

Czesław KRÓLIKOWSKI

## Szybki sposób określania współczynnika filtracji dla celów geologiczno-inżynierskich

### WSTĘP

Najczęściej stosowaną i powszechnie uznaną metodą pomiaru współczynnika filtracji w warunkach naturalnych jest próbne pompowanie. Otrzymuje się wtedy średni współczynnik filtracji charakteryzujący znaczną objętość ośrodka w otoczeniu filtru. Wymiary pionowe takiej bryły są uwarunkowane długością fitru i wynoszą zazwyczaj co najmniej kilka metrów. Nie można wtedy śledzić zmian przepuszczalności gruntów w interwale tych kilku metrów. Ponadto metoda próbnego pompowania jest kosztowna, zwłaszcza dla celów geologiczno-inżynierskich.

Potrzeba znajomości zmian współczynnika filtracji z głębokością dla płytko występujących warstw wodonośnych przy względnie niskich kosztach takich badań sprawiła, że stosowane są coraz częściej metody oparte na zalewaniu lub szcerpywaniu. W tym celu używane są zwykle filtry o niewielkiej długości, najczęściej umieszczone w wywierconym uprzednio otworze.

Jedną z takich metod jest opracowany przez M. Borowczyka i autora sposób szybkiego pomiaru współczynnika filtracji oparty na zalewaniu uprzednio wprowadzonego w grunt piezometru, opisany w zgłoszeniu patentowym (M. Borowczyk, Cz. Królikowski, 1970). W niniejszej pracy podane zostaną pierwsze wyniki badań.

Metodę zalewania uważają niektórzy za mniej dokładną niż pompowanie, ponieważ następuje kolmatacja gruntu w otoczeniu filtru. Tak jest, ale tylko wtedy, gdy różnica ciśnień hydrostatycznych między otworem i ośrodkiem jest zbyt duża. Sytuacja taka powstaje w przypadku występowania zwierciadła wody na bardzo dużych głębokościach. W badaniu warstw przypowierzchniowych, gdy zwierciadło wody występuje maksymalnie na kilku metrach, różnica ciśnień wynosi również kilka metrów. Warunki są więc podobne jak przy próbnym pompowaniu, w którym najczęściej spotyka się depresje kilkumetrowe. Nie występuje natomiast przy metodzie zalewania wypłukiwanie drobnych cząstek gruntu z otoczenia filtru, co ma miejsce przy pompowaniu wody, jeśli brak jest obsypki lub gdy jest niewłaściwie dobrana obsypka lub siatka.

Autor wyraża podziękowanie mgrowi niż. M. Borowczykowi za pomoc w badaniach oraz dyskusję nad problematyką niniejszej pracy. Dziękuję również Pracownikom Pracowni Geofizycznej PGBW „Hydrogeo” za współpracę i możliwość wykorzystania wyników Ich badań.

### METODA POMIARU

Pomiar odbywa się w piezometrze, który wprowadzony jest na żadaną głębokość przy użyciu wibromłota typu ZREMB BC-9/V (fig. 1a). Wibromłot również wyciąga piezometr po skończonych pomiarach.

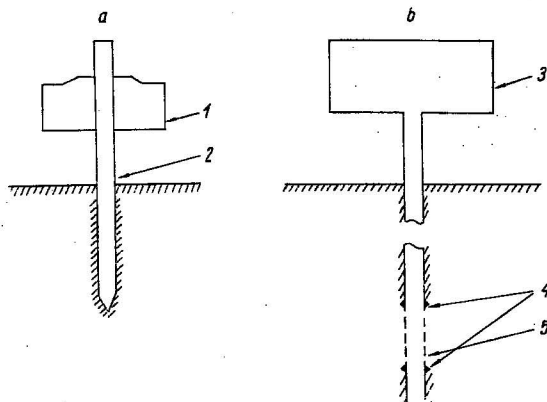
Piezometr składa się ze stalowego stożka i rury podfiltrowej, z filtru i rur łączących (fig. 1b). Krótki filtr jest perforowaną rurą stalową (10÷15% perforacji), owiniętą siatką metalową. Pod i nad filtrem znajdują się kołnierze, które powodując zwiększenie średnicy otworu zabezpieczają filtr przed uszkodzeniem i przed zalepieniem w trakcie jego przechodzenia przez grunty spoiste. Rury łączące filtr posiadają tę samą średnicę co filtr.

