

Wytyczne do prowadzenia seryjnych oznaczeń laboratoryjnych przewodności cieplnej gruntów spoistych i niespoistych na potrzeby sporządzania map i baz danych potencjału geotermii niskotemperaturowej.

GRZEGORZ RYŻYŃSKI, ALEKSANDRA ŁUKAWSKA, MATEUSZ ŻERUŃ

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa
grzegorz.ryzynski@pgi.gov.pl, aleksandra.lukawska@pgi.gov.pl, mateusz.zerun@pgi.gov.pl

WSTĘP

Na posterze przedstawiono wytyczne do prowadzenia seryjnych oznaczeń laboratoryjnych parametrów termicznych gruntów na potrzeby sporządzania map i baz danych potencjału geotermii niskotemperaturowej. Przedstawiana metodyka badawcza została opracowana w ramach prac realizowanych na potrzeby prowadzenia Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich (BDGI) w PIG-PIB oraz Projektu Interreg GEOPLASMA CE. Przedstawiona metodyka opiera się o wykonywanie zestandaryzowanych oznaczeń laboratoryjnych przewodności i oporności cieplnej za pomocą igły termicznej wraz z towarzyszącymi parametrami fizycznymi. Metodykę

opracowano dla próbek gruntów spoistych (wilgotność naturalna, wysuszone do stałej masy) i niespoistych (wilgotność naturalna, wysuszone do stałej masy oraz w pełni nasycone). Podstawą prac przedstawionych na niniejszym posterze były procedury własne opracowane w Centrum Badań Gruntów i Skal (CBGS) w PIG-PIB.

Baza Danych Właściwości Fizyczno-Mechanicznych Gruntów: http://geoportals.pgi.gov.pl/atlas_gi/bdgi-wfm
Projekt Interreg GEOPLASMA CE: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/GeoPLASMA-CE.html>

METODYKA I SPRZĘT POMIAROWY

Przedstawiona metodyka przygotowania próbek i wykonywania pomiarów opiera swoje główne założenia na następujących dokumentach źródłowych:

- ASTM D5334-14 Standard Test Method for Determination of Thermal Conductivity of Soil and Soft Rock by Thermal Needle Probe Procedure;
- KD2 Pro Thermal Properties Analyzer Operator's Manual Version 12;
- O. T. Farouki Thermal properties of soils USACRREL Monograph (1981).

Do wykonywania badań właściwości termicznych gruntów stosowano analizator właściwości termicznych KD2 Pro produkcji Decagon Devices Inc. wraz z zestawem igieł termicznych (Fig. 1c). Badania laboratoryjne przeprowadzono przy użyciu czujnika TR-1 o średnicy 2,5 mm i długości 100 mm, dedykowanym do wykonywania pomiarów właściwości termicznych gruntów. Ze względu na trudność wprowadzania igły TR-1 w zagęszczone próbki niespoistych gruntów frakcji żwirowej stosowano także sondę RK-1 (długość 60 mm, średnica 3,9 mm), przystosowaną do badania właściwości termicznych twardszych materiałów.

Zakres pomiaru przewodności cieplnej w przypadku czujnika TR-1 wynosi od 0,10 do 4,00 W/(m*K), dokładność ± 10% w przedziale od 0,2-4 W/(m*K) i ± 0,02 W/(m*K) w przedziale od 0,1 do 0,2 W/(m*K). Zakres pomiaru przewodności cieplnej przy zastosowaniu czujnika RK-1 wynosi 0,1 do 6,0 W/(m*K), dokładność ± 10% w przedziale 0,2-6 W/(m*K) i 0,02 W/(m*K) w przedziale 0,1-0,2 W/(m*K). Wyposażenie pomiarowe i pomocnicze stosowane do przygotowania próbek i prowadzenia badań przedstawiono na Fig. 1. Wykonywano interpretację zaproponowaną przez ASTM D5334-14, wg której należy nanieść uzyskane wyniki w funkcji czasu na wykresie krzywych logarytmicznych. Następnie należy wybrać liniową część krzywej i narysować linię prostą przez punkty. Liniowa część krzywej jest traktowana jako quasi-ustalona. Przewodność cieplna λ jest obliczana przy użyciu nachylenia funkcji:

