

## Koszty występujące w cyklu funkcjonowania obiektu budowlanego wynikające z niewłaściwego rozpoznania podłoża gruntowego

Szymon Węgliński<sup>1</sup>



**Costs resulting from insufficient ground identification in the life cycle of a building object.** Prz. Geol., 69: 963–970.

*Abstract.* The statistics of damage and failures of buildings indicate that one of the causes are geotechnical issues. The lack or a limited scope of subsoil tests does not allow for a proper assessment of soil and water conditions, and then the correct determination of geotechnical parameters. Lack of substantive knowledge and ignorance of the current building regulations (including ground identification) shown by people interested in a construction investment (investor, designer, contractor) may result in damage, failure or catastrophe. Negligence in the proper preparation of the subsoil also results in additional costs at the stage of use of the structure. It is easier and cheaper to ensure the proper subsoil recognition and reduce or eliminate potential irregularities at the design and implementation stage than when the building is in use. The paper presents the current state of regulations related to geotechnical issues and the possible costs that may arise due to the lack of proper geotechnical identification of the subsoil.

**Keywords:** geotechnical tests, geotechnical regulations, investment costs, structural failures

Statystyki przypadków zagrożeń, awarii, uszkodzeń oraz katastrof budowlanych są prowadzone w Polsce przez dwa ośrodki: Główny Urząd Nadzoru Budowlanego (GUNB) oraz Instytut Techniki Budowlanej (ITB). Ich przyczyny są zróżnicowane: od nieprzewidywalnych zdarzeń losowych (siły natury) przez wady materiałów aż do – niestety powszechnych – błędów ludzkich. Do wymienionych czynników zaliczają się także zaniedbania oraz błędy w rozpoznaniu podłoża gruntowego. Runkiewicz (2020) na podstawie wieloletnich badań ITB jako najczęstsze przyczyny awarii związane z zagadnieniami geotechnicznymi oraz fundamentowymi wymienia:

- ❑ niedostateczne badania, błędne rozpoznanie aktualnych warunków gruntowo-wodnych pod obiekty nowe, modernizowane i szczególnie w budownictwie plombowym;
- ❑ błędne ustalenia w sprawie obciążeń dopuszczalnych gruntu i dopuszczalnych osiadań danego rodzaju projektowanych budowli i typów posadowień;
- ❑ przyjęcie nieodpowiedniego rodzaju fundamentów oraz niewłaściwe ich projektowanie, bez uwzględnienia współpracy konstrukcji obiektów z podłożem gruntowym;
- ❑ zmiany warunków i rodzajów fundamentowania obiektów nowych, rozbudowywanych i modernizowanych;
- ❑ niedostateczne kontrole badania gruntu przed rozpoczęciem realizacji obiektów;
- ❑ niewłaściwie zaprojektowane płyty fundamentowe pod budynkami typu „biała wanna”, niedostateczny zakres badań geotechnicznych i słabą odporność izolacji na wody gruntowe pod ciśnieniem hydrostatycznym.

Awarie z przyczyn geotechnicznych występują głównie w budynkach mieszkalnych i publicznych oraz przemysłowych. Pod względem rodzaju konstrukcji najczęściej awariom ulegają budowle z materiałów sztywnych (żelbetowe i murowe, szczególnie prefabrykowane), a najrzadziej o konstrukcjach stalowych i drewnianych. Najbar-

dziej powszechne są błędy projektowe, m.in. przecenienie właściwości mechanicznych gruntów podłoża i przekroczenie drugiego lub pierwszego stanu granicznego, niedostateczne rozpoznanie podłoża, a także posadawianie na nasypach niebudowlanych (Tarnawski, 2011).

Autor uważa, iż głównym powodem błędnego rozpoznania podłoża może być chęć redukcji kosztów na etapie projektowania i realizacji, a także brak świadomości roli badań geotechnicznych lub ich błędna interpretacja.

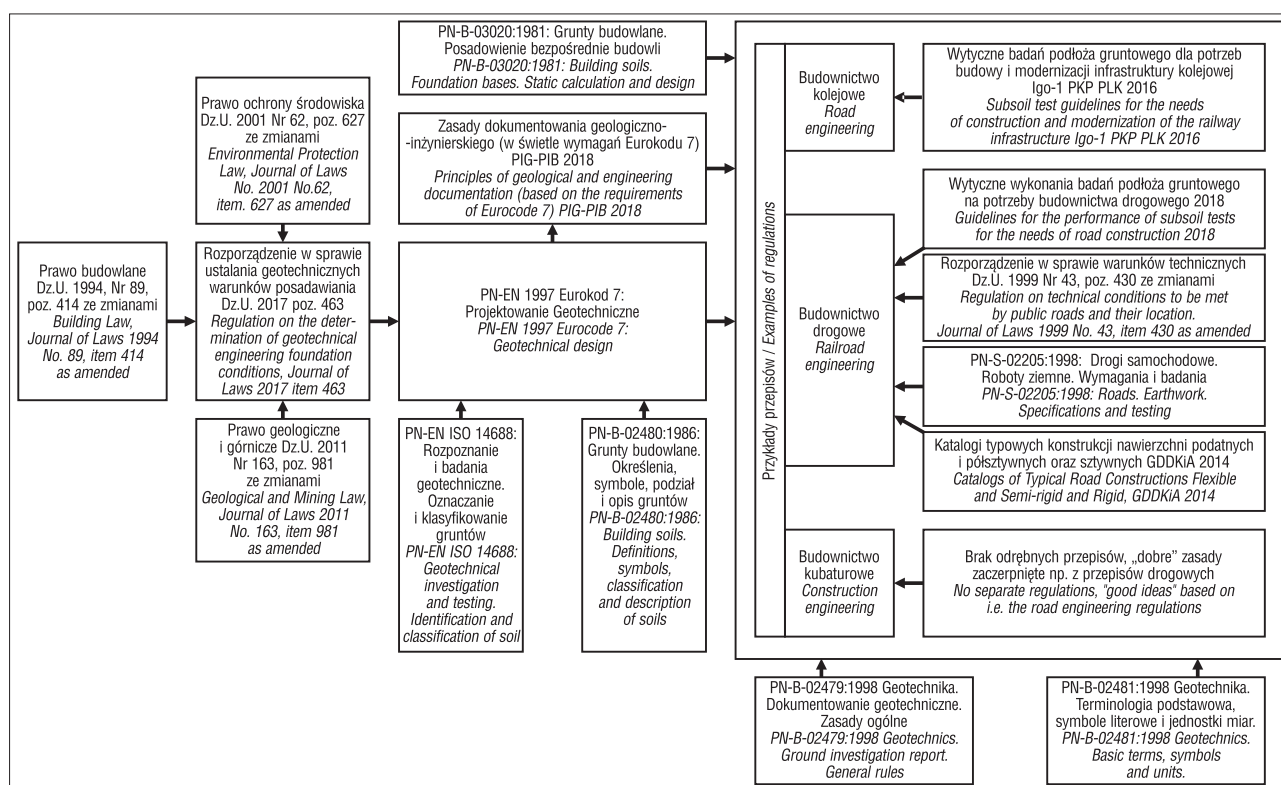
W pierwszej części artykułu scharakteryzowano aktualne oraz najczęściej stosowane przepisy regulujące zagadnienia geotechniczne, których lekceważenie może prowadzić do powstania dodatkowych kosztów. W drugiej – przedstawiono analizę kosztów badań geotechnicznych oraz nakreślono skutki dla poszczególnych uczestników procesu budowlanego wynikające z ich niedostatecznego zakresu lub niskiej jakości.

