

## Ocena badań geologiczno-inżynierskich wykonanych na potrzeby inwestycji drogowych w latach 2007–2016

Marta Sokołowska<sup>1</sup>, Marta Chada<sup>1</sup>, Adam Roguski<sup>1</sup>, Edyta Majer<sup>1</sup>



M. Sokołowska

M. Chada

A. Roguski

E. Majer

The assessment of engineering geological soil investigations for road design and construction in the years 2007–2016. *Prz. Geol.*, 65: 672–677.

*Abstract.* In the article the characteristics of soil investigation methods within the years 2007–2016 were presented, taking engineering geological reports into consideration. The set of 485 engineering geological reports, that were prepared for road design and construction purposes, was analyzed. The authors looked into both types of investigation methods and the way of presenting the results. The percentage of particular

field and laboratory test methods was shown as well as some conclusions and observations regarding the soil recognition were articulated. The study is a part of a larger project “Modern methods of identifying the soil for road construction” co-financed by the National Research and Development Centre (NCBiR) and the General Directorate for National Roads and Motorways (GDDKiA).

**Keywords:** soil investigations, engineering-geological reports, in situ tests

W ostatnich kilkunastu latach, dzięki wzmoczonej realizacji inwestycji drogowych po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej, nastąpił rozwój metod i technik badawczych w zakresie rozpoznania podłoża. Wzrost liczby realizowanych projektów drogowych przyniósł szereg doświadczeń firmom projektowym, wykonawcom badań podłoża i robót budowlanych, a w szczególności inwestorom. Mogą oni, na podstawie doświadczeń zdobytych podczas realizacji inwestycji, stawiać coraz to wyższe wymagania dotyczące rozpoznania podłoża, dzięki czemu można zminimalizować ryzyko awarii przy zachowaniu optymalnego kosztu realizacji inwestycji. Intensywny rozwój metod badawczych był także spowodowany wdrażaniem w Polsce Eurokodu 7 i specyfikacji z nim powiązanych. W nowoczesnym podejściu do wykonywania badań podłoża uznaje się, że istotną rolę w ocenie parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych podłoża odgrywają badania *in situ* (w tym sondowania), zweryfikowane starannie wykonanymi badaniami laboratoryjnymi (Młynarek, Wierzbicki, 2005). Na bardzo wczesnych etapach projektowania (np. studium) można jednak stosować szybkie, nieinwazyjne metody rozpoznania podłoża, takie jak badania geofizyczne czy teledetekcyjne, w celu określenia regionalnego (lub lokalnego) modelu budowy geologicznej. Metody te wspomagają także projektowanie szczegółowych badań inwazyjnych na dalszych etapach i umożliwiają przestrzenne rozpoznanie ośrodka gruntowego (Bestyński, 2011).

Celem niniejszej pracy jest ocena badań geologiczno-inżynierskich wykonywanych na potrzeby realizacji inwestycji drogowych w latach 2007–2016. W artykule podsumowano wyniki analizy 485 dokumentacji. Analizowano zakres i metodykę wykonywania prac polowych i laboratoryjnych oraz sposób dokumentowania.

### ROLA ROZPOZNANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO W PROJEKTOWANIU DRÓG

Właściwe określenie warunków gruntowo-wodnych oraz identyfikacja procesów geologicznych w podłożu obiektu budowlanego, niezależnie od rodzaju inwestycji, stanowi niezbędny element projektowania. Należy jednak podkreślić, że rozpoznanie podłoża na potrzeby obiektów liniowych (dróg, linii kolejowych, rurociągów itp.) ma specyficzny charakter w porównaniu do wymogów budownictwa kubaturowego. Mamy tu do czynienia z koniecznością dokumentowania podłoża odcinków tras o długości kilkunastu lub kilkudziesięciu kilometrów (w niektórych przypadkach nawet do 100 km). Oznacza to potrzebę opracowania regionalnego modelu budowy geologicznej, z uwzględnieniem zróżnicowanej lokalnie morfologii, litologii i genezy utworów w podłożu, warunków hydrogeologicznych oraz przejawów procesów geodynamicznych, na całym odcinku projektowanej inwestycji. Dokumentowanie geologiczne podłoża obiektów liniowych wyłącznie otworami wiertniczymi bez udziału metod wspomagających (np. geofizycznych, geotechnicznych, kartograficznych, analitycznych itp.), z powodu ich punktowego charakteru, niesie za sobą konieczność interpretacji budowy geologicznej pomiędzy otworami. Powoduje to ryzyko pojawienia się niespodziewanych warunków w podłożu dopiero na etapie budowy lub w czasie eksploatacji. Przykładem mogą być dużej miąższości grunty organiczne występujące w głębszych partiach podłoża gruntowego, zagłębienia bezodpływowe, grunty pęczniejące, warstwy wodonośne o dużym ciśnieniu hydrostatycznym, osuwiska i inne.