$$\lambda = \frac{Q(\ln t_2 - \ln t_1)}{4\pi(\Delta T_2 - \Delta T_1)}$$

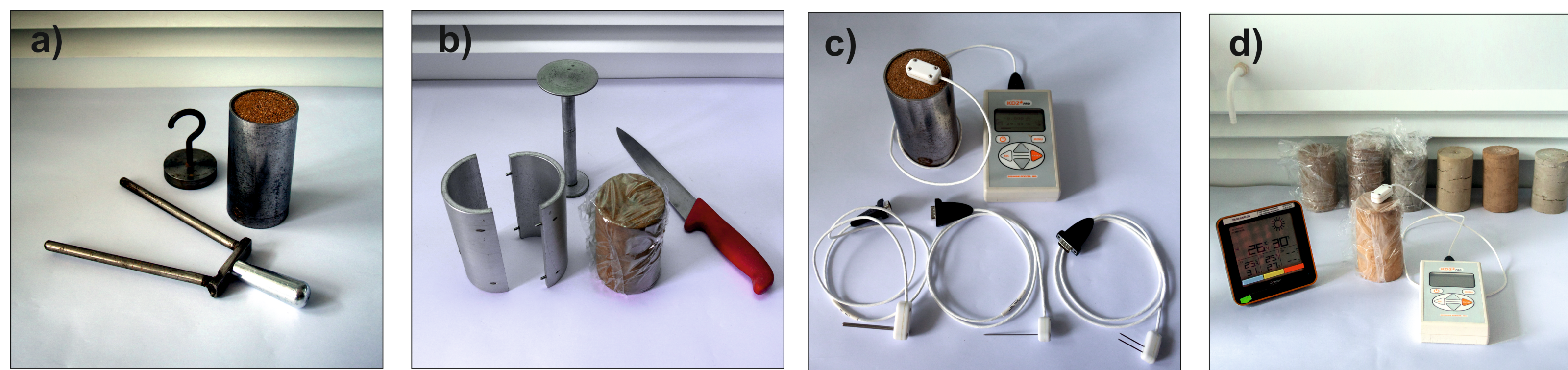


Figura 1. Sprzęt laboratoryjny wykorzystywany do badań przewodności cieplnej gruntów.

- a) cylinder do oznaczania maksymalnej i minimalnej gęstości objętościowej gruntów niespoistych wraz z widełkami wibracyjnymi
- b) metalowa forma do przygotowywania próbek walcowych wraz z ubijakiem
- c) zestaw wymiennych sond termicznych wraz z rejestratorem
- d) formowane próbki gruntów spoistych w trakcie badania

ANALIZOWANE DANE

Badania przewodności termicznej przeprowadzono na sześciu próbkach gruntów niespoistych – piasek drobny, piasek średni, piasek gruby, pospółka, żwir i sześciu próbkach gruntów spoistych - pył, glina piaszczysta, glina, il. Do badań przyjęto wybrane próbki z zasobu BDGI-WFM. Jako kryterium wyboru wykorzystano litologię gruntów.

Próbki gruntów niespoistych analizowano w trzech stanach nasycenia wodą: wysuszone do stałej masy, o wilgotności naturalnej i w pełnej saturacji. Próbkę PNS-3 była badana w trzech stopniach/stanach zagęszczenia (łuzny – $I_p \leq 0,33$, średnio zagęszczony – $0,33 < I_p \leq 0,67$, zagęszczony – $I_p \geq 0,67$). Łącznie wykonano 25 podpróbek dla gruntów niespoistych w różnych stanach zagęszczenia oraz dla różnego stopnia nasycenia wodą.

Dla gruntów spoistych wykonano 14 podpróbek formowanych. Wykorzystano także 1 fragment próby NNS (podpróbka PS-1C), na której wykonano oznaczenia dla różnych stanów plastyczności oraz w stanie wysuszone do stałej masy. Dla każdej pod próbki wykonywano 3 oznaczenia, wykonując w sumie 120 oznaczenia przewodności cieplnej.

UZYSKANE WYNIKI I WNIOSKI

Wyniki przedstawiono na figurach 3, 4 oraz 5 (w porównaniu z wartościami literaturowymi). Zastosowanie proponowanej przez Autorów procedury badawczej (uwzględniającej stopień nawodnienia gruntów niespoistych oraz ich zagęszczenie, a w przypadku gruntów spoistych - stopień plastyczności) umożliwia przedstawienie zmienności przewodności cieplnej badanych osadów i dostarczenie wiarygodnych wyników niezbędnych do sporządzania geotermalnych modeli 2D/3D i oceny potencjału geotermii niskotemperaturowej.

