

# ZALEŻNOŚĆ WSPÓLCZYNNIKA FILTRACJI W GLEBACH WYTWORZONYCH Z UTWORÓW PYŁOWYCH OD ICH FIZYCZNYCH WŁAŚCIWOŚCI

Józef LIPIŃSKI

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Studiów Regionalnych Rozwoju Obszarów Wiejskich

*Słowa kluczowe: drenowanie, gleby pyłowe, współczynnik filtracji*

## Streszczenie

W niniejszym artykule prezentowane są wyniki badań zależności współczynnika filtracji w glebach wytworzonych z utworów pyłowych od uziarnienia, gęstości objętościowej i porowatości.

Badania prowadzono odrębnie dla warstwy czynnej (głębokość 0,5 m) oraz podłoża (głębokość 1,1 m). Analizy zależności prowadzono na próbie losowej złożonej ze 150 pomiarów w próbkach gleby pobranych na terenie województwa lubelskiego. W analizach statystycznych stosowano modele regresji wykładniczej, regresji wielokrotnej oraz regresji liniowej pierwszego stopnia.

Badania wykazały, że w warstwie czynnej (głębokość 0,5 m) nie ma istotnej zależności (przy  $\alpha = 0,05$  i  $\alpha = 0,01$ ) między współczynnikiem filtracji i analizowanymi cechami fizycznymi gleb, a średnia wielkość tego współczynnika równa się  $0,36 \text{ m} \cdot \text{doba}^{-1}$  przy odchyleniu standardowym 0,36. Natomiast w podłożu (głębokość 1,1 m) istnieje zależność od procentowej zawartości części spławialnych, średniej geometrycznej średnicy cząstek gleby, gęstości objętościowej i porowatości na poziomie istotności  $\alpha = 0,01$  oraz procentowej zawartości pyłu drobnego na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WSTĘP

Ważną cechą fizyczną gleby jest jej przewodnictwo hydrauliczne. Bezpośredni pomiar współczynnika filtracji jest dość kosztowny, pracochłonny i wymaga sto-

---

Adres do korespondencji: dr inż. J. Lipiński, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład 05-090 Raszyn; tel. +48 (22) 720-05-31 w. 251; e-mail: J.Lipinski@imuz.edu.pl

sowania specjalistycznej aparatury – nie znalazł więc powszechnego zastosowania w praktyce melioracyjnej. Z tego powodu do praktyki projektowej nie wprowadzono wzorów hydraulicznych do określania rozstawy drenowania [ILNICKI, LEWANDOWSKI, ŁOŚ, 1989], zalecanych w Wytycznych drenowania ... [1988]. Wytyczne te zawierają wzory do obliczania współczynnika filtracji, oparte częściowo na badaniach przeprowadzonych w Niemczech [KRETSCHMER, BOHNE, 1981], w których ustalono, że współczynnik filtracji utworów pyłowych zawierających więcej niż 60% frakcji o średnicy 0,02–0,06 mm można określać na podstawie gęstości objętościowej, a pozostałych gleb – na podstawie procentowej zawartości części spławialnych. Celowe jest sprawdzenie wzorów do szacowania współczynnika filtracji opracowanych przez innych autorów. Inspiracją pracy są również wyniki badań prowadzonych w USA [SHIRAZI, BORESMA, 1984; SHIRAZI, BORESMA, HART, 1988], dzięki którym sformułowano skwantyfikowany system opisu granulometrii glebowej, gdzie średnia geometryczna średnica ziaren i geometryczne odchylenie standardowe tych średnic są syntetycznymi miarami uziarnienia gleby i informują o wielkości ziaren, a także o zmienności uziarnienia.

W dotychczasowych badaniach ustalono [LIPIŃSKI, 1998], że procentowa zawartość części spławialnych oraz średnia geometryczna średnica ziaren i geometryczne odchylenie standardowe mogą być podstawą oszacowania współczynnika filtracji, badaniami tymi nie objęto jednak gleb zawierających więcej niż 60% części pylastych o średnicy 0,02–0,06 mm. Fakt, że dla tych gleb opracowano odrębne wzory [KRETSCHMER, BOHNE, 1981], skłania do podjęcia takich badań.