Fig. 1. Wbijanie piezometru przy użyciu wibromłota (a) oraz piezometr w czasie pomiaru współczynnika filtracji (b)

Driving of piezometer using vibration hammer (a) and piezometer during measurement of permeability coefficient (b)

1 — wibromłot; 2 — piezometr; 3 — zbiornik pomiarowy; 4 — kołnierz zabezpieczający; 5 — filtr

1 — vibration hammer, 2 — piezometer, 3 — measuring tank, 4 — protecting flange, 5 — filter



Po wbiciu piezometru na żadaną głębokość, należy oczyścić filtr przez odpompowanie wody (np. przy pomocy ręcznej pompki typu „Abisynka” lub w inny sposób). Zabieg ten jest konieczny zwłaszcza wtedy, gdy w trakcie wbijania filtr przechodzi przez warstwy gruntów gliniastych. Po oczyszczeniu następuje pomiar głębokości ustalonego zwierciadła wody.

Następnie na ostatni odcinek rury nadfiltrowej nakręca się zbiornik na wodę, którego pole przekroju poziomego jest dużo większe niż pole przekroju rury nadfiltrowej. Przekrój poziomy zbiornika może być okrągły lub prostokątny, a wysokość zbiornika w granicach 20÷50 cm.

Przy użyciu stopera mierzony jest czas wypływu części (np. połowy) objętości wody ze zbiornika. Znajomość czasu wypływu określonej objętości wody i głębokość piezometrycznego zwierciadła wody pozwala wyznaczyć współczynnik filtracji ośrodka w bezpośrednim otoczeniu filtru.

W czasie pomiarów należy zabezpieczyć się przed wylewem wody na powierzchnię ziemi ze szczeliny między gruntem a piezometrem, powstałej w trakcie pogrążania piezometru. Jeśli przy powierzchni występuje

warstwa gruntów nieprzepuszczalnych, najlepiej jest wtedy zailować otoczenie piezometru do głębokości 30—50 cm. W przypadku występowania od powierzchni gruntów przepuszczalnych można albo ilować otoczenie piezometru, albo zagłębiać zbiornik poniżej powierzchni terenu.

Po dokonaniu pomiarów na danej głębokości, zdejmuje się zbiornik, a piezometr wbija się na inną głębokość przy użyciu wibromłota. Dla dokonania podobnych pomiarów lub po zakończeniu pomiarów na zaplanowanym interwale głębokości piezometr wyciąga się.

Wodę do zalewania można albo przywozić w odpowiednim zbiorniku na miejsce pomiarów, albo napełniać ten zbiornik w czasie pompowania oczyszczającego.

### SPOSÓB OBLICZANIA WYNIKÓW

Ze względu na postawiony cel — określenie przepuszczalności gruntów z głębokością — w opisanej metodzie zastosowano krótki filtr (10—20 cm) w porównaniu z miąższością badanych warstw wodonośnych. Pozwoliło to z jednej strony na osiągnięcie znacznej rozdzielczości metody, z drugiej zaś strony — na traktowanie badanej warstwy jako ośrodka nieskończonego. To ostatnie założenie umożliwiło wykorzystanie do obliczeń współczynnika filtracji prostego wzoru Kozłowa (S. K. Abramow, W. D. Babuszkin, 1955):

$$k = \frac{Q}{S} \frac{\ln \frac{2l}{d}}{2\pi l} \quad (1)$$

gdzie:

- $k$  — współczynnik filtracji w cm/sek,
- $Q$  — wydatek (ilość wody wypływająca ze zbiornika pomiarowego w jednostce czasu (w  $\text{cm}^3/\text{sek}$ ),
- $S$  — nadciśnienie (wysokość zwierciadła wody w zbiorniku pomiarowym ponad piezometryczne zwierciadło wody w gruncie), w cm,
- $l$  — długość filtru, w cm,
- $d$  — średnica filtru, w cm.

W wyborze formuły do obliczenia wartości  $k$  oparto się na udowodnionej analogii między pompowaniem i zalewaniem i ważności tych samych wzorów dla obliczania współczynnika filtracji (A. I. Silin-Bekczurin, 1958).

Wzór (1) wyprowadzono w oparciu o następujące założenie:

- 1)  $l \gg d/2$ ,
- 2) wpływ wody przez filtr jest jednakowy na całej jego długości,
- 3) boczna powierzchnia filtru równoważna jest powierzchni elipsoidy obrotowej, wpisanej w cylindryczną powierzchnię filtru. Założenie pierwsze oznacza liniowość filtru. Warunek ten jest spełniony, błąd nie większy niż 5%, jeśli  $l \geq 2,5 d$ . Założenie drugie oznacza, że spadek hydrauliczny jest jednakowy na całej długości filtru, co w warunkach krótkiego filtru można uważać za spełnione. Założenie trzecie prowadzi wg niektórych badaczy do zaniżenia wydatku wodnego z filtru. W związku z tym

wprowadzono do wzoru współczynnik korygujący wyznaczony w badaniach modelowych. Wzór (1) przybiera wówczas postać:

$$k = \frac{Q}{S} \frac{\ln \frac{2al}{d}}{2\pi l}, \quad (2)$$

gdzie  $\alpha = 0,80$  (N. K. Girynski, 1950), lub  $\alpha = 0,66$  (S. K. Abramow, W. D. Babuszkin, 1955).