Procedura przedstawiona na Figurze 2 nadaje się do wdrożenia w laboratoriach gruntoznawczych, wykonujących badania fizyczno-mechaniczne gruntów. Należy zwrócić uwagę na konieczność harmonizacji danych literaturowych przedstawianych w wytycznych PORT PC cz.1 z normową klasyfikacją gruntów (normy PN i ISO).

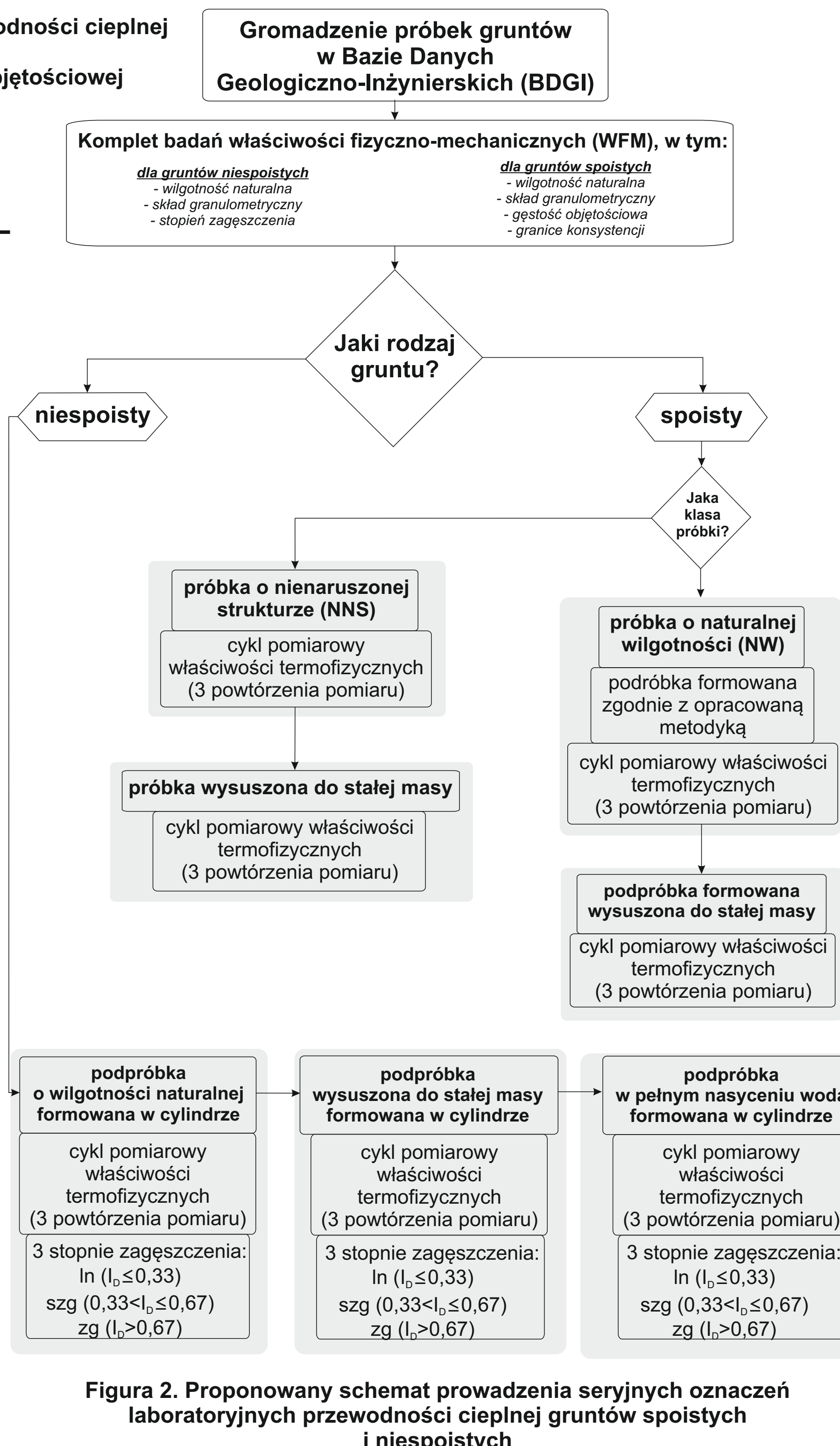


Figura 2. Proponowany schemat prowadzenia seryjnych oznaczeń laboratoryjnych przewodności cieplnej gruntów spoistych i niespoistych