W artykule prezentowane są wyniki badań zależności współczynnika filtracji w glebach wytworzonych z utworów pyłowych od uziarnienia, gęstości objętościowej i porowatości.

## METODY I ZAKRES BADAŃ

W celu ustalenia związku między wybranymi cechami fizycznymi gleby a współczynnikiem filtracji pobrano próbki gleby i określono ich współczynnik filtracji, a następnie skład granulometryczny, gęstość objętościową i porowatość. Próbki gleby pobierano z warstwy czynnej (tj. z głębokości 0,5 m) oraz z podłoża (głębokość 1,1 m). Warstwy te wydzielono w celu określenia ewentualnych różnic w kształtowaniu się zależności współczynnika filtracji od wybranych cech gleby w warstwie czynnej, w której koncentruje się życie biologiczne zmieniające przepuszczalność gleby [Wytyczne ....., 1988] i warstwie niższej. Współczynnik filtracji oznaczano aparatem Wita [STAPEL, 1982], natomiast skład granulometryczny określano metodą areometryczną [FRACKOWIAK i in., 1966]. Ogółem wykonano około 150 pomiarów w próbkach gleby pobranych na terenie województwa lubelskiego. Próbki gleb zawierały 1–31% części spławialnych ( $c_s$ ), 58–74% pyłu drob-

nego ( $p_d$ ), 6–14% pyłu grubego ( $p_g$ ) i 0–9% piasku ( $p_i$ ). Badania laboratoryjne wykonano w Oddziale IMUZ w Lublinie.

W analizach statystycznych badano zależność współczynnika filtracji od procentowej zawartości pyłu drobnego, pyłu grubego, piasku, części spławialnych, średniej geometrycznej średnicy cząstek gleby, geometrycznego odchylenia standardowego, gęstości objętościowej i porowatości. Stosowano modele regresji wykładniczej, wielokrotnej oraz liniowej pierwszego stopnia. Po wstępnych weryfikacjach zrezygnowano z modelu regresji wykładniczej i regresji wielokrotnej, a stosowano model regresji liniowej pierwszego stopnia określony wzorem:

$$K = a + bx \quad (1)$$

gdzie:

$K$  – współczynnik filtracji,  $\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$ ,

$a$  – stała równania regresji,

$b$  – współczynnik kierunkowy regresji,

$x$  – zmienna niezależna określająca zawartości piasku  $p_i$  (%), pyłu drobnego  $p_d$  (%), pyłu grubego  $p_g$  (%), części spławialnych  $c_s$  (%), średnią geometryczną średnicę  $d_g$  (mm), geometryczne odchylenie standardowe  $S_g$ , gęstość objętościową  $g_o$  ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), porowatość  $p$  (%).

Średnią geometryczną średnicę  $d_g$  oraz geometryczne odchylenie standardowe  $S_g$  obliczono według procedur opisanych we wcześniejszych publikacjach [LIPIŃSKI, 1996, 1998].

## WYNIKI BADAŃ

Podstawowe statystyki opisowe współczynnika filtracji na tle porowatości i gęstości objętościowej w wyróżnionych warstwach gleby podano w tabeli 1.

**Tabela 1.** Podstawowe statystyki opisowe współczynnika filtracji  $K$  w wyróżnionych warstwach gleby

**Table 1.** Basic statistics of the coefficient of filtration  $K$  in selected soil layers

Głębokość Depth m	Liczebność Number	Gęstość objętościowa Bulk density $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	Porowatość Porosity %	$K_{\text{sr}}$	$K_{\text{min}}$	$K_{\text{max}}$	Odchylenie standardowe Standard deviation $SD$
				$\text{m}\cdot\text{doba}^{-1}$ $\text{m}\cdot\text{day}^{-1}$			
0,5	74	1,3–1,5	43–51	0,36	0,01	1,89	0,36
1,1	72	1,21–1,52	43–55	0,19	0,01	0,94	0,19

