenia: pierwotny ( $E_1$ ) i wtórny ( $E_2$ ),
5. właściwości gruntów antropogenicznych.

**W przypadku dużej zmienności gruntów oraz występowania w podłożu gruntów spoistych miękkoplastycznych, organicznych lub skał, ustalenie nośności podłoża oraz konstrukcji nawierzchni wymaga indywidualnych badań i obliczeń zgodnie z § 143 i 144 nowego rozporządzenia MiiR z 17.02.2015 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.**

Korzystanie z tablic 10 i 11 może być swoistym przewodnikiem i dodatkowym sprawdzeniem wykonanych obliczeń nośności podłoża. Natomiast przyzwyczajenie wynikające z korzystania z zapisów przedstawionych w p.1 nadal może być stosowane jako swoisty przewodnik lecz bez powoływania się na zapis w Rozporządzeniu.

Tablica 10. Grupy nośności podłoża nawierzchni Gi w zależności od warunków wodnych **wg nieaktualnego** Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie

Lp.	Rodzaj gruntów podłoża	Grupa nośności podłoża nawierzchni Gi gdy warunki wodne są		
		dobre	przeciętne	złe
1	<u>Grunty niewysadzinowe:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• rumosze (nieglińaste)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• żwiry i pospółki</li> </ul> </li> <li>• piaski grubo-, średnio- i drobnoziarniste</li> <li>• żuźle nierozpadowe</li> </ul>	G1	G1	G1
2	<u>Grunty wątpliwe:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• piaski pylaste</li> <li>• zwięzliny gliniaste, rumosze gliniaste</li> <li>• żwiry gliniaste i pospółki gliniaste</li> </ul>	G1 G1	G2 G2	G2 G3
3	<u>Grunty wysadzinowe</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>grunty mało wysadzinowe</b><sup>x)</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gliny zwięzłe, gliny piaszczyste i pylaste zwięzłe</li> <li>• ropy, ropy piaszczyste i pylaste</li> </ul> </li> <li>- <b>grunty bardzo wysadzinowe</b><sup>x)</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>• piaski gliniaste, pyły piaszczyste, pyły</li> <li>• gliny, gliny piaszczyste i pylaste</li> <li>• ropy warwowe</li> </ul> </li> </ul>	G2 G3	G3 G4	G4 G4
	<sup>x)</sup> w stanie zwartym, półzwardym lub twaroplastycznym ( $IL \leq 0,25$ ); grunty w stanie miękoplastycznym lub plastycznym wymagają indywidualnej oceny			

Tablica 11. Grupa nośności podłoża nawierzchni Gi na podstawie wskaźnika nośności CBR

Grupa nośności podłoża nawierzchni Gi	Wskaźnik nośności CBR	
G1	10% $\leq$ CBR	
G2	5% $\leq$ CBR <	10%
G3	3% $\leq$ CBR	5%
G4	CBR <	3%

Tym samym, szczególnym zabiegiem obliczeniowym i badawczym powinny być poddane grunty wątpliwe budujące skarpy wykopów, podłoża pod konstrukcją wysokich nasypów w przypadku ich drenaży, rowów drogowych itp. mając na uwadze możliwość obniżenia się współczynników bezpieczeństwa w trakcie użytkowania i tym samym wystąpienia awarii lub katastrofy.

## 18.1 Wzmocnienie słabego podłoża.

Podłoże nawierzchni zakwalifikowane poprzednio do grupy nośności od G2 do G4 mogło być doprowadzone do grupy nośności G1 jednym z wymienionych sposobów.

a. **Wymieniając warstwę gruntu podłoża nawierzchni** na warstwę gruntu lub materiału niewysadzinowego (wg kryteriów w tab.10). Wymianie podlegała warstwa słabego podłoża nawierzchni o grubości podanej w tabelicy 12, zależnie od grupy nośności podłoża Gi i przyjętego wskaźnika nośności CBR nowej warstwy.

Duże grubości warstw gruntu podlegających wymianie wg tabelicy 12 można było zmniejszyć, gdy pod wymienionym gruntem podłoże zostało wzmocnione np. geosyntetykiem. W szczególności zalecano wykonać wzmocnienie geosyntetykiem podłoża nawierzchni, gdy było ono sklasyfikowane w grupie nośności G3 lub G4 i z tabelicy 12 wynikała konieczność wymiany warstwy o grubości  $\geq 50$  cm. Wzmocnienie podłoża nawierzchni geosyntetykiem zalecano także w przypadku przebudowy podłoża z nadmiernie nawilgoconych rodzimych gruntów spoistych w stanie miękkoplastycznym i plastycznym.

We wszystkich tych przypadkach wykonanie wzmocnienia geosyntetykami powinno być zaprojektowane indywidualnie z uwzględnieniem cech gruntów, właściwości technicznych geosyntetyków, kryteriów doboru oraz możliwości uzyskania wymaganego wzmocnienia podłoża wg p.b.

Tablica 12. Grubość wymienianej warstwy słabego podłoża nawierzchni w zależności od grupy nośności istniejącego podłoża i wskaźnika nośności CBR nowej warstwy (**Uwaga : zapis nieaktualny**)

Wskaźnik nośności CBR nowej warstwy [%]	Grubość nowej warstwy podłoża o grupie nośności [cm]		
	G2	G3	G4
20	30	50 <sup>a)</sup>	75 <sup>a)</sup>
25	25	40 <sup>a)</sup>	60 <sup>a)</sup>

**NIE OBOWIAZUJE**

<sup>a)</sup> Zalecane wzmocnienie podłoża geosyntetykiem wg już nieaktualnego Rozp.

b. **Wzmacniając podłoże** przez wykonanie pod konstrukcją:

- na podłożu o grupie nośności G2:
  - 10 cm warstwy z gruntów stabilizowanych spoiwem (cementem, wapnem lub aktywnym popiołem lotnym) o  $R_m^{*/} = 1,5$  MPa,
- na podłożu o grupie nośności G3:
  - 15 cm warstwy z gruntów stabilizowanych spoiwem (cementem, wapnem lub aktywnym popiołem lotnym) o  $R_m^{*/} = 2,5$  MPa
- na podłożu o grupie nośności G4:
  - 25 cm warstwy z gruntów stabilizowanych spoiwem (cementem, wapnem lub aktywnym popiołem lotnym) o  $R_m^{*/} = 2,5$  MPa

- dwóch warstw po 15 cm warstwy z gruntów stabilizowanych spoiwem (cementem, wapnem lub aktywnym popiołem lotnym):  
warstwa górna o  $R_m^{*/} = 2,5 \text{ MPa}$   
warstwa dolna o  $R_m^{*/} = 1,5 \text{ MPa}$ .

*\*/ Marka gruntu stabilizowanego spoiwem jest to parametr określający wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach twardnienia, jeśli spoiwem jest cement lub wapno, po 42 dniach twardnienia, jeśli spoiwem jest aktywny popiół lotny*

*Wyróżnia się następujące marki gruntu stabilizowanego spoiwem:*

$R_m = 1,5 \text{ MPa}$  o wytrzymałości  $0,5 \div 1,5 \text{ MPa}$ ,

$R_m = 2,5 \text{ MPa}$  o wytrzymałości  $1,5 \div 2,5 \text{ MPa}$ ,

$R_m = 5,0 \text{ MPa}$  o wytrzymałości  $2,5 \div 5,0 \text{ MPa}$ ,

- c. **Ulepszając grunt w górnej warstwie podłoża** w sposób inny niż podawano poprzednio w punkcie a lub w punkcie b pod warunkiem uzyskania wymaganego wzmocnienia

- drogi kategorii ruchu KR1 i KR2  $E_2 \geq 100 \text{ MPa}$  i  $I_s \geq 1,00$

- drogi kategorii ruchu KR3 do KR6  $E_2 \geq 120 \text{ MPa}$  i  $I_s \geq 1,03$ .

Warstwy z gruntów stabilizowanych spoiwem (cementem, wapnem lub aktywnym popiołem lotnym) powinny być wykonane z zachowaniem warunków, jak dla ulepszanego podłoża ( marka  $R_m = 1,5 \text{ MPa}$ ) lub dolnej warstwy podbudowy (marka  $R_m = 2,5 \text{ MPa}$ ) określonych w odpowiednich normach przedmiotowych.

### Uwaga :

Ostatnio dokonane zmiany i przygotowywane następne w Rozporządzeniu z dn. 2.03.1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie zniosły wymóg wyznaczania grup nośności (G-1 - G-4) i spowodowały konieczność obliczania nośności podłoża, na których będzie realizowana inwestycja.

Usunięcie załącznika Nr 4 z Rozp. było podyktowane koniecznością dopasowania branży drogowej do Eurokodu 7.

Usunięte przepisy definiujące grupy nośności podłoża i sposoby wzmocnienia słabych gruntów poprzez stabilizację lub ich wymianę wraz z warunkiem szczelności warstw, obligują projektantów do dokładnego rozpoznania podłoża w sposób pozwalający na obliczenie tych wartości. Wycofanie z Rozp. zapisów dotyczących sposobów wzmacniania podłoża nie eliminuje ich, lecz nie można na nie powoływać się a priori bez żadnych własnych wcześniejszych analiz i obliczeń.

Nowe brzmienie punktów dotyczących geotechniki jest następujące:

„§143.1 W celu prawidłowego zaprojektowania i wykonania drogowej budowli ziemnej powinny być przeprowadzone badania geotechniczne, a w razie potrzeby geologiczno-inżynierskie gruntów, zgodnie z wymaganiami określonymi w Polskiej Normie i przepisach odrębnych.

2. W celu dokonania oceny podłoża oprócz podstawowych badań geotechnicznych powinny być przeprowadzone badania specjalistyczne wymagane do zaprojektowania budowli ziemnej i konstrukcji nawierzchni oraz innych urządzeń technicznych posadowionych w pasie drogowym”.

Do nich należą przede wszystkim rzetelne badania terenowe, próbne obciążenia i analizy laboratoryjne, po których powinna być przeprowadzana analiza obliczeniowa stanów granicznych, wg poniższych wzorów.

**Wszystkie te działania obciążają projektanta !!!**

Projektant ma obecnie inne możliwości niż tylko te wynikające z przyzwyczajenia do schematu z Rozporządzenia. Do nich należą przede wszystkim rzetelne badania terenowe, próbne obciążenia i analizy laboratoryjne, po których powinna być przeprowadzana analiza obliczeniowa stanów granicznych ( I i II lub STR i GEO ).

**Za stan graniczny naprężenia w podłożu gruntowym uważa się taki stan, gdy w każdym punkcie obszaru występują naprężenia styczne równe wytrzymałości na ścinanie. Grunt w tym stanie nie może stawiać oporu wzrastającym naprężeniom ścinającym.**

Dla stanu budowlanego wytrzymałość podłoża definiowana jest poprzez wytrzymałość na ścinanie bez odpływu wody,  $c_u$ .

Dla stanu końcowego (eksploatacji) w obliczeniach stateczności stosuje się parametry efektywne gruntu:  $c'$ ,  $\phi'$ .

Nośność graniczna słabego podłoża, tym samym stateczność nasypu wg Wiłuna można obliczyć ze wzoru :

$$q_f = 5,7 c_u + \gamma_h \cdot h_t$$

lub wg Janbu :

$$q_f = 5,55 c_u$$

gdzie :

$c_u = \tau_t$  – wytrzymałość przy szybkim ścinaniu ( bez odpływu ) słabego podłoża,

$\gamma_h$  – ciężar objętościowy gruntu między rzędną terenu a stropem słabej warstwy,  $\text{kN/m}^3$

$h_t$  - zagłębienie stropu słabej warstwy od powierzchni terenu.

Wiłun zaleca przyjmować „globalny” współczynnik bezpieczeństwa  $F = 1,2 - 1,5$ .

Naprężenia graniczne porównuje się z naprężeniem  $\sigma_z$  działającym w stropie słabej warstwy, wyznaczając współczynnik pewności F :

$$F = \frac{\sigma_{gr}}{\sigma_z}$$

Przy projektowaniu nasypu w końcowej fazie jego budowy w wartości  $\sigma_z$  oprócz ciężaru własnego nasypu należy również uwzględnić obciążenie użytkowe.

Według Eurokodu 7 dla obciążenia pionowego i nasypu ( $B/L \approx 0$ ) opór graniczny słabego podłoża ( $\phi_u \approx 0$ ) wynosi:

$$q_f = 5,14 c_u + D\gamma_D$$

gdzie :

D - zagłębienie nasypu poniżej poziomu terenu, m,  
 $\gamma_D$  - ciężar objętościowy gruntu w strefie D,  $\text{kN/m}^3$ .

Opór graniczny pod nasypem dla gruntu normalnie skonsolidowanego wg Eurokodu 7 :

$$q_f = \gamma_D D N_q + 0,5 B \gamma_B N_\gamma$$

gdzie :

$N_q, N_\gamma$  - współczynniki nośności,  
B - szerokość podstawy nasypu, m,  
 $\gamma_B$  - ciężar objętościowy słabego gruntu,  $\text{kN/m}^3$ .

Opór graniczny gruntu prekonsolidowanego ( $c' \neq 0, \phi' \neq 0$ ) według Eurokodu 7 wynosi :

$$q_f = c' N_c + \gamma_D D N_q + 0,5 B \gamma_B N_\gamma$$

W przypadku gdy  $\phi > 10^\circ$  należy stosować wzór :

$$q_f = c N_c + \gamma_h h_t N_q + \gamma b' N_\gamma$$

gdzie:

$\gamma_h$  - ciężar objętościowy gruntu między pow. terenu, a stropem słabej warstwy,  
 $h_t$  - zagłębienie stropu słabej warstwy od powierzchni terenu,  
 $\gamma$  - ciężar objętościowy gruntu słabej warstwy (z uwzględnieniem waporu wody)  
 $b'$  - rzut poziomy skarpy nasypu.

Obliczenia w tym zakresie można wykonać posługując się procedurami eurokodowymi lub na bazie polskiej normy PN-81/B-03020, o ile powzięto informację o wynikających stąd większych gwarantowanych odpornościach konstrukcji na stany graniczne.

**O tym decyduje projektant konstruktor !!!**

Usunięty załącznik nr 4 wiązał obliczenie nośności podłoża z Polską Normą, a oceny warunków gruntowo-wodnych można było dokonać, ustalając grupę nośności podłoża, która zależała od warunków wodnych, rodzaju gruntów czy wskaźnika CBR (tab. 30).

Jeżeli uzyskana grupa nośności była zbyt niska (różna od 1), należało zastosować sposoby, które prowadziły do uzyskania przez podłoże najwyższej grupy nośności.

W jaki więc sposób obecnie ocenić nośność podłoża pod drogę?

Po pierwsze, należy przeprowadzić odpowiednie badania pozwalające na obliczenie nośności gruntu. Badania te można dodatkowo uzupełnić o badania specjalistyczne, takie jak określenie kapilarności biernej, wskaźnika piaskowego, wskaźnika nośności CBR. Następnie zgodnie z zasadami zawartymi w Eurokodzie 7 należy sprawdzić nośność podłoża.

Jak widać z powyższego, kąt tarcia wewnętrzny i kohezja (spójność) są parametrami mechanicznymi gruntów, od których zależy ich wytrzymałość na ścinanie.

Zmiana rozporządzenia z dnia 17 lutego w § 143 p. 2 nakazuje, by oprócz badań podstawowych były wykonane badania specjalistyczne wymagane do zaprojektowania drogi.

Do badań tych najczęściej zalicza się:

- oznaczenie kapilarności biernej,
- oznaczenie wskaźnika piaskowego,
- wykonanie badania wskaźnika nośności CBR.

Norma dotycząca kapilarności biernej to niezmienniana od lat 60. ubiegłego wieku, norma *PN-60 B-04493 Grunty Budowlane. Oznaczanie kapilarności biernej*.

Zawarty w niej opis badania pozwala na uzyskanie odpowiedzi na pytanie o maksymalną wysokość, na której utrzymuje się woda wypełniająca pory gruntów ponad poziomem swobodnego zwierciadła wody, gdy poziom ten zaczyna się obniżać. Wartość kapilarności biernej jest miarodajna dla określenia wysadzinowości gruntów.

Jeżeli kapilarność bierna ( $H_{kb}$ ):

- $H_{kb} < 1$  m – grunt jest niewysadzinowy,
- $H_{kb} \geq 1$  m – grunt należy do gruntów wysadzinowych lub wątpliwych.

Przebieg wyznaczania wskaźnika piaskowego można znaleźć w normie PN-EN 933-8 z 2001 roku: Badania geometrycznych właściwości kruszyw w cz. 8 - Ocena zawartości drobnych cząstek.

