

PRZEWODNOŚĆ WODNA PRZY STANIE PEŁNEGO NASYCENIA W CHARAKTERYSTYCZNYCH PROFILACH GLEB TORFOWO-MURSZOWYCH Z DOLINY BIEBRZY ¹

Tomasz Gnatowski, Ryszard Oleszczuk, Jan Szatyłowicz, Tomasz Brandyk

Katedra Kształtowania Środowiska,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wstęp

Jednym z największych obszarów gleb hydrogenicznych w Europie Środkowej są torfowiska zlokalizowane w Dolinie Rzeki Biebrzy. Gleby torfowe zostały w środkowej części Doliny odwodnione w celu ich rolniczego wykorzystania, głównie łąkowego. Skutkiem nadmiernego odwodnienia było zainicjowanie procesu murszenia [OKRUSZKO 1992], co doprowadziło do mineralizacji materii organicznej a w konsekwencji do zmniejszenia miąższości złoża torfowego. Zachowanie na dotychczasowym poziomie zanikających zasobów utworów torfowych i murszowych, wymaga zatem dokładnego rozpoznania mechanizmów i zjawisk związanych z obiegiem wody, a w szczególności parametrów ośrodka glebowego charakteryzujących jego zdolności do przewodzenia wody. Podstawowym parametrem określającym zdolności przewodzenia wody w glebie jest współczynnik filtracji. Jego wartość ma wpływ m.in. na ilość infiltrującej wody z powierzchni gleby w głąb profilu glebowego, jak również jest istotnym parametrem pozwalającym oszacować wielkość podsiąku kapilarnego. Współczynnik filtracji jest również jednym z podstawowych parametrów występujących w matematycznych modelach prognostycznych, pozwalających na dokładniejsze zrozumienie obiegu wody w środowisku glebowym obszarów dolinowych [BRANDYK 1990].

Pomiary wartości współczynnika filtracji dla gleb torfowych przy zastosowaniu metod polowych były przedmiotem wielu prac badawczych. Wyniki te dotyczyły głównie pomiarów współczynnika filtracji w charakterystycznych rodzajach i gatunkach utworów torfowych [LUNDIN 1964; BOELTER 1965; PÄIVÄNEN 1973; LIŠTVAN i in. 1989; BRANDYK i in. 1996]. Na podstawie studiów literaturowych można stwierdzić, że stosunkowo rzadko publikowane są wartości współczynnika filtracji dla charakterystycznych warstw w obrębie profili gleb torfowo-murszowych.

Celem niniejszej pracy jest ocena wartości współczynnika filtracji w charak-

¹ Praca wykonana w ramach projektu „EUROPEAT” (QLK5-CT-2002-01835).

terystycznych profilach gleb torfowo-murszowych z obszaru Doliny Biebrzy oraz opracowanie empirycznego równania umożliwiającego prognozowanie wartości współczynnika filtracji w tych glebach, w oparciu o pomiary ich podstawowych właściwości fizycznych.

Materiał i metodyka badań

Pomiary współczynnika filtracji przeprowadzono w czterech charakterystycznych profilach gleb torfowo-murszowych obejmujących łącznie 17 różnych warstw. Rozpatrywane profile reprezentują kolejno: glebę torfowo-murszową wytworzoną z torfu mechowo-turzycowiskowego (obiekty Czarnawieś i Kosiły), glebę torfowo-murszową wytworzoną z torfu olesowego (obiekt Biebrza, kwatera 17) oraz glebę torfowo-murszową wytworzoną z torfu turzycowiskowego (obiekt Otoczne). Analizowane profile glebowe różnią się między sobą stopniem rozkładu substancji organicznej i składem botanicznym utworów torfowych oraz stopniem przeobrażenia warstw powierzchniowych. W ramach prowadzonych badań wydzielono 9 warstw powierzchniowych reprezentowanych przez utwory murszowe oraz 8 warstw utworów torfowych. Powyższego podziału utworów glebowych dokonano na podstawie klasyfikacji gleb hydrogeniczných zaproponowanych przez OKRUSZKO [1976].