Analiza i wnioski ze zdobytych w trakcie realizacji inwestycji drogowych doświadczeń są jednym z wielu zagadnień projektu „Nowoczesne metody rozpoznania podłoża

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; marta.sokolowska@pgi.gov.pl, marta.chada@pgi.gov.pl, adam.roguski@pgi.gov.pl, edyta.majer@pgi.gov.pl.

gruntowego w drogownictwie” wykonywanego w ramach programu krajowego Rozwój Innowacji Drogowych (RID) ogłoszonego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR). Instytucjami finansującymi projekt jest NCBiR oraz Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA). Zadanie jest realizowane przez konsorcjum trzech jednostek naukowych: Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego (PIG-PIB), Akademii Górniczo-Hutniczej oraz Politechniki Warszawskiej.

Głównym celem projektu jest opracowanie wytycznych badań podłoża gruntowego na potrzeby budownictwa drogowego, które będą stanowić aktualizację wydanej w 1998 r. przez ówczesną Generalną Dyrekcję Dróg Publicznych (GDDP) „Instrukcji badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych” (Kłosiński i in., 1998). Intencją szczegółową przedsięwzięcia to przegląd metod badawczych wykorzystywanych w rozpoznaniu podłoża gruntowego, ich walidacja, waloryzacja i optymalizacja w odniesieniu do etapu realizacji inwestycji, wymaganej wysokiej jakości uzyskiwanego parametru i potrzeb projektowania.

#### **WYMAGANIA W ZAKRESIE DOKUMENTOWANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO NA POTRZEBY DROGOWNICTWA**

Głównym dokumentem, na podstawie którego były wykonywane badania podłoża na potrzeby drogownictwa, jest wydana przez ówczesną GDDP „Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych” (Kłosiński i in., 1998). Wymóg stosowania jej zapisów wynika bezpośrednio z dokumentacji przetargowej, w której w opisie przedmiotu zamówienia „Instrukcja...” stanowi dokument odniesienia podczas planowania badań geologicznych. Dodatkowo opracowania projektowe muszą spełniać wymagania przepisów Prawa geologicznego i górniczego w zakresie robót geologicznych wykonywanych w celu określania warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby posadawiania obiektów budowlanych inwestycji liniowych (Ustawa, 2011).

Od 2015 r. roboczą aktualizację „Instrukcji...”, do momentu wdrożenia wytycznych opracowywanych w ramach projektu RID, stanowi Zarządzenie nr 58 GDDKiA z dn. 23 listopada 2015 r. w sprawie dokumentacji do realizacji inwestycji (Zarządzenie, 2015). Najistotniejszym, ponieważ zawierającym wymagania dotyczące dokumentowania podłoża gruntowego, jest załącznik nr 7 dotyczący opracowań geologiczno-inżynierskich (projekt robót i dokumentacja geologiczno-inżynierska).

Dokument ten w znacznym zakresie przywołuje zapisy „Instrukcji...” (Kłosiński i in., 1998), głównie w odniesieniu do rozmieszczenia i głębokości badań oraz, co jest nowością w stosunku do poprzedniej instrukcji, wprowadza konieczność wykonywania badań geofizycznych za pomocą tomografii elektrooporowej ERT w osi projektowanej drogi na całej jej długości. Główną normą odniesienia jest Eurokod 7 wraz z normami powiązаныmi i specyfikacjami technicznymi (w tym także dotyczące nowej klasyfikacji gruntów). Zostały także uszczegóławione wymagania dotyczące techniki wiercenia (w zależności od wymaganej klasy próbek), liczby próbek do pobrania, liczby i rodzaju

sondowań, które należy wykonać, oraz sposobu dokumentowania wyników. Dodatkowym wymaganiem jest konieczność uzgadniania z zamawiającym projektu robót geologicznych przed złożeniem go do zatwierdzenia do organu administracji geologicznej, a także wszelkich późniejszych zmian w zakresie badań, w tym zmiany lokalizacji punktów badawczych powyżej 5 m. Zamawiający zastrzega sobie także obowiązek bieżącego wykonywania dokumentacji fotograficznej rdzeni wiertniczych oraz miejsc wierceń. Ma to na celu uwiarygodnienie rzeczywistego wykonawstwa badań i ich prawidłowej lokalizacji. W dokumencie wprowadzono także wzór karty otworu oraz tabelki informacyjnej dla załączników graficznych. Nowością jest zakaz określania parametrów fizyczno-mechanicznych gruntów na podstawie normy PN-B-03020:1981, stosowanej w praktyce dokumentowania od ponad 30 lat. Wprowadzenie takiego zapisu wynika ze znaczących nadużyć w stosowaniu tej normy, np. do oznaczania parametrów w przypadku posadowień innych niż bezpośrednie, projektowania skarp i zboczy lub do gruntów, dla których norma nie ma zastosowania. Mając na uwadze powyższe, przy określaniu wartości wyprowadzonych parametrów geotechnicznych, zamawiający wymaga podawania statystyk podstawowych wartości pomierzonych (minimum, maksimum, średnia arytmetyczna i odchylenie standardowe). Dodatkowo parametry wyprowadzone z sondowań należy każdorazowo zweryfikować badaniami laboratoryjnymi w zakresie minimum trzech oznaczeń na każdą wydzieloną warstwę geotechniczną.

