

ARKADIUSZ ROJNA*
DARIA BŁASZCZYK**

BADANIE WSPÓLCZYNNIKA FILTRACJI GRUNTÓW

Streszczenie

Jednoznaczne wyznaczenie współczynnika filtracji gruntu za pomocą wyłącznie jednej metody i praktyczne wykorzystanie wyników badań do celów inżynierskich, jest procesem niezwykle trudnym i może przysporzyć użytkownikowi obiektu budowlanego mnóstwo poważnych problemów oraz konsekwencji prawnych. Dlatego podjęto próbę zmierzającą do określenia wartości współczynnika filtracji gruntów metodami polowymi i laboratoryjnymi.

Słowa kluczowe: współczynnik filtracji, wodoprzepuszczalność gruntu

Wprowadzenie

W 1856 r. francuski inżynier Henry Philibert Gaspard Darcy w swojej publikacji pt. „Les fontaines publiques de la ville de Dijon” przedstawił praktyczne rozwiązania zaopatrzenia w wodę miejscowości Dijon we Francji. Zawarte w niej wyniki badań wodoprzepuszczalności frakcji gruntów piaszczystych przez pionową kolumnę dały podstawy do stworzenia i używania do dnia dzisiejszego słynnego Prawa Darcy [Darcy 1856].

Prawo Darcy było i wciąż jest inspiracją dla innych znakomitych teoretyków i praktyków zgłębiających problematykę ruchu wody w gruncie. Byli to m. in.: Juliusz Weisbach i Philipp Forchheimer. Wykonane przez nich doświadczenia przyniosły wymierne korzyści w postaci wyników prac badawczych nad wodoprzepuszczalnością i współczynnikiem filtracji gruntów. Eksperymentowania te dały podstawy do stworzenia wzorów i praw, jak również przedstawiły szersze poznanie zjawisk oraz zasad rządzących środowiskiem gruntowo-wodnym dla ich praktycznego wykorzystania inżynierskiego.

* doktorant Instytutu Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

** studentka kierunku Inżynierii Środowiska, Instytutu Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

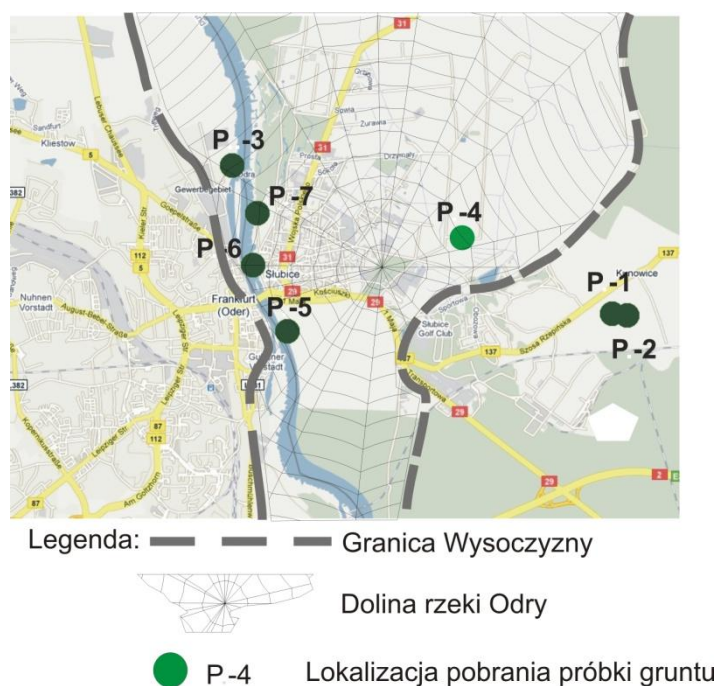
Prawo Darcy dało podstawy do rozwoju m.in. hydrauliki, hydrologii, hydrogeologii i mechaniki płynów [Lohman 1979], [Kulma 1995], [Chapuis 2003].

Teren badań

Lokalizacje miejsc pobrania próbek do badań zostały wytypowane tak, aby swoim zakresem obejmowały grunty mineralne, niespoiste pochodzące z różnych utworów geologicznych.