Wykonując to badanie, uzyskuje się pogląd na zawartość frakcji drobniejszych w gruncie. Jej wartość poniżej 35 wskazuje na możliwość wystąpienia szkód mrozowych.

Określenia nośności podłoża na podstawie CBR można dokonać, opierając się na normie *PN-S-02205 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wykonania i badania*. W załączniku A znajduje się opis procedury uzyskania wskaźnika nośności, wyrażonego jako procentowy stosunek obciążenia jednostkowego  $p$ , które pozwala wcisnąć normowy trzpień w normowo przygotowaną próbkę do porównawczego obciążenia jednostkowego  $pp$ , które jest wartością stałą odpowiadającą ciśnieniu umieszczenia tego samego trzpienia, w tych samych warunkach w materiale wzorcowym. Mając ten wskaźnik, można dokonać oceny podłoża gruntowego czy też przydatności gruntu do wykonania budowli ziemnych.

Na pewno, przy wszelkiego rodzaju obliczeniach będzie pomocna pozycja aplikacyjna [32] wydana przez ITB w 2011 r. dla projektantów chcących prawidłowo skorzystać z dobrodziejstw Eurokodu 7.



## 19. Geotechniczny odbiór podłoża gruntowego.

Decyzje projektowe i lokalizacyjne podejmowane na etapie przygotowania dużych inwestycji infrastrukturalnych drogowo-mostowych powinny być koordynowane z przedstawicielami wielu branż. Dotyczy to przede wszystkim geotechniki, gdyż pewne ustalenia podjęte na etapie projektów wstępnych czy nawet zwykłych założeń często mają swe negatywne konsekwencje w momencie gdy dochodzi do realizacji inwestycji. Np. zbyt mała szerokość pasa drogowego ustalona na etapie założeń i wpisana do tzw. „wskazania lokalizacyjnego” czasem uniemożliwia łagodne wyprofilowanie skarp i konieczność ich zbrojenia czy też zabezpieczania. To samo dotyczy przebiegu w planie projektowanych sieci infrastruktury, których niewłaściwa lokalizacja powoduje duże komplikacje dla wykonawstwa i często niepotrzebnie rodzi konieczność sporych wydatków związanych z dodatkowym zabezpieczeniem czy wręcz koniecznością naprawy.

Wstępne planowanie inwestycji często prowadzi do zaniżania kategorii geotechnicznej, a tym samym do ograniczania zakresu koniecznych prac polowych.

Przyjmowanie II kategorii geotechnicznej dla mostów i późniejszych stwierdzonych warunków geotechnicznych jest nieadekwatne do skali „nietypowych” rozwiązań realizowanych obiektów i stopnia ich złożoności oraz często zaburzonych warunków gruntowo-wodnych.

Zgodnie z przepisami i przywołanym w nich Eurokodem 7: PN-EN 1997 część 1 i 2, dla warstw z głębokim fundamentowaniem właściwym powinno być przyjęcie III kategorii geotechnicznej.

Przyjęcie III kategorii geotechnicznej wymaga tym samym poszerzonego zakresu badań geotechnicznych i szerszych procedur. Ale w konsekwencji tego typu działań, projektant otrzymuje pełniejszy obraz sytuacji w podłożu z dokładnym obrazem hydrogeologii.

Odbiór podłoża gruntowego powinien odbyć się przez osobę z uprawnieniami budowlanymi, (a nie geologicznymi kat. VI lub VII) i jest wymagany przed rozpoczęciem układania jakiegokolwiek warstwy chudego betonu. Można polegać na wiedzy geologa, ale nie może on dokonać wpisu do dziennika budowy. Nadrzędnym zadaniem jest przecież zbadanie gruntu w dnie wykopu i stwierdzenie zgodności budowy geologicznej z dokumentacją. Badania gruntu przeprowadza się na podstawie obserwacji makroskopowych oraz płytkich sondowań lub wierceń za pomocą specjalistycznego sprzętu. Odbiór gruntu w wykopie powinien być potwierdzony wpisem do dziennika budowy przez osobę do tego uprawnioną. Dodatkowo, poza kwestiami formalnymi, oględziny dna wykopu mają za cel wykrycie miejsc, w których należy wykonać wymianę gruntu lub jego stabilizację. Jest to szczególnie istotne jeżeli na terenie inwestycji rozpoznano grunty nasypowe.

Pamiętajmy: odbiór gruntu w wykopie wraz z wpisem do dziennika budowy jest niezbędny do spełniania warunków formalno-prawnych.

Ponadto wykonawca robót po takim odbiorze zyskuje pewność, że grunt został właściwie rozpoznany i przygotowany oraz że w późniejszych etapach prac nie pojawią się tu dodatkowe problemy.

Dla prawidłowego geotechnicznego odbioru podłoża gruntowego niezbędny jest „Projekt robót ziemnych”.

**Projekt robót ziemnych** powinien obejmować również roboty przygotowawcze i towarzyszące. W projekcie powinny być określone warunki odwodnienia, transport i odkład gruntu z wykopów lub urabianie materiałów w złożu, transport i układanie materiałów w nasypie oraz bilans mas ziemnych.

- Projekt powinien zawierać m.in.: plan sytuacyjno-wysokościowy, rzuty i przekroje obiektów, nachylenie skarp wykopów i nasypów, sposób zabezpieczenia i odwodnienia wykopów, konstrukcję podparcia lub rozparcia ścian wykopów, szczegółowe warunki techniczne dotyczące np. wymaganego zagęszczenia nasypów.
- Projektu robót ziemnych można nie sporządzać w przypadku niewielkich, prostych obiektów, dla których roboty ziemne można bezpiecznie wykonać na podstawie projektu budowlanego.
- Odstępstwo od projektu musi być opisane, wyjaśnione i uzasadnione oraz wpisane do dziennika budowy.

Te zasady i procedury mają generalne przesłanie – bezpieczeństwo konstrukcji i ludzi.

Bezpieczeństwo jest bezpośrednio związane z zagadnieniami oceny analizy ryzyka. Wszystkie dane zebrane w trakcie prac studialnych i projektowych mają charakter losowy – rozpoznanie podłoża realizowane jest przecież punktowo. Stąd warunki gruntowe występowanie różnych wód podziemnych w tym tektonika skał, parametry geotechniczne, umiejętność dokonywania obliczeń statycznych, błędy wykonawcze i późniejsze eksploatacyjne stanowią o powodzeniu inwestycji.

## **20. Kilka uwag o normach PN vs. EC - 7.**

Eurokody są zestawem Norm Europejskich (EN) podających zasady projektowania i wykonania konstrukcji oraz sposoby weryfikacji istniejących konstrukcji.

Zasady zawarte na kartach eurokodów nie stanowią bezpośredniego szablonu obliczeniowego.

Nie można łączyć norm z serii PN-EN z normami serii PN-B, jeżeli obejmują one wszystkie niezbędne aspekty związane z zaprojektowaniem konstrukcji budowlanej, inaczej mówiąc stanowią kompletny zestaw norm umożliwiający projektowanie.

Normy są do dobrowolnego stosowania, to można je dowolnie wykorzystywać. Aby nie popaść w skrajność z ograniczeniami, w cytowanych wyżej tekstach sformułowano to w następujący sposób: nie można łączyć norm, jeżeli chcemy skorzystać z dobrodziejstw norm i np. wykazać spełnienie normowego warunku stanów granicznych nośności.

Bywają jednak sytuacje, gdy łączenie norm PN-EN oraz PN-B jest nie tylko dopuszczalne, ale wręcz niezbędne. Ma to miejsce przede wszystkim wtedy, gdy eurokodów nie można w chwili projektowania uznać za kompletne i/lub nie obejmują one wszystkich niezbędnych aspektów związanych z projektowaną konstrukcją i jej bezpieczeństwem.

W eurokodach pozostaje wiele miejsc, które swoją wiedzą, doświadczeniem i odpowiedzialnością musi wypełnić projektant lub ekspert oceniający konstrukcję. W przypadku określania wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa

niedopuszczalne, nieprofesjonalne i zagrażające bezpieczeństwu konstrukcji jest rygorystyczne trzymanie się zasady, że należy posługiwać się wyłącznie eurokodami.

W praktyce projektowej bywają przypadki, gdy trzeba skorzystać także z zaleceń zawartych w Polskich Normach budowlanych i branżowych.

Należy pamiętać jednak i o tym, że norma powołana w przepisach prawnych staje się obowiązującą przy zastrzeżeniu powołania normy w języku polskim (art.5, ust.4 Ustawy o normalizacji).

## 21. Odpowiedzialność uczestników inwestycji.

Według Prawa budowlanego uczestnikami procesu budowlanego są:

- **inwestor** – którego obowiązkiem jest zapewnienie opracowania projektu budowlanego oraz stosownie do potrzeb innych projektów,
- **projektant** – którego obowiązkiem jest opracowanie projektu zgodnie z wieloma ustaleniami, przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej,
- **inspektor nadzoru inwestorskiego** – którego obowiązkiem jest reprezentowanie inwestora na budowie przez sprawowanie kontroli zgodności jej realizacji z projektem i pozwoleniem na budowę, przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej,
- **kierownik budowy** – który ma zorganizować i zapewnić wykonanie budowy zgodnie z projektem oraz z obowiązującymi przepisami.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego w rozdziale 1, § 1 nie ogranicza zakresu opracowań projektowych na potrzeby związane z wykonywaniem robót budowlanych. Natomiast według art. 20 ust. 3 Prawa budowlanego obowiązkiem projektanta jest wyjaśnienie wątpliwości dotyczących projektu i zawartych w nim rozwiązań.

Podstawy wykonania prac budowlanych są zawarte w rozporządzeniu MI w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

Zgodnie z § 44 budynek powinien być zaprojektowany i wykonany w sposób odpowiadający wymaganiom wynikającym z jego usytuowania i przeznaczenia.

Podsumowując przytoczony stan prawny – podstawą wykonania prac budowlanych jest projekt. Wynika z tego wiodąca rola i szczególna odpowiedzialność projektanta za wykonanie projektu oraz uzupełnienia go w razie potrzeby, tak aby wykonanie robót było możliwie wolne od usterek i zgodne z zasadami wiedzy technicznej. Odpowiedzialność związana z dotrzymaniem powyższego spoczywa natomiast głównie na inwestorze i jego inspektorach nadzoru. W realizacji obiektów budownictwa ogólnego pod klucz bierze udział około 40 branż budowlanych. Ich bezusterkowa realizacja wymaga ugruntowanej wiedzy teoretycznej oraz posiadania doświadczenia przez wszystkich uczestników procesu budowlanego.

**Wykonawca i dostawcy materiałów nie występują w Prawie budowlanym, czyli teoretycznie nie są uczestnikami procesu budowlanego.**

Obecnie na większości realizowanych budowach nie ma czasu i możliwości zajmowania się problemami inżynierskimi. One jednak zawsze się pojawiają.

I tu rodzi się pytanie, czy my potrafimy je rozwiązywać?

Sytuacje problematyczne, konflikty i urażone ambicje na budowach często kończą się ekspertyzami a nawet sądem.

Gdyby do tych sytuacji podejść spokojnie i w miarę obiektywnie, odrzucając cały bagaż emocjonalnych nastawień, partykularnych interesów znajdujących się na granicy prawa, to okazuje się, że prawdziwe przyczyny leżą gdzie indziej. Bardzo często, już po fakcie dochodzimy do wniosku (po cichu), że w procesie budowlanym było wszystko ważne, oprócz kompetencji inżynierskich. Uczestnicy wszelkiego rodzaju narad mający wysokie kompetencje, bardzo często nie mają wpływu na różnego rodzaju pochopne decyzje lub mają je w stopniu niewystarczającym. A przecież te wszystkie zdarzenia wpływają na jakość budowy i terminy, co w konsekwencji przekłada się na interes inwestora.

Inwestor obowiązany jest zapewnić opracowanie projektu budowlanego i stosownie do potrzeb również innych projektów i zorganizowanie procesu budowy, z uwzględnieniem zawartych w przepisach zasad bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Jednak im gorszy jest warsztat projektowy, tym więcej poprawek i uzupełnień wymaga dokumentacja na etapie realizacji w ramach projektu wykonawczego.

Skutkuje to często awariami, odstępstwami i zmianami.

Inżynier budowy nie jest najczęściej osobą, która posiada wystarczające kwalifikacje geotechniczne do nadzorowania specjalistycznych robót geotechnicznych. Również inwestorski nadzór budowlany nie ma stosownych kwalifikacji. Wynika to z prostej przyczyny, z ograniczonego programu studiów w zakresie geotechniki, z wyjątkiem absolwentów specjalności geotechnicznej, prowadzonej na kilku uczelniach w kraju.

Dlatego w przypadku realizacji obiektów w trzeciej kategorii geotechnicznej inwestor we własnym interesie powinien zadbać o ustanowienie nadzoru geotechnicznego na budowie. Nadzór geotechniczny jest niezbędny przy realizacji poważnych robót ziemnych. Niekiedy konieczne jest ustanowienie geotechnicznego laboratorium polowego w celu właściwego kontrolowania przebiegu robót geotechnicznych, na przykład przy realizacji dużych składowisk odpadów czy zapór ziemnych.

Protokoły odbioru specjalistycznych robót geotechnicznych powinny zawierać dokument o właściwej jakości wykonanych robót geotechnicznych potwierdzony przez nadzorującego geotechnika. W przypadku robót wzmacniających podłoże gruntowe powinno wymagać się wykonania projektu powykonawczego potwierdzającego zgodność przeprowadzonych robót z projektem geotechnicznym i specyfikacją techniczną.

**Zawód inżyniera geotechnika** jest wpisany pod numerem 214206 do rejestru zawodów w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dn. 10.12.2002 r. w sprawie kwalifikacji zawodów i specjalizacji dla potrzeb rynku pracy oraz zakresu jej stosowania (Dz.U. Nr.222. poz. 1868).

**Geotechnika** jest specjalizacją w specjalności konstrukcyjno budowlanej określoną w Rozporządzeniu Ministra Transportu i Budownictwa w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie.

SPECJALNOŚCI BUDOWLANE WG DZ.U NR 96 POZ. 817 Z 2005r.		
Lp	Specjalność	Specjalizacja techniczno-budowlana do projektowania lub kierowania robotami budowlanymi
1	konstrukcyjno-budowlana	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geotechnika</li> <li>- budowle podziemne</li> <li>- budynki wysokościowe</li> <li>- maszyny i kominy przemysłowe</li> <li>- obiekty budowlane na terenach górniczych</li> <li>- śródlądowe budowle hydrotechniczne</li> <li>- morskie budowle hydrotechniczne</li> <li>- obiekty budowlane melioracji wodnych</li> </ul>
2	mostowa	- drogowe obiekty inżynierskie
3	instalacyjna w zakresie sieci, instalacji i urządzeń cieplnych, wentylacyjnych, gazowych, wodociągowych i kanalizacyjnych	<ul style="list-style-type: none"> <li>sieci, instalacje i urządzenia ciepłne i wentylacyjne</li> <li>sieci, instalacje i urządzenia gazowe</li> <li>- sieci, instalacje i urządzenia wodociągowe i kanalizacyjne</li> </ul>

Istnieje olbrzymie zamieszanie w zakresie uprawnień do wykonywania dokumentacji geotechnicznych. Niestety przepisy prawa budowlanego nie pozwalają na jednoznaczne określenie tych uprawnień. Stąd, opierając się na przepisach ogólnych, można stwierdzić, że geotechniczne czynności projektowe mogą wykonywać jedynie osoby posiadające uprawnienia budowlane do projektowania bez ograniczeń i dokument potwierdzający kwalifikacje geotechniczne, natomiast badania podłoża gruntowego, jako czynności okołoprojektowe nie wymagają uprawnień budowlanych.

Bez sprawdzenia I i II stanu granicznego lub STR i GEO wg Eurokodu 7 żaden projekt nie powinien być opatrzony oświadczeniem projektantów:

*„Na podstawie art. 20 ust.4 ustawy Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. jako Projektant oświadczam iż niniejszy projekt budowlany sporządzony został zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej i jest w stanie kompletnym z punktu widzenia celu, któremu ma służyć.”*

Praktycznie większość realizowanych obiektów nie posiada prawidłowych wyników z badań podłoża. Po pierwsze jest to niezgodne z literą prawa, szczególnie z Rozp. dotyczącym ustalania geotechnicznych warunków posadawiania jak i dbałością o odporność projektowanych i budowanych obiektów. Naruszenie warunków prawnych dyskwalifikuje dany projekt i naraża na odmowę wydania decyzji o pozwoleniu na budowę lub realizacji obiektu. Natomiast zaistnienie awarii lub uszkodzenia naraża uczestników procesu budowlanego na odpowiedzialność prawną i zawodową oraz z tytułu gwarancji i rękojmi. Obecnie zauważa się trend wśród ubezpieczycieli do odchodzenia od udzielonej gwarancji z powodu „**winy umyślnej**”.