Okres, który obejmuje ocena przedstawiona w niniejszym artykule, dotyczy głównie stosowania „Instrukcji...” z 1998 r. (Kłosiński i in., 1998), a nie Zarządzenia nr 58 z 2015 r. (Zarządzenie, 2015). Analiza dokumentacji geologiczno-inżynierskich zebranych w ramach projektu „Nowoczesne metody rozpoznania podłoża gruntowego w drogownictwie” wykazała, że wymagania „Instrukcji...” nie były przez inwestora egzekwowane, ponieważ większość dokumentacji jest opracowana niezgodnie z jej wymaganiami. Należy jednak podkreślić, że od momentu wprowadzenia Zarządzenia nr 58 w życie dokumentacje przechodzą bardziej szczegółową ocenę treści przez zamawiającego przed ich przekazaniem do zatwierdzenia przez organ administracji geologicznej, zatem ich jakość jest coraz lepsza.

#### **CHARAKTERYSTYKA ZBIORU DOKUMENTACJI PODDANYCH OCENIE**

Przy wyborze dokumentacji do oceny realizacji badań geologiczno-inżynierskich, zgodnie z wymaganiami dokumentów odniesienia (Zarządzenie, 2015; Rozporządzenie, 2016), kierowano się następującymi kryteriami:

- dostęp do danych – uwzględniając możliwość pozyskania danych geologiczno-inżynierskich, analizowano głównie dokumentacje archiwalne, które sfinansowała GDDKiA, czyli dane dla dróg ekspresowych (S), autostrad (A) i dróg krajowych (DK);
- czas – na potrzeby analizy pozyskano opracowania z zakresu geologii inżynierskich z 10 lat, co wynikało ze znacznego nasilenia inwestycji drogowych po 2005 r.;
- lokalizacja – pod uwagę zostały wzięte lokalizacje na charakterystycznych i unikatowych z punktu widzenia

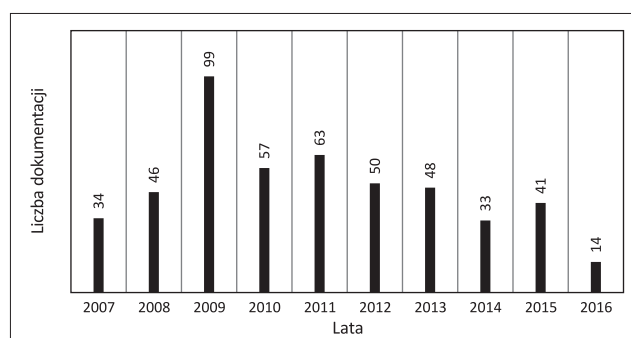
geologicznego obszarach. Za takie uznano następujące typy geologiczne: delta Wisły, szkody górnicze, rzeźba młodoglacjalna, wysoczyzna lessowa, grunty organiczne, flisz karpacki oraz podłoże krystaliczne.

Należy podkreślić, że ocenie podlegały wyłącznie dokumentacje geologiczno-inżynierskie w rozumieniu ustawy Prawo geologiczne i górnicze (Ustawa, 2011).

Najobszerniejszą grupą analizowanych dokumentacji były materiały dotyczące badań geologiczno-inżynierskich zgromadzone w Narodowym Archiwum Geologicznym PIG-PIB, ponieważ takie opracowania powinny być przechowywane (Ustawa, 2011). Ogółem przeanalizowano 485 archiwalnych dokumentacji geologiczno-inżynierskich z lat 2007–2016, przy czym rok 2016 obejmował wyłącznie pierwsze półrocze, przedział czasowy przedstawiono na rycinie 1.

Zebrane dokumentacje dotyczyły badań podłoża dla łącznie 4 448 km dróg krajowych, ekspresowych i autostrad, przy czym 186 dokumentacji dotyczyło pojedynczych obiektów mostowych lub osuwisk drogowych w rejonie konkretnego miejsca, o niewielkim rozprzestrzenieniu. Ocenie poddano następujące elementy:

- sposób dokumentowania wyników wierceń (w tym technika wykonania),
- dobór metody sondowania,
- określenie metodyki prowadzenia badań polowych,



Ryc. 1. Liczba dokumentacji wykonanych w latach 2007–2016 ( $n = 485$ )

Fig. 1. Total number of engineering geological reports in 2007–2016 ( $n = 485$ )

- zakres pomiarów geodezyjnych,
- zakres i metodyka badań laboratoryjnych.