Współczynniki korelacji zależności między wybranymi charakterystykami gleby i współczynnikiem filtracji zestawiono w tabeli 2. W warstwie gleby na głębokości 0,5 m nie stwierdzono istotnej korelacji współczynnika filtracji z żadnym z analizowanych parametrów, natomiast w podłożu, na głębokości 1,1 m, na poziomie istotności  $\alpha = 0,01$ , stwierdzono jego zależność od procentowej zawartości części spławialnych, średniej geometrycznej średnicy, gęstości objętościowej i porowatości, a na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  – od procentowej zawartości pyłu drobnego (tab. 2). Cechami fizycznymi gleby, które najlepiej korelują ( $r = 0,53$ ) ze współczynnikiem filtracji są gęstość objętościowa i porowatość. Wyższe współczynniki korelacji dla podłoża niż warstwy czynnej są spowodowane zakłóceniami zależności, które wynikają ze zwiększonego oddziaływania próchnicy oraz fauny i flory glebowej w warstwie czynnej gleby.

**Tabela 2.** Korelacja między współczynnikiem filtracji a wybranymi charakterystykami gleby

**Table 2.** Correlation between the coefficient of filtration and selected soil characteristics

Głębokość Depth m	Współczynniki korelacji $r$ zależności Correlation coefficients $r$							
	$K(p_i)$	$K(p_g)$	$K(p_d)$	$K(c_s)$	$K(g_o)$	$K(p)$	$K(d_g)$	$K(S_g)$
0,5	0,07	0,10	-0,07	-0,01	-0,13	0,13	0,07	0,07
1,1	0,22	0,10	0,27*	-0,33**	-0,53**	0,53**	0,34**	0,05

\*  $\alpha = 0,05$ ; \*\*  $\alpha = 0,01$

Objaśnienia:  $p_i$  – zawartość piasku (%),  $p_g$  – zawartość pyłu grubego (%),  $p_d$  – zawartość pyłu drobnego (%),  $c_s$  – zawartość części spławialnych (%),  $g_o$  – gęstość objętościowa ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ),  $p$  – porowatość (%),  $d_g$  – średnia geometryczna średnica (mm),  $S_g$  – geometryczne odchylenie standardowe.

Explanations:  $p_i$  – sand (%),  $p_g$  – coarse dust (%),  $p_d$  – fine dust (%),  $c_s$  – clay fraction (%),  $g_o$  – bulk density ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ),  $p$  – porosity (%),  $d_g$  – geometric mean diameter (mm),  $S_g$  – geometric standard deviation.

W tabeli 3. zaprezentowano parametry równań regresji liniowej oraz błąd standardowy estymacji  $S_g$  i wskaźnik  $F$  (iloraz zmienności współczynnika filtracji spowodowanej regresją przez zmienność przypadkową) w tych przypadkach, w których współczynnik korelacji miał wartość istotną na poziomie  $\alpha = 0,01$  lub  $\alpha = 0,05$ .

Przebieg zależności współczynnika filtracji od gęstości objętościowej na głębokości 1,1 m zaprezentowano na rysunku 1., a od porowatości na rysunku 2. W warstwie czynnej na głębokości 0,5 m nie stwierdzono istotnej zależności współczynnika filtracji od analizowanych cech fizycznych gleby, dlatego jego zmienność scharakteryzowano za pomocą histogramu częstości (rys. 3). Krzywa gęstości prawdopodobieństwa obrazująca zmienność współczynników filtracji w warstwie czynnej gleby może być aproksymowana za pomocą rozkładu wykładniczego. Średnia wartość współczynnika filtracji w tej warstwie wyniosła  $0,36 \text{ m}\cdot\text{doba}^{-1}$  przy odchyleniu standardowym 0,36 (tab. 1). W 33 przypadkach na 74

**Tabela 3.** Wyniki analizy regresji liniowej między współczynnikiem filtracji a wybranymi cechami fizycznymi gleby na głębokości 1,1 m; liczba pomiarów – 72