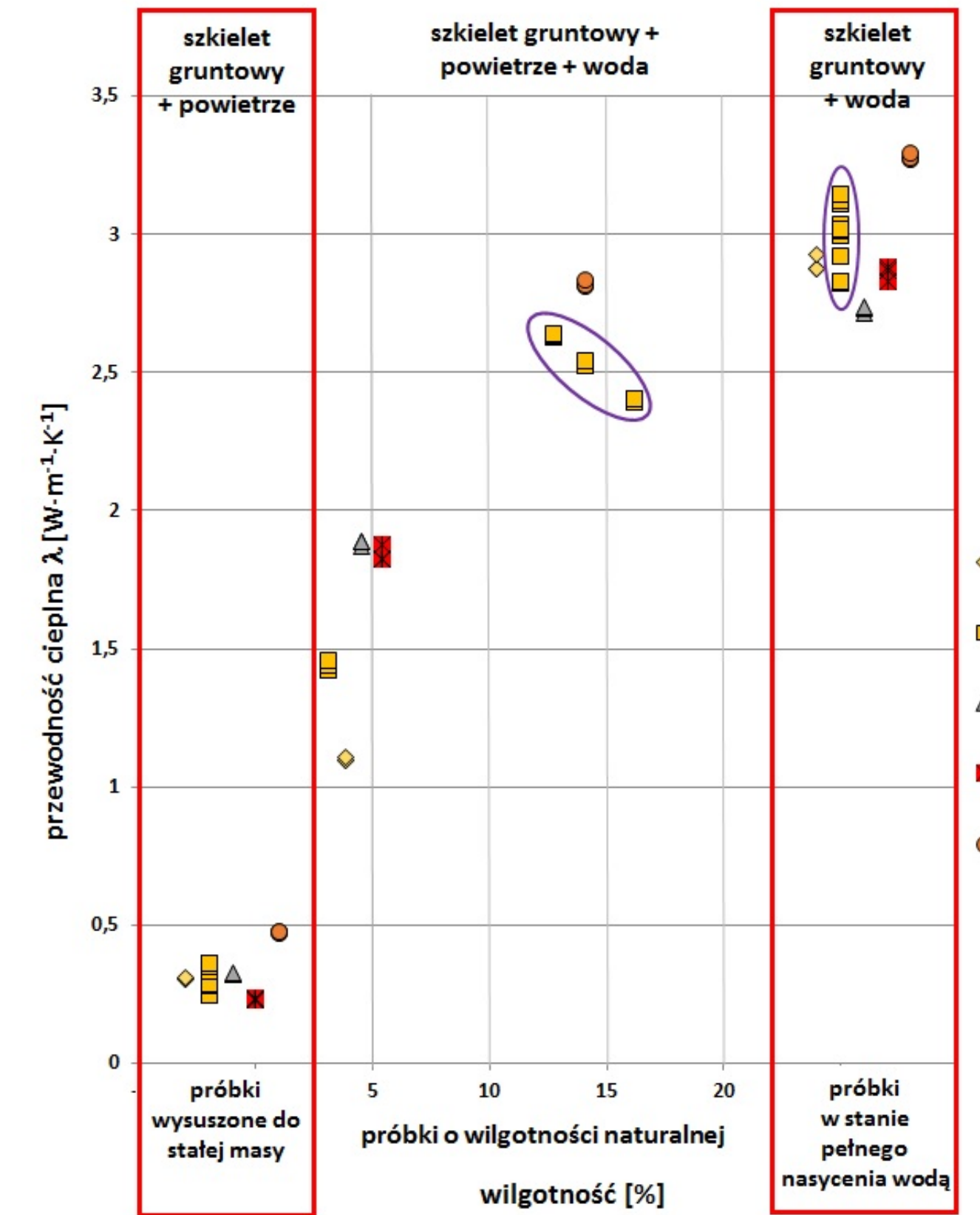


Figura 3. Uzyskane wyniki badań przewodności cieplnej gruntów niespoistych. Fioletowym kolorem oznaczono próbki badane w zróżnicowanym stanie zagęszczenia.