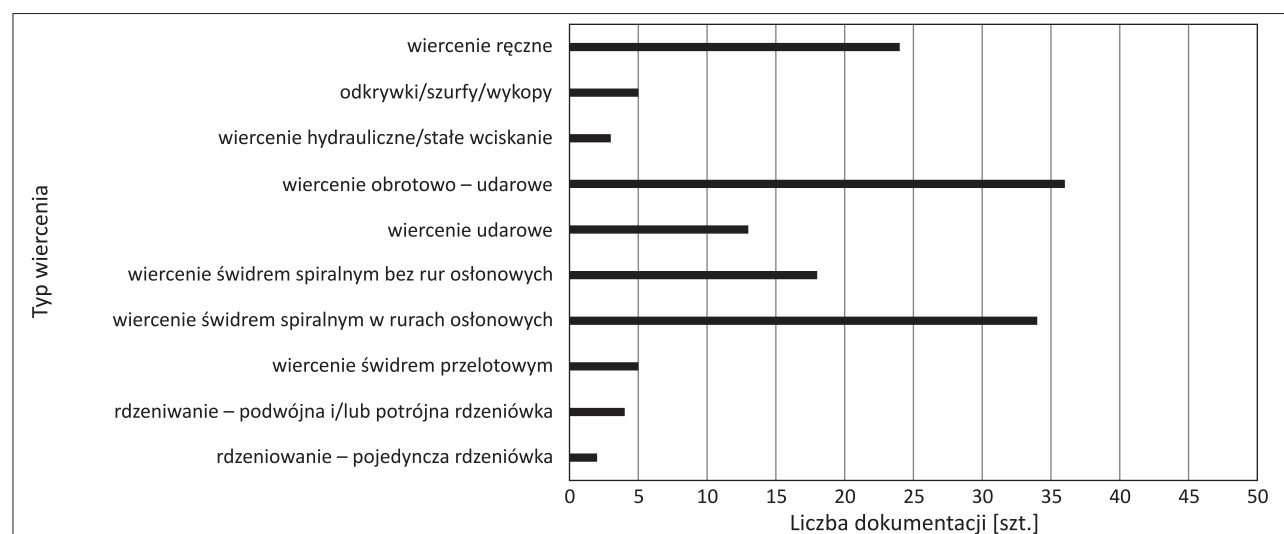
Analiza i ocena tak obszernego zbioru pozwoliła na sformułowanie szeregu wniosków dotyczących nie tylko najczęściej popełnianych błędów w dokumentowaniu lub prezentacji danych o podłożu gruntowym, lecz także dotyczących rozwoju metod badawczych w ciągu ostatnich 10 lat. Dzięki analizie i ocenie wyników będzie możliwe sformułowanie zaleceń dla inwestora, dotyczących egzekwowania niezbędnych informacji szczegółowych, których często wykonawcy badań nie umieszczają w opracowaniach końcowych, a są one kluczowe na potrzeby określenia stopnia wiarygodności uzyskanych wyników badań podłoża gruntowego i jakości oznaczanych właściwości fizyczno-mechanicznych.

## PRAKTYKA DOKUMENTOWANIA WYNIKÓW WIERCEŃ I SONDOWAŃ

Jednym z głównych elementów poddanych analizie był sposób dokumentowania wyników wierceń, ponieważ technika wiercenia ma ogromny wpływ na wiarygodność przebiegu warstw w przyjętym modelu geologicznym oraz na jakość pobranych próbek. W dokumentacjach wykonawcy bardzo często nie określają techniki wiercenia. Zdarza się, że we wstępie są wymienione stosowane przez wykonawcę badania techniki wiercenia, ale nie można ich bezpośrednio odnieść do poszczególnych punktów dokumentacyjnych.

We wskazanej liczbie dokumentacji tylko w 2% przypisano technikę prowadzenia wierceń poszczególnym punktom. W archiwaliach, w których technika wiercenia jest określona, dominują wiercenia świdrem spiralnym w rurach osłonowych lub bez oraz wiercenia ręczne (zwłaszcza do głębokości 3 m). Często technika jest określona bardzo ogólnie, np. wiercenie mechaniczne obrotowe, ale nie ma informacji na temat próbniaka, za pomocą którego pobrano próbkę. Rozkład zastosowania poszczególnych technik wiertniczych przedstawiono na rycinie 2.

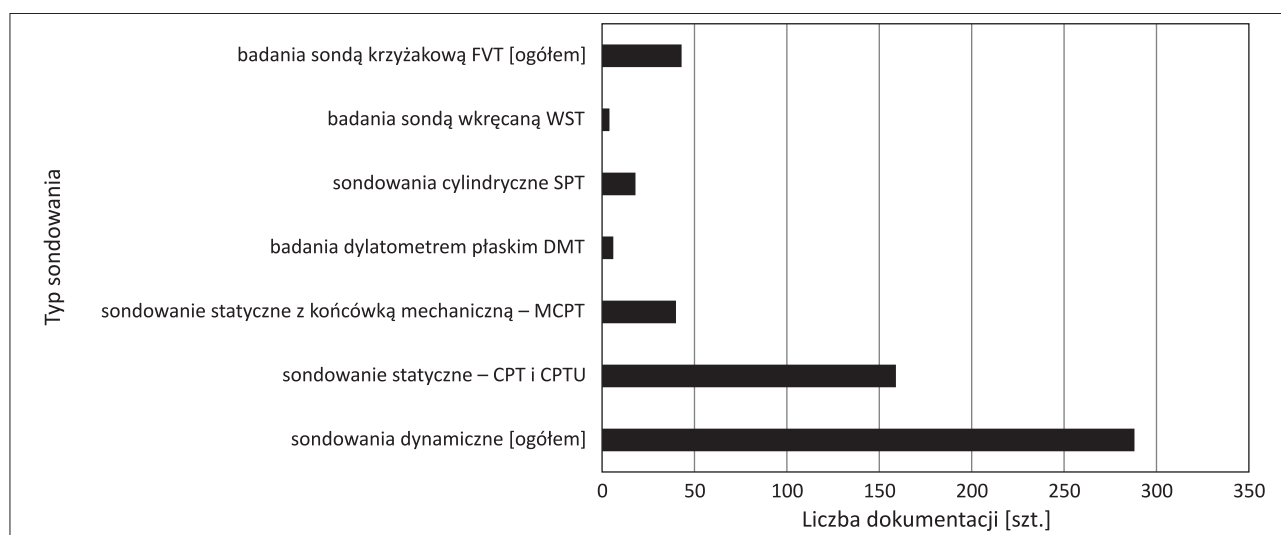
Według większości dokumentacji (70%) wierceniom towarzyszą badania *in situ*, służące ocenie parametrów geotechnicznych podłoża – sondowania geotechniczne.