Pomiary współczynnika filtracji w warunkach laboratoryjnych przeprowadzono przy zastosowaniu aparatu Wita [STAPEL 1982]. Do oznaczeń wartości współczynnika filtracji pobrano z każdej warstwy próbki gleby o nienaruszonej strukturze, o objętości 250 cm³, w trzech powtórzeniach. Następnie dla każdej próbki glebowej, uprzednio nasyconej do pełnej pojemności wodnej, wykonywano 5 pomiarów. Wartość współczynnika filtracji dla poszczególnych próbek określano jako średnią geometryczną z przeprowadzonych pomiarów. Po zakończeniu pomiarów w aparacie Wita dla każdej z próbek dodatkowo zmierzono pełną pojemność wodną oraz gęstość objętościową gleby.

Wyniki i dyskusja

Średnie wartości współczynników filtracji (K_f), uwilgotnienia gleby przy stanie pełnego nasycenia (θ_s) oraz gęstości objętościowej gleby (ρ_b) uzyskane jako wynik pomiarów dla utworów murszowych i torfowych z poszczególnych obiektów (tab. 1). Z danych zawartych w tabeli 1 można zaobserwować tendencję do wzrostu wartości współczynnika filtracji utworów murszowych wraz ze wzrostem gęstości objętościowej gleby, przy jednoczesnym zmniejszaniu się wartości uwilgotnienia przy stanie pełnego nasycenia. W przypadku utworów murszowych pochodzących z profili glebowych zbudowanych z torfu mechowo-turzycowiskowego (obiekty Czarnawieś i Kosiły) obserwowano niższe wartości współczynnika K_f od wartości pomierzonych w profilach glebowych z obiektów Kwaterna 17 i Otoczne. Wyniki pomiarów wartości współczynnika filtracji dla utworów torfowych wykazują generalnie tendencję malejącą wraz ze wzrostem wartości gęstości objętościowej gleby. Analizując wartości współczynników filtracji w obrębie rozpatrywanych profili glebowych można stwierdzić, że w glebie torfowo-murszowej wytworzonej z torfu mechowo-turzycowiskowego (obiekt Czarnawieś) wartości współ-

czynnika filtracji zwiększają się wraz ze wzrostem głębokości w profilu glebowym. W przypadku gleby wytworzonej z torfu olesowego (obiekt, Biebrza kwatery 17) stwierdzono, że wartości współczynnika filtracji są największe w warstwach powierzchniowych i stopniowo maleją wraz ze wzrostem głębokości.

Tabela 1; Table 1

Wyniki pomiarów podstawowych właściwości fizycznych i współczynnika filtracji w utworach murszowych i torfowych

The results of measurements of basic soil physical properties and saturated hydraulic conductivity of the moorsh and peat layers

Obiekt; Site	Głębokość Depth (cm)	Właściwości; Properties		
		θ_s * ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)	ρ_b ** ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	K_s *** ($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$)
Warstwy murszu; Moorsh layers				
Czarnawieś	5,0	0,9091	0,197	0,960
	15,0	0,8909	0,184	0,519
Kosiły	7,5	0,8532	0,210	2,011
	20,0	0,8891	0,199	1,547
Kwatera 17	7,5	0,7746	0,336	5,443
	17,5	0,8079	0,245	4,160
	30,0	0,8545	0,211	6,744
Otoczne	7,5	0,7902	0,333	5,554
	20,0	0,7840	0,333	5,285
Warstwy torfu; Peat layers				
Czarnawieś	45,0	0,9329	0,096	3,297
	75,0	0,9362	0,083	7,980
Kosiły	30,0	0,9471	0,122	0,410
	40,0	0,9468	0,120	0,488
	55,0	0,9592	0,116	0,927
Kwatera 17	47,5	0,8738	0,196	0,666
	77,5	0,8740	0,236	0,153
Otoczne	82,5	0,8912	0,157	2,687