Grunty pochodziły z terenu zaliczanego do makroregionu Pojezierza Wielkopolskiego, mezoregionu Równiny Torzymskiej Wysoczyzny Lubuskiej, krawędzi Wysoczyzny Lubuskiej oraz lewo i prawo brzeżnej doliny rzeki Odry Lubuskiego Przełomu Odry. Dokładna lokalizacja miejsc pobrania próbek gruntów została przedstawiono na rys. 1.

Punkty P-1 i P-2 znajdowały się po prawej stronie rzeki Odry na terenie Wysoczyzny Lubuskiej. Natomiast pozostałe miejsca zlokalizowano w Dolinie Odry. Punkt P-3 analizowano na lewobrzeżnej stronie rzeki.



Rys. 1. Miejsca pobrania próbek gruntu do badań

Fig. 1. Places of taking samples of ground

Cel i metodyka badań

Celem badań było określenie składu granulometrycznego gruntów i wyznaczenie wartości współczynnika filtracji.

W związku z powyższym zaistniała konieczność przeprowadzenia szeregu badań terenowych i laboratoryjnych pomocnych do wyznaczenia współczynnika filtracji gruntów. Dokonano wyboru metod za pomocą których uzyskane wyniki analiz przyniosłyby wymierne efekty.

W miesiącach VIII÷XII 2009 r. przeprowadzono szereg badań polowych i laboratoryjnych. Pobrano 7 próbek gruntu mineralnego, niespoistego.

W badaniu filtracji zastosowano metody polowe: metoda Maaga i zalewania dołów chłonnych (Kamieńskiego) oraz laboratoryjne: analiza granulometryczna i rurki Kamieńskiego. W tych systemach dokonano szeregu pomiarów zmian zwierciadła i wydatku przepływającej wody przez próbki gruntów o nienaruszonej strukturze (NNS).

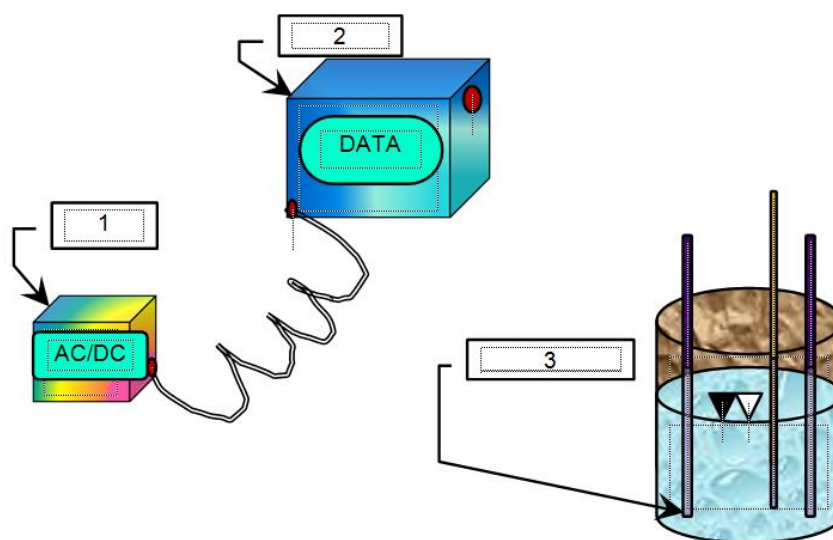
Podczas wykonywania badań terenowych i laboratoryjnych korzystano z aparatury Zakładu Hydrologii i Geologii Stosowanej Uniwersytetu Zielonogórskiego oraz za pomocą samodzielnie skonstruowanej instalacji kontrolno-pomiarowej. W skład oprzyrządowania wchodziły: świder ręczny i wyskalowany cylinder z rury PCV, będące elementami badań polowych (rys.2) oraz aparat ITB ZWK-2, rurki Kamieńskiego, wytrząsarka z kompletem sit dla obserwacji laboratoryjnych. Do tych urządzeń został podłączony osprzęt kontrolno-pomiarowy, tj.: sondy hydrostatyczne i objętościowe oraz rejestrator danych i źródło zasilania (rys.3).

Uzyskane wyniki rejestrowane były automatycznie w celu wyeliminowania grubych błędów pomiarowych [Batu 1998]. Każdorazowy pomiar na pojedynczej próbce gruntu metodami polowymi i laboratoryjnymi wykonywany był trzykrotnie.