Winą umyślną jest właśnie podpisanie oświadczenia bez należytego i wadliwie sporządzonego projektu budowlanego. Dokumentacje geotechniczne wykonane bez znajomości obowiązującego prawa w tym zakresie, a będące częścią składową projektów budowlanych (art. 34 Prawa budowlanego) mogą być załącznikiem dużych problemów – z kasacją decyzji administracyjnej włącznie i to nawet w trakcie realizacji robót budowlanych.

Niekompletność dokumentacji projektowej często sankcjonowana przez podpisanie oświadczenia (art.20 ust.4 Prawa budowlanego) przez projektantów i sprawdzających jest wynikiem absolutnej ich ignorancji i niezajomości prawa z odpowiedzialnością cywilno-prawną na nich spoczywającą na czele.

Przykładem tego typu zachowań, zarówno uprawnionych geotechników jak i projektantów są dwie poniższe tabele zaczerpnięte z wybranych projektów.

Przykłady niekompletnego zestawienia właściwości fizykomechanicznych z wybranych dokumentacji :

a)

#### LEGENDA DO PRZEKROJÓW

OBJAŚNIENIA GEOLOGICZNE			PARAMETRY GEOTECHNICZNE																	
stratygrafia	profil stratygraficzno-litologiczny	opis litologiczno-genetyczny	numer warstwy geotechnicznej	rodzaj gruntu	symbol konsolidacji gruntu	stan gruntu		wartości normowe parametru - $x^{(n)}$ wg PN - 81/B - 03020										współczynniki nośności		
						stopień zagęszczenia	stopień plastyczności	wilgotność naturalna	gęstość objętościowa	spójność	kąta tarcia wewnętrznego	moduł pierwotnego odkształcenia	moduł ścisłości pierwotnej	$N_D$	$N_C$	$N_B$				
						$I_D$	$I_L$	$W_n$ [%]	$\zeta$ [t/m <sup>3</sup> ]	$C_u$ [kPa]	$\phi_n$ [°]	$E_o$ [kPa]	$M_o$ [kPa]	15	16	17				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
C Z W A R T O R Z Ę D	holocen	nasyp budowlany (pospółka, piasek gruby)	A	nB (Po, Pr)			0,20	15	1,85			36	89 231	98 452	37,75		20,03			
		torf	I	T		grunt		słabonośny												
	plejstocen	piasek średni humusowy piasek drobny z domieszką humusu	II	PsH Pd(H)		0,20		21 30	1,65 1,75			29	26 154	35 385	16,44		6,42			

b)

LEGENDA DO PRZEKROJÓW													
OBJAŚNIENIA GEOLOGICZNE			PARAMETRY GEOTECHNICZNE										
stratygrafia	profil stratygraficzno-litologiczny	opis litologiczno-genetyczny	numer warstwy geotechnicznej	rodzaj gruntu	symbol konsolidacji gruntu	stan gruntu		wilgotność naturalna	gęstość objętościowa	spójność	kąt tarcia wewnętrznego	moduł pierwotnego odkształcenia	edometryczny moduł ścisłości pierwotnej
						stopień zagęszczenia	stopień plastyczności						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
HOLOCEN		nasyp budowlany (piasek średni i pospółka)	I	nB (P <sub>s</sub> , P <sub>o</sub> )		0,27		16 25	1,70 1,95		31	52688	62804
		torf	II	T	grunt		słabonośny						
		gytia, kreda	III	gy kr									
PLEJSTOCEN		piasek drobny, średni i pospółka	IV a	P <sub>d</sub>		0,50		24	1,90		30	46202	61908
			IV b	P <sub>s</sub>		0,50		22	2,00		33	79903	94688
			IV c	P <sub>o</sub>		0,60		18	2,05		38	156154	173846

**Patrząc na te dwie tablice, tajemnicą poliszynela pozostaje kwestia, na jakiej podstawie projektant dokonał stosownych obliczeń, np. stanów granicznych – nośności i użytkowania ? !**

Do tego stanu rzeczy należy jest komentarz o faktycznych przyczynach. Oto kilka uwag i spostrzeżeń.

Wyniki rozpoznania podłoża są przecież podstawą do wszelkich obliczeń prowadzonych przez osobę, której doświadczenie związane z geologią czy geotechniką nie jest duże i nie ma ona podstaw do podważenia wiarygodności badań i co gorsza ich kompletności.

Taki jest ekonomiczny aspekt problemu związanego z rozpoznaniem podłoża. Przesadą byłoby stwierdzenie, że oszczędności, które mogą wystąpić dzięki dobremu rozpoznaniu, są na poziomie kilku tysięcy procent. Jest to wręcz rzadkość. Niemniej jednak regułą jest oszczędność lub przynajmniej pozostawienie kosztów na podobnym poziomie przy jednocześnie bardziej racjonalnym projektowaniu. Dotyczy to zwłaszcza obiektów zaliczonych do wyższej niż pierwsza kategorii geotechnicznych lub posadowionych w złożonych lub skomplikowanych warunkach gruntowych.

Przy okazji warto dodać, że niejednokrotnie przeprowadzania rozpoznania podłoża podejmują się osoby, które bądź nie mają w danych warunkach wystarczających kwalifikacji, bądź też nie dysponują odpowiednim sprzętem. Zdarza się przekonywanie projektanta, że proponowane rozpoznanie będzie wystarczające do racjonalnego projektowania. Autor niejednokrotnie zetknął się z badaniami, w których bazą do określenia cech wytrzymałościowych gruntu były tzw. parametry wiodące określone za pomocą waleczkowania na placu budowy. Przy tym próbki pobrane były z wierceń wykonanych bez użycia rur obsadowych. Oznacza to, że próbki te nie tylko mają naruszoną strukturę, ale często również wilgotność. Podobnie zdarza się, że osoba wykonująca badania gruntu

dokumentuje występowanie gruntów oznaczonych symbolem - geneza C, chociaż w opracowaniu pisze, że są to gliny pochodzenia lodowcowego, a więc skonsolidowane lub częściowo prekonsolidowane. Odrębnym zagadnieniem jest to, że parametry wytrzymałościowe przepisane dokładnie z normy (na podstawie związków korelacyjnych z  $I_D$  lub  $I_L$ ) są przeznaczone do projektowania posadowień bezpośrednich.

Oczywiście osoba posiadająca pewne doświadczenie jest zwykle w stanie określić rodzaj i wielkość koniecznego zabezpieczenia wykopu również z wykorzystaniem takich parametrów. Coraz częściej też firma wykonawcza we własnym zakresie zleca przeprowadzenie badań laboratoryjnych z wykorzystaniem aparatu trójosiowego. W świetle poczynionych uwag można spróbować powiedzieć coś o przyczynach takiego stanu rzeczy.

Pierwszym problemem jest sposób, w jaki praktykuje się w Polsce planowanie rozpoznania warunków gruntowych. Opracowanie programu rozpoznania podłoża leży po stronie projektanta. Zwykle dzieje się to we współpracy z geologiem. Projekt czy program jest później podstawą do sporządzenia dokumentacji geologiczno-inżynierskiej bądź geotechnicznej. I również projektant ponosi koszt wszelkich badań wykonywanych na potrzeby tej dokumentacji. Najczęściej stanowi to część kosztów projektowania i siłą rzeczy projektant jest zainteresowany, aby koszt ten był możliwie najniższy. Ten najniższy koszt rozpoznania warunków geologicznych związany jest niejednokrotnie z pewną ilością założeń upraszczających. Z oczywistych względów założenia te czynione są po stronie bezpiecznej (np. założenie, że glina jest nieskonsolidowana). Efektem jest przerzucenie kosztów na inwestora, ponieważ otrzymuje on konstrukcję przewymiarowaną.

Pojawiają się tutaj dwa pytania. Po pierwsze, kto lub co ponosi odpowiedzialność za tą sytuację? I po drugie, jak wyeliminować problem? Niesprawiedliwością byłoby stwierdzenie, że przyczyną jest wyłącznie sposób działania biur projektowych.

Kryterium wyboru projektanta jest bardzo często cena, a biura projektów, jako podmioty gospodarcze, zmuszone są dostosować się do realiów rynku. Zdaniem autora jednym z głównych problemów jest przyjęta w Polsce praktyka zlecania badań terenowych w ten sposób, że ich koszt jest częścią kosztów projektowania. Na to nakłada się nieświadomość inwestorów, którzy ze zrozumiałych względów starają się obniżyć koszty inwestycji, a w istocie z reguły je zawyżają. Są też inne czynniki, np. normowa metoda określania parametrów gruntu. W niektórych wypadkach (na szczęście rzadkich) dodatkowy problem stanowi nierzetelność geologów podających parametry gruntu „z kapelusza” !!!

### **Konsekwencje złych badań.**

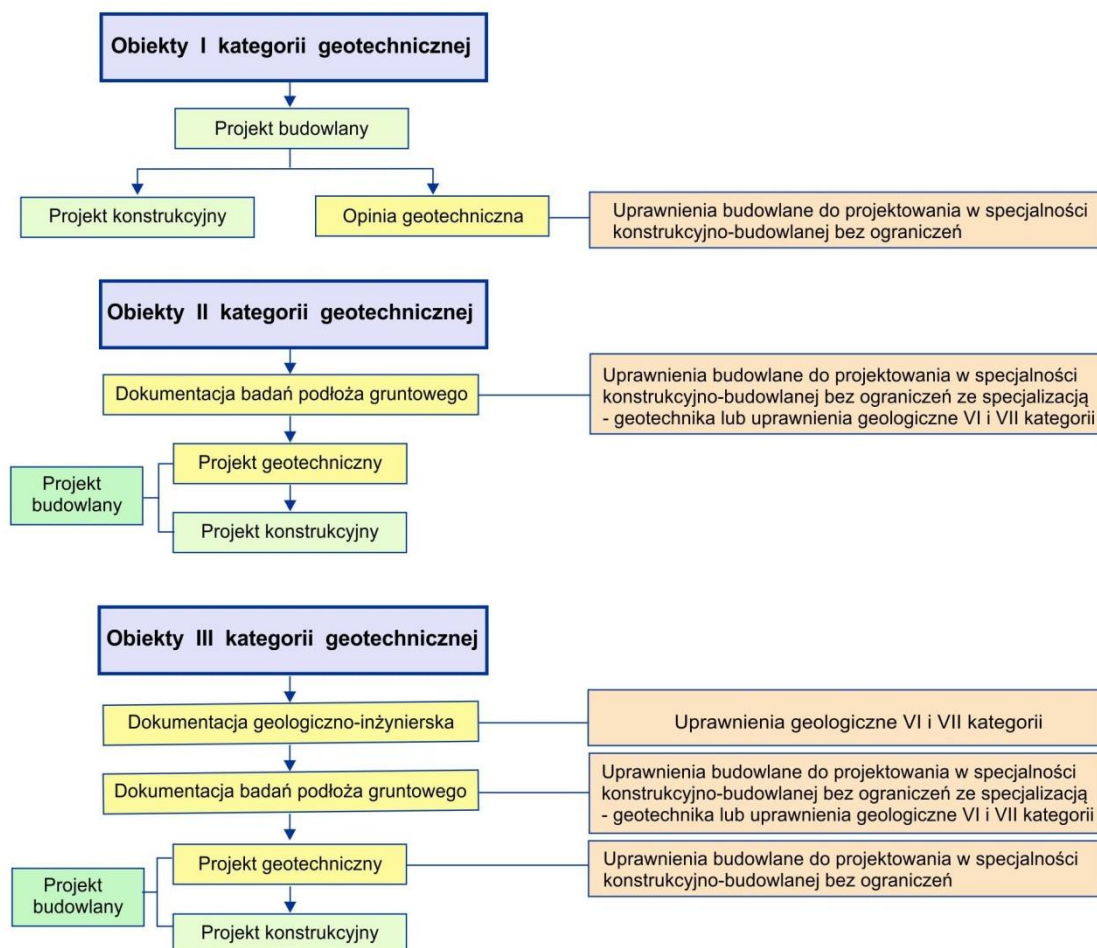
Bardzo duża część projektantów opiera się właśnie na tego typu dokumentacjach geotechnicznych. Pozostawianie szczególnie warstw „słabych” lub „nienośnych”, przekraczających miąższością 6 i więcej metrów, w tabelach zbiorczych bez konkretnych wartości  $\sigma$ ,  $c$ ,  $M_0$  dyskredytuje projekt i naraża w konsekwencji konstrukcje na awarie lub ich przewymiarowanie.

Bez parametrów wytrzymałościowych podłoża nie da się przecież obliczyć stanów granicznych (I i II – wg PN-81/B-03020 lub STR i GEO wg EC-7).



Niekompletność tych danych w dokumentacjach powinna być też wyznacznikiem dla Inwestorów o odrzuceniu projektu i wnioskowaniu o uzupełnienie prac.

Pod względem prawnym, legislacja w zakresie rozpoznawania podłoża, projektowania i budowy w ostatnich latach usystematyzowała działania poszczególnych grup zawodowych. Zostały też unormowane procedury badawcze i dokumentacyjne.



Rys.20. Schemat potrzebnych dokumentów dla wybranej kategorii geotechnicznej vs. potrzebne uprawnienia .

Poza tym żadna dokumentacja geotechniczna opracowana przez osoby z uprawnieniami VI lub VII kategorii nie może być ograniczana jakimiś żądaniami „Zleceniodawców”.

To dokumentator ponosi odpowiedzialność za swoje dzieło i w jego kompetencjach leży poinformowanie „Zleceniodawcy” o wymogach prawnych i wynikających z zasad wiedzy technicznej.

**Zasady wiedzy technicznej** nie zostały zdefiniowane w Ustawie Prawo budowlane, ale na zasadach ogólnych przyjmuje się, że zasady wiedzy technicznej wynikają z praktyki budowlanej i wcześniejszych doświadczeń uczestników procesów budowlanych i producentów wyrobów budowlanych, jak również należytej staranności oraz specyficznych zasad umożliwiających prawidłowe i niewadliwe wykonanie robót.

## 22. Znaczenie badań „in situ” w projektowaniu geotechnicznym i stany graniczne.

Przed przystąpieniem do projektowania posadowienia obiektu budowlanego należy zaplanować i dobrze rozpoznać rodzaj i stan podłoża gruntowego, z analizy, którego wyniknie rodzaj i sposób posadowienia. Przed przystąpieniem do badań należy odbyć wizje lokalne w terenie, zaznajomić się z wynikami wcześniejszych badań na tym terenie, przeanalizować mapy geologiczne, geologiczno-inżynierskie, a także historie rozbudowy na danym terenie. Liczba i głębokość otworów wiertniczych musi być dobrana do oceny przydatności danej lokalizacji dla proponowanej budowli i oceny poziomu dopuszczalnego ryzyka. Badania podłoża powinny obejmować badania polowe, laboratoryjne oraz dodatkowe prace kameralne.

Badania polowe z profilowaniem w trakcie prac należy prowadzić jako:

- odkrywki,
- szybiki,
- wykopy,
- wiercenia,
- doły próbne,
- sondy penetracyjne i
- sondy rdzeniowe.

Dla stanu budowlanego ustala się wytrzymałość podłoża, która jest definiowana poprzez wytrzymałość na ścinanie bez odpływu wody,  $c_u$ .

Dla stanu końcowego (stan użytkowania) w obliczeniach stateczności stosuje się parametry efektywne gruntu:  $c'$ ,  $\phi'$  (spójność i kąt tarcia wewnętrznego).

Sprawdzenie stateczności ogólnej budowli ziemnych zaliczanych do I i II kategorii geotechnicznej w prostych warunkach gruntowych wymaga określenia między innymi charakterystycznych wartości parametrów wytrzymałości na ścinanie wyróżnionych warstw gruntowych. Ustalenia wartości takich parametrów geotechnicznych dokonuje się na podstawie dostępnych źródeł informacji jakimi mogą być wyniki badań polowych (in situ), wyniki badań laboratoryjnych próbek gruntów, dokumentacje archiwalne, zależności korelacyjne podane w normach i dane literaturowe.