* pełna pojemność wodna; saturated moisture content

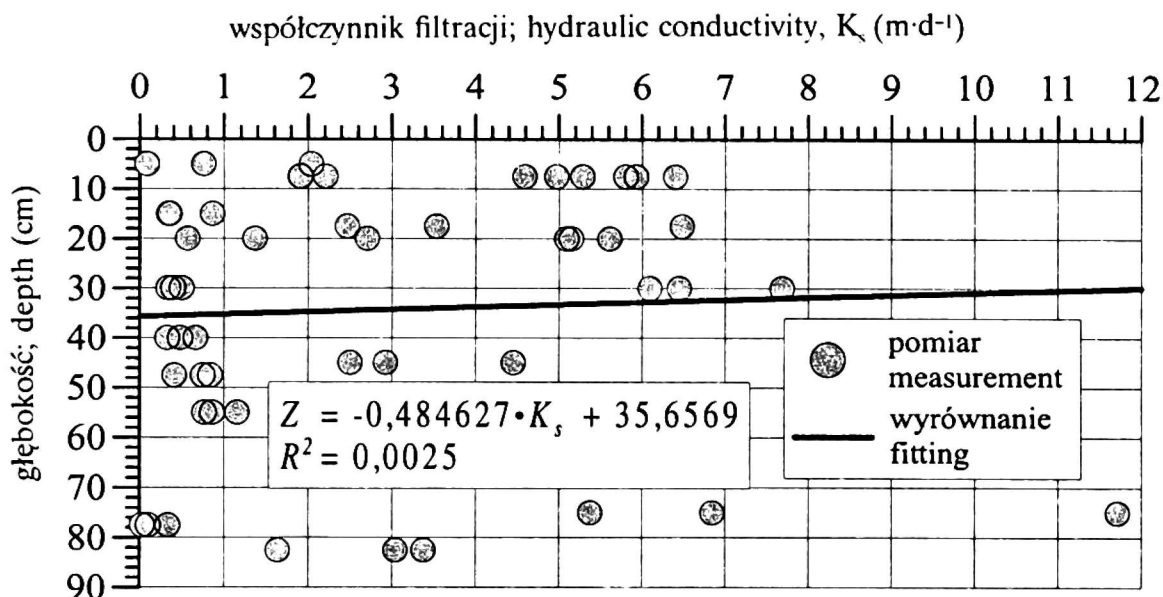
** gęstość gleby; soil bulk density

*** współczynnik filtracji (średnia wartość); saturated hydraulic conductivity (average value)

Na rysunku 1 przedstawiono wartości współczynnika filtracji w funkcji głębokości profilu glebowego dla wszystkich (51) próbek glebowych pochodzących z 4 rozpatrywanych profili gleb torfowo-murszowych. Analizując przedstawione na tym rysunku wyniki pomiarów generalnie można stwierdzić, że głębokość pobrania próbek nie miała wpływu na wartości współczynnika filtracji. Oznacza to, że zarówno w wierzchnich jak i głębszych warstwach profili gleb torfowo-murszowych można spodziewać się podobnego zakresu wartości współczynnika filtracji.

