

## **Doświadczenia nad określaniem wodoprzepuszczalności włóknin**

### **Wstęp**

W latach 1973–1993 włókniny zostały w szerokim zakresie wprowadzone do praktyki w wielu dziedzinach działalności inżynierskiej. Są doskonałym filtrem odwrotnym i posiadają dużą wytrzymałość. Stosuje się je do zabezpieczania skarp wałów, zapór i grobli. Oddzielają one różne warstwy gruntów, zabezpieczają дренаże budowli tymczasowych i trwałego użytkowania, wzmacniają podłoże, np. przy budowie dróg.

W trakcie badań laboratoryjnych włóknin igłowanych z bardzo cienkich włókien poliestrowych stwierdzono, że ich wartości współczynników filtracji zmieniają się w zależności od wielkości gradientu hydraulicznego. Zaobserwowano, że współczynniki filtracji zależą od intensywności nasycenia włóknin wodą, odpowietrzania prób i modelu badawczego oraz od składu surowcowego i technologii produkcji włóknin. W celu wyjaśnienia zaobserwowanych zjawisk przeprowadzono badania laboratoryjne współczynników filtracji dwóch rodzajów włóknin. Jedną, w której występowały różnice w wodoprzepuszczalności pod wpływem zmiennego gradientu hydraulicznego, i drugą — w celu porównania, gdzie tych różnic nie zaobserwowano. Rozpatrzono kilka przypadków pomiarowych. Badano próby powietrznie suche oraz w różnym stopniu nasycone wodą. Omówiono również wpływ metodyki po-

miaru na wartości współczynników filtracji włóknin oraz konsekwencje dopuszczenia niewłaściwej włókniny do wdrożenia w terenie.

### **Zakres i metodyka badań**

W celu wyjaśnienia wpływu sposobu pomiaru oraz różnego stopnia nasycenia włókniny wodą na jej wodoprzepuszczalność przeprowadzono badania dwóch rodzajów włóknin o skrajnych parametrach metrologicznych. Jedna, o symbolu WI 80% PE, 20% PP (włóknina igłowana, 80% poliestru i 20% polipropylenu — dalej nazywana 1WI), posiadała dużą porowatość, dość grube włókna surowca, z którego była wykonana, oraz małą ilość przeigłowań na jednostkę powierzchni. Druga, o symbolu WI 100% PE (włóknina igłowana, 100% poliestru — dalej nazywana 2WI), charakteryzowała się małą porowatością, bardzo cienkimi włóknami i dużą ilością przeigłowań. Podstawowe parametry badanych włóknin zamieszczono w tabeli 1.

Badanie współczynnika filtracji wykonano dla trzech różnie przygotowanych prób włókniny, tj. powietrznie suchej, moczonej w wodzie poprzez chwilowe zanurzenie (około 1 minuty) oraz moczonej 24 godziny. Wyżej wymienione przypadki badane były przy zmiennym gradiencie hydraulicznym w dwu wariantach, tj. przy pełnym odpowietrzaniu prób włókniny i modelu oraz bez stosowania odpowietrza-

TABELA 1. Podstawowe parametry badanych włókien

Rodzaj włókniny	Masa powierzchniowa $m_F$ [g/m <sup>2</sup> ]	Grubość [mm]		Wytrzymałość [daN]	
		na sucho	na mokro	wzdłuż	wszerz
1WI	220	4	3,75	36,6	41,0
2WI	600	6,45	5,95	76,6	90,5