W dotychczasowej praktyce projektowej, dla omawianych przypadków budowli ziemnych i nie tylko, wykorzystywano niemal powszechnie zależności korelacyjne podane w normie PN-81/B-03020, przy czym dotyczyły one całkowitych parametrów wytrzymałości gruntu na ścinanie wg hipotezy Coulomba - Mohra oznaczonych symbolami  $\phi_u$  - kąt tarcia wewn. i  $c_u$  - spójność. Parametry te można stosować w analizach stateczności dla warstw występujących powyżej zwierciadła wód gruntowych w których ciśnienie wody w porach gruntu jest pomijalne. Obecnie w zalecanych metodach obliczeniowych, wymaga się wprowadzenia wartości efektywnego kąta tarcia wewnętrznego  $\phi'$  i efektywnej spójności  $c'$  odnoszących się do wytrzymałości szkieletu gruntowego.

Tab.13. Frakcje gruntów nieskalistych ( wg PN-86/B-02480)

Nazwa frakcji	Symbol procentowej zawartości frakcji w masie szkieletu gruntowego	Zakres średnic zastępczych d, mm
Kamienista	$f_k$	$d > 40$
Żwirowa	$f_z$	$40 \geq d > 2$
Piaskowa	$f_p$	$2 \geq d > 0,05$
Pyłowa	$f_\pi$	$0,05 \geq d > 0,002$
Iłowa	$f_i$	$0,002 \geq d$

Tab.14. Klasyfikacja gruntów nieskalistych mineralnych wg PN-86/B-02480

Grunt	Nazwa gruntu	Symbol	Uziarnienie			Dodatkowe kryteria lub nazwa	
Kamienisty $d_{50} > 40$ mm	zwierzelnina	KW	$f_i \leq 2\%$			grunty występujące w miejscu wietrzenia skały w stanie nienaruszonym	
	zwierzelnina gliniasta	KWg	$f_i > 2\%$				
	rumosz	KR	$f_i \leq 2\%$			grunt występuje poza miejscem wietrzenia skały pierwotnej, lecz nie podlegał procesom transportu i osadzania w wodzie	
	Rum7osz gliniasty	KRg	$f_i > 2\%$				
	otoczaki	KO				grunt osadzony w wodzie	
Gruboziarnisty $d_{50} \leq 40$ mm $d_{90} > 2$ mm	żwir	Ż	$f_i \leq 2\%$	$f_k + f_z > 50\%$			
	żwir gliniasty	Żg	$f_i > 2\%$				
	pospółka	Po	$f_i \leq 2\%$	$50\% \geq f_k + f_z > 10\%$			
	pospółka gliniasta	Pog	$f_i > 2\%$				
Drobnoziarnisty $d_{90} \leq 2$ mm	Niespoisty (sypki) $I_p \leq 1\%$	zawartość frakcji %				$d_{50} > 0,5$ mm $0,5$ mm $\geq d_{50} > 0,25$ mm $d_{50} \leq 0,25$ mm $f_p = 68-90\%$ ; $f_\pi = 10-30\%$ ; $f_i = 0-20\%$	
			$> 2$ mm	$> 0,5$ mm	$> 0,25$ mm		
		piasek gruby	Pr	$< 10$	$> 50$		-
		piasek średni	Ps	$< 10$	$< 50$		$> 50$
		piasek drobny	Pd	$< 10$	$< 50$		$< 50$
	piasek pylasty	$P\pi$	$< 10$	$< 10$	$< 10$		
	Spoisty $I_p > 1\%$			$f_p$	$f_\pi$	$f_i$	
		piasek gliniasty	Pg	60-98	0-30	2-10	mało spoiste $I_p = 1-10$ %
		pył piaszczysty	$\pi p$	30-70	30-70	0-10	
		pył	$\pi$	0-30	60-100	0-10	
		glina piaszczysta	Gp	50-90	0-30	10-20	średnio spoiste $I_p = 10-20$ %
		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 $I_p = 20-30$ %
		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	bardzo spoiste $I_p > 30$ %
		ił	I	0-50	0-50	30-100	
		ił pylasty	$I\pi$	0-20	50-70	30-50	

Tab. 15. Zawartość frakcji, symbole i proponowane polskie nazwy gruntów wg PN-EN ISO 14688

Lp.	Rodzaj gruntu	Symbol	Zawartość frakcji [%]			
			Cl (f <sub>i</sub> )	Si (f <sub>π</sub> )	Sa (f <sub>p</sub> )	Gr (f <sub>z</sub> )
1	Żwir	Gr	do 3	0 – 15	0 – 20	80 – 100
2	Żwir piaszczysty	saGr	do 3	0 – 15	20 – 50	50 – 80
3	Piasek ze żwirem (pospółka)	grSa	do 3	0 – 15	50 – 80	20 – 50
4	Piasek drobny	F	do 3	0 – 15	85 – 100	0 – 20
	Piasek średni	M Sa				
	Piasek gruby	C				
5	Żwir pylasty	siGr	do 3	15 – 40	0 – 20	40 – 85
	Żwir ilasty (pospółka ilasta)	clGr				
6	Żwir pylasto-piaszczysty	sasiGr	do 3	15 – 40	20 – 45	40 – 65
	Żwir piaszczysto-pylasty (pospółka ilasta)	sisGr				
7	Piasek pylasty ze żwirem	grsiSa grclSa	do 3	15 – 40	40 – 65	20 – 40
8	Piasek zapyłony (zailony)	siSa clSa	do 3	15 – 40	40 – 85	0 – 20
9	Żwir ilasty pył ze żwirem	grSi grclSi siGr	0 – 8	40 – 80	0 – 20	20 – 60
10	Gлина	Gлина pylasta	saclSi	8-17	33-72	20-60
		Gлина ilasta	sasiCl	8-31	25-65	20-60
11	pył	Si	0-10	72-100	0-20	
12	pył ilasty	clSi	8-20	65-90	0-20	
13	ił	Cl	25-60	0-60	0-40	
14	ił pylasty	siCl	20-40	48-80	0-20	
14	Grunty różne		10 – 30	20 – 40	30 – 40	20 – 40
15	Symbole dla zwietrzelin			20 – 40	20 – 40	30 – 40
			10 – 30	40 – 60	30 – 60	
16	Grunty organiczne	Or				

Nadziemne i podziemne części konstrukcji inżynierskich wykonywane są z materiałów budowlanych takich jak stal, żelbet lub beton, cegła ceramiczna, drewno. Każdy z tych materiałów posiada wytrzymałość co najmniej parędziesiąt razy większą niż grunt, też będący materiałem budowlanym.

Grunt jest materiałem bardzo niejednorodnym, a jego właściwości mają charakter losowy. W tym stanie rzeczy identyfikacja gruntu i określenie jego właściwości dla potrzeb projektowania posadowienia staje się zadaniem bardzo złożonym.

Awaryjność sytuacji może wprowadzać również norma PN-EN ISO 14688:2006, która zawiera bardzo dużo niedopowiedzeń, błędów i jest zredagowana w sposób mało czytelny, a co najważniejsze – nie jest przetłumaczoną w całości.

Istniejąca klasyfikacja wg PN-86/B-02480 była i jest prostą i klarowną w naszym układzie glacictonicznym.

Tab. 16. Rodzaje gruntów i odpowiadające im symbole

Rodzaj gruntu	Symbol wg PN	Symbol wg ISO
Żwir	Ż	Gr, saGr
Żwir gliniasty	Żg	siGr, clGr, sasiGr, saclGr
Pospółka	Po	saGr, grSa, Sa
Pospółka gliniasta	Pog	sasiGr, saclGr, grsiSa, grclSa, siSa, clSa, sagrsiS, sagrcclS, grsasiS, grsaclS, sagrSi, sagrCl, grsaSi, grsaCl, grSi, grclSi, grsiCl, grCl, saSi, saclSi, sasiCl, saCl, Si, clSi, siCl, Cl
Piasek gruby	Pr	Sa
Piasek średni	Ps	Sa
Piasek drobny	Pd	Sa
Piasek gliniasty	Pg	Sa, siSa, clSa
Piasek pylasty	Pπ	siSa
Pył piaszczysty	πp	siSa, saSi, saclSi
Pył	π	saSi, saclSi, Si, clSi
Gлина piaszczysta	Gp	clSa, saclSi,
Gлина	G	saclSi, sasiCl
Gлина pylasta	Gπ	siCl
Gлина piaszczysta zwięzła	Gpz	clSa, saCl
Gлина zwięzła	Gz	sasiCl, saCl
Gлина pylasta zwięzła	Gπz	sasiCl, siCl
Il piaszczysty	Ip	saCl
Il	I	sasiCl, siCl, Cl
Il pylasty	Iπ	siCl, Cl

Należy pamiętać, że na terenie Polski w przeszłości geologicznej mieliśmy 4 okresy zlodowaceń i odwilży. Doprowadziło to do zdeformowania istniejącego układu warstw geologicznych ze znaczną prekonsolidacją dochodzącą do 25 000 kPa., a tym samym do powstania zaburzeń podłoża zwanych deformacjami glacitektonicznymi. Wiąże się to bezpośrednio z genezą i skonsolidowaniem gruntów.

Wiele wskazuje na to, że wprowadzenie tej normy w Polsce było swoistym konsensusem pomiędzy polskim środowiskiem normalizacyjnym a ustaleniami unijnymi i z tym związanymi konsultacjami.

Jednak w każdym naszym działaniu powinniśmy mieć szersze spojrzenie na dany problem i dogłębną wiedzę. A tego zabrakło.

Tym samym kolejny raz przekonujemy się, że bez znajomości poszczególnych związków i zależności oraz synergii jaka występuje na granicy wielu dziedzin nauki nie można tworzyć nowych podstaw.



Rys.21. Zasięg maksymalnego zlodowacenia w Europie



Rys. 22. Zasięgi kolejnych zlodowaceń na terenach obecnej Polski

Swoiste przesłanie, które zawarł w swojej książce Wiłun, że „wszystkie grunty mają swoją *pamięć* i *kodują* w niej oddziaływania środowiska” nabiera znaczenia przy wyznaczaniu parametrów nośności i odkształcalności również w przypadku gruntów organicznych.



c) wykonany na podstawie profili z oznaczeniem gruntów według normy PN-EN ISO 14688 z uwzględnieniem genezy gruntów.

W momencie klasyfikowania nazw gruntów według normy PN-EN ISO 14688 bardzo ważna jest znajomość genezy gruntów. Przekroje b), c) przedstawiają różne wydzielenie warstw geologiczno-inżynierskich w zależności od znajomości genezy gruntów. W przypadku stosowania nazw według nowej normy mamy do czynienia z sytuacją, w której w środkowym profilu glinę piaszczystą, glinę piaszczystą zwięzłą oraz ił (według PN-86/B-02480) na podstawie składu granulometrycznego

oznaczonego za pomocą analizy areometrycznej sklasyfikowano jako jeden rodzaj gruntu saCl. Natomiast w sąsiednich profilach gliny oraz ily (według PN-86/B-02480) według nowej normy zachowują swoją odrębność rodzajową i określone są odpowiednio jako clSa, saCl oraz Cl. Na przekroju b) dokonano interpretacji warstw wyłącznie na podstawie nazw gruntów bez znajomości ich genezy. Efektem tego jest włączenie do jednego wydzielenia różnych gruntów (glin i ily). Prowadzi to do sytuacji, w której według starej normy jednoznacznie można wydzielić odrębną warstwę ilastą (ily i ily pylaste), tymczasem według normy PN-EN ISO 14688 warstwa ilasta traci swoją ciągłość w profilu „B”. Taki sposób interpretacji przekroju może być zasadny, jeżeli okazałoby się, że omawiane osady mają tę samą genezę i wykazują się podobnym skonsolidowaniem. W przypadku, kiedy takie grunty charakteryzują się inną genezą, połączenie ich w jedną warstwę geologiczno-inżynierską jest błędem, ponieważ z różnorodnością genetyczną związana jest różna historia obciążeń. W związku z tym można niewłaściwie połączyć w jedną warstwę grunty o różnym skonsolidowaniu osadu, czyli także o różnych właściwościach geotechnicznych.

Przekrój c) przedstawia interpretację wydzieleni geologiczno-inżynierskich w oparciu o nazwy gruntów (według normy PN-EN ISO 14688), ale także z uwzględnieniem genezy gruntu. W tym przypadku przyjęto, że w profilu B grunt saCl, leżący bezpośrednio na stropie piasków (Sa), jest gruntem pochodzenia zastoiskowego, natomiast inne grunty saCl w tym profilu mają genezę wytopiskową.

W związku z tym wydzielono odrębną warstwę z osadami Cl – saCl – charakteryzującą się taką samą genezą.

Oczywiście przedstawiony wyżej przykład ma charakter skrajny, niemniej jednak jest możliwy. Należy zwrócić uwagę, że według normy PN-81/B-03020 wszystkie grunty określone dotychczas jako ily zaliczono do jednej grupy genetycznej (D), bez względu na ich genezę. Według normy PN-EN ISO 14688 wydaje się zasadne dokładne określanie genezy dla każdego osadu, także dla tych uznanych za ily. Ważne jest zatem, aby badany grunt klasyfikować nie tylko na podstawie wyników analiz, ale większą uwagę zwrócić na przyrodniczy aspekt charakterystyki osadów.

Kluczem do prawidłowego sklasyfikowania gruntu jest poprawna analiza makroskopowa z uwzględnieniem genezy. Mogą się jednak pojawić wątpliwości i obawy, czy badanie oparte na subiektywnych odczuciach człowieka nie jest obarczone zbyt dużym błędem.

Podstawą do wyboru metody posadowienia obiektu w danych warunkach gruntowych jest jego szczegółowe rozpoznanie. Powinno ono spełniać ogólne wymagania ustaw,



rozporządzeń i instrukcji oraz uwzględniać w szczególności lokalne warunki i specyficzne niejednokrotnie potrzeby na rzecz wyselekcjonowania metody wzmocnienia.

W każdym przypadku należy zwrócić uwagę na :

- budowę geologiczną i właściwości geotechniczne podłoża, a szczególnie miąższość i rodzaj warstw słabych oraz poziom stropu podłoża nośnego,
- niejednorodności budowy podłoża i występowanie lokalnych gniazd lub soczewek słabych gruntów,
- rodzaj i uziarnienie gruntów, parametry geotechniczne, szczególnie słabych warstw mogących ulec zsuwom,
- prognozowane zmiany właściwości gruntów w wyniku ich wzmocnienia,
- warunki hydrologiczne: poziomy wód gruntowych, nawierconych i ustabilizowanych, kierunek ich przepływu, prognoza zmian stanów wód gruntowych z bilansem hydrologicznym,
- właściwości chemiczne, zanieczyszczenia gruntu i wód gruntowych oraz ich agresywność,
- przeszkody w podłożu mogące utrudnić roboty.

Badania powinny wyjaśnić, czy wzmocnienie rzeczywiście jest potrzebne ? Jeśli tak, to należy możliwie dokładnie ustalić zakres występowania słabych gruntów, by uniknąć zbędnych robót wzmacniających. Należy pamiętać, że wiercenia i sondowania są zawsze tańsze od samego wzmacniania. Dokładnego rozpoznania wymagają szczególnie warstwy określane zwykle jako nienośne, gdyż ich właściwości fizyko – mechaniczne decydują o wyborze zabiegów oraz o ich efektach.

Zbadanie warunków gruntowych powinien zapewnić inwestor. Pełne wyniki badań powinny być dostępne dla projektanta i wykonawcy przed sfinalizowaniem warunków kontraktu. Jednak regułą jest, że dane te są dalece niewystarczające – tak do projektu, jak i do przygotowania inwestycji.

Fundament to przecież część obiektu, którego zadaniem jest bezpieczne przekazanie obciążeń z konstrukcji na podłoże gruntowe. W zależności od wielkości przekazywanych obciążeń a także rodzaju i stanu gruntu, posadowienie może być realizowane jako:

- bezpośrednie gdy obciążenia są „nie duże” a parametry wytrzymałościowe ( $\gamma$ ,  $\sigma$ ,  $\phi$ ,  $c$ ) charakteryzujące przypowierzchniową warstwę gruntu są o dużej wartości,
- pośrednie jeżeli obciążenia są „duże” lub warstwa o potrzebnej nośności zalega na głębokości większej niż 2,0 - 3,0 m p.p.t. (wymagane jest specjalne zabezpieczenie ścian wykopu).