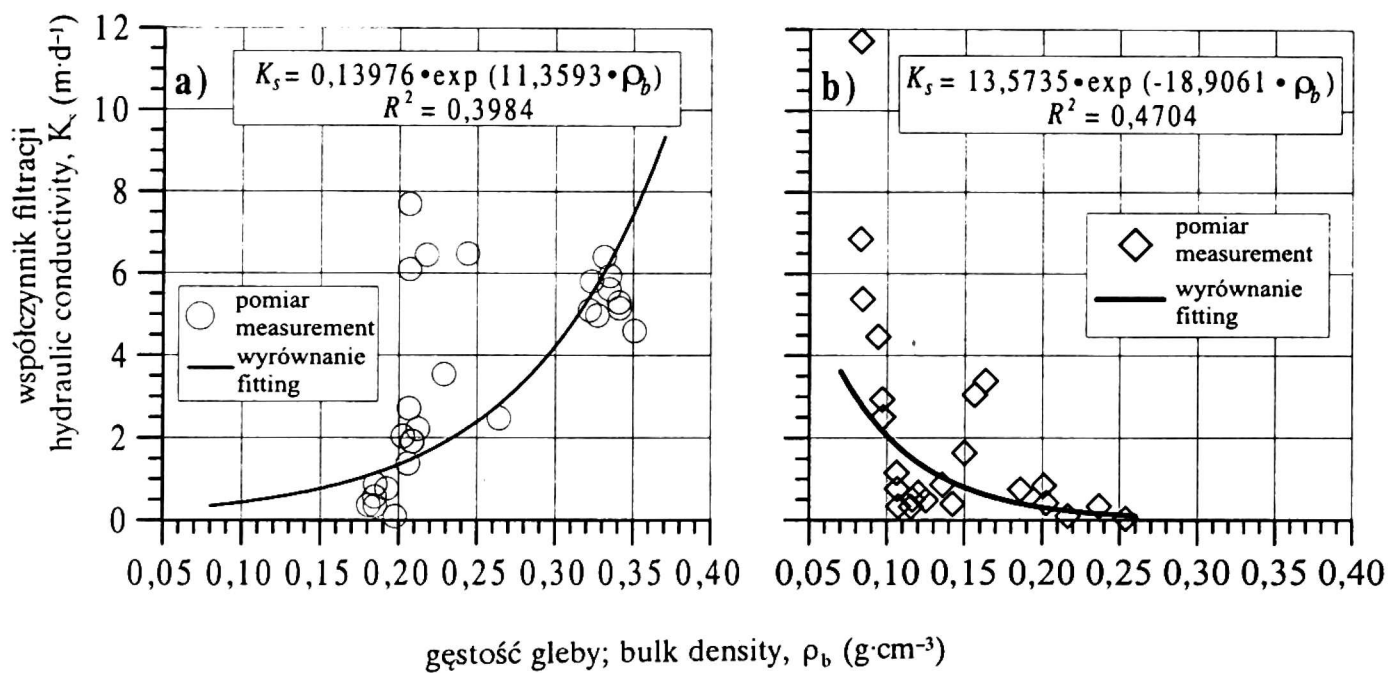
Na podstawie wyników pomiarów opracowano zależności regresyjne pomiędzy wartościami współczynnika filtracji (K_s) i gęstości objętościowej (ρ_b) dla utworów torfowych i murszowych, które w formie zależności wykładniczych

przedstawiono na rysunku 2. Z porównania zależności przedstawionych na rysunku 2 wynika, że lepsze dopasowanie do danych pomiarowych uzyskano dla utworów torfowych. Podobne zależności o charakterze wykładniczym pomiędzy K_s i ρ_b dla utworów torfowych przedstawione były również w literaturze przez BOELTERA [1969] i KORPIJAAKKO [1988].



Rys. 1. Zależność wartości współczynnika filtracji od głębokości w profilach glebowych z obszaru Doliny Biebrzy