W oparciu o analogię elektrohydrodynamiczną wzór analogiczny do wzoru (1) stosowany jest do obliczenia oporu właściwego ośrodka w metodzie trójelektrodowej. Autor przeprowadził badania modelowe w celu ustalenia właściwej wartości współczynnika  $\alpha$  (praca w druku). W wyniku modelowych badań elektrycznych stwierdzono, że wartość współczynnika  $\alpha$  powinna być bliska jedności. A zatem przyjęto za najwłaściwszy wzór (1).

Należy określić najwłaściwsze wymiary filtrów i zbiornika pomiarowego. Z opisanej metody wynika, że ilość wody, jaka może przepłynąć przez filtr w jednostce czasu, nie powinna być większa od ilości wody, która może swobodnie wypłynąć w jednostce czasu ze zbiornika pomiarowego do piezometru. W przeciwnym razie nastąpiłoby przerwanie ciągłości ruchu w piezometrze, co m.in. uniemożliwiłoby pomiar wydatku w zbiorniku pomiarowym. Ponadto metoda oparta jest na zalewaniu piezometru przy stałym nadciśnieniu, co zapewnia małą zmianę wysokości słupa wody w zbiorniku pomiarowym. W pierwszych badaniach metodycznych przyjęto wysokość zbiornika równą 20 cm. Pomiar dotyczył wypływu połowy objętości wody, zatem zmiana nadciśnienia wynosiła 10 cm, co przy całkowitym nadciśnieniu wynoszącym minimum 1 m umożliwia traktowanie wypływu jako zachodzącego przy stałym nadciśnieniu.

Wielkość wypływu ze zbiornika do piezometru można określić korzystając ze znanego wzoru na prędkość wypływu

$$v = \sqrt{2gh} \quad (3)$$

gdzie:

- $v$  — prędkość wypływu przez otwór w dnie zbiornika w cm/sek,
- $g$  — przyspieszenie ziemskie w cm/sek<sup>2</sup>,
- $h$  — wysokość zbiornika w cm

Przy zmianie  $h$  od 20 cm do 10 cm, prędkość zmieniała się od 200 cm/sek do 140 cm/sek. Ponieważ wewnętrzna średnica piezometru wynosiła 4,1 cm, to minimalny wydatek jednostkowy wynosił 1850 cm<sup>3</sup>/sek. A zatem wydatek przez filtr nie może być większy niż 1850 cm<sup>3</sup>/sek. Jaki może zatem być maksymalny wydatek filtru?. Zależy on od jego wymiarów, przepuszczalności, wielkości, depresji i współczynnika filtracji ośrodka otaczającego.

Badania wykazały (A. Koch, 1966), że współczynnik przepuszczalności filtru siatkowego umieszczonego w piasku grubym (współczynnik filtracji tego piasku wynosił 0,35 cm/sek, a  $d_{10} = 0,53$  mm) dla perforacji filtru w przedziale 10–18% zmieniał się od 1,15 do 1,40 cm/sek. Można więc przyjąć, że współczynnik przepuszczalności filtru jest zawsze większy niż

współczynnik filtracji badanego ośrodka; wtedy wydatek określony jest przez przepuszczalność ośrodka. Przyjmując długość filtra 10 cm,  $k = 0,35$  cm/sek,  $d = 4,1$  cm, otrzymamy na podstawie wzoru (1):

$$Q = \frac{2\pi lk}{2l \ln \frac{d}{r}} S = 13,6 \cdot S$$

Dla nadciśnienia  $S = 100$  cm;  $Q = 1360$  cm<sup>3</sup>/sek.

Ośrodek o współczynniku  $k = 0,35$  cm/sek można traktować w warunkach gruntów piaszczystych jako bardzo przepuszczalny. I w tym przypadku (dla  $S = 100$  cm) wydatek filtra jest mniejszy niż wielkość wypływu ze zbiornika pomiarowego — 1850 cm<sup>3</sup>/sek. Przy większym nadciśnieniu należy stosować wyższe zbiorniki pomiarowe dla zwiększenia wielkości wypływu. Np. przy nadciśnieniu 3 m zbiornik powinien mieć 50 cm wysokości, a wypływ może się odbywać z wysokości 50÷40 cm. Są to oczywiście liczby ekstremalne i orientacyjne. W praktyce warunki te są zazwyczaj spełnione. Przy niespełnieniu tych warunków nie następuje przerwanie ciągłości przepływu w piezometrze z tego względu, że woda jest zasysana od dołu i następuje szybszy wypływ niż to wynika z powyższych obliczeń. Wtedy zmienia się jednak nadciśnienie i dlatego sytuacji takich należy unikać.