Ryc. 2. Zastosowanie poszczególnych typów wierceń w dokumentowaniu podłoża ( $n = 50$ )

Fig. 2. The technique types in soil investigations ( $n = 50$ )





Ryc. 3. Zastosowanie poszczególnych typów sondowań w dokumentowaniu podłoża ( $n = 485$ )

Fig. 3. The model of soil penetration tests by means of different types of probes in soil investigations ( $n = 485$ )

Wykorzystanie sondowań można analizować na dwa sposoby. Po pierwsze istotny jest dobór metody w odniesieniu do warunków gruntowych, po drugie – czy techniczne aspekty wykonania badania (np. powołanie się na normę, odstępstwa od normy itp.) oraz metodyka wyprowadzania parametrów geotechnicznych (sondowania w większości to pośrednie metody badawcze) są w dokumentacji jasno określone.

W 344 dokumentacjach (71%) zastosowano sondowanie przynajmniej jednego typu. Oznacza to, że w niemal 30% dokumentacji nie odnotowano wykonywania żadnych sondowań. Dotyczy to głównie materiałów z lat 2007 i 2008. W okresie późniejszym wzrost udziału sondowań (zwłaszcza statycznych) jest znaczny. Sondowania stanowią średnio 25% ogólnego metrażu wierceń badawczych. Rozkład zastosowania poszczególnych ich typów przedstawiono na rycinie 3.

Najczęściej stosowano sondowania dynamiczne różnego typu, w szczególności DPL i DPH. Są to badania proste i najmniej czasochłonne, przeznaczone do oceny ilościowej (oceny zagęszczenia), a także ogólnodostępne i bardzo tanie, wykorzystuje się je głównie w przypadku występowania w podłożu gruntów niespoistych (piasków).

Na drugim miejscu znajduje się sonda statyczna, przy czym dominuje badanie stożkiem elektrycznym nad mechanicznym.

Na kolejnym miejscu znajduje się sonda krzyżakowa FVT, wykorzystywana w przypadku występowania w podłożu gruntów o niskiej wytrzymałości na ścinanie.

Pozostałe typy sondowań są rzadko stosowane, głównie z uwagi na czasochłonność, wysoki koszt wykonania lub niewielką ilość typu sprzętu na rynku. Z analizy archiwaliów wynika, że udział sondowań w dokumentowaniu podłoża jest z roku na rok coraz większy. Są także dokumentacje, w których stosuje się metodę tzw. węzłów badawczych, czyli punktów dokumentacyjnych złożonych z wiercenia i sondowania (czasem nawet kilku rodzajów dla celów korelacyjnych).

Mniej optymistyczne wnioski wyciągnięto w kwestii właściwego dokumentowania metod interpretacji sondowań, w szczególności „doświadczeń własnych”, „zależności autorskich”, „współczynników regionalnych” itp.

Najczęściej autorzy dokumentacji wskazują „doświadczenia własne” w metodzie wyprowadzania parametrów geotechnicznych, bez słowa komentarza na temat sposobu prowadzenia tych doświadczeń, stosowanych współczynników korelacyjnych itp., czego jasno wymaga Eurokod 7. Wyjątek stanowią korelacje z nomogramów zawartych w normach. Te są oczywiście chętnie przywoływane, jednak autorzy często zdają się zapominać o warunkach brzegowych dla tych zależności. Świadczy to albo o braku wiedzy o zapisach normowych, albo o celowym ich pominięciu. Przykładem mogą być:

- korelacja stopnia zagęszczenia wyłącznie dla wskazanego w normie wskaźnika uziarnienia,
- głębokość krytyczna sond dynamicznych, dla których interpretacji się nie stosuje,
- interpretacje dla liczby uderzeń  $n < 3$ ,
- stosowanie korelacji wyników stożka elektrycznego bez poprawki na stożek mechaniczny, dla którego opracowano korelacje normowe,
- brak poprawki na poziom i charakter wody gruntowej.