nia. Badania współczynnika filtracji włókniny polegały na przepuszczeniu wody prostopadle do jej płaszczyzny w jednostce czasu przez próbkę o określonej grubości przy zadanej różnicy ciśnień. Badania wykonano wg metody opracowanej przez Krzywosza (1982) zgodne z normą dotyczącą określania współczynnika filtracji materiałów włókninowych. Po wstępnym odpowietrzaniu próbki włókniny (tylko próby moczone) umieszczano w aparacie (rys. 1). Po ułożeniu włókniny (4) w przyrządzie i założeniu uszczelnacza (7) doprowadzano wodę od strony rury podfiltrkowej (2) w celu wyparcia powietrza z próbki oraz z jej otoczenia (na styku włóknina-woda). Z chwilą zatopienia próbki (4) zamieniano kierunek przepływu wody ze zbiornika odpowietrzającego (5) do rury nadfiltrkowej (1). Pomiarów dokonywano po ustabilizowaniu się ciśnień piezometrycznych (10) oraz objętości odpływu  $V$ . Następnie zwiększano gradient hydrauliczny do momentu uzyskania stałej wartości współczynnika filtracji włókniny. Jeżeli współczynnik filtracji był stały, tzn. nie zmieniał wartości przy wzroście gradientu, badania nie kontynuowano. Drugi sposób przeprowadzania badań bez odpowietrzania prób włókniny i modelu był następujący. Po umieszczeniu próbki włókniny (4) (suchej lub moczonej bez wstępnego odpowietrzania) w modelu i jej uszczelnieniu (7), zadawano przepływ wody ze zbiornika (5) w kierunku rury nadfiltrkowej (2). Dalszy przebieg pomiarów był analogiczny jak w przypadku badania włókien z pełnym odpowietrzaniem przy zmiennym gradiencie hydraulicznym.

Współczynniki filtracji poprzecznej włókien  $k_t$  określano wg zależności:

$$k_t = \frac{V \cdot g}{F \cdot t \cdot \Delta h} \quad [\text{m/s}] \quad (1)$$

gdzie:

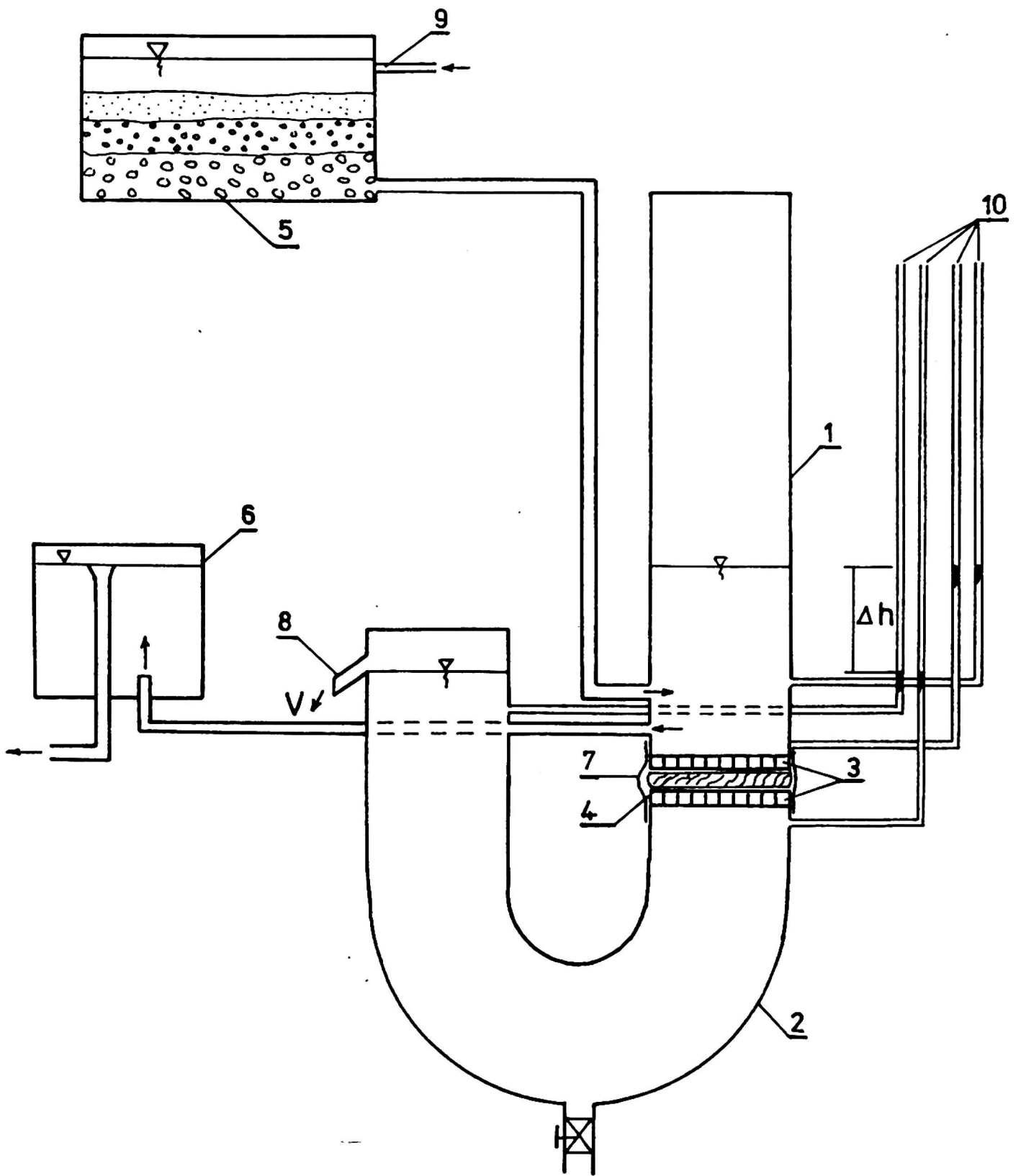
$V$  — objętość odpływu [m<sup>3</sup>],  
 $g$  — grubość próbki [m],  
 $F$  — powierzchnia przekroju próby [m<sup>2</sup>],  
 $t$  — czas pomiaru odpływającej wody [s],  
 $\Delta h$  — różnica ciśnień piezometrycznych [m].