Następne zagadnienie wymagające omówienia dotyczy strefy zagęszczenia powstającej wokół filtra przy pogrążaniu piezometru. Podobne zagadnienie, aczkolwiek w kategoriach przepływu prądu, rozwiązał autor (praca w druku) w celu określenia wpływu strefy zagęszczenia, powstającej w trakcie wbijania sondy uniwersalnej, na pomiar oporu elektrycznego ośrodka w układzie trójelektrodowym. W wyniku obszernych prac teoretycznych, modelowych i polowych okazało się, że powstającą strefę zagęszczenia można aproksymować strefą stałej gęstości o szerokości 1,5 średnicy wbijanej sondy. Strefa ta zwiększa mierzone opór w zależności od porowatości ośrodka. Dla porowatości w przedziale 30÷40% wzrost oporu wynosi średnio dla ośrodków zawodnionych 13%.

Opierając się na analogii elektrohydrodynamicznej, w której przewodnictwo elektryczne (odwrotność oporu właściwego) odpowiada współczynnikowi filtracji, łatwo przeliczyć, że jeśli

$$\frac{\varrho - \varrho_e}{\varrho} = 0,13,$$

$$\frac{1}{\varrho} \sim k, \text{ to}$$

$$\frac{k - k_e}{k} = 0,15,$$

gdzie:

- $\varrho$  — elektryczny opór właściwy ośrodka,
- $\varrho_e$  — mierzony opór właściwy, obarczony wpływem strefy zagęszczenia,
- $k$  — współczynnik filtracji ośrodka,
- $k_e$  — współczynnik filtracji, obarczony wpływem strefy zagęszczenia.

Czyli wpływ strefy zagęszczenia w przedziale porowatości 30÷40% wynosi średnio 15%, zmniejszając o tyle wartość współczynnika filtracji. Oczywiście liczbę tę należy traktować jako orientacyjną, niemniej wskazuje ona wielkość wpływu zagęszczenia na pomiar współczynnika filtracji przy wbijaniu piezometru.

Inne zagadnienie wymagające komentarza dotyczy tzw. nieciągłości na filtrze. Wiadomo, że w czasie pompowania powstaje nieciągłość między dynamicznym zwierciadłem wody w gruncie a zwierciadłem wody w otworze — tworzy się tzw. skok na filtrze. Przy wyznaczaniu współczynnika filtracji na podstawie pomiarów tylko w studni pompowanej należy skok ten uwzględnić w odpowiednim zmniejszeniu depresji mierzonej w studni. Czyni to się albo poprzez instalowanie przy samej studni piezometru kontrolnego, albo poprzez wyliczanie wielkości skoku metodą kolejnych przybliżeń, korzystając z empirycznego wzoru Abramowa.

$$\Delta h = a \sqrt{\frac{QS}{kF}} \quad (4)$$

gdzie:

$\Delta h$  — skok na filtrze w m,

$a$  — współczynnik empiryczny zależny od konstrukcji filtru; dla filtrów siatkowych  $a = 0,2$ ,

$Q$  — wydatek w m<sup>3</sup>/dobę,

$S$  — depresja w m,

$k$  — współczynnik filtracji w m/dobę,

$F$  — robocza powierzchnia filtru w m<sup>2</sup>.

Jak wykazują obserwacje, podobny skok istnieje przy zalewaniu piezometru tylko o przeciwnym kierunku. Ponieważ istnieje podobny mechanizm powstawania skoku, należy zakładać, że jego wielkość zależy od tych samych czynników co przy pompowaniu. A zatem można w pierwszym przybliżeniu wprowadzać poprawki dla nadciśnienia korzystając ze wzoru (4).

## WYNIKI BADAŃ POLOWYCH

Badania przeprowadzone były w dwóch rejonach: w Jabłonie koło Warszawy i w Sulejowie. Pomiary dotyczyły przepuszczalności aluwii rzecznych w pierwszym przypadku w dolinie Wisły, w drugim w dolinie Pilicy. Celem tych badań było porównanie omawianej metody z innymi metodami wyznaczania współczynnika filtracji, zbadanie wpływu czasu zalewania, długości filtru i wielkości nadciśnienia na współczynnik filtracji. Pomiary terenowe prowadził Instytut Geologiczny oraz na jego zlecenie PGBW „Hydrogeo”.