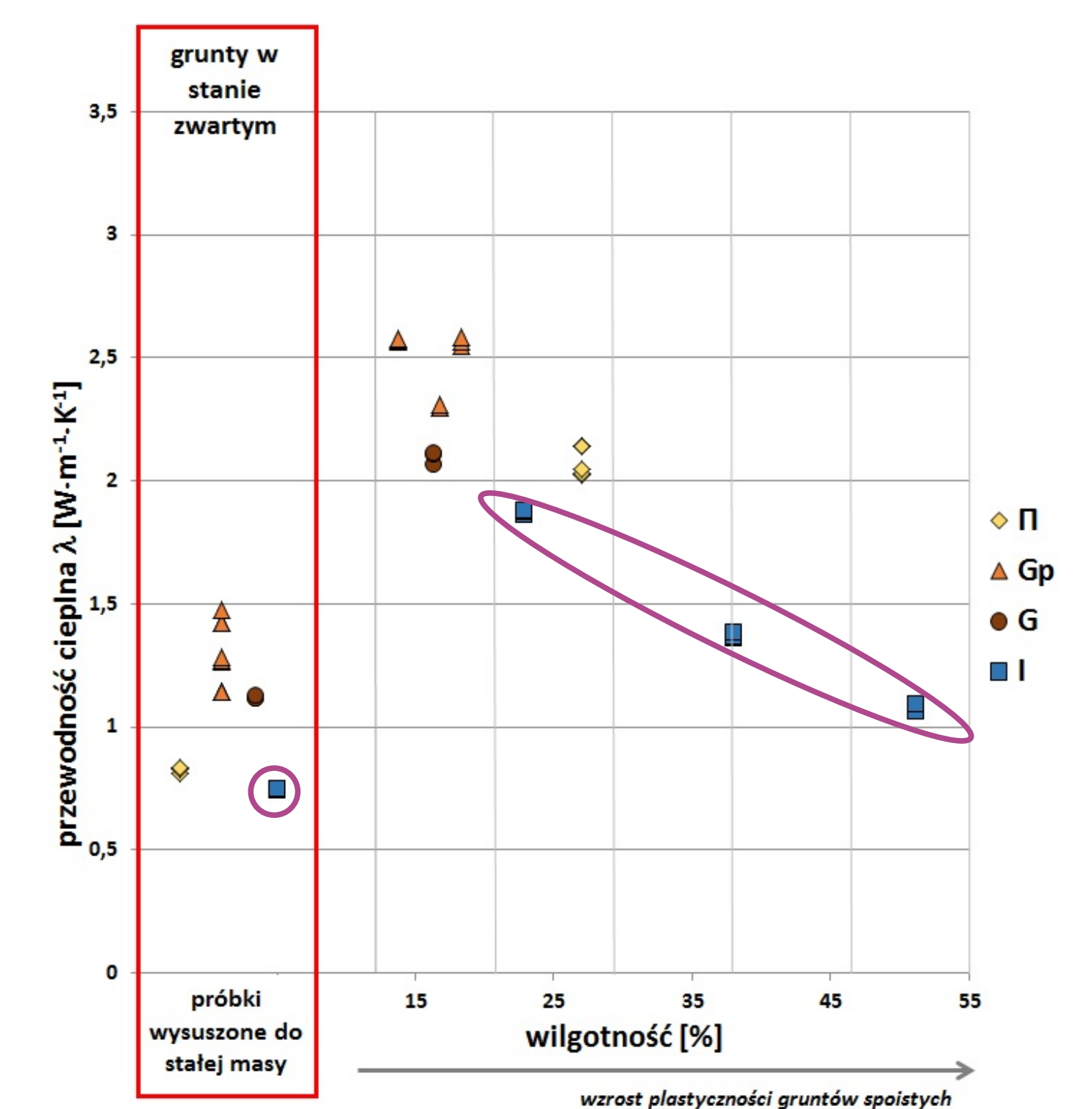


Figura 4. Uzyskane wyniki badań przewodności cieplnej gruntów spoistych. Fioletowym kolorem oznaczono próbki badane w zróżnicowanym stopniu plastyczności.