Do celów praktyki wartości  $k_t$ , otrzymane przy danej temperaturze  $T$  (°C), zredukowano do wartości  $k_{10}$  odpowiadającej temperaturze wody +10°C:

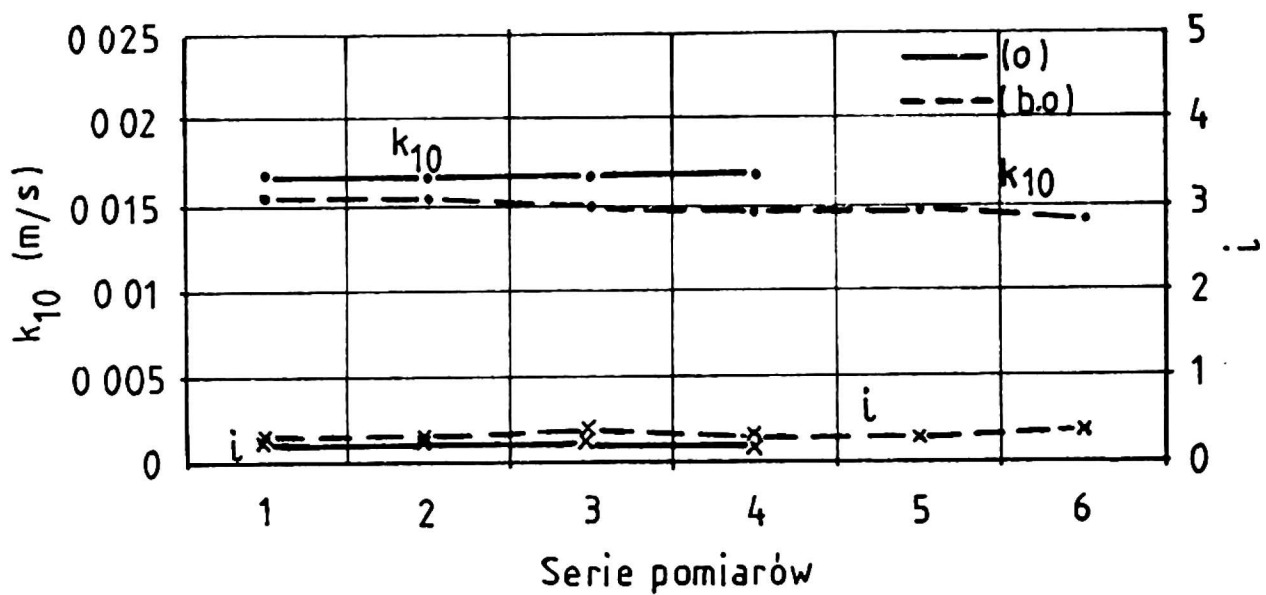
$$k_{10} = \frac{k_t}{0,7 + 0,03T} \quad [\text{m/s}] \quad (2)$$