W celu porównania wyników otrzymanych różnymi metodami badania prowadzono w punktach, na których uprzednio były wykonane próbne pompowania i obliczono współczynniki filtracji. Skorzystano również dla celów porównawczych z wyników otrzymanych przez J. Sapułę (1969) przy zastosowaniu metody szczyrpywania podanej przez D. Kirkhama (1945).

Wyniki pomiarów wykonanych w Jabłonie przedstawia fig. 2, na której naniesiono profil zmian współczynnika filtracji z głębokością dla metod zalewania i szcerpywania. Na rysunku podano również profil geologiczny.

Analogicznie wyniki badań przeprowadzonych w Sulejowie na węzłach hydrogeologicznych  $H_1$  i  $H_2$  podają fig. 3 i fig. 4. Na rysunkach podane są ponadto wyniki obliczeń na podstawie pomiarów laboratoryjnych wykonanych na próbkach. Na wszystkich trzech rysunkach widać dobrą zgodność w zmienności współczynnika filtracji dla metod zalewania i szcerpywania. Również wyniki obliczeń na podstawie krzywej uziarnienia z zastosowaniem wzoru Slichtera wykazują dobrą korelację.

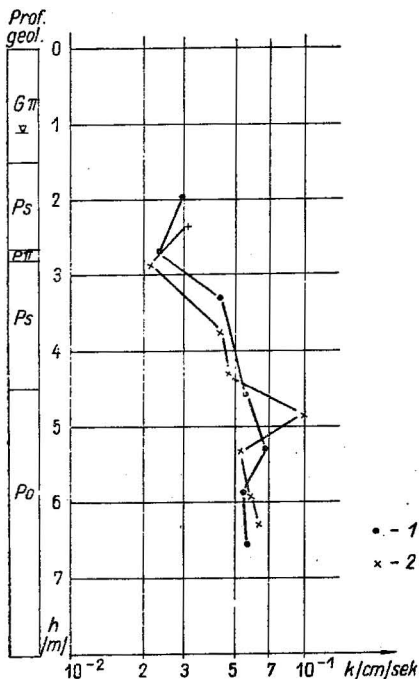


Fig. 2. Wyniki pomiarów współczynnika filtracji w Jabłonie

Results of measurements of permeability coefficient at Jabłonna

• - 1  
x - 2

1 — metoda zalewania; 2 — metoda szcerpywania  
1 — method of infilling with water; 2 — bailling method

Należy dodać, że wyniki pomiarów zarówno metodą zalewania, jak i szcerpywania przedstawione są tu bez uwzględnienia nieciągłości na filtrze.

Jeśli chodzi o porównanie z wynikami próbnego pompowania, to sprawa jest nieco trudniejsza. Pompowanie prowadzono z zastosowaniem długich filtrów (ok. 5 m), podczas gdy przy zalewaniu filtr miał długość 20 cm a przy szcerpywaniu 10 cm. Zatem wynik pompowania jest wartością średnią dla warstwy o miąższości co najmniej równej długości filtru. Dla porównania należy zatem obliczyć średnią ważoną w metodzie zalewania i szcerpywania.

Filtry studzien pompowanych znajdowały się na głębokościach: w Jabłonie 2,30÷6,15 m, w Sulejowie  $H_1$  3,00÷8,20 m i w Sulejowie  $H_2$  6,00÷12,50 m. Z powyższych danych oraz rysunków 2, 3 i 4 widać, że filtr studni

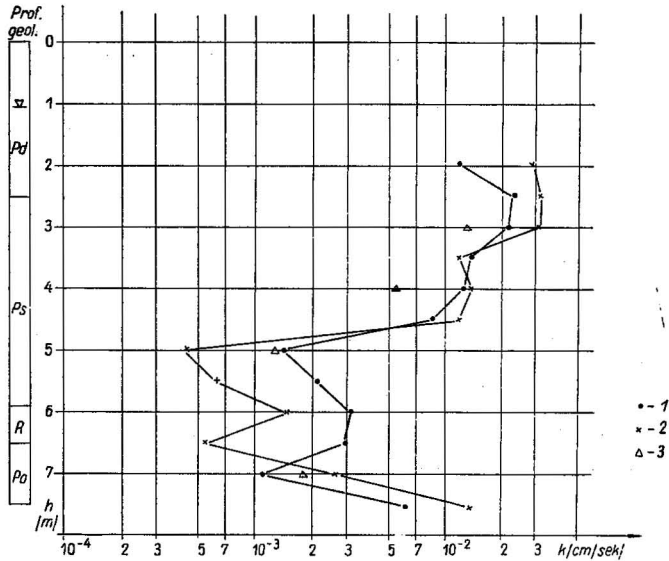


Fig. 3. Wyniki pomiarów współczynnika filtracji w Sulejowie (H<sub>1</sub>)

Results of measurements of permeability coefficient at Sulejów (H<sub>1</sub>)