### STAN PRZEPISÓW PRAWNYCH DOTYCZĄCYCH GEOTECHNIKI

Osoby zainteresowane procesem budowlanym, aby mogły wyeliminować awarie lub nieprzewidziane koszty wynikające z błędnego rozpoznania podłoża, winny być świadome obowiązujących przepisów z zakresu geotechniki oraz metod oceny właściwości podłoża gruntowego (ryc. 1).

Nadrzędnym dokumentem, regulującym zagadnienie podłoża gruntowego, jest *Prawo budowlane* z 1994 r. ze zmianami (Ustawa..., 1994). Wymaga się, aby projekt architektoniczno-budowlany obejmował opinię geotechniczną oraz informacje o sposobie posadawienia obiektu budowlanego. Projekt techniczny winien dodatkowo zawierać – w zależności od potrzeb – dokumentację geologiczno-inżynierską lub geotechniczne warunki posadawienia (dalej zwane GWP). Nie wymieniono więcej szczegółów, natomiast odwołano się do zapisu, iż zasady ustalania GWP określa minister ds. budownictwa. Zatem kolejnym dokumentem prawnym jest *Rozporządzenie w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów*

<sup>1</sup> Instytut Inżynierii Lądowej, Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań; szymon.wegliński@put.poznan.pl



**Ryc. 1.** Najważniejsze dokumenty regulujące kwestie badań podłoża gruntowego i jego przygotowania do posadowienia obiektów (uwzględniono przepisy ogólne dla posadowienia bezpośredniego)

**Fig. 1.** The most important documents regulating the examination of the subsoil and its preparation for the foundation of objects (general regulations for direct foundation are included)

*budowlanych*, obowiązujące od 2012 r. (Rozporządzenie..., 2012). Do najważniejszych elementów dokumentu należy zaliczyć:

- określenie formy i zakresu poszczególnych składowych GWP: opinii geotechnicznej, dokumentacji badań podłoża gruntowego i projektu geotechnicznego;
- definicję warunków gruntowych: prostych, złożonych i skomplikowanych;
- definicję kategorii geotechnicznych obiektów budowlanych: pierwszej, drugiej i trzeciej.

Warto zwrócić uwagę na zapis, iż 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. Ponadto rozporządzenie nakazuje stosowanie norm Eurokod 7 (PN-EN 1997-1:2008 i PN-EN 1997-2:2009). Zakres opracowania GWP zależy od stopnia skomplikowania podłoża gruntowego oraz kategorii geotechnicznej obiektu (tab. 1).

*Rozporządzenie w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych* (2012) jest związane z obszernym *Prawem geologicznym i górniczym* (Ustawa..., 2011), przywołanym głównie z uwagi na określenie w nim zasad opracowania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej obiektów budowlanych II kategorii w złożonych warunkach gruntowych oraz III kategorii geotechnicznej bez względu na warunki podłoża. Uzupełnieniem tego prawa są przepisy o projekcie robót geologicznych (Rozporządzenie..., 2011) oraz dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej (Rozporządzenie, 2016).

Ważnym dokumentem w kontekście prac na terenach wcześniej zagospodarowanych – takich jak podmiejskie

tereny przemysłowe i obszary przekształceń antropologicznych, znane jako *brownfield* i *greyfield* (Prognoza..., 2019) – z uwagi na konieczność remediacji zanieczyszczonych gruntów oraz wód gruntowych jest *Prawo ochrony środowiska* (Ustawa..., 2001). Działki na tego typu terenach, charakteryzujące się niską ceną i atrakcyjną lokalizacją, są chętnie nabywane przez inwestorów zainteresowanych budownictwem wielorodzinnym lub przemysłowym, mimo iż są oni świadomi potencjalnych zagrożeń wynikających z konieczności uzdatnienia podłoża (grunty organiczne, nasypy niebudowlane) lub remediacji (oczyszczenia z substancji szkodliwych, m.in. węglowodorów, azbestu, ropopochodnych itp.), gdyż wychodzą z założenia (nie zawsze uzasadnionego), że koszty z tym związane będą niższe od oszczędności wynikających z ceny zakupu terenu.

*Rozporządzenie w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych* (2012) wprost określa konieczność stosowania 7. części Eurokodu, które były sukcesywnie wprowadzane od 2006 r., zastępując normy służące obliczeniom posadowień: bezpośrednich PN-B-03020:1981 (zwana dalej PN-B) i pośrednich na palach PN-B-02482:1983. W skład Eurokodu 7 wchodziły dwie normy: PN-EN 1997-1:2008 oraz PN-EN 1997-2:2009. Ich zakres jest bardzo złożony, a przedstawione algorytmy postępowania wprowadzają daleko idące zmiany w wielu aspektach geotechnicznych. W niniejszym artykule autor nie opisuje wszystkich zmian, chce wyłącznie nakreślić różnice w definicji parametrów geotechnicznych. Pozostałe charakterystyki stosowania Eurokodu 7 przybliżono w wielu publikacjach (m.in. Wysokiński, 2005a, b, 2009; Kłosiński, 2005; Kotlicki, 2009; Godlewski, 2017).

Wielu projektantów nadal korzysta z rozwiązań normy PN-B-03020:1981, ponieważ zawiera ona tablice z parametrami geotechnicznymi gruntów, które ułatwiają postę-

powanie. Eurokod 7 wprowadza obowiązek oznaczania wartości charakterystycznych dla warunków gruntowych poprzez zastosowanie odpowiednich narzędzi pomiarowych, tak w terenie (np. CPT, DMT), jak i w badaniach laboratoryjnych, do analiz odpowiednio pobranych próbek (co nie jest oczywiste, gdyż jakość próbek uznawanych przez PN-B-04481:1988 jest inna od wymagań europejskich). Uzyskane wyniki Eurokodu 7 i PN-B funkcjonowały równolegle w okresie przejściowym do 1 kwietnia 2010 r. Ostateczny termin uzyskania pozwolenia na budowę, zatwierdzenie lub zmianę projektu budowlanego oraz zatwierdzenie zamiennego projektu wg starych przepisów minął 1 stycznia 2021 r. (PKN, 2021a). Każdy projektant powinien mieć świadomość, iż po tym terminie projektowanie konstrukcji budowlanych powinno być prowadzone z wykorzystaniem Eurokodu. Od 2015 r. w Europejskim Komitecie Normalizacyjnym rozpoczęto pracę nad jego drugą edycją. W zakresie projektowania geotechnicznego istotne będzie zwiększenie roli projektanta oraz transparentności w doborze parametrów i definiowaniu geotechnicznego modelu podłoża. Zmianom ulegną zakresy poszczególnych części i zostanie wprowadzona część trzecia (Bogusz, Leszczyński, 2019). Na bazie Eurokodu w 2018 r., w ramach popularyzacji oraz wdrożenia do dokumentowania geologiczno-inżynierskiego zasad w nim określonych, opracowano w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym (w formie poradnika) *Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskiego* (Majer i in., 2018). Pozycja ta winna być traktowana jako wytyczne oraz instrukcje krok po kroku określające postępowanie w rozpoznawaniu podłoża gruntowego do projektowania geotechnicznego.