**Table 3.** Linear regression of the coefficient of filtration on selected physical properties of the soil at a depth of 1.1 m,  $N = 72$

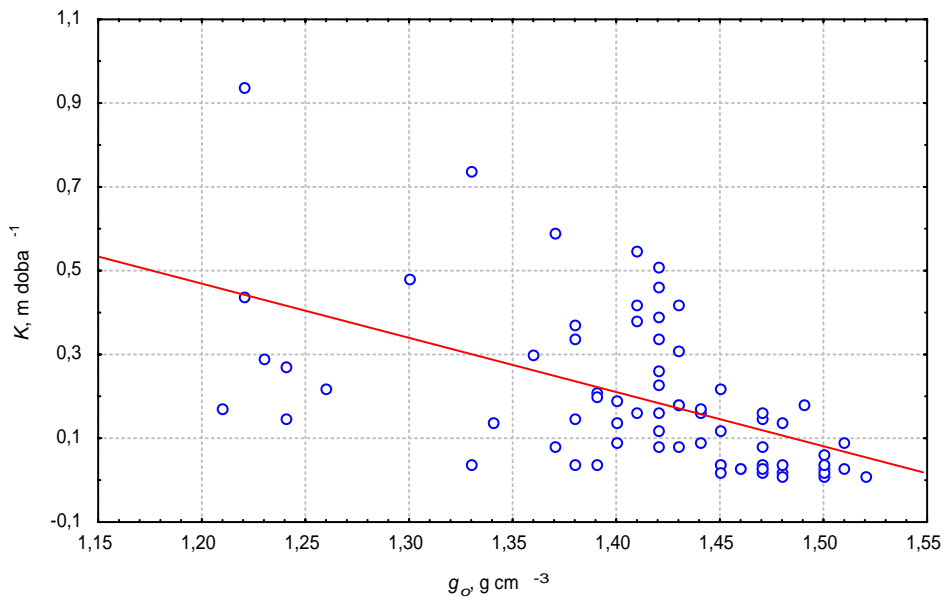
Zależność Regression	Parametr Parameter			
	$a$	$b$	$S\varepsilon$	$F$
$K(g_o)$	2,02	-1,29	0,159	26,9**
$K(p)$	-1,41	0,034	0,159	27,2**
$K(d_g)$	-0,63	23,11	0,176	9,0**
$K(c_s)$	0,46	-0,016	0,177	8,4**
$K(p_d)$	-0,94	0,017	0,180	5,4*

Objaśnienia:  $a$ ,  $b$  – parametry równania (1),  $S\varepsilon$  – błąd standardowy estymacji,  $F$  – iloraz zmienności współczynnika filtracji spowodowanej regresją przez zmienność przypadkową.

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 2.

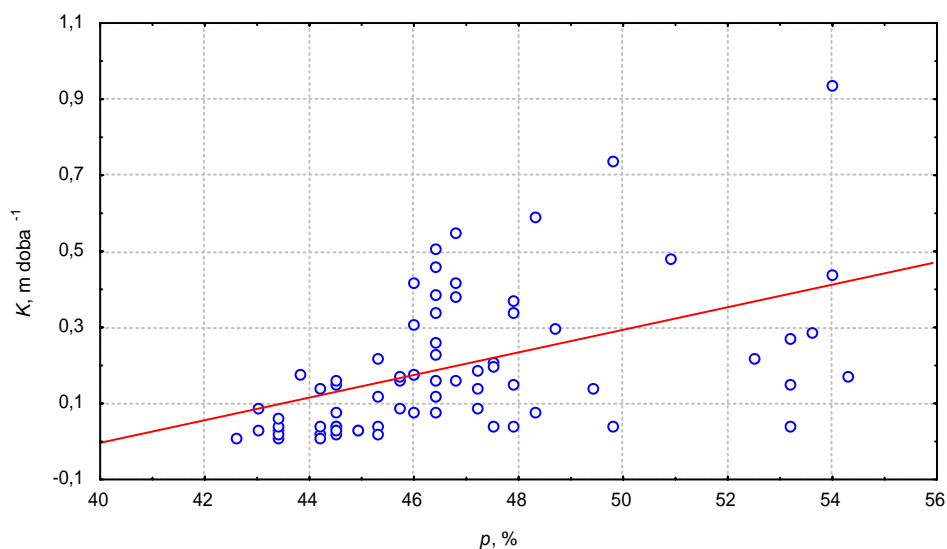
Explanations:  $a$ ,  $b$  – parameters of eq. (1),  $S\varepsilon$  – standard error of estimation,  $F$  – variability of the coefficient of filtration explained by random variability.