Jednym z podstawowych kryteriów poprawnej pracy fundamentu jest spełnienie warunków stanu granicznego nośności. EC 7 w p.2.4.7 wyróżnia następujące stany graniczne:

- utrata równowagi konstrukcji lub podłoża , rozpatrywanych jako ciało sztywne, gdy wytrzymałość materiałów konstrukcyjnych i gruntu ma znaczenie nieistotne dla zapewnienia nośności (EQU),
- wewnętrzne zniszczenie albo nadmierne odkształcenie konstrukcji lub jej elementów, gdy wytrzymałość elementów konstrukcyjnych (wykonanych z żelbetu) jest istotna w zapewnieniu nośności (STR),

- zniszczenie albo nadmierne odkształcenie podłoża, gdy wytrzymałość gruntu lub skały jest decydująca dla zapewnienia nośności (GEO),
- utrata stateczności konstrukcji albo podłoża spowodowana ciśnieniem wody lub innymi oddziaływaniami pionowymi (UPL),
- hydrauliczne unoszenie cząstek gruntu spowodowane spadkiem hydraulicznym (HYD).

Dla fundamentów bezpośrednich najczęściej zasadniczym kryterium jest stan graniczny (GEO) lub (STR).

### **23. Rozbieżność i błędy w rozpoznawaniu podłoża gruntowych.**

Dlaczego poruszam ten problem ?

Za dużo jest praktyk w tym zakresie, których źródłem jest powszechność przyzwolenia i rozstrzygnięcia przetargów za 100 % ceny.

W programowaniu badań geotechnicznych powinno uwzględniać się zasady:

- bezpieczeństwo konstrukcji,
- bezpieczeństwo wykonania i
- ekonomikę.

Typowym zjawiskiem jest to, że inwestor zainteresowany jest głównie bezpieczeństwem ale za najniższą cenę badań geotechnicznych. Ta podstawowa sprzeczność prowadzi często do znacznego ograniczenia badań terenowych i laboratoryjnych, a w konsekwencji do przeszacowania spodziewanych osiadań fundamentów bezpośrednich lub niedoszacowania nośności pali.

Fakt ten wynika również ze słabej wiedzy projektantów, często i geotechników o prawidłowościach w doborze odpowiednich technik badań „in situ” i o różnicowaniu parametrów mechanicznych, które opisują właściwości podłoża gruntowego.

Zasadnicze mankamenty wielu dokumentacji geotechnicznych wynikają z błędów popełnianych już na etapie programowania badań oraz przy ich realizacji. Niewłaściwie zaprogramowane badania prowadzą do:

- ograniczenia do minimum zakresu prac terenowych, co skutkuje nadinterpretacją uzyskanych informacji i przeoczeniami geotechnicznymi,
- wykonywania dużej liczby płytkich otworów (np. pod fundamenty palowe),
- rozplanowania otworów na rzucie projektowanych podpór (pominięcie w badaniach terenu poza obrysem fundamentu miejsc ewentualnych podpór tymczasowych),
- pomijania w badaniach gruntów nienośnych, bez podania szczegółowego opisu i nieustalenia ich parametrów geotechnicznych.

Błędy w realizacji badań terenowych dotyczą:

- niewłaściwego rozmieszczania otworów badawczych (np. co 800 m!),

- niewłaściwego sposobu wykonania otworów badawczych, wykonywania wierceń bez orurowania, co daje zafałszowany obraz stosunków wodnych i stanu gruntów (zwłaszcza spoistych),
- kurczowego trzymania się ustalonego umową zakresu robót, co często ogranicza możliwość precyzyjnego określenia zasięgu gruntów słabych (w planie i z głębokością),
- kończenia wierceń w gruntach nienośnych, co czyni badania nieprzydatnymi do projektowania, bądź prowadzi do znacznego przewymiarowania elementów posadowienia,
- kończenia wierceń na głębokościach, które pozwalają na obliczenie nośności pojedynczego pała, a nie pozwalają na obliczenie osiadań grup palowych.
- braku analiz zmiennego położenia zw. wody gruntowej z wielolecia i obliczeń statycznych.

Błędy powstałe na etapie badań laboratoryjnych i prac kameralnych wynikają z:

- wykonywania badań laboratoryjnych, które nie odpowiadają potrzebom norm,
- niewykonywania badań granicy skurczalności w gruntach w stanie półzwartym, co uniemożliwia właściwe projektowanie według normy,
- pomijania wyznaczania cech gruntów nienośnych (nasypów, namulów, torfów), co uniemożliwia projektowanie ich wzmacniania oraz obliczanie parć przy projektowaniu zabezpieczeń wykopów,
- niestosowania zaawansowanych metod badawczych,
- unikania nowoczesnych metod badań podłoża na rzecz stosowania zależności korelacyjnych;
- niewłaściwego pobierania i ograniczania liczby próbek do badań laboratoryjnych.

Wyniki rozpoznania terenu są podstawą do obliczeń prowadzonych przez osobę, której doświadczenie związane z geologią czy geotechniką nie jest duże i nie ma ona podstaw do podważenia wiarygodności badań. Taki jest ekonomiczny aspekt problemu związanego z rozpoznaniem podłoża. Przesadą byłoby stwierdzenie, że oszczędności, które mogą wystąpić dzięki dobremu rozpoznaniu, są na poziomie kilku tysięcy procent. Jest to wręcz rzadkość. Niemniej jednak regułą jest oszczędność lub przynajmniej pozostawienie kosztów na podobnym poziomie przy jednocześnie bardziej racjonalnym projektowaniu. Dotyczy to zwłaszcza obiektów zaliczonych do wyższej niż pierwsza kategorii geotechnicznych lub posadowionych w złożonych lub skomplikowanych warunkach gruntowych.

Przy okazji warto dodać, że niejednokrotnie przeprowadzania rozpoznania podłoża podejmują się osoby, które bądź nie mają w danych warunkach wystarczających kwalifikacji, bądź też nie dysponują odpowiednim sprzętem. Zdarza się przekonywanie projektanta, że proponowane rozpoznanie będzie wystarczające do racjonalnego projektowania. Autor niejednokrotnie zetknął się z badaniami, w których bazą do określenia cech wytrzymałościowych gruntu były tzw. parametry wiodące określone za pomocą wałeczowania na placu budowy. Przy tym próbki pobrane były z wierceń wykonanych bez użycia rur obsadowych. Oznacza to, że próbki te nie tylko mają naruszoną strukturę, ale

często również wilgotność. Podobnie zdarza się, że osoba wykonująca badania gruntu dokumentuje występowanie gruntów oznaczonych symbolem C, chociaż w opracowaniu pisze, że są to gliny pochodzenia lodowcowego, a więc skonsolidowane lub częścię prekonsolidowane. Odrębnym zagadnieniem jest to, że parametry wytrzymałościowe przepisane dokładnie z normy są przeznaczone do projektowania posadowień bezpośrednich. Oczywiście osoba posiadająca pewne doświadczenie jest zwykle w stanie określić rodzaj i wielkość koniecznego zabezpieczenia wykopu również z wykorzystaniem takich parametrów. Coraz częściej też firma wykonawcza we własnym zakresie zleca przeprowadzenie badań laboratoryjnych z wykorzystaniem aparatu trójosiowego. W świetle poczynionych uwag można spróbować powiedzieć coś o przyczynach takiego stanu rzeczy.

Pierwszym problemem jest sposób, w jaki praktykuje się w Polsce planowanie rozpoznania warunków gruntowych. Opracowanie programu rozpoznania podłoża leży po stronie projektanta. Zwykle dzieje się to we współpracy z geologiem. Projekt czy program jest później podstawą do sporządzenia dokumentacji geologiczno-inżynierskiej bądź geotechnicznej. I również projektant ponosi koszt wszelkich badań wykonywanych na potrzeby tej dokumentacji. Najczęściej stanowi to część kosztów projektowania i siłą rzeczy projektant jest zainteresowany, aby koszt ten był możliwie najniższy. Ten najniższy koszt rozpoznania warunków geologicznych związany jest niejednokrotnie z pewną ilością założeń upraszczających. Z oczywistych względów założenia te czynione są po stronie bezpiecznej (np. założenie, że glina jest nieskonsolidowana). Efektem jest przerzucenie kosztów na inwestora, ponieważ otrzymuje on konstrukcję przewymiarowaną.

Pojawiają się tutaj dwa pytania. Po pierwsze, kto lub co ponosi odpowiedzialność za tą sytuację? I po drugie, jak wyeliminować problem? Niesprawiedliwością byłoby stwierdzenie, że przyczyną jest wyłącznie sposób działania biur projektowych.

Kryterium wyboru projektanta jest bardzo często cena, a biura projektów, jako podmioty gospodarcze, zmuszone są dostosować się do realiów rynku. Zdaniem autora jednym z głównych problemów jest przyjęta w Polsce praktyka zlecania badań terenowych w ten sposób, że ich koszt jest częścią kosztów projektowania. Na to nakłada się nieświadomość inwestorów, którzy ze zrozumiałych względów starają się obniżyć koszty inwestycji, a w istocie z reguły je zawyżają. Są też inne czynniki, np. normowa metoda określania parametrów gruntu. W niektórych wypadkach (na szczęście rzadkich) dodatkowy problem stanowi nierzetelność geologów podających parametry gruntu „z kapelusza” !!!

## **24. Działanie wody gruntowej.**

Ze względu na to, że woda gruntowa jest jedną z głównych przyczyn powstawania osuwisk w zboczach wymaga tym samym szczególnej uwagi, dokładnego rozpoznania i uwzględnienia w analizach stateczności.

Wyznaczenie ustalonego przepływu wody w zboczach to zadanie dla hydrogeologów z dużym doświadczeniem. Jak pokazuje dotychczasowa praktyka, ilość awarii i katastrof jest wynikiem braku wiedzy w tym zakresie i ograniczania się tylko do własnych umiejętności i doświadczenia. Woda gruntowa wpływa na układ sił i naprężeń w zboczu, powodując w warunkach ustalonego przepływu dodatkowe obciążenie gruntu siłami hydrodynamicznymi

lub zmniejszając siły oporu ścinania (jako wynik wzrostu ciśnienia porowego) w strefie potencjalnego poślizgu. Z drugiej strony woda gruntowa zwiększając w przypadku braku lub nieprawidłowego odwodnienia lub zmniejszając w procesie konsolidacji wilgotność gruntu w zboczu, oddziałuje w istotny sposób na wytrzymałość gruntu decydującą o stateczności zbocza.

Jak już wcześniej zauważono, woda w swoim obiegu jest najbardziej agresywnym czynnikiem wywołującym i potęgującym erozyjność gruntu. Erozja jest więc procesem naturalnym, a nasze działania powinny iść w kierunku jej ograniczenia lub wyeliminowania.

Filtracja wody powodować może odkształcenia miejscowe obejmujące na ogół niewielkie masy gruntu (przemieszczenia ziaren lub bryłek) oraz zmiany jego stanu i wewnętrznej budowy, głównie składu granulometrycznego.

Miejscowe odkształcenia spowodowane filtracją w gruncie można podzielić umownie na sufozję i wyparcie oraz na przebiccia hydrauliczne będące rezultatem sufozji lub wyparcia.

**Sufozją** nazywane jest zjawisko przemieszczania się pod wpływem ruchu wody drobnych cząstek gruntu w porach jego szkieletu. Cząstki mogą być przesunięte do innego miejsca w gruncie lub mogą być wyniesione poza jego obszar. W rezultacie sufozji powiększają się pory, wzrasta współczynnik filtracji i prędkość wody. Z kolei woda o większej prędkości może poruszać coraz większe ziarna gruntu i powodować dalszy rozwój procesu sufozji aż do utworzenia się kawern lub kanałów w gruncie. Zjawisko przybiera wtedy cechy przebiccia hydraulicznego.

Sufozja występuje w gruntach sypkich, przede wszystkim różnoziarnistych. W gruntach spoistych sufozja nie występuje, co tłumaczy się małą wielkością porów, przez które nie mogą przecisnąć się oderwane od szkieletu agregaty (bryłki) cząstek ilastych.

**Wyparcie gruntu** jest to zjawisko polegające na przesunięciu wszystkich cząstek pewnej objętości gruntu podłoża w kierunku ruchu wody. Wskutek wyparcia grunt ulega rozluźnieniu, a jego właściwości - pogorszeniu. Wyparcie występuje na ogół w sposób nagły.

**Przebiccie hydrauliczne** – są to odkształcenia gruntu polegające na utworzeniu się ciągłego przewodu (kanału) w podłożu, wypełnionego wodą lub gruntem o naruszonej strukturze ( w końcowej fazie zjawiska – zawiesiną) i łączącego miejsca o wyższym i niższym ciśnieniu wody w porach, np. kawerny. Zewnętrznym objawem przebiccia są kratery (źródła) z „gotującą” się zawiesiną gruntową.

W gruntach sypkich przebiccie występuje na ogół w wyniku sufozji, jest to jej końcowy, najgroźniejszy rezultat. W gruntach spoistych przebiccie hydrauliczne może mieć przebieg nieco bardziej złożony. W najprostszym przypadku będzie to wyparcie gruntu na niewielkiej przestrzeni i wytworzenie kanału. W innych przypadkach na pewnych uprzywilejowanych kierunkach, wskutek występowania np. znacznego gradientu hydraulicznego, odrywają się bryłki gruntu w miejscu wypływu wody, w następstwie czego tworzy się zagłębienie. W dalszej fazie obserwuje się postępujące w kierunku przeciwnym do ruchu wody rozluźnienie gruntu, mające reologiczny charakter płynięcia objętościowego. W ten sposób tworzy się przewód, w którym grunt jest w stanie miękkoelastycznym lub płynnym.

Stąd też, wykopy wykonywane w różnych gruntach, wymagają różnego podejścia na etapie projektowym i wykonawczym.

### Kilka uwag praktycznych.

Na terenie Polski, w przeszłości geologicznej mieliśmy 4 okresy zlodowaceń i odwilży. Doprowadziło to do zdeformowania istniejącego układu warstw geologicznych i powstania zaburzeń podłoża zwanych deformacjami glacitektonicznymi. Wiąże się to bezpośrednio z genezą i skonsolidowaniem gruntów.

W grupie gruntów spoistych (zgodnie z normą PN-81/B-03020) wydzielono 4 genezy dla gruntów spoistych:

- A- grunty spoiste morenowe skonsolidowane,
- B- inne grunty spoiste skonsolidowane oraz grunty spoiste morenowe nieskonsolidowane,
- C- inne grunty spoiste nieskonsolidowane,
- D- iły niezależnie od genezy.

### Grunty gliniaste

Zmieniają swoją wytrzymałość głównie wskutek procesów fizycznego i chemicznego wietrzenia, co ujawnia się po wcięciu w podłoże i odsłonięciu go wzdłuż powierzchni skarpy. Proces ten intensyfikuje się, gdy nie wykonano odpowiedniego odprowadzenia wód podziemnych i powierzchniowych. Szczególnie intensywnie występuje wówczas ich odprężenie. Wiązać je należy z odciążeniem glin np. wskutek obniżenia zwierciadła wody. Ogólnie można stwierdzić, że odprężenie związane jest z filtracją wody, gdyż pod wpływem sił hydrodynamicznych występuje zwiększenie porowatości glin. Ujawnia się ono szczególnie w dolnej partii warstwy glin. Ponieważ proces odprężenia związany jest z filtracją wody, najbardziej intensywnie zachodzi on w glinach piaszczystych i pylastych, najmniej intensywnie w glinach bez zawartości frakcji piaszczystych i pylastych. Prędkość odprężenia wzrasta przy tym ze wzrostem spadków hydraulicznych. Bardzo intensywne odprężenie występuje przy spływie wód powierzchniowych po skarpie, gdy woda porowa znajduje się pod działaniem sił kapilarnych. Proces odprężenia intensyfikuje się, gdy składowe naprężenia stycznego zbliżają się do wartości granicznych.

Gliny zalegające powyżej zwierciadła wody w przypadku gdy zachodzi ich zawilgocenie, zawsze zmniejszają swoje właściwości wytrzymałościowe wskutek odprężenia, rozpuszczania związków cementujących i utraty napięcia powierzchniowego.

### Piaski / żwiry

Praktycznie nie zmieniają swych własności wytrzymałościowych na ścianie pod wpływem nawodnienia lub odwodnienia. Natomiast ciśnienie hydrodynamiczne może powodować zmniejszenie sił tarcia wewnętrznego tych gruntów, co mylnie częstokroć bywa utożsamiane z występowaniem kurzawek (tzw. płynny piasek). W istocie tylko niektóre piaski pylaste i pyły piaszczyste mają sposobność do tworzenia kurzawek.

Obniżenie wytrzymałości piasków może wystąpić w wyniku sufozji mechanicznej. Właściwość ta ujawnia się przy wskaźniku różnoziarnistości  $U > 15 \div 20$ , a równocześnie spadek hydrauliczny wynosi około  $0,5 \div 1,0$  a nawet więcej. Takie przypadki dla skarpy są mało prawdopodobne z uwagi na małe gradienty hydrauliczne. Z tego powodu procesy sufozyczne przy projektowaniu skarpy nie muszą być brane pod uwagę. Ograniczone

wymywanie piasków z najdrobniejszymi frakcjami nie przekracza  $1 \div 2\%$  i nie jest niebezpieczne dla stateczności skarpy.