### Wyniki badań

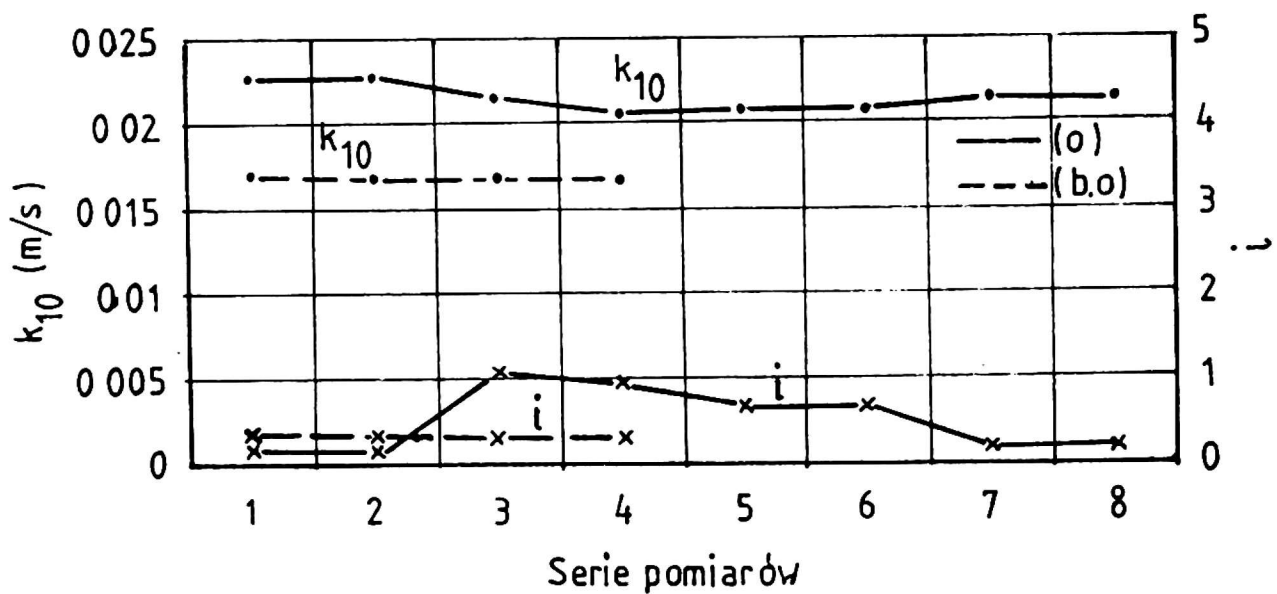
Uzyskane wyniki współczynników filtracji  $k_{10}$  w zależności od różnych wartości gradientu hydraulicznego dwu rodzajów włókien, tj. 1WI oraz 2WI, opracowano w formie wykresów (rys. 2–7). Na rysunkach 2–4 przedstawiono wyniki dla włókniny 1WI, na rysunkach 5–7 zamieszczono zaś wyniki dla włókniny 2WI. W sumie przeanalizowano dwanaście przypadków pomiarowych (po sześć dla każdej włókniny) dla trzech różnie przygotowanych prób włókniny, tj. powietrznie suchej, moczonej 1 minutę i moczonej 24 godziny. Wartości współczynników filtracji są wielkościami średnimi z trzech pomiarów. Wykresy