Other explanations as in table 2.



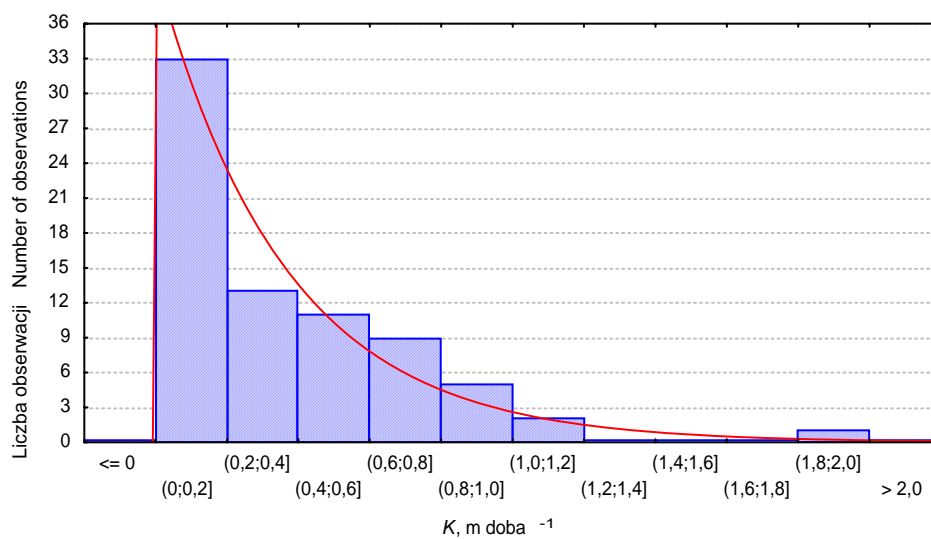
Rys. 1. Wykres zależności współczynnika filtracji  $K$  od gęstości objętościowej  $g_o$  w glebach zawierających ponad 60% części pylastych o średnicy 0,02–0,06 mm na głębokości 1,1 m;  $K = 2,02 - 1,29g_o$ ;  $r = 0,53$

Fig. 1. Regression of the coefficient of filtration  $K$  on bulk density  $g_o$  in soils containing over 60 % of dust particles (0.02–0.06 mm) at a depth of 1.1 m;  $K = 2.02 - 1.29g_o$ ;  $r = 0.53$



Rys. 2. Wykres zależności współczynnika filtracji  $K$  od porowatości  $p$  w glebach zawierających ponad 60% części pylistych o średnicy 0,02–0,06 mm na głębokości 1,1 m,  $K = -1,41 + 0,034p$ ;  $r = 0,53$

Fig. 2. Regression of the coefficient of filtration  $K$  on porosity  $p$  in soils containing over 60 % of dust particles (0.02–0.06 mm) at a depth of 1.1 m,  $K = -1.41 + 0.034p$ ;  $r = 0.53$