Jako kolejne szczeble drabiny przepisów związanych z geotechniką należy wymienić normy regulujące klasyfikację gruntów budowlanych. W świadomości wielu pokoleń polskich inżynierów oraz geologów podstawową normą, wprawdzie wycofaną i zastąpioną normą europejską, jest PN-B-02480:1986. Rzeczowo podzielono i opisano w niej grunty, poszczególne ich rodzaje zdefiniowano ze względu na zawartość poszczególnych frakcji, a najliczniejszą grupę gruntów – drobnoziarnistych spoiwistych – w sposób czytelny przedstawiono na trójkącie Fereta.

W 2006 r. wprowadzono dwuczęściową normę PN-EN ISO 14688 (zwaną dalej ISO). Polsce narzucono ujednol-

lenie opisu gruntów według przepisów europejskich, przy czym warto zauważyć, iż w praktyce niektóre kraje europejskie (np. Niemcy i Wielka Brytania) nie stosują się do tej normy, a grunty oznaczają według podziału międzynarodowej klasyfikacji USCS (*Unified Soil Classification System*) Casagrande'a (ASTM, 2006). Podstawą klasyfikacji wg normy ISO są badania makroskopowe, ale również dopuszcza ona klasyfikowanie gruntów według uziarnienia. Jej graficznym obrazem są trójkąt i diagram ISO, a grunty zostały dodatkowo zestawione na tablicy, jednak informacje nie są spójne. W pierwotnej wersji normy (z 2006 r.) zaproponowano załącznik krajowy, w którym podjęto próbę powiązania trójkąta Fereta z trójkątem i diagramem ISO, jednak zmiany poszczególnych frakcji na osiach trójkąta oraz różnice w uziarnieniu wprowadzały poważne nieporozumienia, dlatego też w 2012 r. zrezygnowano z jego stosowania (PN-EN ISO 14688-1:2006/Ap1:2012). W obecnej wersji z 2018 r. (PN-EN ISO 14688-2:2018-05), z uwagi na brak konsekwencji w klasyfikacji i liczne błędy wycofano z normy również trójkąt i diagram ISO. Znane są próby porównania norm (Gołębiewska, Wudzka, 2006; Gołębiewska, 2011; Tarnawski, 2017) i propozycje poprawek oraz uproszczenia normy ISO (Gołębiewska, 2012).

Większość dokumentacji geotechnicznych lokalnych, niewielkich inwestycji nadal jest opracowywana zgodnie z normą PN-B-02480:1986. Wobec zagranicznych inwestorów oraz złożonych problemów geotechnicznych są stosowane opisy zgodne z klasyfikacją wg normy PN-EN ISO, przy czym równolegle stosuje się opisy wg starej polskiej normy. Jedni autorzy obowiązujących dokumentów technicznych zalecają stosowanie krajowych przepisów, dopóki importowane nie zostaną ujednolicone (np. Judyci, 2014; Szydło, 2014), a inni wymagają stosowania obu norm (m.in. Majer, 2018), jednak z preferencją normy ISO. Autor zgadza się ze zdaniem Szajny (2016), iż nie jest najważniejsza sama nazwa gruntów oraz klasyfikacja, którą należy stosować, a wyłącznie skutki (wiedza o właściwościach), które z tej nazwy wynikają. Należy dążyć do tego, by na podstawie nazwy gruntu można się było domyślać, jakie są jego cechy, a także jaki model obliczeniowy będzie wykorzystany w analizie podłoża oraz jakie parametry należy wyznaczyć i jaką metodykę badawczą zastosować.

Wybierając normę do klasyfikacji gruntów oraz projektowania, należy pamiętać, że zgodnie z zapisami ustawy

**Tab. 1.** Kategorie geotechniczne obiektów budowlanych i wymagane dla nich opracowania dotyczące podłoża gruntowego  
**Table 1.** Geotechnical categories of building objects and required geotechnical documents

Rodzaje konstrukcji budowlanych <i>Types of building structures</i>	Stopień złożoności podłoża – warunki <i>The degree of complexity of the substrate – conditions</i>		
	proste <i>simple</i>	złożone <i>complex</i>	skomplikowane <i>complicated</i>
Niewielkie obiekty budowlane <i>Small construction objects</i>	I kategoria <i>category I</i> GWP a	II kategoria <i>category II</i> GWP b; DGI	III kategoria <i>category III</i> GWP b; DGI
Obiekty budowlane wymagające ilościowej i jakościowej oceny danych geotechnicznych <i>Constructions requiring quantitative and qualitative assessment of geotechnical data</i>	II kategoria <i>category II</i> GWP b	II kategoria <i>category II</i> GWP b; DGI	III kategoria <i>category III</i> GWP b; DGI
Bardzo duże obiekty lub o nietypowej konstrukcji w skomplikowanych warunkach gruntowych <i>Very large objects or objects of untypical construction in complicated ground conditions</i>	III kategoria <i>category III</i> GWP b; DGI	III kategoria <i>category III</i> GWP b; DGI	III kategoria <i>category III</i> GWP b; DGI

**DGI** – konieczność opracowania projektu robót geologicznych oraz dokumentacji geologiczno-inżynierskiej  
*the necessity to prepare a geological works project and geological and engineering documentation*

**GWP a** – opinia geotechniczna / *geotechnical opinion*;

**GWP b** – opinia geotechniczna + dokumentacja badań podłoża + projekt geotechniczny  
*geotechnical opinion + substrate tests documentation + geotechnical project*

o normalizacji (Obwieszczenie..., 2015), stosowanie norm jest dobrowolne, jednak warto mieć świadomość, iż mają one służyć ujednoliceniu zasad postępowania, zapewnieniu ochrony życia, zdrowia, środowiska oraz interesu konsumentów i bezpieczeństwa pracy. Polskie normy, stosowane dotychczas przez inżynierów budowlanych, zostały zastąpione europejskimi. W celu poprawnego i bezpiecznego projektowania należy nie tylko aktualizować normy, ale przede wszystkim świadomość i wiedzę projektantów oraz wykonawców. Zgodnie z zapisami Polskiego Komitetu Normalizacyjnego (PKN, 2021a) zbiór norm wycofanych nie jest zbiorem przepisów, których stosowanie jest zakazane. Normy wycofane zawierają mniej nowoczesne rozwiązania techniczne, co nie oznacza, że błędne. Jeżeli w kontrakcie inwestora z wykonawcą pojawia się odwołania do dokumentów technicznych, w tym norm (nawet wycofanych), przedmiot zadania należy zrealizować według warunków ustalonych przez obie strony. Obiekt należy realizować zgodnie z tym, co zaproponował projektant i na jakie dokumenty techniczne się powołał.