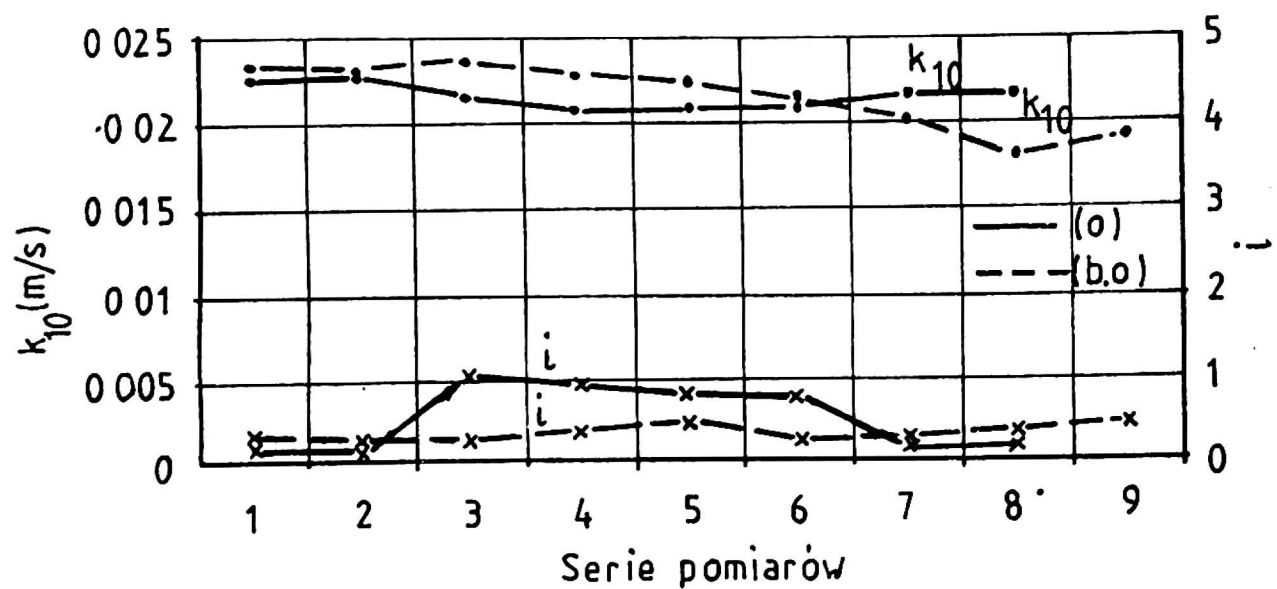
Rys. 1. Schemat aparatu do badania współczynnika filtracji poprzecznej włókien: 1 — rura nadfiltrowa, 2 — rura podfiltrowa, 3 — ruszt z siatką, 4 — próbka włókniny, 5 — odpowietrzacz wody, 6 — ruchomy zbiornik wyrównawczy, 7 — elastyczna opaska uszczelniająca, 8 — przelew, 9 — doprowadzenie wody, 10 — piezometry



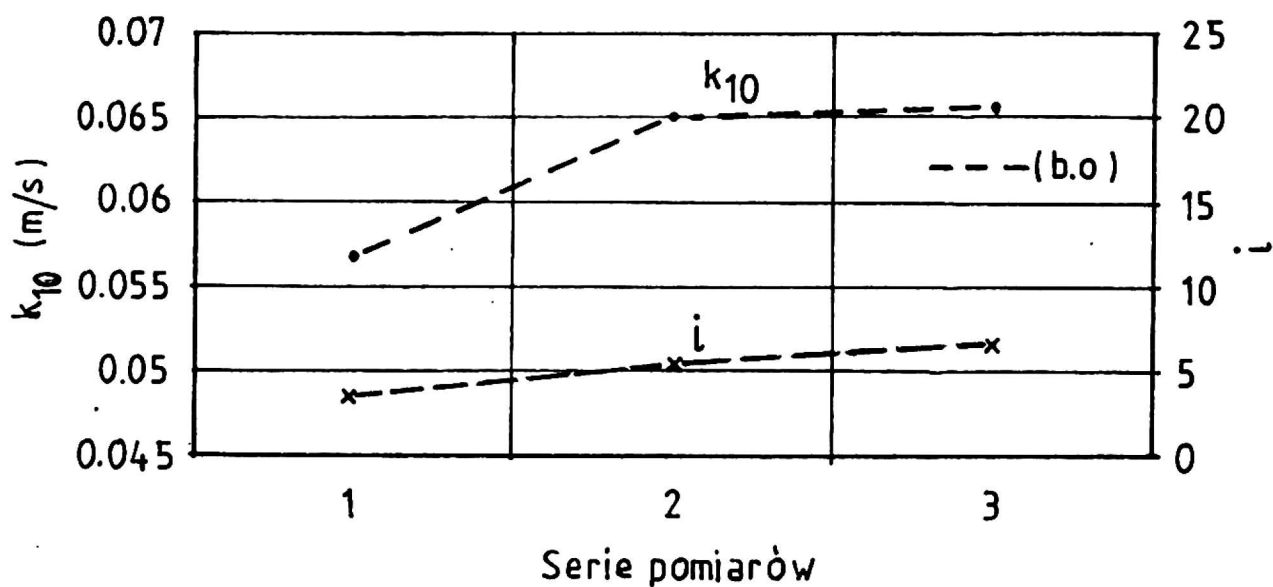
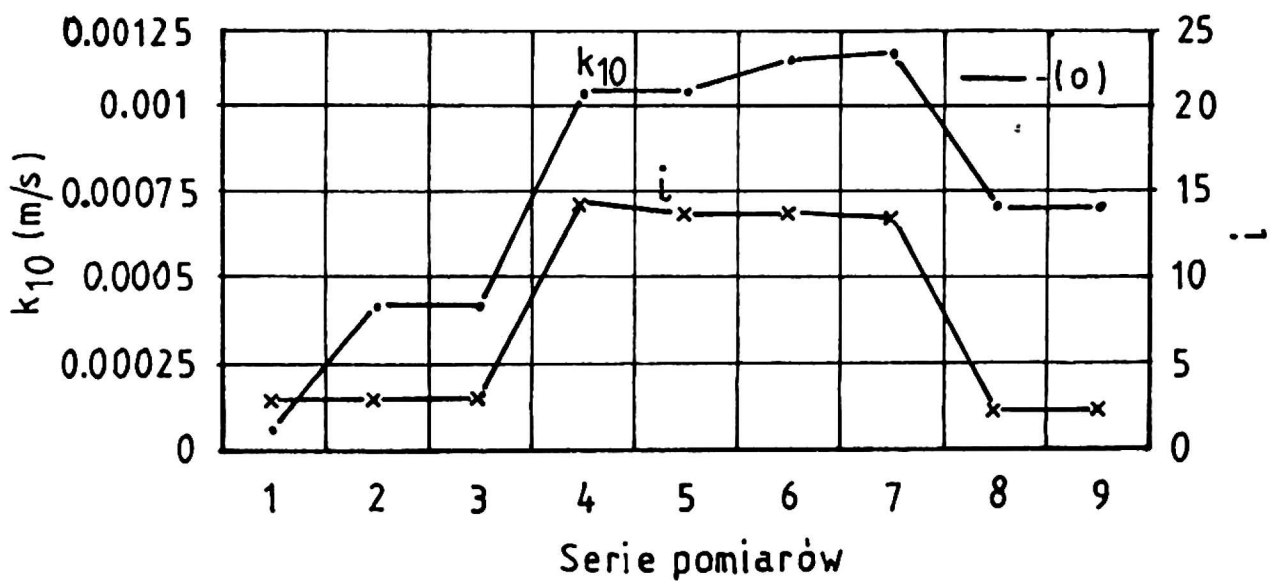
Rys. 2. Zależność współczynnika filtracji  $k_{10}$  włókniny 1WI (80% PE, 20% PP) od gradientu hydraulicznego próby powietrznie suchej przy odpowietrzaniu (o) i bez odpowietrzania (b.o) prób i modelu