- 1 — metoda zalewania; 2 — metoda szczyptywania; 3 — laboratoryjnie
- 1 — method of infilling with water; 2 — bailing method;
- 3 — laboratory method

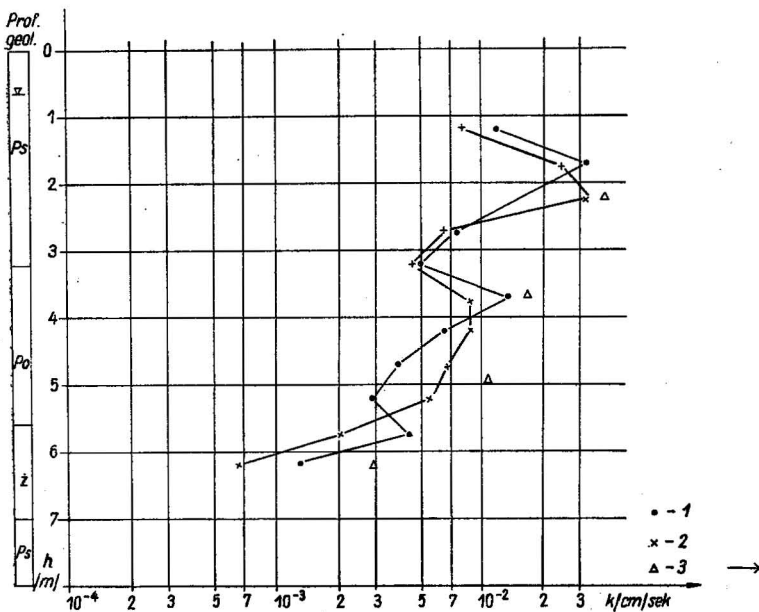




Tabela 1

Średnie wartości współczynnika filtracji (w cm/sek) wyznaczone różnymi metodami

Miejscowość	Metoda zalewania otworu		Próbne pompowanie		Metoda szczytywania	Według wzoru Slichtera
	bez uwzględnienia skoku	z uwzględnieniem skoku	bez uwzględnienia skoku	z uwzględnieniem skoku		
Jabłonna	$5,1 \cdot 10^{-2}$	$10,2 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$9,7 \cdot 10^{-2}$	$4,8 \cdot 10^{-2}$	—
Sulejów H <sub>1</sub>	$9,4 \cdot 10^{-3}$	$23,0 \cdot 10^{-3}$	—	$15,0 \cdot 10^{-3}$	$13,0 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$
Sulejów H <sub>2</sub>	$9,5 \cdot 10^{-3}$	$21,0 \cdot 10^{-3}$	$8,7 \cdot 10^{-3}$	$15,0 \cdot 10^{-3}$	$10,0 \cdot 10^{-3}$	$16,0 \cdot 10^{-3}$

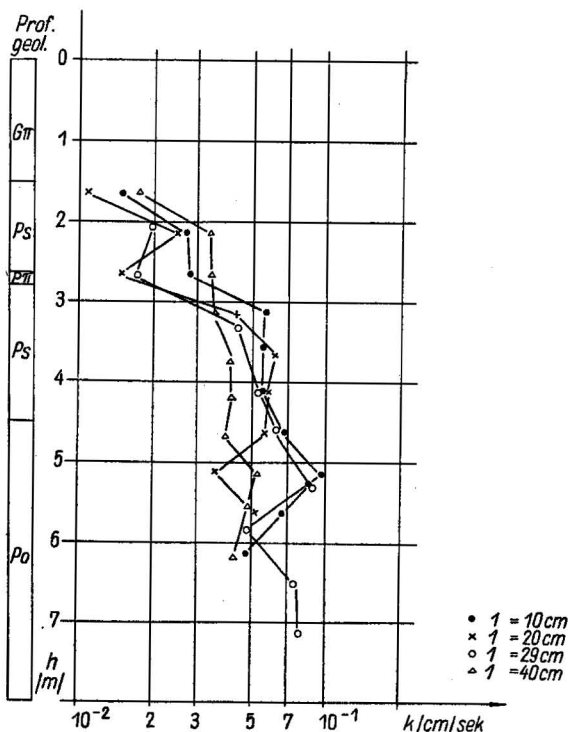


Fig. 5. Wyniki pomiarów współczynnika filtracji w Jabłonce przy różnych długościach filtru

Results of measurements of permeability coefficient at Jabłonna using filters of various length

1 — długość filtru  
1 — length of filterFig. 4. Wyniki pomiarów współczynnika filtracji w Sulejowie (H<sub>2</sub>)  
Results of measurements of permeability coefficient at Sulejów (H<sub>2</sub>)1 — metoda zalewania; 2 — metoda szczytywania; 3 — laboratoryjnie  
1 — method of infilling with water; 2 — balling method; 3 — laboratory method

Sulejów  $H_2$  znajduje się głębiej niż głębokości pomiarów metodą zalewania. Dlatego ten przypadek nie bardzo jest porównywalny.