Poza nadrzędnymi przepisami prawnymi, odnoszącymi się do obiektów budowlanych (ustawy, rozporządzenia, normy), funkcjonują dokumenty branżowe, koncentrujące się na trzech grupach budowli – przeznaczone dla obiektów kubaturowych oraz infrastruktury liniowej: kolejowej i drogowej. Większość wymienionych przepisów korzysta z definicji i pojęć oraz minimalnej liczby stanowisk badawczych, określonych w dwóch krajowych normach (już wycofanych): PN-B-02479:1998 oraz PN-B-02481:1998. W przypadku obiektów kubaturowych nie sprecyzowano uzupełniających, szczegółowych wytycznych lub instrukcji, gdyż dobre nawyki przyjęto z wymienionych norm oraz przepisów określonych dla drogownictwa, która to branża jest najszczegółowiej skodyfikowana. Przepisami regulującymi zagadnienia geotechniczne obiektów budownictwa kolejowego są *Wytyczne badań podłoża gruntowego dla potrzeb budowy i modernizacji infrastruktury kolejowej*, opracowane na zlecenie PKP PLK w 2016 r. (Wytyczne..., 2016). W budownictwie drogowym do najczęściej powoływanych dokumentów geotechnicznych, zdaniem autora, należy zaliczyć:

- ❑ normę PN-S-02205:1998 – w której określono m.in. wymagania wobec robót ziemnych w zakresie stosowania odpowiednich materiałów oraz jakości ich wbudowania;
- ❑ rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie – jego pierwotną wersję: Dz.U. 1999, nr 43, poz. 430 (Rozporządzenie..., 1999) i wraz ze zmianami, w aktualnej treści jako Dz.U. 2019, poz. 1643 (Rozporządzenie..., 2019);
- ❑ katalogi typowych konstrukcji nawierzchni: podatnych i półsztywnych (Judycki, 2014) oraz sztywnych (Szydło, 2014), opracowane na zlecenie Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad, gdzie zdefiniowano postępowanie wobec określenia warunków gruntowo-wodnych podłoża oraz projektowania warstw ulepszonych podłoża i dolnych warstw konstrukcji nawierzchni;
- ❑ wytyczne wykonywania badań podłoża gruntowego na potrzeby budownictwa drogowego (Majer, 2018), opracowane przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie i Politechnikę Warszawską, na zlecenie Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA).

Poważnym błędem było, zdaniem autora, usunięcie załącznika nr 4 z treści obowiązującego *Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie* (1999), znanego wszystkim projektantom nawierzchni drogowych, w którym określano *sposób przeprowadzania badań geotechnicznych i określenia warunków gruntowo-wodnych podłoża nawierzchni* oraz wymagania wobec podłoża gruntowego, klasyfikując je do czterech grup nośności. W zmienionym Rozporządzeniu... (2015) uchylono ten załącznik i w obecnej formie przepisów (Rozporządzenie..., 2019) nie ma regulacji prawnych odnoszących się do geotechniki, co oznacza, iż rozpoznanie podłoża dla potrzeb budownictwa drogowego nie jest regulowane prawnie, o czym więcej już wcześniej pisano (Węgliński, 2017). Wprawdzie w 2014 r. wprowadzono katalogi typowych konstrukcji nawierzchni, w których sporo miejsca poświęcono zagadnieniom podłoża gruntowego, jednak opracowane dokumenty, zgodnie z ich przeznaczeniem, winny regulować wymagania dla dróg podległych GDDKiA. W żadnych przepisach ani regulacjach prawnych nie wskazano, że mają obowiązywać wykonawców pozostałych dróg publicznych. Nadzieję na rozwiązanie prawnego problemu zapisu dotyczącego podłoża gruntowego nawierzchni winny być konsultacje środowiska geologów, geotechników i inżynierów budownictwa (m.in. na 7. Sympozjum Współczesne Problemy Geologii Inżynierskiej w Polsce). W nowych wytycznych odnośnie badania podłoża gruntowego (Majer, 2018) zaktualizowano postanowienia *Instrukcji badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych* (Kłosiński, 1998), opracowanych dla Generalnej Dyrekcji Dróg Publicznych (odpowiednik dzisiejszej GDDKiA). Wytyczne są adaptacją obowiązujących przepisów wynikających z aktualizacji norm (głównie EC7) i nowych technologii badawczych i są coraz mocniej popularyzowane.

#### **INTERPRETACJA PARAMETRÓW PODŁOŻA KLUCZOWĄ KWESTIĄ WŁAŚCIWEJ REALIZACJI OBIEKTU BUDOWLANEGO**

Grunty stanowiące materiały budowlane cechują się niejednorodnością, a ich rozpoznanie często bywa punktowe. Różne metody badawcze prowadzą zaś do uzyskania odmiennych wyników badań tych samych gruntów (Grela, Traczyński, 2014). Sposób wyznaczenia wartości parametrów opisujących grunty budowlane jest określony normami. W Polsce obowiązującą normą jest Eurokod 7: *Projektowanie geotechniczne* (PN-EN 1997-1 i -2), który w roku 2008 zastąpił kilkudziesięcioletnią normę PN-B-03020:1981 *Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie*. Różnice w określeniu parametrów są znaczące. Implementacja Eurokodu wymusza zmianę świadomości projektantów. Wprowadza on dobrowolność w stosowaniu norm, zwiększa rolę projektanta, a także wymaga od niego większej odpowiedzialności za programowanie badań geotechnicznych oraz interpretację uzyskanych wyników. Obecnie obowiązujące normy proponują stosowanie szerokiego zakresu badań umożliwiających ocenę parametrów geotechnicznych (wartości charakterystycznych) z wykorzystaniem badań bezpośrednich *in situ*. Pozwalają one na skorzystanie z bardziej realnych wartości parametrów niż przyjmowane przez projektantów zgodnie z normą PN-B-03020:1981, umożliwiając ocenę gruntów w stanie ich naturalnego występowania w terenie, czyli w takich warunkach, w jakich zostanie posadowiony obiekt. Wyniki

badania polowych winny być jednak potwierdzone laboratoryjnie na reprezentatywnie wybranych próbkach o wysokiej jakości. Robertson (2009) uważa jednak, że blisko 90% zagadnień geotechnicznych można rozwiązać na podstawie wyników badań statycznych sondowań, uzupełnionych badaniami dylatometrycznymi.

Racjonalny dobór parametrów geotechnicznych do modelowania konstrukcji jest odpowiedzialnym i trudnym zadaniem. W świadomości projektantów funkcjonuje jeszcze możliwość skorzystania z nomogramów przedstawionych w PN-B-03020:1981, gdyż w czasach, gdy w Polsce występowały trudności z dostępem do nowoczesnych technologii oraz urządzeń pomiarowych, wartości przedstawione na nomogramach, zestawiające parametry wytrzymałości na ścinanie (kąty tarcia wewnętrzne) oraz moduły ścisłości ( $E$ ,  $M$ ), korelowano z wartościami parametrów wiodących, oznaczonych bezpośrednio w terenie (stopnie zagęszczenia  $I_D$  w sondowaniach dynamicznych i stopnie plastyczności  $I_L$  metodą waleczkowania). Są one jednak znacząco różne od rzeczywistych wartości stwierdzonych w badaniach *in situ*, jak i w badaniach laboratoryjnych. Należy zauważyć, że w badaniach *in situ* parametry geotechniczne gruntu zależą od stanu naprężenia występującego w podłożu, obciążenia historycznych, warunków drenażu, rodzaju i trójfazowości gruntów (Młynarek, Tschuschke, 2005). Wolski i Sorbjan (2009) zauważają, że przyjmowanie parametrów gruntowych na podstawie zależności korelacyjnych za normą PN-B-03020:1981 może być obarczone błędami, z uwagi na przeszacowanie parametrów w niskim zakresie obciążeń i niedoszacowanie ich w wyższym, co prowadzi do mało ekonomicznego projektowania posadowienia lub, co jest znacznie bardziej niebezpieczne, do posadowień zagrażających budowli i otoczeniu.