Każdą próbkę gruntu indywidualnie podzielono, tak aby była reprezentatywna, a następnie zważono i wysuszono w temperaturze $105\div 110^{\circ}\text{C}$ w czasie 24 h. Po wysuszeniu próbkę powtórnie zważono i poddano analizie sitowej postępując zgodnie z normami. Następnie część gruntu umieszczono w dwóch rurkach Kamieńskiego, zagęszczono ubijakiem i dokonano pomiarów zmian poziomu zwierciadła wody wraz z ilością przepływającej wody przez próbkę. Wyniki uzyskane za pomocą równoległych pomiarów na kolumnach arytmetycznie uśredniono. Za pomocą aparatu ITB ZWK-2 przeprowadzono badania gruntów w dwóch wariantach, tj.: przy przepływie wody przez grunt w kierunku pionowym od dołu i góry z jednoczesnym pomiarem ilościowo-wagowym wody przepływającej przez próbkę [Wiłun 2008].



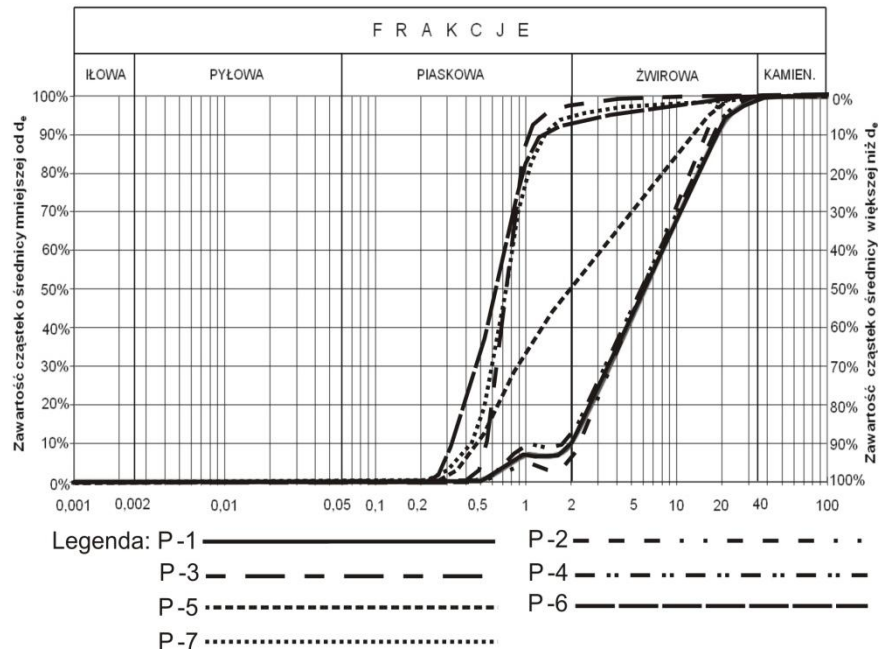
Rys. 2. Stanowisko kontrolno-pomiarowe w Dolinie Odry, punkt P-4
Fig. 2. Control and measurement positioning Odra Valley, point P-4



Rys. 3. Schemat stanowiska kontrolno-pomiarowego
Fig. 3. Scheme of control and measurement position

Wyniki

Obliczenia współczynnika filtracji gruntów przeprowadzono w oparciu o analizę granulometryczną (rys. 4).



Rys. 4. Krzywe uziarnienia gruntu, próbki P-1÷7

Fig. 4. Grain size distribution curve, samples P-1÷7

Analizując próbki gruntu P-2 i P-4 stwierdzić można, że współczynnik filtracji obliczony na podstawie wzorów Hazena i amerykańskiego uzyskuje zbliżone wartości (tab.1). Natomiast w próbkach P-1, P-2, P-4, P-6 i P-7 wartości współczynnika filtracji różnią się o rząd wielkości. W skrajnych przypadkach wartości te są od 4÷10 razy większe dla próbek gruntu P-4 i P-5.

W gruncie P-5 obliczenie współczynnika filtracji wzorem Hazena przy wskaźniku różnoziarnistości $U > 5$ nie stosuje się ze względu na znaczne zawyżanie wyników analiz i współczynnika nierównomierności uziarnienia [Pazdro, Kozerski 1990].