### Gliny

Podlegają intensywnemu odprężeniu jedynie w pobliżu powierzchni skarpy, gdyż siła odprężenia ujawniająca się w nich nie jest wielka. Odprężenie to powoduje jednakże utratę spójności i przejście w stan płynny, co w efekcie prowadzi do spływów warstwy o grubości  $15 \div 20$  cm już przy kącie nachylenia skarpy  $18^\circ \div 20^\circ$ .

### Gliny piaszczyste i piaski pylaste

Posiadają swoją specyfikę, gdyż wokół cząsteczek pyłów wykształca się otoczka dipolowo zorientowanych molekuł silnie związanej wody, co prowadzi do procesów tiksotropowego zwiększenia wytrzymałości.

Grunty zalegające poniżej zwierciadła wody podlegają działaniu sił ciśnienia hydrostatycznego (wyporu hydrostatycznego). Jeżeli skarpa jest częściowo podtopiona to ciśnienie hydrostatyczne prowadzi do zmniejszenia ciężaru przyzmy obciążającej spągową część skarpy i w rezultacie do obniżenia jej stateczności. Wpływ sił ciśnienia hydrostatycznego sprowadza się do zmniejszenia sił tarcia, dlatego też objawia się to głównie w gruntach posiadających duży kąt tarcia wewnętrznego. Powoduje to, że dopuszczalny kąt nachylenia skarpy w przypadku podtopienia może się różnić o  $6^\circ \div 8^\circ$  od kąta przyjmowanego dla gruntu suchego. Najniekorzystniejsze warunki następują, gdy podtopienie skarpy sięga  $0,2 \div 0,3$  jej wysokości. Należy także pamiętać, że w przypadku, gruntów o małej porowatości nawet średnie opady mogą już powodować dość znaczne podniesienie się poziomu wody gruntowej. Celowe jest wówczas odprowadzenie wód deszczowych. Ciśnienie hydrostatyczne jest jednym z głównych powodów zsuwów.

## **25. Zatwierdzanie dokumentacji.**

Opinie geotechniczne i dokumentacje badań podłoża gruntowego nie wymagają zatwierdzenia. Czas ich wykonania zależy od wielkości zadania i operatywności przedsiębiorstwa, które wykonuje dokumentację. Dokumentacje geologiczno-inżynierskie podlegają ustawie Prawo geologiczne i górnicze (Ustawa z dn. 9.06.2011 r.). Dokumentacje geologiczno-inżynierskie wykonuje się w oparciu o przygotowany i przedstawiony do zatwierdzenia „Projekt robót geologicznych”, który jest dokumentem przedstawiającym dane dotyczące projektowanej budowy. Szczególnie istotna jest wielkość i rodzaj budowli oraz sposób i głębokość posadowienia. Projekt robót geologicznych składa się do zatwierdzenia w stosownym dla danego obszaru urzędzie – geolog powiatowy. Organ może wydać decyzję zmieniającą liczbę i głębokość otworów zaprojektowanych przez konstruktora i geotechnika wykonującego dokumentację.

Stronami w postępowaniu są właściciele działek, na których planowane są roboty.

Zazwyczaj od dnia złożenia projektu robót w kancelarii do dnia jego zatwierdzenia upływa czas do 30 dni. Po otrzymaniu decyzji zatwierdzającej projekt robót należy złożyć informację

o zamiarze przystąpienia do prac terenowych. Prace terenowe można rozpocząć po 14 dniach od daty złożenia informacji. Po przeprowadzeniu wszystkich zaprojektowanych prac terenowych i laboratoryjnych opracowuje się dokumentację geologiczno-inżynierską, którą należy złożyć do zatwierdzenia. W praktyce od momentu złożenia projektu robót do dnia otrzymania zatwierdzonej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej upływają 3 miesiące. Wszyscy projektanci obiektów muszą odpowiednio wcześniej przygotować taką dokumentację ponieważ dla otrzymania decyzji o pozwoleniu na budowę konieczne jest załączenie zatwierdzonej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (dla III kategorii geotechnicznej i II w złożonych warunkach gruntowych).

Wszystkie informacje archiwalne, wynikające z wyżej wymienionych dokumentacji, przechodzą po 5 latach na własność Skarbu Państwa. Korzystanie z informacji źródłowych lub archiwalnych w takim układzie będzie wiązać się z dodatkowymi opłatami

## **26. Awary i uszkodzenia konstrukcji – geneza przyczyn.**

Spotykane najczęściej w praktyce inżynierskiej przyczyny awarii i uszkodzeń w konstrukcjach budowlanych można podzielić na następujące grupy:

### 1. geologiczne – budowa geologiczna:

- bliskość terenów z procesami związanymi ze szkodami górniczymi,
- występowanie w podłożu rodzimym gruntów słabonośnych, ściśliwych, zwietrzelinowych, zapadowych i wysadzinowych,
- niekorzystne ułożenie warstw geotechnicznych, np. układ warstw zgodny z pochyleniem i przemieszczeniem skarpy lub stoku naturalnego;

### 2. hydrologiczne i hydrogeologiczne:

- działalność filtracyjna wód gruntowych, w szczególności przy niewłaściwie zastosowanym odwodnieniu,
- erozja – rzeczna, powierzchniowa,
- podtopienia,
- sufozja,
- przebicia hydrauliczne;

### 3. wykonawcze:

- **niedbałość i niewiedza** zarówno ekip wykonawczych jak i projektantów,
- błędy wykonawcze, np. wykorzystanie niewłaściwych materiałów przy budowie nasypu,
- zagęszczanie;

### 4. eksploatacyjne, konserwatorskie:

- obciążenia dynamiczne (ruch kołowy, kolejowy),
- brak odpowiednich remontów konstrukcji,
- działalność ludzka, np. zmiana warunków wodnych, podkopanie zbocza, obciążenie naziomu.



Rola i znaczenie badań geotechnicznych jest nie do przecenienia w procesie inwestycyjnym. Dokumentowanie wyników badań na podstawie odkrywek, szybków, wykopów, wierceń, dołów próbnych, sond penetracyjnych i sond rdzeniowych oraz badań laboratoryjnych powinno dać rzeczywisty obraz warunków panujących w podłożu.

Jak wynika z przedstawionych materiałów idea ta mocno odbiega od praktyki codziennej.

Należałoby tylko życzyć, aby błędów, niedomówień lub pominięć było coraz mniej, gdyż w programowaniu badań in situ uwzględniać należy trzy aspekty:

- bezpieczeństwa konstrukcji,
- wykonania i
- ekonomiki.

Z drugiej strony, operując parametrem gruntu wymaga się od projektanta i wykonawcy robót znacznej wiedzy w zakresie należytego rozumienia znaczenia tegoż parametru.

W dzisiejszych czasach zarówno geotechnik jak i inżynier konstruktor powinien odpowiednio posługiwać się parametrami wytrzymałościowymi i odkształceniowymi opisującymi ośrodek gruntowy.

Awaria i uszkodzenie konstrukcji budowlanej nigdy nie jest skutkiem pojedynczej przyczyny. Przyczyn należy doszukiwać się w czynniku ludzkim i wodzie.

Działania niezgodne z zasadami wiedzy technicznej i założeniami projektowymi intensyfikują ilość awarii. Według art. 20 ust. 1 Prawa budowlanego (Pb) projektant ma obowiązek wykonać projekt zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej. Ponadto ma on obowiązek zapewnić sprawdzenie zgodności projektu z tymi przepisami. Natomiast art. 20 ust. 4 zobowiązuje projektanta i sprawdzającego do złożenia oświadczenia zgodności projektu z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej. Zgodnie z art. 22 ust. 3 Pb kierownik budowy ma obowiązek kierowania budową w sposób zgodny z projektem, pozwoleniem na budowę oraz przepisami. Z tego stanu prawnego wynika wyłączna odpowiedzialność projektanta za zaprojektowanie i realizację inwestycji zgodnie z zasadami wiedzy technicznej.

Wykonanie niezgodne z zasadami wiedzy technicznej powoduje zazwyczaj występowanie wad nazywanych często usterkami. Pojęcie „zasady wiedzy technicznej” nie zostało określone w ustawie - Prawo budowlane. Przyjmuje się, że zasady wiedzy technicznej wynikają z praktyki budowlanej i wcześniejszych doświadczeń uczestników procesów budowlanych i producentów wyrobów budowlanych, jak również należytej staranności oraz specyficznych zasad umożliwiających prawidłowe i niewadliwe wykonanie robót.

Za taki stan rzeczy odpowiadają wszyscy, od projektanta i kierownika budowy zaczynając na inspektorach i ekipach wykonawczych kończąc.

### **Przykłady „przeoczeń” w badaniach geotechnicznych gruntów słabych lub mocnych.**

- A. W przypadku posadowień obiektów inżynierskich (mosty, wiadukty itd.) rozpoznaniu powinno polegać podłożu pod każdą przyszłą podporą. Ograniczenie zakresu badań prowadzi u dokumentatora dokonanie czynności interpolowania wyników badań terenowych pomiędzy odległymi otworami, nierzadko nawet o 1000 m !

Jest to niebezpieczne nie tylko w przypadkach posadawiania mostów w sąsiedztwie cieków wodnych, gdzie zmienność warstw gruntowych jest często znaczna.

Przekonano się o tym projektując, a następnie wykonując podpory palowe w ciągu obwodnicy Międzyzdrojów. Zaprojektowane pale o max. długości 15 m okazały się niewystarczające na odcinku 800 m, gdzie nie wykonano wystarczającego rozpoznania podłoża. Na tym odcinku, rzeczywiste warunki geotechniczne były odmienne. Do głębokości 40 m ppt zarejestrowano w trakcie wykonawstwa zaleganie pyłów w stanie miękkoplastycznym. Wymusiło to zatrzymanie prac i przedłużenie pali – zastosowano pale segmentowe ze złączami stalowymi do ponad 42 m długości.

B. Odmienny problem napotkano przy budowie autostrady A2.

Pale zaprojektowane jako 12 –metrowe, po zabiciu na ok. 7 m ppt napotkały na opór – podłoże skalne !!! Podpory osiągnęły wymaganą nośność, ale obcięto blisko połowę długości z zakontraktowanych pali.

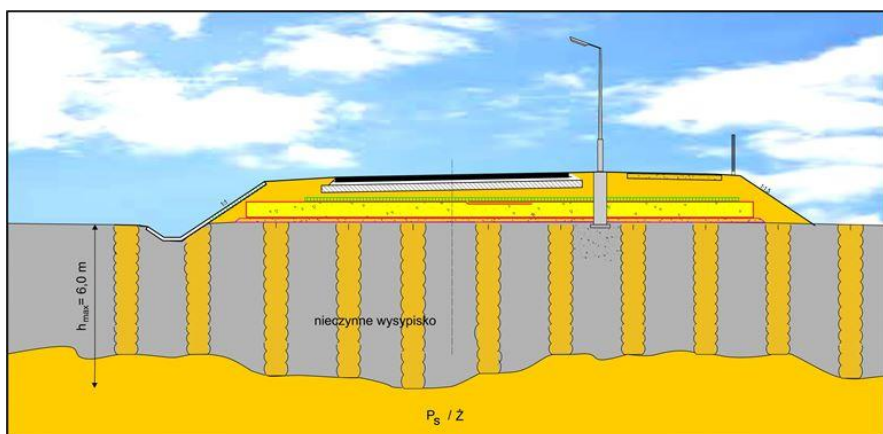
C. Odrębnym problemem jest wykazywanie gruntów znacząco odmiennych do warunków rzeczywistych.

Straty finansowe, problemy organizacyjne, narażanie się na odpowiedzialność w trakcie kontroli i rozliczania budowy w przypadku dofinansowania ze środków UE, zatrzymanie budowy, wydłużenie robót o czas potrzebny na podjęcie stosownych kroków po opracowaniu szeregu opinii, ekspertyz i projektów zamiennych, to tylko część efektów, która towarzyszy niefrasobliwości i źle pojętej oszczędności. A przecież w każdym projekcie budowlanym piszemy klauzulę wymaganą art. 20 ust. 4 (P.B.). Narażeni na odpowiedzialność cywilno-prawną i roszczenia z tytułu gwarancji i rękojmi, projektanci są niejednokrotnie przekonani o swej słuszności.

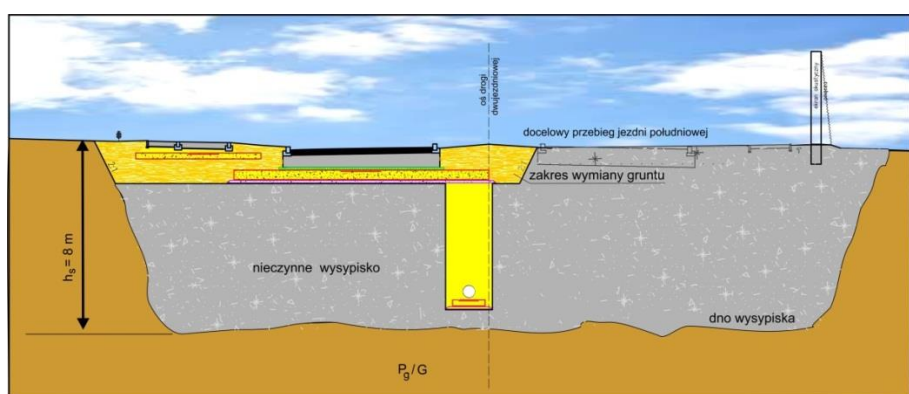
D. Częstym przypadkiem jest „niewychwycenie” na odcinku np. 800 – 1000 m ! zalegania starego składowiska odpadów, zamkniętego bez żadnej dokumentacji lub ewidencji pod koniec lat 70-tych ub. wieku. Zatrzymanie budowy to tylko jeden z wielu problemów. Obecnie większość miast organizując obwodnicę w swoich granicach może mieć podobne problemy. W tym miejscu powinno pojawić się pytanie „kto zezwolił lub wykonał tego typu badania w terenie”?

W przypadku rozmieszczenia otworów co 100 lub 200 m (dla obiektów liniowych) tego typu przypadki nie wystąpiłyby. W trakcie projektowania byłaby możliwość zmiany nawet trasy drogi lub ulicy bez narażania się na dodatkowe koszty. Po zaistnieniu takiego przypadku, pozostaje niezwłocznie rozpoznać głębokość i rozległość starego składowiska i wykonać badania. Każde rozwiązanie umożliwiające kontynuowanie robót wiąże się z koniecznością poniesienia dodatkowych kosztów, o których istnieniu w momencie przekazywania dokumentacji projektowej, zespół autorski nawet nie wiedział.

Poniżej przedstawiam dwa warianty umożliwiające kontynuowanie robót po napotkaniu w podłożu starego składowiska.



Rys.24. Schemat wzmocnienia podłoża kolumnami żwirowymi i „poduszką” z geotkaniny



Rys. 25. Schemat wzmocnienia podłoża „poduszką” z geotkaniny

E. Te same procedury dotyczą problemu ze stwierdzeniem w podłożu gruntów organicznych.

Raczej trudno wyobrazić sobie, że na odcinku 600 -800 m geotechnik nie wykonuje wierceń i badań terenowych, skoro w innych miejscach robił to prawidłowo. W większości przypadków wiąże się to z próbą ominięcia problemów z finansowymi na czele. Po pierwsze wjazd sprzętem ciężkim na taki teren wiąże się z trudnościami i stosowaniem, np. materacy drewnianych lub drogami tymczasowymi, a na to nie ma zgody i funduszy od zlecającego. Po drugie, wykonanie tego typu wierceń w gruntach bagiennych wiąże się z problemami pobierania próbek gruntów i drogimi badaniami laboratoryjnymi. Pozostawienie odcinka, np. 800 m w ciągu trasy bez rozpoznania jest w rozumieniu wielu wykonawców mniejszym złem. W konsekwencji zmartwienie spada na Inwestora, który przyjął dokumentację do realizacji. Projektowanie przez ekstrapolację (bo taniej) warunków gruntowych prowadzi do:

- przechodzenia palami przez nawodnione warstwy lub soczewki i w konsekwencji otrzymywanie rozluźnionego gruntu w otoczeniu pobocznic pal,
- braku wymaganej nośności podłoża, przyjętej w projekcie,
- niezyskiwania wymaganej nośności podłoża poprzez zastosowanie rozwiązań przyjętych w projekcie,

- zatrzymania budowy,
- zwiększenia kosztów realizacji,
- sporów pomiędzy stronami.