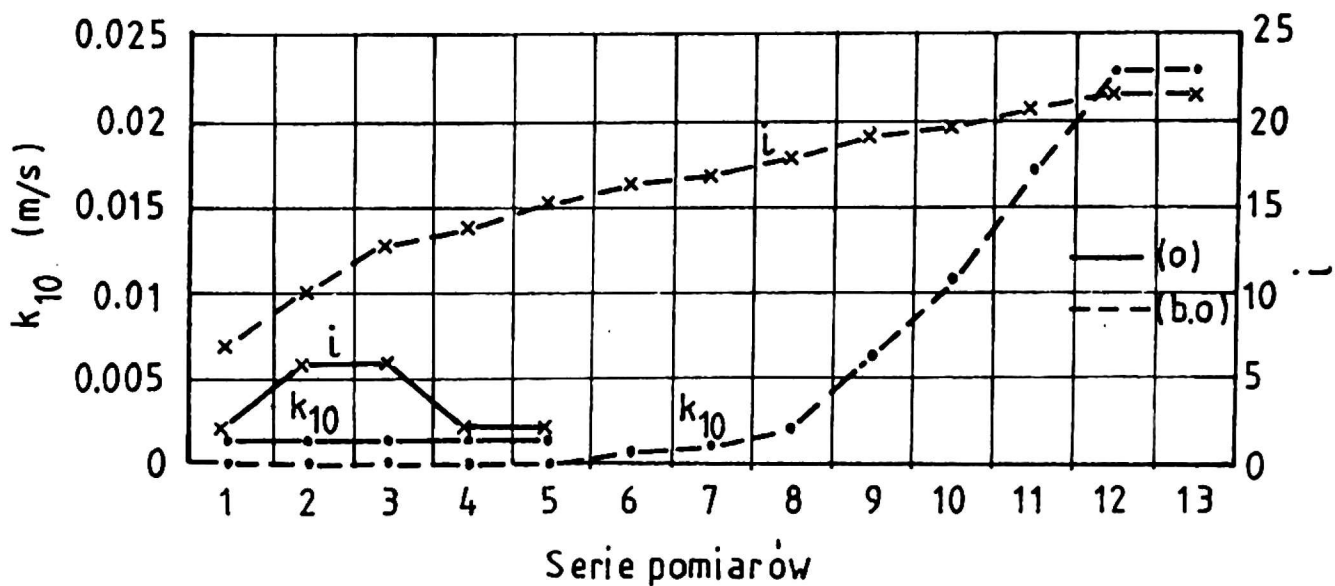
Rys. 3. Zależność współczynnika filtracji  $k_{10}$  włókniny 1WI (80% PE, 20% PP) od gradientu hydraulicznego próby moczonej 1 minutę przy odpowietrzaniu (o) i bez odpowietrzania (b.o) prób i modelu