Przykładem zawyżonych wartości parametrów są moduły odkształcenia  $M_o$ , których wartości – uzyskiwane na podstawie interpretacji sondowań statycznych – różnią się od modułów odczytywanych z nomogramów polskiej normy (zazwyczaj są znacznie niższe niż wartości normowe). Kwestią decydującą jest oczywiście aktualny stan naprężenia w podłożu. Konieczność przeprowadzenia badań i uzyskania wyników bezpośrednich pozwoli odejść od automatycznego korzystania z abstrakcyjnych w pewnym sensie wartości modułów normowych (Młynarek, Tschuschke, 2005). Według wyników badań ITB wartości parametrów geotechnicznych umieszczone na wykresach w PN-B-03020:1981 określono na podstawie tzw. obliczeń od końca, przy czym nie udaje się ich potwierdzić wynikami badań laboratoryjnych (Wysokiński, 2005a). Mimo to w Polsce w większości przypadków była i jest stosowana metoda B, w której wartości parametrów geotechnicznych są ustalane z wykresów zawartych w treści normy. Informacje służące do wyznaczania wartości parametrów (nazwy gruntów, grupy genetyczne A–B–C lub ich stany) były określane w badaniach terenowych zwykle metodą makroskopową. Dla gruntów spoiстых korelacje, wedle których są ustalane parametry, uzyskuje się bez uwzględniania nazw gruntów, tylko na podstawie genezy i stopnia konsolidacji. W przypadkach złożonych obiektów analizy makroskopowe uzupełniano badaniami laboratoryjnymi (np. oznaczenia wilgotności naturalnej i optymalnej, granic konsystencji, zawartości części organicznych).

Znaczna część projektantów konstrukcji, przez lata posługująca się normą PN-B, nadal nie uwzględnia możliwości zastosowania nowoczesnych technik badawczych i metod oceny parametrów geotechnicznych gruntów. Wierne stosowanie tej normy i przywiązanie do wartości

parametrów tam zdefiniowanych może być szkodliwe dla projektowanych obecnie obiektów, szczególnie w przypadku złożonych i skomplikowanych warunków gruntowych, oraz obiektów II i III kategorii geotechnicznej. Doświadczenie dydaktyczne autora pozwala stwierdzić, że trudno dziwić się takim zjawiskom, jeżeli podczas studiów na zajęciach z mechaniki gruntów czy fundamentowania studentom zaleca się obliczanie posadowienia z wykorzystaniem parametrów odczytywanych z normy. Możliwość skorzystania z takiej łatwej ścieżki wyznaczenia parametrów utrwała się w świadomości. Należałoby zastanowić się, jak rozwiązać tę sytuację. Na szczęście przedstawiciele kadry dydaktycznej poza pracą na uczelni coraz częściej mają kontakt z realizacjami geotechnicznymi czy projektowymi na budowach. Zrozumienie teorii mechaniki gruntów i odpowiednie zastosowanie jej zasad do badań *in situ* wymaga współpracy naukowców z praktykami, z korzyścią dla obu stron. Nie dysponowano by właściwymi interpretacjami pomiarów i nowoczesnymi narzędziami, gdyby uzyskanych wyników nie analizowały wykwalifikowane kadry profesorskie.

### KOSZTY ZWIĄZANE Z NIEWŁAŚCIWYM ROZPOZNANIEM PODŁOŻA GRUNTOWEGO

Brak znajomości aktualnych przepisów budowlanych, również w zakresie geotechniki, zaniedbania podczas wykonywania badań geotechnicznych, a także niska świadomość ich znaczącej roli na etapie wizji obiektu budowlanego oraz jego projektowania mogą się wymiernie przełożyć na etap eksploatacji. Tanie badania w minimalnym zakresie – czyli dość powszechne nastawienie inwestora lub projektanta do zagadnień geotechnicznych – mogą skutkować niepełnym rozpoznaniem właściwości podłoża gruntowego w zakresie parametrów mechanicznych i wytrzymałościowych (takich jak moduły ścisłości, kąty tarcia wewnętrzne czy spójność gruntów spoiстых). Niewłaściwe parametry podłoża i wynikające stąd złe wymiarowanie fundamentów są częstą przyczyną pojawienia się uszkodzeń w fazie eksploatacji. Awaria obiektu będzie generować koszty oraz może wymagać konieczności przywrócenia stanu zdatności, a nawet – w sytuacji zagrożenia zdrowia lub życia użytkowników – rozbiórki obiektu. Autor, bazując na własnym doświadczeniu, zauważa różne koszty (również pośrednie, nie tylko budowlane), które mogą lub muszą zostać poniesione przez uczestników procesu budowlanego na różnych etapach cyklu życia obiektu.

Zgodnie z ustawą *Prawo budowlane* (Ustawa..., 1994) uczestnikami procesu budowlanego są: inwestor, inspektor nadzoru inwestorskiego, projektant oraz kierownik budowy (lub robót). Funkcja inspektora nadzoru inwestorskiego nie jest obowiązkowa. Kierownik budowy lub kierownik robót reprezentuje najczęściej wykonawcę robót. Modelowo na potrzeby niniejszego artykułu autor określa trzech interesariuszy związanych z przedsięwzięciem budowlanym: inwestora, który jest późniejszym użytkownikiem obiektu (niestety nie zawsze może być to tożsame), projektanta (otrzymał zlecenie od inwestora, aby zaprojektować obiekt) oraz wykonawcę (instytucja realizująca obiekt w zakresie wynikającym z umowy z inwestorem lub projektantem). W analizie przyjęto umowne etapy z cyklu życia obiektu, w ograniczonym horyzoncie czasowym, od projektowania do użytkowania włącznie, nie uwzględniając końca eksploatacji (zmiany przeznaczenia obiektu lub rozbiórki).

Autor rozważa trzy grupy kosztów, jakie mogą się pojawić na wymienionych etapach funkcjonowania obiektu, które ponoszą poszczególni zainteresowani:

□ koszty badań geotechnicznych – na każdym etapie życia obiektu zachodzi lub może zająć potrzeba wykonywania badań geotechnicznych – wyniki tych badań dostarczają danych do projektowania, służą weryfikacji postępu robót, pozwalają monitorować stan podłoża i obiektu podczas eksploatacji albo stwierdzić przyczynę powstania uszkodzeń czy awarii;

□ koszty nadzoru nad pracami – związane szczególnie z kontrolą realizacji robót podczas wykonywania prac ziemnych i fundamentowych w okresie budowy obiektu lub podczas przebudowy, rozbudowy czy remontu – odpowiedzialny i kompetentny nadzór pozwala wyeliminować lub ograniczyć skutki niewłaściwej realizacji robót w postaci uszkodzeń i awarii;