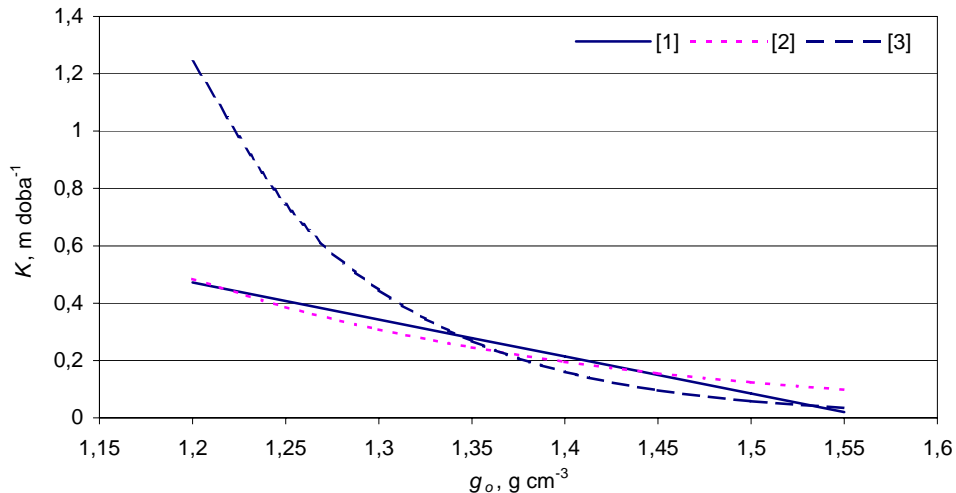


Rys. 3. Histogram częstości współczynników filtracji  $K$  w warstwie czynnej gleb (głębokość 0,5 m) zawierających ponad 60% części pylistych o średnicy 0,02–0,06 mm

Fig. 3. Frequency of the coefficients of filtration  $K$  in the active soil layer (0.5 m) containing over 60 % of dust particles (0.02–0.06 mm)

jego wartość nie przekraczała  $0,2 \text{ m} \cdot \text{doba}^{-1}$ , w granicach  $0,2\text{--}0,4 \text{ m} \cdot \text{doba}^{-1}$  zanotowano 13 przypadków.

Na rysunku 4. zaprezentowano przebieg zależności współczynnika filtracji od gęstości objętościowej w podłożu (głębokość 1,1 m) aproksymowany w niniejszych badaniach przez model regresji liniowej i wykładniczej na tle zależności zalecanej przez Wytyczne drenowania ... [1988] za badaniami niemieckimi [KRETSCHMER, BOHNE, 1981] określonej równaniem wykładniczym. W glebach o gęstości objętościowej przekraczającej  $1,30 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  istnieje zgodność przebiegu zależności ustalonej w niniejszych badaniach z zależnością wcześniej określoną, natomiast przy mniejszej gęstości objętościowej brak jest takiej zgodności.



Rys. 4. Wykres zależności współczynnika filtracji od gęstości objętościowej w glebach zawierających ponad 60% części pylastych o średnicy 0,02–0,06 mm na głębokości 1,1 m; 1 – model regresji liniowej  $K = 2,02 - 1,29g_o$ , 2 – model regresji wykładniczej  $K = \exp(4,73 - 4,55g_o)$ ; 3 – zależność zalecana przez Wytyczne drenowania ... [1988]  $K = \exp(12,48 - 10,22g_o)$

Fig. 4. Relationships between the coefficient of filtration and bulk density in soils containing over 60% of dust particles (0.02–0.06 mm) at a depth of 1.1 m; 1 – linear regression  $K = 2.02 - 1.29g_o$ , 2 – exponential regression  $K = \exp(4.73 - 4.55g_o)$ ; 3 – relationship recommended in Wytyczne drenowania ... [1988]  $K = \exp(12.48 - 10.22g_o)$

## PODSUMOWANIE

Celem badań była charakterystyka współczynnika filtracji gleb pyłowych zawierających ponad 60% frakcji 0,02–0,06 mm, z jednoczesną oceną zgodności otrzymanych wyników z istniejącym wzorem zalecanym przez Wytyczne drenowania ... [1988]. Badania wykazały, że w warstwie czynnej (głębokość 0,5 m) nie