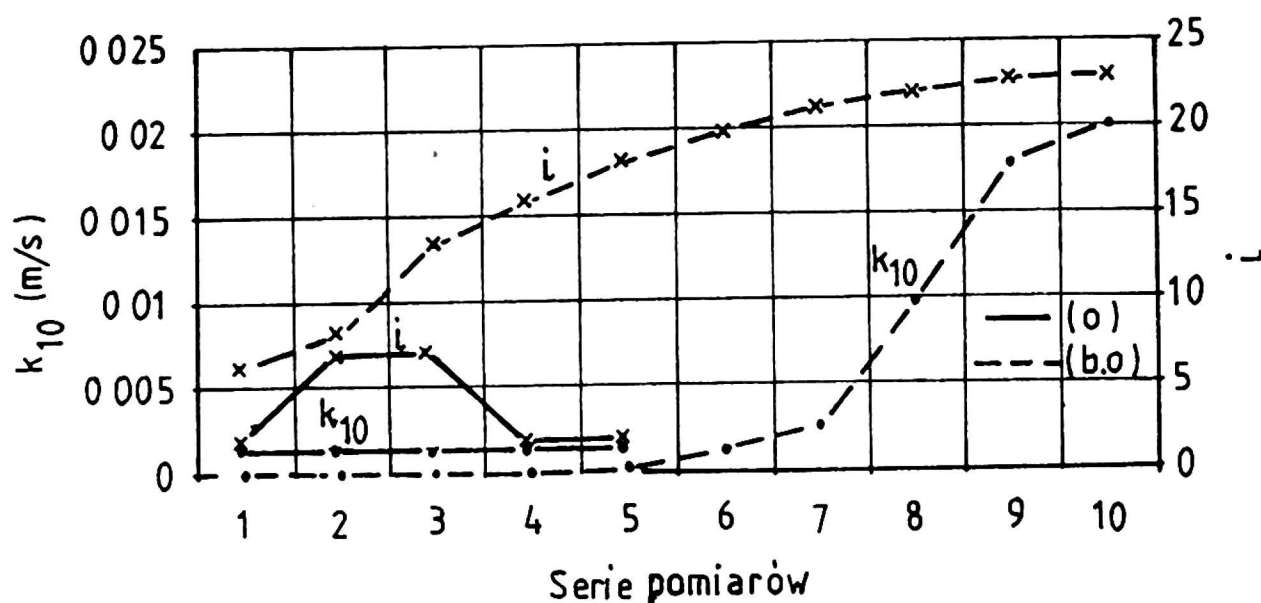
Rys. 4. Zależność współczynnika filtracji  $k_{10}$  włókniny 1WI (80% PE, 20% PP) od gradientu hydraulicznego próby moczonej 24 godziny przy odpowietrzaniu (o) i bez odpowietrzania (b.o) prób i modelu



Rys. 5. Zależność współczynnika filtracji  $k_{10}$  włókniny 2WI (100% PE) od gradientu hydraulicznego próby powietrznie suchej przy odpowietrzaniu (o) i bez odpowietrzania (b.o) prób i modelu



Rys. 6. Zależność współczynnika filtracji  $k_{10}$  włókniny 2WI (100% PE) od gradientu hydraulicznego próby moczonej 1 minutę przy odpowietrzaniu (o) i bez odpowietrzania (b.o) prób i modelu



Rys. 7. Zależność współczynnika filtracji  $k_{10}$  włókniny 2WI (100% PE) od gradientu hydraulicznego próby moczonej 24 godziny przy odpowietrzaniu (o) i bez odpowietrzania (b.o) prób i modelu

przedstawione na poszczególnych rysunkach dotyczą jednego rodzaju włókniny przy różnych sposobach odpowietrzania prób i modelu.