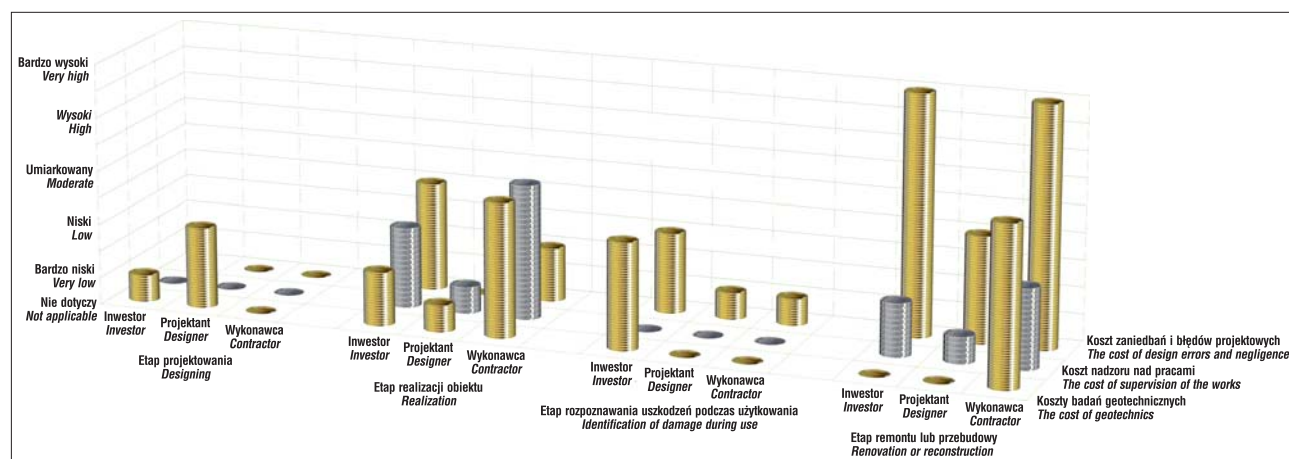
□ koszty spowodowane zaniedbaniami oraz błędami w okresie realizacji – wynikające z błędnego rozpoznania podłoża lub niewielkiej ilości i niskiej jakości badań, a także z braku kontroli nad prowadzonymi pracami; ich wartość jest związana nie tylko z obszarem szeroko pojmowanego budownictwa, ale również ze skutkami prawnymi, roszczeniami, odszkodowaniami, obniżeniem wiarygodności firmy, utratą klientów i innymi niematerialnymi składnikami.

Wartość analizowanych kosztów w zależności od rozważanego etapu cyklu życia obiektu oraz stron zainteresowanych, które są nimi obciążone, zilustrowano na ryc. 2, w sposób jakościowy (nie odnosząc do konkretnych kwot a jedynie umownych zakresów). Rozkład kosztów (ryc. 2) obrazuje nakłady poniesione przez uczestników procesu budowlanego, w którym na skutek niskich nakładów (nieoptymalnych) oraz niewłaściwego rozpoznania podłoża nastąpiło uszkodzenie obiektu lub awaria konstrukcji oraz zaistniała konieczność rozpoznania geotechnicznych przyczyn tego stanu i przeprowadzenia napraw. Wartości wskazane na ryc. 2 wynikają z analizy kilku tego typu zdarzeń, a także doświadczenia autora zdobytego w ciągu 10-letniej pracy zawodowej w nadzorze geotechnicznym.

Na pierwszym etapie cyklu życia obiektu, tj. podczas projektowania, są generowane koszty badań geotechnicznych, których wyniki mogą zadecydować o zakupie działki przez inwestora, a potem mają stanowić dane wejściowe do obliczeń projektowych. Doświadczenie wskazuje, iż inwestor często oszczędza na liczbie i jakości badań, cedując ich koszt i odpowiedzialność za wyniki na projektanta. Istnieją sytuacje, w których przed kupieniem

działki nie wykonuje się żadnego rozpoznania, co często prowadzi do przykrych niespodzianek (np. kosztownych wymian gruntu lub stosowania zaawansowanych wzmocnień). Sporadycznie występuje sytuacja, gdy bardziej świadomy inwestor jest przekonany o tym, że decyzja o poniesieniu wyższych kosztów na dokładniejsze rozpoznanie podłoża gruntowego korzystnie wpłynie na optymalny dobór zakresu i rodzaju robót ziemnych, w tym ewentualnego wzmocnienia lub wymiany podłoża. Projektant, w przypadku braku lub niewielkiej ilości badań udostępnionych przez inwestora, powinien zapewnić rozpoznanie we własnym zakresie, pokrywając koszty z własnej kieszeni. Oczywiście, istotną rolę odgrywają również dobre chęci i wiedza projektanta, gdyż pewna grupa woli szczegółowo rozpoznać podłoże i optymalizować jego przydatność (np. wzmacniając je lub ulepszając), a inna zastosuje kosztowne technologie wymiany itp. Projektant powinien mieć też świadomość, że na właściwym rozpoznaniu geotechnicznym można dużo zarobić i znacznie oszczędzić. Na tym etapie nie występują pozostałe z analizowanych kosztów.

W drugim cyklu życia obiektu – podczas realizacji – koszty badań geotechnicznych wynikają z konieczności uzupełnienia badań wstępnych z okresu projektowania obiektu. Wykonawca, w celu optymalizacji własnych kosztów, często zleca dodatkowe badania, których celem jest możliwość znalezienia rozwiązania zamiennego (zazwyczaj tańszego) wobec założeń projektowych. Bardzo często dzieje się tak w procesie realizacji zamówień publicznych, gdy wzrastają koszty pośrednie (np. materiałów budowlanych, wynagrodzeń, zakupu paliw itp.), gdyż od chwili ofertowania przetargowego i uzyskania zlecenia do daty rozpoczęcia robót może minąć od kilku do kilkudziesięciu miesięcy, podczas których ceny rynkowe dóbr i usług najczęściej rosną. Niestety, w wielu przypadkach skutkiem przedstawionych działań jest niższa jakość konstrukcji lub zastosowanych materiałów, ponieważ każdy wykonawca funkcjonuje w modelu biznesowym, czyli oczekuje zysku a nie straty. Dodatkowo, jeżeli w wyniku prowadzenia badań wykonawca stwierdzi rozbieżności z założeniami projektu, ma możliwość zmian oraz wnioskowania o pokrycie dodatkowych kosztów. Niski udział kosztów rozważanego etapu może się rozkładać na inwestora (który chce potwierdzić wyniki badań wykazywane przez wykonawcę) lub projektanta (w ramach badań weryfikacyjno-kontrolnych – wykonywanych w niewielkim



Ryc. 2. Wybrane koszty poszczególnych interesariuszy na różnych etapach cyklu życia obiektu budowlanego  
Fig. 2. Selected costs of individual stakeholders of a construction object at the stages of the life cycle

zakresie). Na tym etapie należy zauważyć koszty związane z nadzorem nad realizowanymi pracami.

Jakość wykonanych prac powinien poświadczyc wykonawca, zlecając najczęściej obsługę geotechniczną i odbiory poszczególnych robót (szczególnie zakrytych) firmom zewnętrznym lub własnym jednostkom laboratoryjnym (funkcjonującym w dużych przedsiębiorstwach generalnych wykonawców). Z uwagi na ograniczone zaufanie do przekazywanych wyników dodatkowy nadzór powinien być zapewniony przez inwestora (lub na rzecz inwestora przez inspektora nadzoru inwestorskiego i niezależne laboratorium). Jeżeli na budowie projektant pełni funkcję nadzoru autorskiego, jego udział w kosztach jest bardzo niski (pojedyncze badania weryfikacyjne). Podczas realizacji obiektu wszyscy zainteresowani winni dołożyć wszelkich starań, aby prace związane z robotami ziemnymi i fundamentowymi zostały wykonane właściwie, gdyż popełnione błędy będą skutkować w całym okresie użytkowania obiektu i na kolejnych etapach są trudne do wyeliminowania oraz bardzo kosztochłonne lub niemożliwe do usunięcia. Wskazany koszt, spowodowany zaniedbaniami i niewłaściwymi rozwiązaniami, wynika z możliwości popełnienia błędów przez projektanta, które zostaną wykryte i już na tym etapie wygenerują dodatkowe koszty, wynikające np. z przeprojektowania. Początkowo poniesie je wykonawca, a ostatecznie inwestor. Odpowiedzialność projektanta jest pomijana, chociaż może zostać wszczęte postępowanie prawne wobec niego, z tym, że nie generuje ono kosztów na tym etapie.