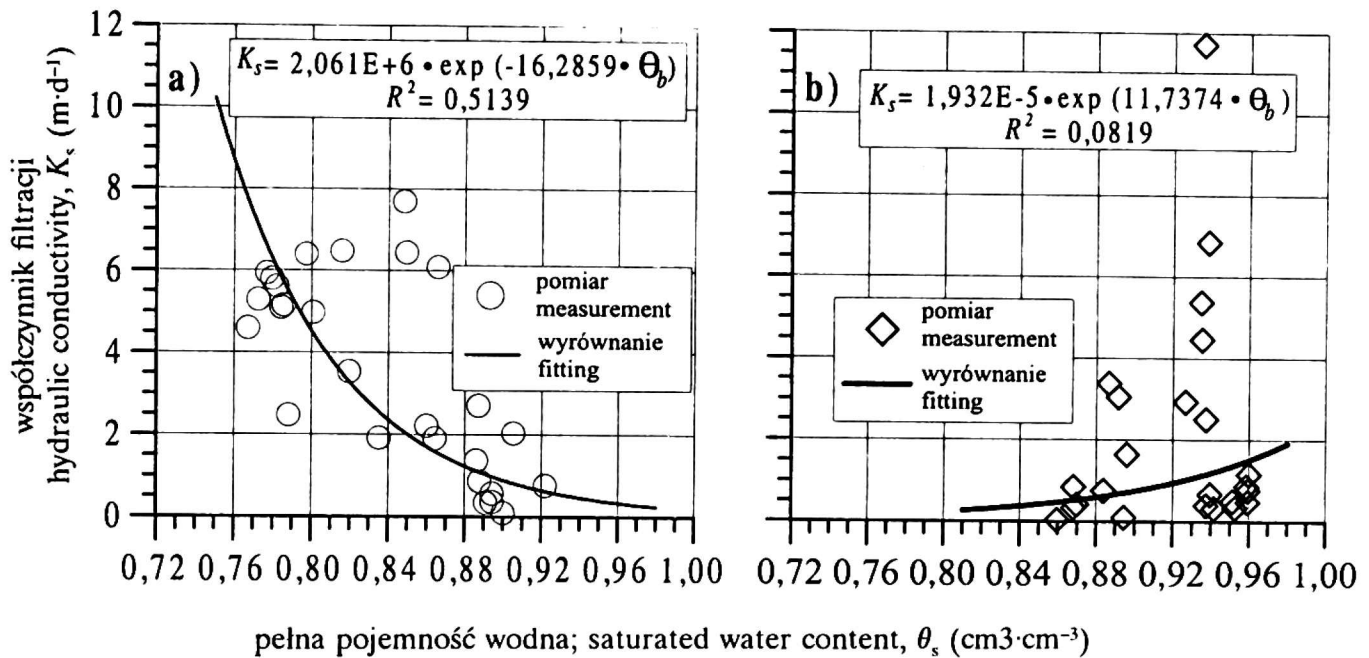
Fig. 1. The relationships between values of saturated hydraulic conductivity and depth of the soil profiles from the Biebrza valley



Rys. 2. Zależność współczynnika filtracji od gęstości gleby dla utworów murszowych (a) i torfowych (b) z obszaru Doliny Biebrzy

Fig. 2. The relationships between saturated hydraulic conductivity and soil bulk density for moorsh (a) and peat (b) from the Biebrza valley

Podjęto także próbę znalezienia zależności pomiędzy K_s i θ_s dla rozpatrywanych utworów murszowych i torfowych w formie równań wykładniczych (rys. 3). Przedstawione zależności wskazują, że w utworach murszowych obserwuje się lepszą korelację pomiędzy K_s i θ_s w porównaniu do utworów torfowych (rys 3).



Rys. 3. Zależność współczynnika filtracji od wilgotności przy pełnej pojemności wodnej dla utworów murszowych (a) i dla utworów torfowych (b) z obszaru Doliny Biebrzy

Fig. 3. The relationships between saturated hydraulic conductivity and saturated water content for moorsh (a) and peat (b) from the Biebrza valley

Przeprowadzone próby uzyskania równań regresji wiążących pojedynczy parametr (ρ_b lub θ_s) z wartościami współczynnika filtracji (K_s) nie zapewniają możliwości prognozowania wartości K_s z określoną dokładnością. W związku z tym, podjęto próbę opracowania równania regresji wielokrotnej. W tym celu rozpatrywano dwa modele regresji, z których pierwszy dotyczył zależności pomiędzy transformowaną wartością współczynnika filtracji ($K_s^{0,5}$) jako zmienną zależną i ρ_b^{-1} oraz θ_s jako zmiennymi objaśniającymi. Gęstość objętościową gleby poddano transformacji ze względu na fakt, że jest ona mocno skorelowana z wilgotnością przy stanie pełnego nasycenia. W przypadku drugiego modelu regresji uwzględniono dodatkowo dwie zmienne jakościowe. Pierwsza zmienna (RAN1) dotyczyła rodzaju utworu glebowego (utworom murszowym przypisano wartość 1, a utworom torfowym wartość 0), druga zaś (RAN2) dotyczyła pochodzenia utworów (utworom pochodzącym z torfu mechowo-turzycowiskowego przypisano wartość 1, a pozostałym utworom wartość 0). Opracowane równania regresji wielokrotnej można przedstawić w następującej formie:

$$K_s^{0,5} = 16,4763 - 19,4416 \cdot \theta_s + 0,3470 \cdot \rho_b^{-1} \quad (1)$$

$$K_s^{0,5} = 6,4898 - 9,1224 \cdot \theta_s + 0,4820 \cdot \rho_b^{-1} + 1,3829 \cdot \text{RAN1} - 1,1463 \cdot \text{RAN2} \quad (2)$$

gdzie:

K_s – współczynnik filtracji ($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$),

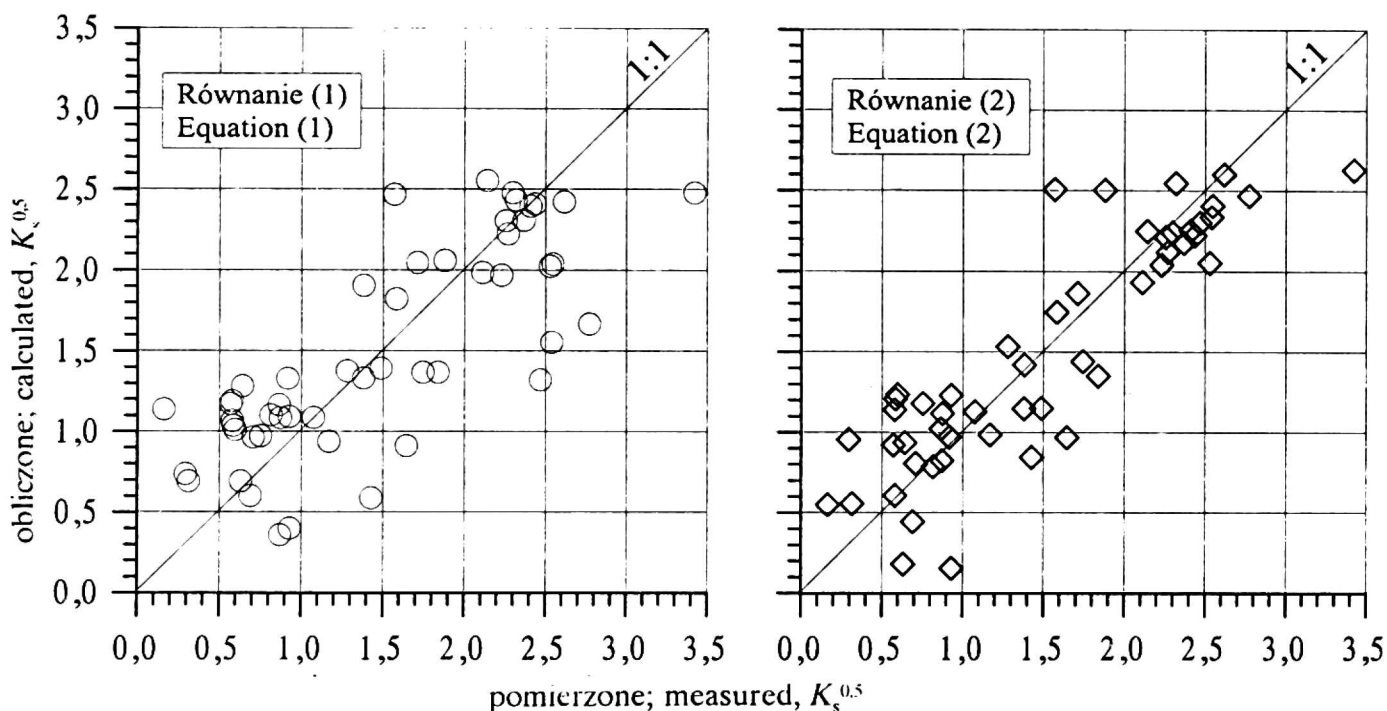
θ_s – wilgotność przy stanie pełnego nasycenia ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$),

ρ_b – gęstość gleby ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$),

RAN1, RAN2 – bezwymiarowe zmienne jakościowe uwzględniające rodzaj i pochodzenie utworów glebowych (wartości 0 lub 1).