### ZAKRES POMIARÓW GEODEZYJNYCH

Oprócz braku wskazania techniki wiercenia wartym podkreślenia uchybieniem, które dotyczy nie tylko wierceń ale i sondowań, jest brak precyzyjnej (geodezyjnej) lokalizacji punktów dokumentacyjnych i rzędnych wysokościowych. Dominują mało dokładne zapisy dotyczące lokalizowania odwiertów metodą systemu GPS, domiarów prostokątnych, tyczenia punktów w terenie, na podstawie mapy itp. W wielu materiałach nie podano, z jaką dokładnością punkty zostały wytyczone. Często w sytuacjach awarii okazuje się, że błędnie określone warstwy w podłożu gruntowym były wynikiem niedokładnej lokalizacji punktów dokumentacyjnych. W nowszych dokumentacjach, dzięki rozwojowi technik GPS, lokalizacja punktów jest coraz lepsza. Natomiast w dalszym ciągu nie przykładają należytej uwagi do kwestii rzędnych wysokościowych – te są odczytywane najczęściej z mapy sytuacyjno-wysokościowej (takie zapisy figurują w wielu analizowanych dokumentacjach). W przypadku, gdy jest to mapa aktualna, przygotowana na potrzeby realizowanej inwestycji o statu-

sie „mapy do celów projektowych”, błędy są niewielkie. W przypadku gdy rzędne wysokościowe są odczytywane z map topograficznych w skali 1 : 10 000 odnotowuje się przypadki błędów o wartościach nawet powyżej kilku metrów. W analizowanym zbiorze tylko w 15% dokumentacji wykorzystywano technikę niwelacji. Około 40% z nich nie zawierało żadnej informacji na temat sposobu tyczenia punktów dokumentacyjnych lub zapisy są tak nie-

precyzyjne, że nie jest możliwa ocena wiarygodności ich lokalizacji.

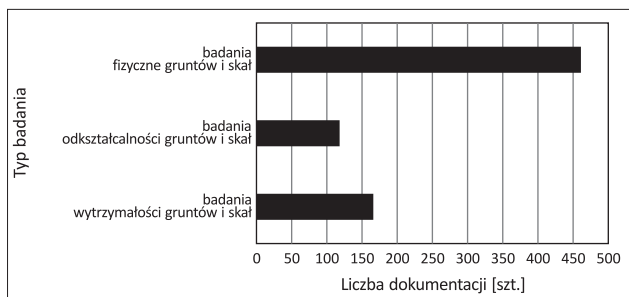
### UDZIAŁ BADAŃ LABORATORYJNYCH W BADANIACH PODŁOŻA GRUNTOWEGO

Podobną analizę dokumentacji geologiczno-inżynierskich przeprowadzono pod kątem badań laboratoryjnych. Większość stanowią badania fizyczne. Często ilość badań fizycznych jest przytłaczająca w stosunku do pozostałych oznaczeń, stanowią one obszerne załączniki, natomiast wydaje się, że przy wnioskowaniu i charakterystyce warstw nie są one wykorzystywane. Tylko w nieco ponad 30% dokumentacji wykonywano laboratoryjne badania wytrzymałościowe lub odkształceniowe dla pobranych próbek gruntów i skał. Rozkład udziału poszczególnych typów badań laboratoryjnych w stosunku do całego przeanalizowanego zbioru przedstawiono na rycinie 4.

Wśród badanych cech fizycznych dominuje wilgotność naturalna i granice konsystencji, następnie gęstość objętościowa, analiza uziarnienia i zawartość części organicznych (ryc. 5).

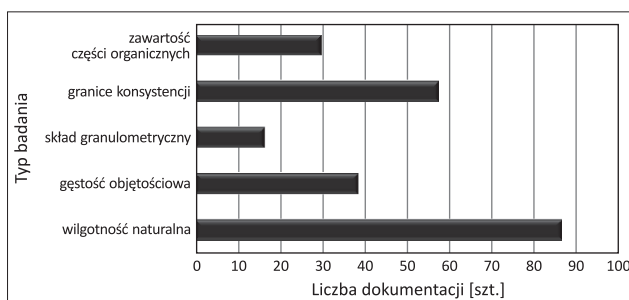
W wielu przypadkach nie podano metody oznaczania danej właściwości, w szczególności dotyczy to gęstości objętościowej. Na 485 dokumentacji w 118 (24%) wykonywano badania odkształcalności, natomiast w 166 (34%) – badania wytrzymałości gruntów i skał. Badania wytrzymałościowe dominują w dokumentacjach dla obszarów, na których występuje podłoże skalne. Są to głównie badania jednoosiowego ściskania. Badania w aparacie trójosiowego ściskania stanowią rzadkość w analizowanym zbiorze, a jeśli już są wykonywane to w liczbie nie pozwalającej na właściwe wnioskowanie. Liczbę badań mechanicznych w poszczególnych latach przedstawiono na rycinie 6.