ma istotnej zależności (przy  $\alpha = 0,05$  i  $\alpha = 0,01$ ) między współczynnikiem filtracji i analizowanymi cechami fizycznymi gleb, a średnia wielkość tego współczynnika równa się  $0,36 \text{ m} \cdot \text{doba}^{-1}$  przy odchyleniu standardowym 0,36. Zależność taka istnieje w podłożu (głębokość 1,1 m) od procentowej zawartości części spławialnych, średniej geometrycznej średnicy, gęstości objętościowej i porowatości przy poziomie istotności  $\alpha = 0,01$  oraz od procentowej zawartości pyłu drobnego przy istotności  $\alpha = 0,05$ . Przebieg zależności współczynnika filtracji od gęstości objętościowej aproksymowany w niniejszych badaniach jest odmienny niż określony w badaniach niemieckich i zalecany przez Wytoczne drenowania ... [1988], gdy gęstość objętościowa jest mniejsza od  $1,30 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .

## LITERATURA

- FRĄCKOWIAK H., GAWLIK J., GRZYB S., GUZ T., OSTROWSKI J., PAWLAK T., ROGIŃSKI S., ROGUSKI W., SZUNIEWICZ J., ZAWADZKI S., 1966. *Metodyka oznaczania fizycznych i wodnych właściwości gleb*. Warszawa: IMUZ ss. 112.
- ILNICKI P., LEWANDOWSKI B., ŁOŚ M., 1989. Doskonalenie procesu projektowania melioracji. W: *Stan melioracji w Polsce i kierunki dalszego działania*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 375 s. 167–178.
- KRETSCHMER H., BOHNE K., 1981. *Leitfaden der Meliorationsbodenkunde* Rostock: Wilhelm-Pieck-Universität H. 1, 2.
- LIPIŃSKI J., 1996. Skwantyfikowany system opisu uziarnienia gleby. *Wiad. IMUZ t. 19 z. 1 s. 91–100*.
- LIPIŃSKI J., 1998. Średnia geometryczna średnica ziaren gleby i geometryczne odchylenie standardowe jako podstawa oszacowań współczynnika filtracji. *Wiad. IMUZ t. 19 z. 4 s. 45–60*.
- SHIRAZI M.A., BORESMA L., 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. *Soil Sci. Soc. Amer. vol. 48 no. 1 s. 142–147*.
- SHIRAZI M.A., BORESMA L. HART J.W., 1988. A unifying quantitative analysis of soil texture. Improvement of procedure and extension of scale. *Soil Sci. Soc. Amer. vol. 52 no. 1 s. 181–190*.
- STAPEL Z., 1982. *Metodyka określania współczynnika filtracji gleb mineralnych do określania rozstawy drenów*. Bibl. Wiad. IMUZ nr 65. s. 46.
- Wytoczne drenowania gruntów ornych, 1988. *Mater. Instr. 65*. Falenty: IMUZ.

*Józef LIPIŃSKI*

## THE DEPENDENCE OF FILTRATION COEFFICIENT IN SOILS MADE OF DUSTY FORMATIONS ON THEIR PHYSICAL PROPERTIES

*Key words: draining, dusty soils, filtration coefficient*

### S u m m a r y

This paper presents results of a study on the dependence of the filtration coefficient on grain size, bulk density and porosity of soils made of dusty formations.



Studies were carried out separately for the active layer (depth of 0.5 m) and for the substratum (1.1 m). Analyses were performed on the random sample of 150 measurements in soils taken in Lublin Voivodship. Linear, multiple and exponential regressions were used in statistical data processing.

Studies showed no significant relationship ( $\alpha = 0.05$  and  $\alpha = 0.01$ ) between the coefficient of filtration and analysed physical soil properties in the active layer (0.5 m). Mean and *SD* of the coefficient were 0.36 and 0.36 m day<sup>-1</sup>, respectively. There was, however, significant ( $\alpha = 0.01$ ) relationship between the coefficient and percent content of clay fraction, geometric mean diameter of soil particles, bulk density, porosity and percent content of fine dust particles (the latter at  $\alpha = 0.05$ ).

---

Recenzenci:

*prof. dr hab. Edward Pierzgalski*

*prof. dr hab. Czesław Szafranski*

Praca wpłynęła do Redakcji 26.02.2002 r.