Podsumowując dotychczasowe zapisy należy wyraźnie podkreślić, że koszty badań geologicznych powinien ponieść bezpośrednio inwestor, nie zaś wybrany w przetargu „projektant”.

Takie podejście jest ze wszechmiar korzystne. Inwestor zyskuje najwięcej, ale i o to chodzi. Zakres rozpoznania geotechnicznego będzie zawsze zgodny z charakterem inwestycji, gdyż na linii Inwestor – Przedsiębiorstwo geologiczne będzie osiągnięty konsensus co do ilości robót terenowych i laboratoryjnych poparty doświadczeniem i odpowiedzialnością za opracowanie bez znamion wadliwości.

## **27. Zagrożenia wynikające z interpretacji badań i przekrojów geologiczno-inżynierskich wg normy PN-86/B-02480 i PN-EN ISO 14688.**

W normie PN-EN ISO 14688:2006 termin grunty spoiste zastąpiono terminem grunty drobnoziarniste. Nie używa się stopniujących terminów: konsystencja, stan gruntu tylko stosuje się jedno pojęcie konsystencja - w polskim tłumaczeniu używane przemiennie jako stan gruntu. Norma preferuje stosowanie do określenia konsystencji (stanu) wskaźnika konsystencji, chociaż dopuszcza równoległe stosowanie stopnia plastyczności.

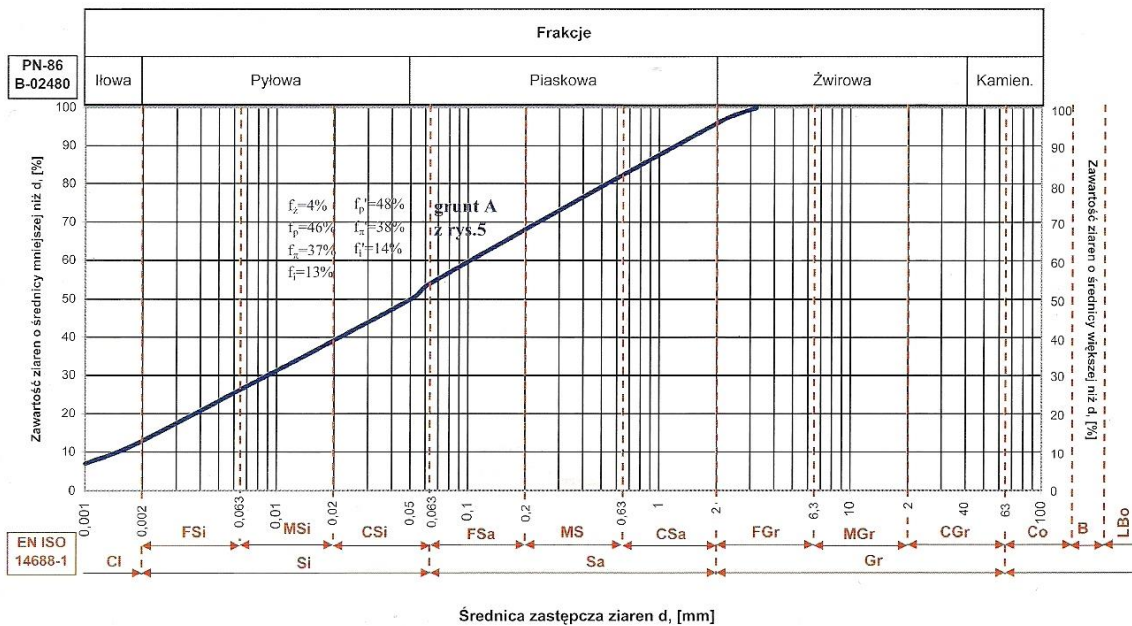
Porównanie klasyfikacji stanów gruntów według ISO i PN przedstawiono w tabeli 35.

W normie ISO wydzielono 5 konsystencji gruntu: bardzo zwartą, zwartą, twaroplastyczną, plastyczną i miękoplastyczną. Pominięto konsystencję płynną.

W tabeli 35 przedstawiono propozycję uporządkowania nazw w klasyfikacji gruntów spoistych do stosowania w Polsce [9]. Bardzo dogodne były dotychczasowe (wg PN-86/B-02480) nazwy stanów gruntu: zwarty, półzwarty, twaroplastyczny, plastyczny, miękoplastyczny i płynny.

Tab.17. Porównanie klasyfikacji stanów gruntu według PN-86/B-02480 i PN EN ISO 14688:2006 [9]

Wskaźnik plastyczności $I_p = W_L - W_P$						Określenia	Podział według					
$W_S$		$W_P$		$W_L$		granica konsystencji	PN-86/B-02480					
0		0,25		0,50		stopień plastyczności $I_L$						
zwały	półzwały	twardo-plastyczny	plastyczny	miękkoplastyczny		stan gruntu						
zwały		plastyczna			plynna	konsystencja						
$W_P$						$W_L$		granica konsystencji				
1,0						0,75		0,50	0,25	0	wskaźnik konsystencji $I_c$	PN-EN ISO 14688
bardzo zwały <i>very stiff</i>		zwały <i>stiff</i>	twardo-plastyczna <i>firm</i>	plastyczna <i>soft</i>	miękkoplastyczna <i>very soft</i>			konsystencja				
$W_P$						$W_L$		granica konsystencji				
1,0						0,75		0,50	0,25	0	wskaźnik konsystencji $I_c$	Propozycja autora
zwały <i>hard</i>	półzwały <i>semi hard</i>	twardo-plastyczny <i>stiff</i>	plastyczny <i>firm</i>	miękkoplastyczny <i>soft</i>	bardzo miękkoplastyczny <i>very soft</i>	plynny <i>liquid</i>		stan gruntu				
nie można uformować kulki	pęka podczas pierwszego waleczkowania	daje się waleczkować do 3 mm bez spekań i rozdrabniania (do dwóch razy)	daje się waleczkować do 3 mm bez spekań i rozdrabniania (więcej niż 2 razy)	można formować przy lekkim nacisku palców	wydstaje się między palcami przy ścisaniu	—		opis makroskopowy				
zwały <i>hard</i>		plastyczna <i>plastic</i>			plynna <i>liquid</i>		konsystencja					



Rys.26. Frakcje klasyfikacyjne gruntów wg PN i ISO

## 27.1. Wadliwości normy PN-EN ISO 14688

### Grupa A – usterki i nieścisłości ISO

1. W normie brak jest ogólnej nazwy dla frakcji, obejmującej podfrakcje: kamienie, głązy i duże głązy, proponuje się nazwać ją frakcją kamienistą.
2. Wśród rodzajów gruntów organicznych brak jest namułu. W opisie gruntów organicznych nie podano jednolitych symboli ich oznaczania.
3. W normie stosowane są równoważnie terminy cząstki i ziarna. Należy zachować termin ziarna dla frakcji  $> 0,063$  mm, a cząstki dla frakcji  $\leq 0,063$  mm.
4. W normie wyróżnia się grunty źle uziarnione, a nie wymienia się gruntów dobrze uziarnionych. I tak dla piasku (Sa), dla którego odczytano z krzywej uziarnienia średnice:  $d_{60} = 0,53$  mm,  $d_{30} = 0,31$  mm,  $d_{10} = 0,11$  mm według wskaźnika różnoziarnistości ( $C_U = 4,82 < 6$ ) jest gruntem jednofrakcyjnym, a według wskaźnika krzywizny ( $C_c = 1,65$  - przedział od 1 do 3) należy do gruntów wielofrakcyjnych.
5. Błędne sformułowanie dotyczy również granicy plastyczności. Grunt osiąga ją wtedy, gdy „nie daje się wałeczkować, a tylko zlepiać”. Powinno być : granicę plastyczności osiąga grunt, gdy uformowany z niego wałeczek o średnicy 3 mm wykazuje spękania.
6. Na trójkącie ISO wyróżniono dużo gruntów, które w praktyce raczej nie występują, np. grSi, grclSi, grCl, grsiCl .
7. Według trójkąta ISO przymiotnik ilasty pojawia się w nazwie gruntu przy różnej zawartości frakcji iłowej: w żwirach i piaskach od 3%, a w pyłach od 4%.
8. Na trójkącie ISO nie ma wyszczególnionych piasków drobnych, średnich i grubych, a w tekście normy nie ma kryteriów jak je rozpoznać.

### Grupa B – błędy i nieścisłości tłumaczenia

Określenie spoistości gruntów dotyczy rodzaju gruntu, a określenie plastyczności — stanu gruntu. Równoległe stosowanie słowa plastyczność w opisie rodzaju i stanu gruntu wprowadza niepotrzebne zamieszanie.

### Grupa C – błędy i nieścisłości w załączniku krajowym

W załączniku krajowym jest najwięcej błędów. PKN przygotowuje obecnie nową wersję załącznika. Utrudnione będzie używanie tabeli właściwości fizycznych gruntów podanej w normie PN-81/B-03020. Aby z niej skorzystać trzeba będzie określić rodzaj gruntu według aktualnej normy klasyfikacyjnej, tj. PN-86/B-02480 !!!

## 28. Zakończenie i wnioski.

1. Przejście na nowe normy europejskie nie eliminuje podstawowych problemów, które występują w geotechnice i związane są ze specyfikacją właściwości podłoża gruntowego. Wiarygodność i dokładność dokumentacji geotechnicznych stanowi

- podstawę projektowania fundamentów zależy od prawidłowości podziału podłoża budowlanego na warstwy i przypisania im odpowiednich parametrów gruntowych.
2. Nowe rodzaje badań polowych (sondowań) pozwalają lepiej, niż to było czynione dotychczas, wydzielać warstwy gruntu różniące się nie nazwą, ale wartością jego wytrzymałości mierzonej oporem końcówki sondy, liczbą uderzeń na 10 czy 30 cm wprędu - przelotu sondy, czy cechami jednorodności wykazywanymi w badaniach geofizycznych (badania jakościowe).
  3. W nowym „europejskim” systemie dokumentowania geotechnicznego, główna rola przypada rzeczoznawcy – geotechnikowi, a nie geologowi, który podając parametry wyprowadzone odpowiada za ich wartość przeprowadzonymi badaniami, ale i doświadczeniem. Nie ma obecnie ścisłych procedur, które zezwalałyby wskazywać, jak należy uzyskiwać parametry geotechniczne. Geotechnik dobiera je odpowiednio do zadania uwzględniając kategorie geotechniczne, metody obliczeń, rodzaje fundamentów oraz zmienność i właściwości gruntów w wydzielonych warstwach.
  4. Metoda projektowania wymiarów fundamentów z wykorzystaniem metod podanych w projektach nowych norm europejskich nie różni się od dotychczasowych procedur. Różne są tylko wartości współczynników cząstkowych i zasady superpozycji uwzględnianych w obliczeniach obciążeń.
  5. Od wejścia PN-EN obliczenia projektowe powinny być wykonywane dwoma metodami – starą i nową – w celu uzyskania doświadczenia.
  6. Wydzielona dla obiektu kategoria geotechniczna powinna być uwzględniona w projektowaniu.
  7. Nowe procedury przy wyznaczaniu parametrów opisujących grunty i związana z tym konieczność wymiany sprzętu badawczego wyeliminują „procedury” oparte na metodzie B (PN-81 /B-03020).
  8. Pomimo, że Eurokody są bardzo cennym źródłem unifikującym rozpoznanie podłoża, to przy okazji są systemem niepotrzebnie skomplikowanym. Istnieje pogląd o nieprzystosowaniu Eurokodów do niewielkich i prostych konstrukcji, jak również dotyczący wręcz zakazu ich stosowania do konstrukcji wysokiego ryzyka.
  9. Stosowanie norm nie zwalnia od odpowiedzialności projektanta.
  10. W przypadku, gdy normy PN-B i BN-B mają szerszy zakres niż odpowiednia część EC, szczególnie w przypadku określania wartości współczynników bezpieczeństwa niedopuszczalne jest rygorystyczne trzymanie się zasady, że należy posługiwać się wyłącznie EC. Przeciwnie stanowisko jest nie tylko niedopuszczalne, ale może świadczyć o braku elementarnej wiedzy inżynierskiej w sumie prowadząc do katastrofalnych następstw.
  11. Wykorzystywanie zaleceń EC dotyczących prawidłowości opracowania parametrów geotechnicznych i kontroli jakości wykonania robót na budowie ma znacznie większe znaczenie przy spełnianiu stanów granicznych nośności i użytkowania niż dokładność modeli obliczeniowych i wartości współczynników częściowych.
  12. Geotechnicy i konstruktorzy (projektanci) muszą zweryfikować swoją wiedzę i przyzwyczajenia zapominając przy tym o metodzie U.D.A. (uda się albo się nie uda).

## Literatura:

1. PN-EN 1997-1:2004 Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 1: zasady ogólne,
2. PN-EN 1997-2: 2007. Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego,
3. PN-EN ISO 14688-1: 2005 Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część I: Oznaczanie i opis,
4. PN-EN ISO 14688-2: 2005 Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część II: Zasady klasyfikowania,
5. PN-EN ISO 14689-1: Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie skał. Część I: Oznaczanie i opis,
6. PN-EN-B-04452: 2002. Geotechnika. Badania polowe,
7. Baguelin F, Jezequel J.F., Shields D.M.: Badania presjometryczne a fundamentowanie. Wyd. Geologiczne, Warszawa 1984 r.
8. Cichy W.: Dokumentacje geotechniczne i geologiczno-inżynierskie w świetle obowiązujących przepisów prawa. Inż. Morska i Geotechnika 5/15,
9. Gołębiwska A., Wudzka A.: Nowa klasyfikacja gruntów według normy PN-EN ISO. Geoinżynieria 04/2006,
10. Gołębiwska A.: Uwagi krytyczne do klasyfikacji gruntów wg Normy PN-EN ISO 14688:2006. Biuletyn PIG Nr 446/2011 r., s. 289-296,
11. Instrukcja ITB Nr 427/2007 : Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych.
12. Jermołowicz P.: Awarie w budownictwie. Mat. szkoleniowe. DOIIB Wrocław 13.02.20015,
13. Jermołowicz P.: Dokumentacja geotechniczna i geologiczno-inżynierska w procesie inwestycyjnym. Aktualne wymagania prawne. Zmiany i komentarze. Mat. szkoleniowe. SwkOIIB Kielce 16.02.2016,
14. Jermołowicz P.: Grupy nośności vs. obliczania nośności podłoża. Artykuł z Encyklopedii – [www.inzynieriasrodowiska.com.pl](http://www.inzynieriasrodowiska.com.pl) ,
15. Jermołowicz P.: Badanie podłoża i projektowanie posadowienia budowli – podstawowe definicje. Artykuł z Encyklopedii – [www.inzynieriasrodowiska.com.pl](http://www.inzynieriasrodowiska.com.pl) ,
16. Jermołowicz P.: Badania geotechniczne i rozpoznanie podłoża jako podstawa prac projektowych. Magazyn Autostrady Nr 4/2013, s. 12-16,
17. Kłosiński B.[i in.]: Problemy rozpoznania podłoża gruntowego nowych i modernizowanych budowli drogowych i mostowych. Mat. II Ogólnopolskie Sympozjum Kiekrz/Poznań, maj 1998 r.,
18. Kłosiński B.: Przegląd norm europejskich dotyczących projektowania konstrukcji geotechnicznych, Geoinżynieria i tunelowanie 02/2005,
19. Materiały z XXVIII Ogólnopolskich warsztatów pracy projektanta konstrukcji. Wisła 2013 r.,
20. Materiały z XX-XXVI Konferencji Naukowo-technicznych „Awarie budowlane” – Międzyzdroje,



21. Młynarek Z., Wierzbicki J.: Nowe możliwości i problemy interpretacyjne polowych badań gruntów. III Symp. Geologos, Puszczykowo 2007 r.
22. Parylak K.: Potrzeba uregulowań prawnych w zakresie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia. IB III/07
23. Przybylak R.: Potrzeba uregulowań prawnych w zakresie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia. Inżynier Budownictwa III/2007,
24. Pieczyrak J.: Stany graniczne i warunki obliczeniowe w geotechnice w ujęciu normy polskiej i europejskiej. Geoinżynieria 04/2009,
25. Szydło A.: Wykorzystywanie Eurokodów geotechnicznych w drogownictwie. Drogownictwo 11/2010,
26. Tarnawski M.: Zastosowanie presjometru w badaniach gruntu. PWN, Warszawa 2007,
27. Tarnawski M.: Geologia inżynierska i geotechnika: koegzystencja czy współpraca. Mat. z III Sympozjum Geologos. Puszczykowo 2007,
28. Tarnawski M.: Metody badań podłoża gruntowego na potrzeby budowy dróg. Mat. z III Sympozjum Geologos. Puszczykowo 2007,
29. Wiłun Z.: Zarys geotechniki. WKiŁ, Warszawa 2013,
30. Wysokiński L.: Błędy systematyczne w rozpoznaniu geotechnicznym i ich wpływ na projektowanie budowlane. XXIII Konf. Nauk-Techn. „Awarie Budowlane”. Szczecin 2007 ,
31. Wysokiński L.: Projektowanie geotechniczne. Geoinżynieria 02/2009,
32. Wysokiński L., Kotlicki W., Godlewski T.: Projektowanie geotechniczne według Eurokodu 7. Poradnik ITB, Warszawa 2011,

# Załącznik Nr 1.

# DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 27 kwietnia 2012 r.

Poz. 463

**ROZPORZĄDZENIE MINISTRA TRANSPORTU, BUDOWNICTWA I  
GOSPODARKI MORSKIEJ** 1) z dnia 25 kwietnia 2012 r.

## **w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych**

Na podstawie art. 34 ust. 6 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 2010 r. Nr 243, poz. 1623, z późn. zm.2)) zarządza się, co następuje:

§ 1. Rozporządzenie określa szczegółowe zasady ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych, zwane dalej „geotechnicznymi warunkami posadawiania”.