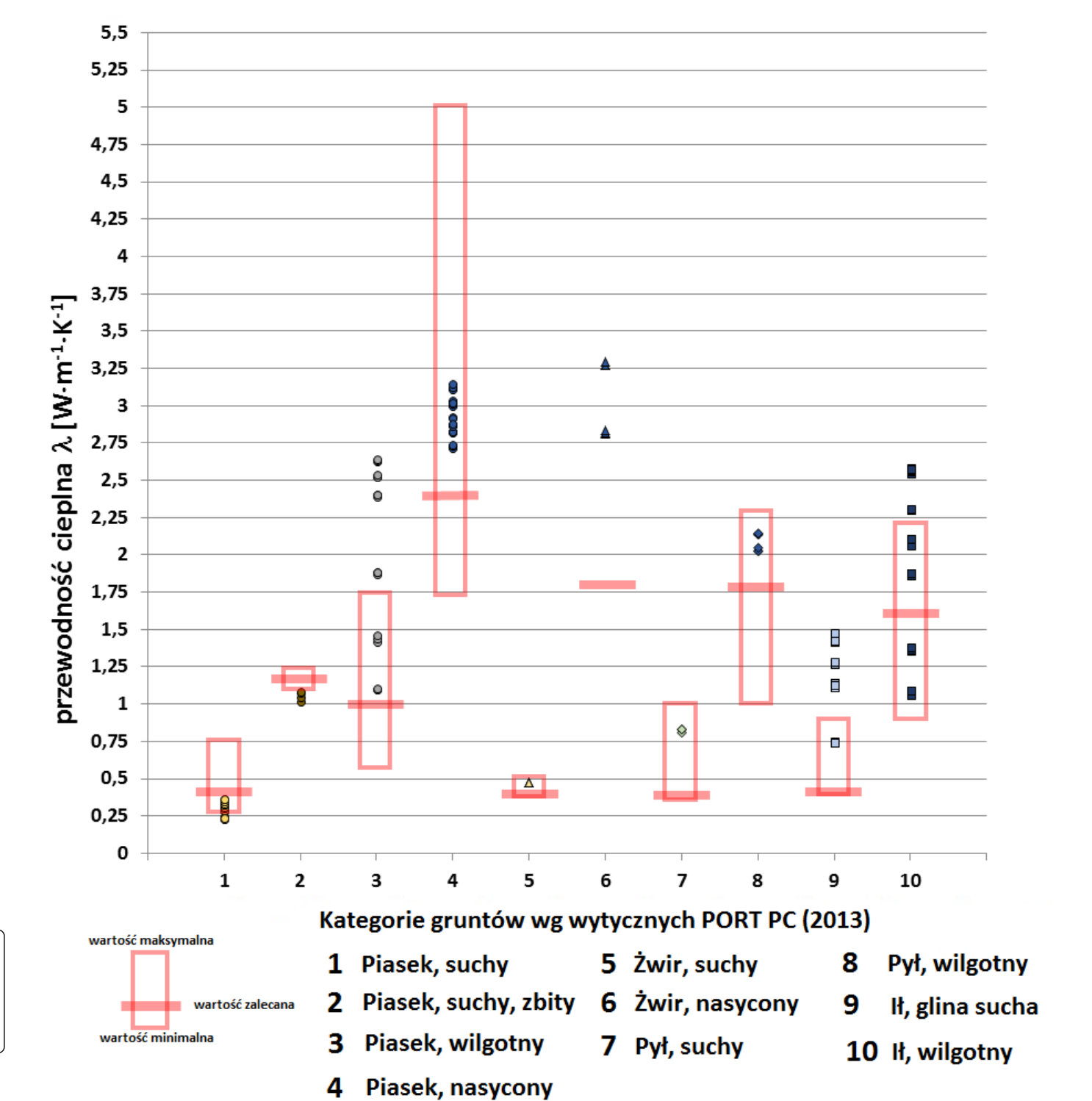


Figura 5. Porównanie wyników wykonanych badań przewodności cieplnej z wartościami z Wytycznych PORT PC (2013). Dokonano translacji klasyfikacji normowej na kategorie gruntów z wytycznych PORT PC.

W badaniach laboratoryjnych wykorzystano następujące normy: PN-EN ISO 14688-2:2018 Rozpoznanie i badania geotechniczne. oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 2. Zasady klasyfikowania oraz PN-B-02480:1986 Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.