Na trzecim etapie jest rozważana sytuacja, gdy w trakcie eksploatacji obiektu zostaną stwierdzone uszkodzenia lub awarie wynikające z niewłaściwego rozpoznania lub przygotowania podłoża. W takim przypadku na inwestorze spoczywa odpowiedzialność właściwego wykrycia i zdiagnozowania ich przyczyn. Zachodzi wówczas konieczność rozpoznania podłoża i wykonania specjalistycznych badań. Realizacja i opracowanie nie są bardzo kosztowe, lecz wymagają precyzji i rzetelności w stwierdzeniu stanu obiektu. Koszty nadzoru są pomijane. Skutkiem stwierdzenia nieprawidłowości oprócz kosztów związanych z niezbędnymi badaniami pojawiają się koszty wynikające z obecności wad, które stanowią należności za analizy, wiedzę ekspercką, projekty naprawcze itp. Mogą się również pojawić koszty mobilizacji projektanta (raczej bardzo niskie) oraz wykonawcy (koszty dojazdów, spotkań roboczych – często są to osoby lub firmy z innych miast itp.), a także koszty wykonania ewentualnych odkrywek w konstrukcji obiektu i odtworzenia budowli po zrealizowanych badaniach.

Czwarty etap występuje w przypadku, kiedy uszkodzenia obiektu okażą się poważne i będzie on wymagać prac remontowych lub przebudowy. Wystąpią wówczas wszystkie grupy kosztów. W gestii wykonawcy znajdują się koszty bieżących badań geotechnicznych, które mają na celu wnikliwe określenie zakresu robót i będą związane z prowadzonymi pracami naprawczymi. Koszt nadzoru nad przebiegiem prac w głównej mierze będzie również zobowiązaniem wykonawcy, który powinien wykazać się odpowiedzialnością jakością robót. Mogą wystąpić także koszty (raczej niskie) po stronie inwestora oraz projektanta, jeżeli będzie prowadzony nadzór inwestorski i autorski.

Największym kosztem spośród wszystkich analizowanych jest koszt spowodowany zaniedbaniami i błędami związanymi z oceną podłoża gruntowego, powstałymi na etapie remontu i przebudowy, gdyż usunięcie przyczyn uszkodzeń albo awarii wynikających z wad lub też

niewłaściwego przygotowania podłoża gruntowego jest trudne lub czasem niemożliwe. Nowoczesne technologie umożliwiają, oczywiście, redukcję niedoskonałości – np. iniekcje betonowe pod fundamenty lub posadzkę w przypadku zanizowanego zagęszczenia, hydroizolacje i membrany ograniczające oddziaływanie wody gruntowej na obiekt itp. – jednak realizowane podczas użytkowania generują bardzo wysokie koszty budowlane, których można było uniknąć poprzez właściwe wykonanie badania podłoża czy nadzór nad pracami budowlanymi na etapie projektowania i realizacji obiektu. Część kosztów wynika nie tylko z prac budowlanych, lecz także z zatrzymania pracy w obiekcie, szczególnie w przypadku firm produkcyjnych lub magazynów (pracujących na kilka zmian w ciągu dnia), które są niewspółmiernie wyższe od kosztów budowlanych. Inwestor ponosi straty materialne (wyplaca np. odszkodowania za niezrealizowane zadania, kary umowne itp.), ale przede wszystkim wizerunkowe, które mogą prowadzić do utraty klientów. W przypadku inwestycji liniowych, mogą się pojawić koszty przygotowania tras alternatywnych, ich wzmocnienia lub naprawy po obciążeniu znacznym ruchem pojazdów (lub taboru). Wykonawcy oraz projektanci rzadko, niestety, dostrzegają aspekty pozabudowlane. Powszechnie funkcjonuje stwierdzenie, że wszystko da się naprawić, jest to tylko kwestia ceny, jednak o ile w aspekcie technicznym jest to możliwe to nie zawsze w sprawach marketingowo-biznesowych. Inwestor może wystąpić do wykonawcy o odszkodowanie za straty z powodu utraconego zysku. Podsumowując, na rozważanym etapie, jeżeli zostaną stwierdzone wady projektowe, najwyższe koszty ponosi inwestor, następnie wykonawca i ewentualnie projektant.

Autor zgadza się ze stwierdzeniem, że udział kosztów badań geotechnicznych w kosztorysie projektu budowlanego jest niski (Młynarek, 2009). Szacunkowe analizy dokumentacji geotechnicznych w całkowitych kosztach budowy nie przekraczają 0,02%. Wpływ na opisaną sytuację ma fakt, że inwestor jest zainteresowany głównie tym, aby uzyskać pozwolenie na budowę, a projektant kierujący się chęcią zysku z realizacji projektu – minimalizuje liczbę badań, za które musi zapłacić z własnej kieszeni. Dlatego też wiele dokumentacji bazuje wyłącznie na wynikach badań makroskopowych z wierceń gruntowych, sondowań dynamicznych i korelacji parametrów według normy PN-B-03020:1981. Niestety, jak przedstawiono na ryc. 2, krótkoterminowe oszczędności mogą prowadzić do niewspółmiernie wysokich strat długoterminowych.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Świadomość istotnej roli badań geotechnicznych na etapach projektowania, budowy i eksploatacji inwestycji jest niezbędna do rzetelnej realizacji inwestycji budowlanej. Zaniedbania inwestora, projektanta oraz wykonawcy w zakresie właściwego rozpoznania podłoża gruntowego mogą generować koszty – często niezauważalne na początku realizacji inwestycji. Ograniczanie do minimum badań geotechnicznych, które miałyby zapewnić przyjęcie właściwych wartości parametrów gruntu, potrzebnych do zaprojektowania ewentualnych warstw wzmacniających oraz optymalnej konstrukcji, jest często praktykowane, mimo że przynosi wymierne, negatywne skutki w postaci uszkodzeń, awarii, a nawet katastrof budowlanych, których statystyki wskazują na liczne przyczyny geotechniczne. Niewielka liczba badań oraz niska jakość usług przyniosą krótkoterminowe oszczędno-

ści, jednak mogą skutkować poważnymi kosztami na etapie eksploatacji obiektu. Kosztami nie tylko budowlanymi, związanymi z ewentualnymi naprawami, ale również niematerialnymi, obciążającymi inwestora (rozumianego jako użytkownika obiektu), a wynikającymi z ograniczeń użytkowania z powodu awarii lub remontu, co może się przekładać na kary umowne z niezrealizowanych zadań produkcyjnych, redukcję przychodów czy utratę klientów. Wolne, atrakcyjne tereny, charakteryzujące się prostymi warunkami gruntowymi to obecnie rzadkość, wobec czego, w warunkach konkurencji na rynku, inwestycje wchodzą na tereny o złożonych lub skomplikowanych warunkach gruntowych. Zadaniem geotechników jest zwiększanie świadomości projektantów i inwestorów, jak ważną rolę pełnią badania podłoża w terenie oraz, że nie wystarczą wyniki interpretowane tylko z normy (niewiarygodne lub podane bez przeprowadzenia badań).

Autor pragnie złożyć serdeczne podziękowania Recenzentowi – Panu Profesorowi Markowi Tarnawskiemu – za cenne i konstruktywne sugestie pomocne w poprawieniu artykułu.