Próbne pompowanie dla Jabłonny wykonał Instytut Geologiczny dwukrotnie w 1962 i 1967 r., a dla Sulejowa — PGBW „Hydrogeo” w 1968 (A. Kłys., J. Tomaszewska, 1968). Również pomiary i obliczenia z zastosowaniem wzoru Slichtera wykonało Laboratorium PGBW „Hydrogeo”. Do obliczeń współczynnika filtracji z próbnego pompowania zastosowano wzory właściwe dla danych warunków pompowania.

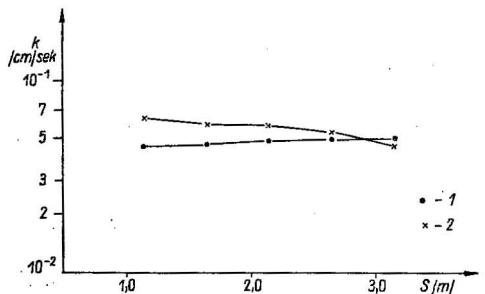
Z tabeli 1 widać, że wyniki metody zalewania bez uwzględnienia nieciągłości na filtrze pokrywają się z wynikami metody szczyrpywania oraz z wynikami próbnego pompowania obliczonymi na podstawie pojedynczej studni bez uwzględnienia nieciągłości na filtrze. W cytowanej wyżej dokumentacji brak było danych o depresji w studni dla Sulejowa  $H_1$ . Natomiast wyniki metody zalewania po korekcie nieciągłości na filtrze odpowiadają dość dobrze wynikom próbnego pompowania obliczonym na podstawie pojedynczej studni z uwzględnieniem piezometru kontrolnego (kolumna piąta).

Fig. 6. Zależność współczynnika filtracji od nadciśnienia

Dependence of permeability coefficient upon overpressure

1 — filtr na głębokości 2 m poniżej zwierciadła wody; 2 — filtr na głębokości 5 m poniżej zwierciadła wody

1 — filter at a depth of 2 m below water table, 2 — filter at a depth of 5 m below water table



Na poletku doświadczalnym w Jabłonie przeprowadzono szereg innych badań nad metodą zalewania. Stwierdzono, że wyniki pomiarów nie zależą od czasu zalewania. Kilkogodzinne próby ciągłego zalewania nie wpływały na zmianę wydatku wodnego przy danej depresji. Stąd wniosek praktyczny, że po oczyszczeniu filtru można bezpośrednio wykonywać pomiar współczynnika filtracji.

Wykonano również pomiary dla różnych długości filtru nie stwierdzając wyraźnych zależności współczynnika filtracji od długości filtru w tej metodzie. Wyniki tych pomiarów prezentuje fig. 5.

Inne pomiary dotyczyły sprawdzenia ewentualnego wpływu wielkości nadciśnienia na pomiar współczynnika filtracji. Badania te wykonywano w ten sposób, że dla filtru na tej samej głębokości zmieniano wysokość zbiornika pomiarowego, zmieniając w ten sposób nadciśnienie. Wyniki przedstawia fig. 6, gdzie nie stwierdza się zależności współczynnika filtracji od nadciśnienia.

## WNIOSKI

1. Wyniki badań porównawczych wskazują, że pomiary współczynnika filtracji metodą zalewania dostarczają danych zbliżonych do wyników próbnego pompowania, obliczonych w oparciu o pojedynczą studnię.

2. Wpływ nieciągłości na filtrze na pomiar współczynnika filtracji można uwzględnić posługując się empirycznym wzorem Abramowa i wyliczając skok na filtrze metodą kolejnych przybliżeń.

3. Współczynnik filtracji okreśłany metodą zalewania nie zależy od czasu zalewania, długości filtru (w przedziale 10÷40 cm) i wielkości nadciśnienia (do 3 m).

4. Metoda wymaga dalszych badań, zwłaszcza w gruntach mniej przepuszczalnych oraz w warstwach niezawodnionych. Konieczne jest również określenie dokładności metody w oparciu o szerszy materiał porównawczy. Dalszych prac wymaga ulepszenie sposobu oczyszczania filtra dla większych głębokości.

5. Praktyczne zastosowanie opisana metoda powinna znaleźć w badaniach geologiczno-inżynierskich, gdy istnieje potrzeba określenia przepuszczalności warstw powierzchniowych, a stosowanie próbnych pompowań jest ekonomicznie nie uzasadnione, oraz dla określenia zmienności przepuszczalności z głębokością.