Porównanie danych pomiarowych współczynnika filtracji z wartościami obliczonymi na podstawie równań 1 i 2 przedstawiono na rysunku 4. Wartość współ-

czynnika determinacji dla zależności opisywanej równaniem (1) wynosiła $R^2 = 60,6\%$, a przypadku równania (2) zdolność predykcji wzrosła o około 15% ($R^2 = 75,9\%$). Otrzymane wartości współczynników determinacji w przypadku opracowanych modeli regresyjnych wskazują na ich przydatność do prognozowania wartości współczynnika filtracji dla utworów torfowych i murszowych z Doliny Biebrzy w skali profilu glebowego. Należy jednak zauważyć, że równanie (2) umożliwiające dokładniejsze prognozowanie wartości K_s wymaga jednak dodatkowo szczegółowego rozpoznania genezy profilu glebowego, jak również określenia rodzaju utworu glebowego (mursz lub torf).



Rys. 4. Pomierzone i obliczone na podstawie równań regresji wielokrotnej transformowane wartości współczynnika filtracji

Fig. 4. Transformed values of saturated hydraulic conductivity measured and calculated on the basis of multiple regression equations

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. W wyniku przeprowadzonych laboratoryjnych pomiarów współczynnika filtracji w glebach torfowo-murszowych z obszaru Doliny Biebrzy stwierdzono, że jego wartości w utworach murszowych zmieniają się w przedziale od 0,52 do 6,74 $m \cdot d^{-1}$, a w utworach torfowych od 0,15 do 8,0 $m \cdot d^{-1}$.
2. Analizując wyniki pomiarów współczynnika filtracji stwierdzono, że w glebie torfowo-murszowej wytworzonej z torfu mechowo-turzycowiskowego wartości współczynnika filtracji zwiększają się wraz ze wzrostem głębokości w profilu glebowym. Natomiast w przypadku gleby wytworzonej z torfu olesowego stwierdzono, że wartości współczynnika K_s są największe w warstwach przy powierzchniowych i stopniowo maleją wraz ze wzrostem głębokości.
3. Opracowane równania regresji, w formie równań wykładniczych, pomiędzy

wartościami współczynnika filtracji a parametrami reprezentującymi podstawowe właściwości fizyczne gleby (gęstością gleby lub wilgotnością przy stanie pełnego nasycenia) nie zapewniają możliwości prognozowania współczynnika filtracji z określoną dokładnością w profilach gleb torfowo-murszowych.

4. Opracowane równania regresji wielokrotnej, które uzależniają wartość współczynnika filtracji od podstawowych właściwości fizycznych torfu tj. gęstości gleby i wilgotności odpowiadającej pełnemu nasyceniu, umożliwiają dokładniejsze prognozowanie wartości współczynnika filtracji dla profili gleb torfowo-murszowych z obszaru Doliny Biebrzy. Wprowadzenie do równania regresji wielokrotnej dodatkowo zmiennych jakościowych dotyczących rodzaju i genezy utworu glebowego prowadzi do wzrostu predykcji wartości współczynnika filtracji o około 15%.

Literatura

- BOELTER D.H. 1965. *Hydraulic conductivity of peats*. Soil Sci. 100: 227–231.
- BOELTER D.H. 1969. *Physical properties of peats as related to degree of decomposition*. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33: 606–609.
- BRANDYK T. 1990. *Podstawy regulowania uwilgotnienia gleb dolinowych*. Rozprawy Naukowe i Monografie 116, Wyd. SGGW-AR: 120 ss.
- BRANDYK T., GNATOWSKI T., SZATYŁOWICZ J. 1996. *Spatial variability of some physical properties of decomposed lowland peat soil*. Proc. of 10th Inter. Peat Congress, G.W. Luttig (Ed.), 27 May-2 June, Bremen, Germany 2: 294–305.
- KORPIJAAKKO M. 1988. *Consideration of the factors affecting the hydraulic conductivity of peat as ground of both laboratory and field tests*. Proc. of 8th Inter. Peat Congress, Leningrad, Russia 3: 127–136.
- LIŠTVAN I.I., BAZIN E.T., KOSOV V.I. 1989. *Fizičeskie processy v torfjanych zależah*. Nauka i Tehnika, Minsk: 288 ss.
- LUNDIN K.P. 1964. *Vodnyje svojstva torfjanoj zaleži*. Izdatielstvo Urozaj, Minsk: 211 ss.
- OKRUSZKO H. 1976. *Zasady rozpoznawania i podziału gleb hydrogenicznych z punktu widzenia potrzeb melioracji*. Bibl. Wiad. IMUZ 52: 7–54.
- OKRUSZKO H. 1992. *Siedliska hydrogeniczne, ich specyfika i zróżnicowanie*. Bibl. Wiad. IMUZ 79: 5–14.
- PÄIVÄNEN J. 1973. *Hydraulic conductivity and water retention in peat soils*. Acta For. Fenn. 129: 1–70.
- STAPEL Z. 1982. *Metodyka oznaczania współczynnika filtracji gleb mineralnych do określania rozstawy drenów*. Bibl. Wiad. IMUZ 65: 47 ss.