## LITERATURA

- ASTM D-2487-06 2006 – Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes. Unified Soil Classification System.
- BOGUSZ W., LESZCZYŃSKI M. 2019 – Nowa generacja Eurokodu 7: rola rozpoznania podłoża w projektowaniu geotechnicznym. *Geoinż., Drogi, Mosty, Tunele*, 69: 28–34.
- GODLEWSKI T. 2017 – Diagnostyka podłoża gruntowego według Eurokodu 7 w praktyce. XXXII WPPK, T. I, Wisła: 65–92.
- GOŁĘBIEWSKA A. 2011 – Uwagi krytyczne do klasyfikacji gruntów według normy PN-EN ISO 14688:2006. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 446: 289–296.
- GOŁĘBIEWSKA A. 2012 – polska klasyfikacja według PN-B-02480:1986 zgodna z wymaganiami PN-EN ISO 14688:2006. *Acta Sci. Pol. Arch.*, 11: 23–36.
- GOŁĘBIEWSKA A., WUDZKA A. 2006 – Nowa klasyfikacja gruntów według normy PN-EN ISO. *Geoinż., Drogi, Mosty, Tunele*, 11: 44–55.
- GRELA M., TRACZYŃSKI K. 2014 – Problemy projektowania i wykonywania badań geologiczno-inżynierskich w Polsce. *Prz. Geol.* 62: 579–583.
- JUDYCKI J. (red.) 2014 – Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, GDDKiA, Warszawa.
- KŁOSIŃSKI B. (red.) 1998 – Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych. IBDiM, Warszawa.
- KŁOSIŃSKI B. 2005 – Przegląd norm europejskich dotyczących projektowania konstrukcji geotechnicznych. *Geoinż. I tun.*, 4: 18–27.
- KOTLIŃSKI W. 2009 – Projektowanie posadowień bezpośrednich wg EC7. XXIV WPPK, T. I, Wisła: 205–246.
- MAJER E. (red.) 2018 – Wytyczne wykonywania badań podłoża gruntowego na potrzeby budownictwa drogowego. Część 1: Wytyczne badań podłoża budowlanego w drogownictwie. Państw. Inst. Geol.-PIB.
- MAJER E., SOKOŁOWSKA M., FRANKOWSKI Z. (red.) 2018 – Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskiego (w świetle wymagań Eurokodu 7). Państw. Inst. Geol.-PIB.
- MŁYNAREK Z. 2009 – Podłoże gruntowe a awaria budowlana. XXIV Konf. N-T Awaryjne Budowlane, Szczecin–Międzyzdroje: 103–128.
- MŁYNAREK Z., TSCHUSCHKE W. 2005 – Parametry geotechniczne z badań in situ dla potrzeb projektowania posadowień. XX WPPK, Wisła: 111–136.
- OBWIESZCZENIE Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 8 września 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o normalizacji. *Dz.U.* z 2015 r. poz. 1483.
- PKN Wiedza 2021a – Stosowanie PN wycofanych. Polski Komitet Normalizacyjny; <https://wiedza.pkn.pl/web/wiedza-normalizacyjna/stanowisko-pkn-w-sprawie-stosowania-pn-wycofanych>
- PKN Wiedza 2021a – Projektowanie konstrukcji budowlanych z wykorzystaniem Eurokodów. Polski Komitet Normalizacyjny; <https://wiedza.pkn.pl/web/wiedza-normalizacyjna/projektowanie-konstrukcji-budowlanych-z-wykorzystaniem-eurokodow>
- PN-B-02479:1998 – Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.
- PN-B-02480:1986 – Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
- PN-B-02481:1998 – Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.
- PN-B-02482:1983 – Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
- PN-B-03020:1981 – Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie
- PN-B-04481:1988 – Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
- PN-EN 1997-1:2008 – Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
- PN-EN 1997-2:2009 – Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
- PN-EN ISO 14688-1:2006/Ap1:2012 – Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów – Część 1: Oznaczenie i opis.
- PN-EN ISO 14688-1:2018-05 – Rozpoznanie i badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczenie i opis.
- PN-EN ISO 14688-2:2006 – Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania.
- PN-EN ISO 14688-2:2018-05 – Rozpoznanie i badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania.
- PN-EN ISO 14688-2:2006/Ap2:2012 – Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania.
- PN-S-02205:1998 – Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
- PROGNOZA oddziaływania na środowisko projektu polityki ekologicznej państwa 2030. Ministerstwo Środowiska, 2019.
- ROBERTSON P. 2009 – Interpretation of cone penetration tests – a unified approach. *Canadian Geotech. J.*, 46: 1337–1355.
- 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.* z 1999 r. Nr 43, poz. 430.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncepcji. *Dz.U.* z 2011 r. Nr 288, poz. 1696.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 27 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. *Dz.U.* z 2012 r. poz. 463.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lutego 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. *Dz.U.* z 2015 r. poz. 329.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. *Dz.U.* z 2016 r. poz. 2033.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Infrastruktury z dnia 1 sierpnia 2019 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. *Dz.U.* z 2019 r. poz. 1643.
- RUNKIEWICZ L. 2020 – Przyczyny powstawania zagrożeń, awarii i katastrof obiektów budowlanych. *Prz. Bud.*, 91: 15–19.
- SZAJNA W. 2016 – Jaką klasyfikację gruntów powinniśmy stosować w Polsce po przyjęciu normy Eurokod 7? *Prz. Geol.*, 64: 113–121.
- SZYDŁO A. (red.) 2014 – Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych. GDDKiA, Warszawa.
- TARNAWSKI M. 2011 – Geotechniczne przyczyny awarii budowlanych. ZAPPOL, Szczecin.
- TARNAWSKI M. 2017 – Zharmonizowanie klasyfikacji gruntów spitych według norm PN-EN ISO 14688:2006 i PN-86/B-02480. *Prz. Geol.*, 65: 701–706.
- USTAWA z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane. *Dz.U.* z 1994 r. Nr 89, poz. 414.
- USTAWA z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. *Dz.U.* z 2001 r. Nr 62, poz. 627.
- USTAWA z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze. *Dz.U.* z 2021 r. poz. 234.
- WĘGLIŃSKI S. 2017 – Jakie będą polskie drogi w świetle zmian uwarunkowań prawnych w zakresie drogownictwa w ostatnich latach? *Inż. Bud.*, 73: 379–381.
- WOLSKI W., SORBJAN P. 2009 – Roboty ziemne i fundamentowe w skomplikowanych warunkach geotechnicznych. XXIV WPPK, T. III, Wisła: 313–332.
- WYSOKIŃSKI L. 2005a – Podstawy projektowania geotechnicznego. Klasyfikacja gruntów, wydzielanie warstw, ustalanie parametrów geotechnicznych z uwzględnieniem nowych norm europejskich. XX WPPK, Wisła: 35–70.
- WYSOKIŃSKI L. 2005b – Wartości parametrów geotechnicznych w zastosowaniu do projektowania budowlanego wg PN-EN 1997-1 i PN-EN 1997-2. WPPK, T. I, Wisła: 319–346.
- WYSOKIŃSKI L. 2009 – Projektowanie geotechniczne: od klasyfikacji gruntów do monitoringu obiektu według norm europejskich. *Geoinż. Drogi, Mosty, Tunele*, 21: 26–46.
- WYTYCZNE badań podłoża gruntowego dla potrzeb budowy i modernizacji infrastruktury kolejowej Igo-1. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., 2016.

Praca wpłynęła do redakcji 7.06.2021 r.  
Akceptowano do druku 21.07.2021 r.