Zakład Geologii Inżynierskiej  
Instytutu Geologicznego  
Warszawa, ul. Rakowiecka 4  
Nadesłano dnia 1 kwietnia 1971 r.

#### PIŚMIENNICTWO

- BOROWCZYK M., KRÓLIKOWSKI CZ. (1970) — Przyrząd do określenia współczynnika filtracji gruntów piaszczystych w warunkach naturalnych oraz sposób określenia tego współczynnika. Zgłoszenie patentowe.
- KIRKHAM D. (1945) — Proposed method for field measurement of permeability of soil below the water table. Soil Science Society Proceedings, p. 58—68. Washington.
- KŁYS A., TOMASZEWSKA J. (1968) — Dokumentacja geologiczno-inżynierska do projektowania wstępnego zbiornika wodnego Sulejów — Badania uzupełniające w rejonie cówki. Arch. PGBW „Hydrogeo”, Pr. 5049. Warszawa.
- KOCH A. (1966) — Über die Bestimmung der Ergiebigkeit einer Grundwasser — Strömung nach dem Verdünnungsverfahren. Physikalisches Institut Der Universität München.
- KRÓLIKOWSKI CZ. (w druku) — Trójelektrodowa metoda pomiaru oporu elektrycznego gruntu i jej wykorzystanie w geologii inżynierskiej. Biul. Inst. Geol., 262. Warszawa.
- SAPUŁA J. (1969) — Sprawozdanie z tematu: Opracowanie metody określenia współczynnika wodoprzepuszczalności gruntów sypkich przez szcerpywanie w płytkich otworach małośrednicowych. III etap. Arch. PGBW „Hydrogeo”. Warszawa.
- АБРАМОВ С. К., БАБУШКИН В. Д. (1955) — Методы расчета притока воды к буровым скважинам. Гос. Издат. Лит. по Строит. и Архит. Москва.

- ГИРИНСКИЙ Н. К. (1950) — Определение коэффициента фильтрации по данным откачек при неустановившемся дебите и понижениях. Госгеологиздат. Москва.
- СИЛИН-БЕКЧУРИН А. И. (1958) — Динамика подземных вод. Издат. Московского университета. Москва.

Чеслав КРУЛИКОВСКИ

### УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

#### Резюме

Для решения ряда геолого-инженерных проблем требуется проследить, как изменяется с глубиной коэффициент фильтрации. С этой целью разработан метод быстрого измерения коэффициента фильтрации с помощью вибромолота, который позволит забивать и вытаскивать специально сконструированный пьезометр. Метод измерения основан на заливании пьезометра, снабженного коротким фильтром, при постоянном сверхдавлении. Для измерения дебита воды служит водный резервуар соответствующих размеров.

Для вычисления коэффициента фильтрации использована формула Козлова, с одновременной корректировкой полученной величины, с учетом влияние скачка на фильтр. Для этого использована экспериментальная формула Абрамова.

Проанализировано также влияние уплотнения грунта, создающееся при забивании вибромолота, на измерение величины коэффициента фильтрации.

Для проверки метода произведено сравнение результатов измерений с результатами пробной откачки и методом вычерпывания. Результаты метода заливания с учетом и без учета скачка на фильтре близки по результатам к соответствующим результатам пробной откачки, вычисленным на основании измерений в отдельном колодеце.

Кроме того, изучена зависимость коэффициента фильтрации по методу заливания от длины фильтра и величины сверхдавления.

Czesław KRÓLIKOWSKI

### QUICK TECHNIQUE IN DETERMINING PERMEABILITY COEFFICIENT FOR ENGINEERING-GEOLOGICAL PURPOSES

#### Summary

Attempts made at solving various engineering-geological problems call also for investigation of changes in permeability coefficient with depth. To this end, a new method has been worked out to measure the permeability coefficient using percussion hammer for driving in and out a special piezometer. According to this method, a piezometer, equipped with a filter, is being filled in with water under constant over-pressure. To measure the water yield a special reservoir has been constructed.

To calculate the permeability coefficient the Kozlov's formula has been applied, and the values calculated have been corrected to avoid the influence of discontinuity on filter. To this end the experimental Abramov's formula has been used.

Analysed is also the influence of the consolidation of milieu — which arises when the piezometer is being driven in — upon the measurement of the coefficient considered.

To prove the method here considered the results of the measurements have been compared with those of test pumping and bailing. The results obtained during the method of infilling with water, with or without regard to the jump on filter, are approximate to those of test pumping, calculated on the basis of the measurements made in a single well.

Moreover, investigated is the dependence of the permeability coefficient upon both the filter length and the over-pressure value during the infilling with water.