§ 2. Ilekroć w rozporządzeniu jest mowa o specjalistycznych robotach geotechnicznych, rozumie się przez to zespół specjalistycznych robót budowlanych, mających na celu wzmocnienie podłoża gruntowego, wzmocnienie istniejących fundamentów, wykonawstwo skomplikowanych robót fundamentowych i ziemnych oraz zapewnienie bezpiecznej realizacji obiektu budowlanego, w szczególności wykonywanie: iniekcji klasycznej i strumieniowej, kotw gruntowych, pali, mikropali, kolumn konsolidacyjnych, gruntów zbrojonych, ścianek szczelnych, ścian szczelinowych, tuneli, studni i kesonów oraz innych specjalistycznych metod wykonawstwa robót ziemnych i fundamentowych.

§ 3. 1. Ustalanie geotechnicznych warunków posadawiania polega na:

- 1) zaliczeniu obiektu budowlanego do odpowiedniej kategorii geotechnicznej;
- 2) zaprojektowaniu odwodnień budowlanych;
- 3) przygotowaniu oceny przydatności gruntów stosowanych w budowlach ziemnych;
- 4) zaprojektowaniu barier lub ekranów uszczelniających;
- 5) określeniu nośności, przemieszczeń i ogólnej stateczności podłoża gruntowego;
- 6) ustaleniu wzajemnego oddziaływania obiektu budowlanego i podłoża gruntowego w różnych fazach budowy i eksploatacji, a także wzajemnego oddziaływania obiektu budowlanego z obiektami sąsiadującymi;
- 7) ocenie stateczności zboczy, skarp wykopów i nasypów;
- 8) wyborze metody wzmacniania podłoża gruntowego i stabilizacji zboczy, skarp wykopów i nasypów;
- 9) ocenie wzajemnego oddziaływania wód gruntowych i obiektu budowlanego;
- 10) ocenie stopnia zanieczyszczenia podłoża gruntowego i doboru metody oczyszczania gruntów.

2. Zakres czynności wykonywanych przy ustalaniu geotechnicznych warunków posadawiania powinien być uzależniony od zaliczenia obiektu budowlanego do odpowiedniej kategorii geotechnicznej.

1) Minister Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej kieruje działem administracji rządowej – budownictwo, gospodarka przestrzenna i mieszkaniowa, na podstawie § 1 ust. 2 pkt 1 rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów z dnia 18 listopada 2011 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej (Dz. U. Nr 248, poz. 1494).

2) Zmiany tekstu jednolitego wymienionej ustawy zostały ogłoszone w Dz. U. z 2011 r. Nr 32, poz. 159, Nr 45, poz. 235, Nr 94, poz. 551, Nr 135, poz. 789, Nr 142, poz. 829, Nr 185, poz. 1092 i Nr 232, poz. 1377. Dziennik Ustaw – 2 – Poz. 463

3. Geotechniczne warunki posadowienia przedstawia się w formie:

1) opinii geotechnicznej;

2) dokumentacji badań podłoża gruntowego;

3) projektu geotechnicznego.

4. Forma przedstawienia geotechnicznych warunków posadawiania oraz zakres niezbędnych badań powinny być uzależnione od zaliczenia obiektu budowlanego do odpowiedniej kategorii geotechnicznej.

§ 4. 1. Kategorię geotechniczną ustala się w opinii geotechnicznej w zależności od stopnia skomplikowania warunków gruntowych oraz konstrukcji obiektu budowlanego, charakteryzujących możliwości przenoszenia odkształceń i drgań, stopnia złożoności oddziaływań, stopnia zagrożenia życia i mienia awarią konstrukcji, jak również od wartości zabytkowej lub technicznej obiektu budowlanego i możliwości znaczącego oddziaływania tego obiektu na środowisko.

2. Warunki gruntowe w zależności od stopnia ich skomplikowania dzieli się na:

1) proste – występujące w przypadku warstw gruntów jednorodnych genetycznie i litologicznie, zalegających poziomo, nieobejmujących mineralnych gruntów słabonośnych, gruntów organicznych i nasypów niekontrolowanych, przy zwierciadle wody poniżej projektowanego poziomu posadowienia oraz braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych;

2) złożone – występujące w przypadku warstw gruntów niejednorodnych, nieciągłych, zmiennych genetycznie i litologicznie, obejmujących mineralne grunty słabonośne, grunty organiczne i nasypy niekontrolowane, przy zwierciadle wód gruntowych w poziomie projektowanego posadawiania i powyżej tego poziomu oraz przy braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych;

3) skomplikowane – występujące w przypadku warstw gruntów objętych występowaniem niekorzystnych zjawisk geologicznych, zwłaszcza zjawisk i form krasowych, osuwiskowych, sufozyjnych, kurzawkowych, glacitektonicznych, gruntów ekspansywnych i zapadowych, na obszarach szkód górniczych, przy możliwych nieciągłych deformacjach górotworu, w obszarach dolin i delt rzek oraz na obszarach morskich.

3. Rozróżnia się następujące kategorie geotechniczne obiektu budowlanego:

1) pierwsza kategoria geotechniczna, która obejmuje posadawianie niewielkich obiektów budowlanych, o statycznie wyznaczalnym schemacie obliczeniowym w prostych warunkach gruntowych, w przypadku których możliwe jest zapewnienie minimalnych wymagań na podstawie doświadczeń i jakościowych badań geotechnicznych, takich jak:

a) 1- lub 2-kondygnacyjne budynki mieszkalne i gospodarcze,

b) ściany oporowe i rozparcia wykopów, jeżeli różnica poziomów nie przekracza 2,0 m,

c) wykopy do głębokości 1,2 m i nasypy budowlane do wysokości 3,0 m wykonywane w szczególności przy budowie dróg, pracach drenażowych oraz układaniu rurociągów;

2) druga kategoria geotechniczna, która obejmuje obiekty budowlane posadawiane w prostych i złożonych warunkach gruntowych, wymagające ilościowej i jakościowej oceny danych geotechnicznych i ich analizy, takie jak:

a) fundamenty bezpośrednie lub głębokie,

b) ściany oporowe lub inne konstrukcje oporowe, z zastrzeżeniem pkt 1 lit. b, utrzymujące grunt lub wodę,

c) wykopy, nasypy budowlane, z zastrzeżeniem pkt 1 lit. c, oraz inne budowle ziemne,

d) przyczółki i filary mostowe oraz nabrzeża,

e) kotwy gruntowe i inne systemy kotwiące;

3) trzecia kategoria geotechniczna, która obejmuje:

a) obiekty budowlane posadawiane w skomplikowanych warunkach gruntowych,

b) nietypowe obiekty budowlane niezależnie od stopnia skomplikowania warunków gruntowych, których wykonanie lub użytkowanie może stwarzać poważne zagrożenie dla użytkowników, takie jak: obiekty energetyki, rafinerie, zakłady chemiczne, zapory wodne i inne budowle hydrotechniczne o wysokości piętrzenia powyżej 5,0 m, budowle stoczniowe, wyspy morskie i platformy wiertnicze oraz inne skomplikowane budowle morskie, lub których projekty budowlane zawierają nieznaną podstawę w przepisach nowe niesprawdzone w krajowej praktyce rozwiązania techniczne, Dziennik Ustaw – 3 – Poz. 463

c) obiekty budowlane zaliczane do inwestycji mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko, określone w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397),

d) budynki wysokościowe projektowane w istniejącej zabudowie miejskiej,

e) obiekty wysokie, których głębokość posadawiania bezpośredniego przekracza 5,0 m lub które zawierają więcej niż jedną kondygnację zagłębioną w gruncie,

f) tunele w twardych i niespękanych skałach, w warunkach niewymagających specjalnej szczelności,

g) obiekty infrastruktury krytycznej,

h) obiekty zabytkowe i monumentalne.

4. Kategorię geotechniczną całego obiektu budowlanego lub jego poszczególnych części określa projektant obiektu budowlanego na podstawie badań geotechnicznych gruntu, których zakres uzgadnia z wykonawcą specjalistycznych robót geotechnicznych.

5. Po stwierdzeniu innych od przyjętych w badaniach warunków geotechnicznych gruntu projektant obiektu budowlanego zmienia jego kategorię geotechniczną.

§ 5. Geotechniczne warunki posadawiania ustala się w szczególności w oparciu o bieżące wyniki badań geotechnicznych gruntu, analizę danych archiwalnych, w tym analizę i ocenę dokumentacji geotechnicznej, geologiczno-inżynierskiej i hydrogeologicznej, obserwacji geodezyjnych zachowania się obiektów sąsiednich oraz innych danych dotyczących podłoża badanego terenu i jego otoczenia.

§ 6. 1. Zakres badań geotechnicznych gruntu ustala się w zależności od kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego.

2. Dla obiektów budowlanych pierwszej kategorii geotechnicznej zakres badań geotechnicznych może być ograniczony do wierceń i sondowań oraz określenia rodzaju gruntu na podstawie analizy makroskopowej. Wartości parametrów geotechnicznych można określać przy wykorzystaniu lokalnych zależności korelacyjnych.

3. Dla obiektów budowlanych drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej zakres badań, poza badaniami, o których mowa w ust. 2, powinien być zależny od przewidywanego stopnia skomplikowania warunków gruntowych oraz specyfiki i charakteru obiektu budowlanego lub rodzaju planowanych robót geotechnicznych oraz określać:

1) rodzaj gruntów;

2) fizyczne i mechaniczne parametry gruntu takie jak: kąt tarcia wewnętrznego, spójność, wytrzymałość na ścinanie bez odpływu, moduł ściśliwości lub odkształcenia, uzyskane w badaniach laboratoryjnych lub w terenie, w szczególności za pomocą takich metod jak:

a) sondowania statyczne i dynamiczne,

- b) badania presjometryczne i dylatometryczne,
  - c) badania sondą krzyżakową,
  - d) badania próbnych obciążeń gruntu;
- 3) w zależności od potrzeb fizykochemicznych – właściwość wód gruntowych.
4. Dla obiektów budowlanych trzeciej kategorii geotechnicznej zakres badań poza badaniami, o których mowa w ust. 2 i 3, należy dodatkowo uzupełnić badaniami niezbędnymi do przeprowadzenia obliczeń analitycznych i numerycznych dla przyjętego modelu geotechnicznego podłoża, w uzgodnieniu z wykonawcą specjalistycznych robót geotechnicznych.
5. W przypadku budowli ziemnych i składowisk odpadów, zaliczanych do drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej, zakres badań poza badaniami, o których mowa w ust. 2 i 3, należy dodatkowo uzupełnić o badania:
- 1) przepuszczalności hydraulicznej gruntów wykonane w terenie i laboratorium;
  - 2) zagęszczalności podłoża gruntowego i gruntów stosowanych do budowy;
  - 3) materiałów stosowanych do uszczelnień;
  - 4) materiałów stosowanych w konstrukcjach drenażowych. Dziennik Ustaw – 4 – Poz. 463
6. W przypadku wzmacniania podłoża gruntowego dla obiektów zaliczanych do drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej, poza badaniami, o których mowa w ust. 2 i 3, zakres badań należy dodatkowo uzupełnić o badania:
- 1) efektów wzmocnienia gruntów;
  - 2) materiałów stosowanych do wzmocnienia gruntów.
7. Zakres badań wymienionych w ust. 2–6, w zależności od potrzeb, może być rozszerzony o dodatkowe badania gruntu, takie jak:
- 1) badania geofizyczne;
  - 2) badania na poletkach doświadczalnych;
  - 3) odkrywki fundamentów;
  - 4) badania zanieczyszczenia gruntu i wód gruntowych;
  - 5) badania właściwości dynamicznych gruntu;
  - 6) badania teledetekcyjne.
8. Próbkę do badań laboratoryjnych powinny mieć jakość zgodną z *Polską Normą PN-EN 1997-2 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego* i powinny być pobierane w trakcie wierceń, z wykopów badawczych, za pomocą odpowiednich próbników.
- § 7. 1. W przypadku obiektów budowlanych wszystkich kategorii geotechnicznych opracowuje się opinię geotechniczną.
2. W przypadku obiektów budowlanych drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej opracowuje się dodatkowo dokumentację badań podłoża gruntowego i projekt geotechniczny.
3. W przypadku obiektów budowlanych trzeciej kategorii geotechnicznej oraz w złożonych warunkach gruntowych drugiej kategorii wykonuje się dodatkowo dokumentację geologiczno-inżynierską, zgodnie z przepisami ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. Nr 163, poz. 981).
- § 8. Opinia geotechniczna powinna ustalać przydatność gruntów na potrzeby budownictwa oraz wskazywać kategorię geotechniczną obiektu budowlanego.
- § 9. Dokumentacja badań podłoża gruntowego, zgodnie z *Polskimi Normami PN-EN 1997-1: Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne* i *PN-EN 1997-2: Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego* powinna zawierać opis metodyki polowych i laboratoryjnych badań gruntów, ich wyniki i interpretację, model geologiczny oraz zestawienie wyprowadzonych wartości danych geotechnicznych dla każdej warstwy.

§ 10. Projekt geotechniczny zgodnie z *Polskimi Normami PN-EN 1997-1: Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne* i *PN-EN 1997-2: Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego* powinien zawierać:

- 1) prognozę zmian właściwości podłoża gruntowego w czasie;
- 2) określenie obliczeniowych parametrów geotechnicznych;
- 3) określenie częściowych współczynników bezpieczeństwa do obliczeń geotechnicznych;
- 4) określenie oddziaływań od gruntu;
- 5) przyjęcie modelu obliczeniowego podłoża gruntowego, a w prostych przypadkach projektowego przekroju geotechnicznego;
- 6) obliczenie nośności i osiadania podłoża gruntowego oraz ogólnej stateczności;
- 7) ustalenie danych niezbędnych do zaprojektowania fundamentów;
- 8) specyfikację badań niezbędnych do zapewnienia wymaganej jakości robót ziemnych i specjalistycznych robót geotechnicznych; Dziennik Ustaw – 5 – Poz. 463
- 9) określenie szkodliwości oddziaływań wód gruntowych na obiekt budowlany i sposobów przeciwdziałania tym zagrożeniom;
- 10) określenie zakresu niezbędnego monitorowania wybudowanego obiektu budowlanego, obiektów sąsiadujących i otaczającego gruntu, niezbędnego do rozpoznania zagrożeń mogących wystąpić w trakcie robót budowlanych lub w ich wyniku oraz w czasie użytkowania obiektu budowlanego.

§ 11. Do obiektów budowlanych, w stosunku do których przed dniem wejścia w życie niniejszego rozporządzenia:

- 1) został złożony wniosek o wydanie decyzji o pozwoleniu na budowę lub odrębny wniosek o zatwierdzenie projektu budowlanego lub
- 2) zostało dokonane zgłoszenie budowy lub wykonania robót budowlanych w przypadku, gdy nie jest wymagane uzyskanie decyzji o pozwoleniu na budowę, lub
- 3) zostało dokonane zgłoszenie zmiany sposobu użytkowania obiektu budowlanego lub jego części – stosuje się przepisy dotychczasowe.

§ 12. Rozporządzenie wchodzi w życie z dniem 29 kwietnia 2012 r.

Minister Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej: *S. Nowak*