Tab. 1. Wartości współczynnika filtracji gruntów
 Tab. 1. Values of filtration coefficient of ground

Według wzoru	Współczynnik filtracji [m/s]						
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7
Hazena	0,0185	0,0490	0,0039	0,0334	0	0,0009	0,0025
USBSC- amerykański	0,0354	0,0417	0,0011	0,0324	0,0013	0,0004	0,0008
Seelheima	0,1372	0,1243	0,0019	0,1243	0,0116	0,0014	0,0019

Wskaźnik różnoziarnistości dla gruntu P-5 wynosi $U=6,7$. Rozbieżność poszczególnych wartości współczynnika filtracji gruntów wynika również z wielkości średnic zastępczych uzyskanych w analizie granulometrycznej.

Wnioski

Uzyskane wyniki w toku przeprowadzonych badań metodami polowymi i laboratoryjnymi pozwoliły na głębsze poznanie praw rządzących procesem filtracji, współczynnikiem filtracji, wodoprzepuszczalności oraz porównanie ich z rezultatami ludzi zgłębiających owe zagadnienia.

Metodami laboratoryjnymi dla próbek gruntów P-1÷P-7 otrzymano wartości od $1,15 \cdot 10^{-3} \div 3,61 \cdot 10^{-2}$, natomiast polowymi od $2,98 \cdot 10^{-3} \div 3,65 \cdot 10^{-2}$ (tab. 2).

Wyniki próbek P-3, P-6 i P-7 różnią się trzykrotnie w stosunku do rodzaju metod. Dla metod polowych uzyskano wyższe wartości współczynnika filtracji, a zatem większej wodoprzepuszczalności i wydatku jednostkowego.

Grunty P-1 i P-2 charakteryzują się różnymi wartościami współczynnika filtracji nawet o rząd wielkości. Dla próbki P-1 wyniki analiz różnią się siedmio i półkrotnie, a P-2 blisko dziewięciokrotnie.

Jedynymi uzyskanymi wartościami zbliżonymi są próbki gruntów P-4 i P-5, gdzie różnica wyników waha się w granicach 14 %.

Tab. 2. Wartości współczynnika filtracji gruntów
 Tab. 2. Values of filtration coefficient of ground

Metoda	Próbka [m/s]						
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7
Laboratoryjne	0,02241	0,03613	0,00175	0,0322	0,01305	0,00115	0,00127
Polowe	0,00298	0,00414	0,00561	0,0365	0,01481	0,00344	0,00425

Literatura i normy

1. DARCY H.: *Les fontaines publiques de la ville de Dijon*, 1856
2. LOHMAN W.: *Ground-Waters hydraulics*, Washington, 1979
3. KULMA R.: *Podstawy obliczeń wód podziemnych*, Wyd. AGH, Kraków, 1995
4. CHAPUIS R.P.: AUBERTIN M., *Predicting the coefficient of permeability of soils using the Kozeny – Carman equation*, Montreal, 2003
5. BATU V.: *Aquifer Hydraulics. A Comprehensive Guide to Hydrogeologic Data Analysis*. New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Suva, Toronto, John Wiley & Sons Inc., 1998
6. WILUN Z.: *Zarys geotechniki*, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2008
7. PAZDRO Z., KOZERSKI B.: *Hydrogeologia ogólna*. Warszawa, Wyd. Geolog. 1990
8. PN-88/B-04481, *Grunty budowlane, badanie próbek gruntu*
9. PN-86/B-02480, *Grunty budowlane, określenia, symbole, podział i opis gruntów*
10. PN-EN ISO 14688-1, *Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczanie i opis*
11. PN-EN ISO 14688-1, *Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania*

EXAMINATION OF PERMEABILITY COEFFICIENT OF GROUND

S u m m a r y

Explicit appointing the rate of permeability coefficient of ground behind the help of exclusively one method and practical using results for engineering destinations, is an unusually difficult process and can for the user a plenty serious problems of the building object and legal consequences. Therefore an aiming attempt was taken to appointing the values of permeability coefficient of ground with field and laboratory methods.

Key words: permeability coefficient, ground permeability