Słowa kluczowe: profile gleb torfowo-murszowych, współczynnik filtracji, analiza regresji

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów laboratoryjnych współczynnika filtracji, które przeprowadzono w czterech charakterystycznych profilach gleb torfowo-murszowych pochodzących z obszaru Doliny Biebrzy. Badaniami objęto profile reprezentujące gleby torfowo-murszowe wytworzone z torfu mechowo-turzykowiskowego, olesowego oraz turzykowiskowego. Na podstawie analizy wyników przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że w utworach murszowych wartości współczynnika filtracji zmieniają się od 0,52 do 6,74 m·d⁻¹, a w utworach torfowych od 0,15 do 8,0 m·d⁻¹. W glebie torfowo-murszowej wytworzonej z torfu mechowo-turzykowiskowego stwierdzono, że wartość współczynnika filtracji zwiększa się wraz ze wzrostem głębokości profilu glebowego. Natomiast w przypadku gleby wytworzonej z torfu olesowego wartość współczynnika filtracji jest największa w warstwie przypowierzchniowej i stopniowo maleje wraz ze wzrostem głębokości. Na podstawie analizy regresji wielokrotnej zastosowanej do opracowania wyników pomiarów stwierdzono również, że wartości współczynnika filtracji są skorelowane z gęstością objętościową i uwilgotnieniem przy stanie pełnego nasycenia utworów torfowych i murszowych. Wprowadzenie do równania regresji wielokrotnej zmiennych jakościowych dotyczących rodzaju i pochodzenia utworu glebowego prowadzi do wzrostu predykcji wartości współczynnika filtracji o około 15%.

SATURATED HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF CHARACTERISTIC PEAT-MOORSH SOIL PROFILES FROM THE BIEBRZA VALLEY

Tomasz Gnatowski, Ryszard Oleszczuk, Jan Szatyłowicz, Tomasz Brandyk
Department of Environmental Improvement,
Warsaw Agricultural University, Warszawa

Key words: peat-moorsh soil profile, saturated hydraulic conductivity, regression analysis

Summary

The paper presents the results of the laboratory measurements of the saturated hydraulic conductivity which were taken for four representative peat-moorsh soil profiles from the Biebrza valley. These profiles were represented by peat-moorsh soil developed from sedge-moss, alder and sedge peat. The performed analysis of the measured values showed that in moorsh layers the value of saturated hydraulic conductivity was in the range from 0.52 to 6.74 m·d⁻¹ and for peat layers from 0.15 to 8.0 m·d⁻¹. In the soil profile developed from sedge-moss peat it was found that the value of hydraulic conductivity was increasing with the depth of soil profile while in the soil profile developed from alder peat the values of hydraulic conductivity were the highest in the surface layers and gradually decreased with the increasing depth of the soil profile. The performed multiple regression analysis showed that the values of saturated hydraulic conductivity are correlated with the soil bulk density and moisture content at satura-

tion for all considered peat and moorsh layers. The incorporation into multiple regression equation of the quality variables describing the type and origin of peat and moorsh material leads to increase the predictability of hydraulic conductivity values by about 15%.

Dr inż. Tomasz **Gnatowski**
Katedra Kształtowania Środowiska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 159
02-776 WARSZAWA
e-mail: gnatowski@alpha.sggw.waw.pl