Zaobserwowano zależność, że wraz ze wzrostem udziału sondowań w dokumentacjach – liczba badań mechanicznych maleje. Można to tłumaczyć czasochłonnością ich



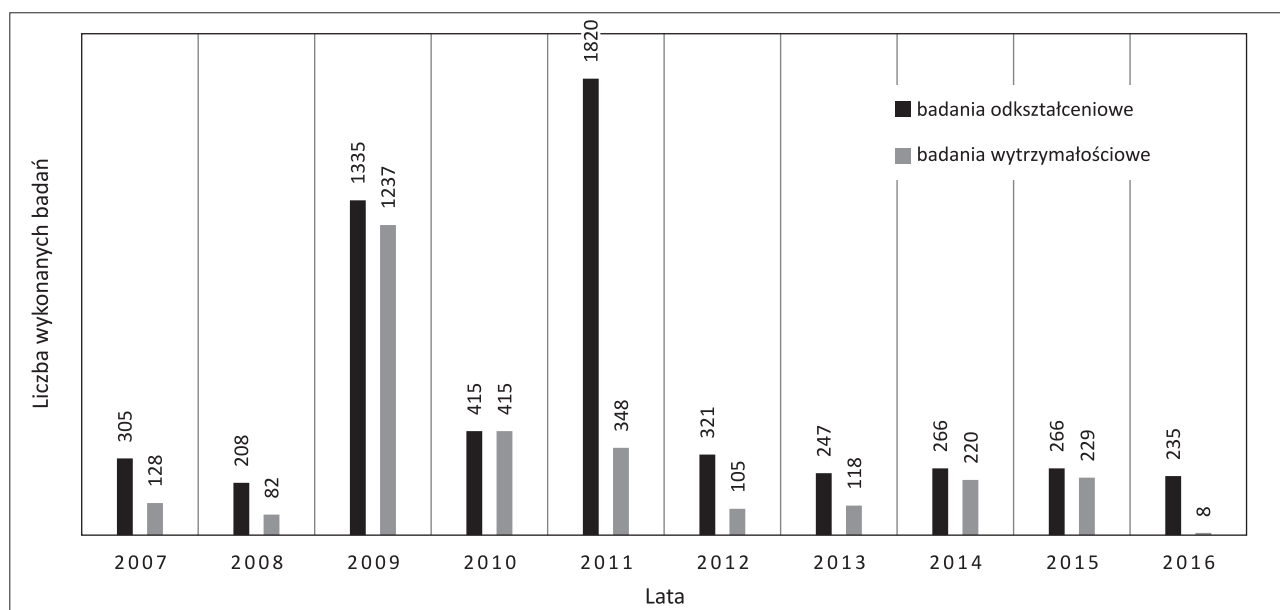
Ryc. 4. Rozkład typów badań laboratoryjnych w stosunku do całości analizowanego dokumentacji zbioru (n = 485)

Fig. 4. Distribution of laboratory test types with regard to the whole analyzed set of data (n = 485)



Ryc. 5. Rozkład typów badań laboratoryjnych cech fizycznych w stosunku do całości analizowanego dokumentacji zbioru (n = 485)

Fig. 5. Distribution of physical laboratory tests types with regard to the whole analyzed set of data (n = 485)



Ryc. 6. Liczba badań wytrzymałościowych i odkształceniowych gruntów i skał wykonanych w ramach dokumentacji geologiczno-inżynierskich

Fig. 6. The number of strength and deformation parameter laboratory tests carried out in engineering geological reports

realizacji w stosunku do czasu potrzebnego na wykonanie sondowań. Wówczas parametry wytrzymałościowe i odkształceniowe są wprowadzane z badań *in situ*.

### PRAKTYKA DOKUMENTOWANIA PODŁOŻA SKALNEGO

Dokumentacje opracowane *stricte* na potrzeby udokumentowania podłoża skalnego stanowiły 34% wszystkich analizowanych materiałów. Dominującym badaniem jest wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie oraz gęstość objętościowa. W żadnej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej nie przedstawiono analizy rdzenia wiertniczego i podstawowych jego wskaźników takich jak RQD (*Rock Quality Designation* – wskaźnik spękania masywu), SCR (*Solid Core Recovery* – uzysk litego rdzenia), czy TCR (*Total Core Recovery* – całkowity uzysk rdzenia). W dokumentacjach tych nie odniesiono się także do geomechanicznej klasyfikacji właściwości górotworu, zgodnie z jednym z przyjętych podziałów (Pinińska, 2001).

W latach 2007–2016 w Narodowym Archiwum Geologicznym PIG-PIB zarejestrowano 56 dokumentacji geologiczno-inżynierskich, które dotyczyły rozpoznania podłoża budowlanego inwestycji liniowych lub obiektów budowlanych towarzyszących (obiekty inżynierskie, mosty itp.) zbudowanego ze skał i zwietrzelin. Narzędziami do rozpoznania tego typu podłoża są głównie wiercenia świdrem spiralnym w przypadku zwietrzelin, a podłoża skalnego – wiercenia obrotowe rdzeniowane, wykopy i odkrywki. Rzadziej stosuje się polowe badania terenowe typu sondowania statyczne lub dynamiczne. Choć jak pokazują badania, wykres oporności stożka w badaniach statycznych daje możliwość rozróżnienia stref zwietrzelinowych w strefie skał bardzo silnie zwietrzałych i gruntów rezydualnych (Roguski, 2014). Parametry opisujące właściwości fizyczne i mechaniczne w przypadku zwietrzelin są pozyskiwane z badań laboratoryjnych, głównie makroskopowych, oraz badania granic konsystencji. Rzadziej stosuje się opis gruntów zwietrzelinowych wraz ze wskazaniem strefy zwietrzelinowej, zgodnie z syntetycznym profilem wietrzeniowym skał wg „Instrukcji...” (Kłosiński i in., 1998). Podłoże skalne jest opisywane za pomocą wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie. Sporadycznie wartości uzyskiwane są ze źródeł literaturowych, głównie są to badania laboratoryjne: wytrzymałość doraźna na ściskanie w jednoosiowym oraz trójosiowym stanie naprężeń, a także wytrzymałość na rozciąganie.