### Podsumowanie

Na podstawie badań laboratoryjnych można stwierdzić, że są przypadki, gdzie istnieje różnica wodoprzepuszczalności włóknin w zależności od ilości powietrza wypełniającego jej pory. W wyniku analizy dwu rodzajów włóknin (1WI, 2WI) stwierdzono, że we włókninie 1WI współczynniki filtracji nie zmieniały wartości (różnice mało istotne) w zależności od ich stopnia nasycenia wodą i różnych wartości gradientu hydraulicznego (rys. 2–4). Odmienne wyniki uzyskano w przypadku włókniny o symbolu 2WI. Określono dla niej dwa rodzaje zależności współczynnika filtracji od wartości gradientu. W pierwszym przypadku, kiedy odpowietrzano próby włókniny i model, zmiana wartości gradientu hydraulicznego nie powodowała wahań współczynnika filtracji (rys. 5–7). W przypadku drugim, jeżeli nie odpowietrzano prób i modelu, zmiana gradientu wpływała w sposób

zasadniczy na wartości współczynnika filtracji włókniny, przy czym największe różnice dotyczyły prób moczonych. Szczególnie wyraźnie jest to widoczne na wykresach zamieszczonych na rysunkach 6 i 7. Na rysunkach tych widać, że w przypadku włókniny 2WI (100% PE) moczonej (1 minutę i 24 godziny) jest ona poniżej gradientu 7,3 praktycznie nieprzepuszczalna, gdyż współczynnik filtracji  $k_{10} < 3,5 \cdot 10^{-5}$  m/s.

Otrzymane wyniki wykazują, jak bardzo ważna dla praktyki jest zdolność samoczynnego odpowietrzania się włóknin pod wpływem laminarnego przepływu wody przy małych różnicach ciśnień. Może się bowiem okazać, że wbudowana w obiekt hydrotechniczny włóknina, po obniżeniu i ponownym podniesieniu zwierciadła wody, będzie nieprzepuszczalna. Mając to na uwadze, powinno się wymagać wprowadzenia do badań laboratoryjnych parametrów hydraulicznych dodatkowych testów w celu sprawdzenia wodoprzepuszczalności włóknin bez odpowietrzania prób i bez odpowietrzania elementów modelu. Rozpoznanie takie pozwoli na wyeliminowanie włóknin (dotyczy to również tkanin i prze-

dzin), które przy wahaniach zwierciadła wody będą mało przepuszczalne. Należy wyraźnie podkreślić, że zmienne parametry hydrauliczne włókniny 2WI (100% PE) dyskwalifikują ją do celów filtracyjnych.

### Literatura

- BOROWSKA J., KRZYWOSZ Z., SOKOŁOWSKI J., ŻBIKOWSKI A. 1986: *Włókniny w konstrukcjach drenaży i umocnień budowli ziemnych*. COBRBI Hydrobudowa. Warszawa.
- KRZYWOSZ Z. 1982: *Przydatność włókien filtracyjnych jako warstw ochronnych w budownictwie wodno-melioracyjnym*. Rozprawa doktorska. SGGW-AR.
- SOKOŁOWSKI J., ŻBIKOWSKI A., KRZYWOSZ Z. 1990: *Nowe materiały w budownictwie wodnym i melioracyjnym*. Wydaw. SGGW. Warszawa.

### Summary

**Experiences and problems connected with defining water permeability of nonwoven fabrics.** The paper present relationships between the degree of filling the pore-nonwoven fabric with air and their water permeability. Two types of nonwoven fabrics which had extreme low hydraulic conductivity were investigated. There were examined dry samples and samples saturated with water. The water permeability indexes were determined for both surreys. It was proved that samples sheet made from very thin poliestre fibres end saturated with water im permeable when hydraulic gradient was below 7.3.

#### Authors' address:

Z. Krzywosz, W. Matusiewicz  
Warsaw Agricultural University  
ul. Nowoursynowska 166  
02-766 Warszawa