Coraz częściej dokumentatorzy sięgają po metody geofizyczne do rozpoznania podłoża zbudowanego ze zwietrzelin oraz skał są to m.in. badania elektrooporowe i sejsmiczne (Pilecki, 2003). Badania potwierdziły, że narzędzia te są przydatne szczególnie do określenia występowania i ukształtowania warstw, identyfikację stref nieciągłości i uskoków. W podrzędnej liczbie dokumentacji zastosowano optyczny skaner odwiertów do oceny stref nieciągłości w uzyskanym rdzeniu.

### PODSUMOWANIE

Dzięki analizie dokumentacji geologiczno-inżynierskich wykonanych w latach 2007–2016 można było sfor-

mułować szereg wniosków, na podstawie których, opracowane w ramach projektu RID, wytyczne badań podłoża gruntowego na potrzeby drogownictwa mają szansę wyeliminować najczęstsze błędy w dokumentowaniu geologiczno-inżynierskim. Są to w szczególności wymogi dotyczące:

- wskazywania techniki wiercenia dla każdego otworu wiertniczego wraz ze wskazaniem rodzaju próbnika,
- wskazywania wykorzystanej korelacji wraz z komentarzem dotyczącym stosowanych „doświadczeń własnych” itp.,
- uporządkowanego sposobu dokumentowania, tak aby wszystkie zgromadzone na każdym etapie projektowania dane mogły być wykorzystywane przez kolejnych uczestników procesu budowlanego,
- właściwego podejścia w zakresie oceny masywu skalnego z wykorzystaniem klasyfikacji geotechnicznej górotworu,
- jednoznacznego dokumentowania zakresu prac geodezyjnych i inne.

Dane i wnioski zebrane z 10 lat dokumentowania geologiczno-inżynierskiego wskazują, że bez sprecyzowania, a w szczególności egzekwowania wymagań dotyczących wysokiej jakości rozpoznania warunków gruntowo-wodnych i prezentacji danych nie będzie możliwe ich śledzenie i wykorzystywanie na każdym etapie procesu inwestycyjnego. Z uwagi na brak możliwości oceny wiarygodności wyników, każdy kolejny wykonawca będzie realizował badania od początku, co z pewnością wpłynie niekorzystnie na koszt badań podłoża.

Praca powstała w ramach projektu pn.: „Nowoczesne metody rozpoznania podłoża gruntowego w drogownictwie” realizowanego w ramach programu krajowego Rozwój Innowacji Drogowych (RID) ogłoszonego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR). Autorzy pragną serdecznie podziękować recenzentowi, prof. Maciejowi Kumorowi za poświęcony czas oraz cenne uwagi do artykułu.

### LITERATURA

- BESTYŃSKI Z. 2011 – Metody geofizyczne w geologii inżynierskiej. Biul. Państw. Inst. Geol., 446:175–182.
- KŁOSIŃSKI B., BAŻYŃSKI J., FRANKOWSKI Z., KACZYŃSKI R., WIERZBICKI S. 1998 – Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych. Cz. 1 i 2. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych. Warszawa.
- MŁYNAREK Z., WIERZBICKI J. 2005 – Nowoczesne metody rozpoznawania podłoża dla potrzeb budowy mostów i tuneli. Geoinżynieria i tunelowanie, 2 (5): 46–55.
- PILECKI Z. 2003 – Geofizyczne klasyfikacje właściwości górotworu. Prz. Geol., 51 (7): 609–614.
- PINIŃSKA J. – Systemy geologiczno-inżynierskiej oceny skał i masywów skalnych. Prz. Geol., 49 (9): 804–814.
- PN-B-03020:1981 – Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- PN-EN 1997-1:2008P Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 1. Zasady ogólne.
- PN-EN 1997-2:2009P Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 2. Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
- ROGUSKI A. 2014 – Geologiczno-inżynierska ocena zwietrzelin gliniastych z południowej Polski. Prz. Geol., 62 (10/2): 692–698.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. Dz.U. z 2016 r. poz. 2033.
- USTAWA Prawo geologiczne i górnicze z dnia 9 czerwca 2011 r. Dz.U. z 2016 r. poz. 1131 t.j.
- ZARZĄDZENIE nr 58 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 23 listopada 2015 r. w sprawie dokumentacji do realizacji inwestycji.