

TORFOWISKA NISKIE WYSOCZYZNY LUBARTOWSKIEJ JAKO POTENCJALNE NATURALNE BARIERY GEOLOGICZNE

PEATLANDS OF LUBARTÓW UPLAND AS THE POTENTIAL NATURAL GEOLOGICAL BARRIERS

PAWEŁ RYDELEK¹

Abstrakt. W pracy przedstawiono ocenę trzech torfowisk niskich Wysoczyzny Lubartowskiej (A, B i C), jako potencjalnych naturalnych barier geologicznych. Torfowiska A i B są położone na obszarze kemowym w obrębie wysoczyzny, zaś torfowisko C na granicy wysoczyzny i zbudowanego z lessów Płaskowyżu Nałęczowskiego. Oceniając właściwości izolacyjne badanych torfowisk, uwzględniono zarówno parametry fizyczno-chemiczne torfów, jak również budowę geologiczną torfowisk. Za najważniejsze kryteria zdolności izolacyjnych uznano: miąższość i ciągłość pokrywy torfu, litologię podłoża torfowisk, rodzaj występujących torfów, zawartość substancji organicznej, odczyn (pH), pojemność wymiany kationowej, współczynnik filtracji oraz zmienność parametrów w obrębie torfowisk. Najlepsze potencjalne właściwości izolacyjne wykazało torfowisko C. Osady występujące w jego obrębie wykazały zarówno najwyższe wartości pojemności wymiany kationowej, jak również najniższą przepuszczalność. Jednocześnie zmienność wspomnianych parametrów w obrębie torfowiska jest najmniejsza w porównaniu z torfowiskami A i B.

Słowa kluczowe: naturalna bariera geologiczna, torf, torfowisko dolinowe, pojemność wymiany kationowej, współczynnik filtracji.

Abstract. The evaluation of three peatlands of Lubartów Upland (A, B and C) as the potential natural geological barriers was presented in this study. In the evaluation of isolating properties of studied peatlands both physic-chemical parameters and geological structure were taken into consideration. The following parameters were considered as the most important criteria of isolating properties: thickness and continuity of peat layer, lithology and subsoil, the type of peat, organic matter content, pH, cation exchange capacity (CEC), permeability coefficient and variability within the peatland area. The peatland C showed the best potential for having isolating properties. The deposits found in this peatland showed both highest values of cation exchange capacity and the lowest permeability. Moreover the variability of those parameters in the peatland C is the lowest in comparison to peatland A and B.

Key words: natural geological barrier, peat, valley bog, cation exchange capacity (CEC), permeability coefficient.

WSTĘP

W Polsce występuje ponad 50 tys. torfowisk zajmujących obszar ok. 12 500 km², co wynosi ok. 4% powierzchni kraju (Okruszko i in., 1996). 83% torfowisk to torfowiska niskie, które stanowią ponad 92% powierzchni wszystkich torfowisk (Ilnicki, Żurek, 1996). Z uwagi na znaczne rozprze-

strzenie oraz specyficzne właściwości wypełniających je gruntów, torfowiska mogą pełnić istotną rolę jako naturalne pokrywy izolujące wody podziemne przed zanieczyszczeniami i mogą być traktowane jako potencjalne naturalne bariery geologiczne. Najważniejszymi cechami barier geolo-

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Katedra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych, al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; Pawel.Rydelek@uw.edu.pl

gicznych są m.in.: duże zdolności sorpcyjne, mała przepuszczalność oraz duża miąższość i jednorodność (Drağowski, 1999). Termin „naturalna bariera geologiczna” definiowany jest również w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów. W rozporządzeniu są podane kryteria dotyczące podłoża gruntowego, które może stanowić naturalną barierę geologiczną dla składowiska odpadów: rozciągłość warstwy, jej miąższość i przepuszczalność. Szczegółowy przegląd kryteriów przydatności gruntów do formowania mineralnych przesłon izolacyjnych w składowiskach odpadów przedstawiła Majer (2007). Według klasyfikacji przedstawionej przez Falkowską (2009) torfowiska są obszarami zaliczonymi do najwyższej, I klasy izolacyjności we wszystkich typach morfogenetycznych krajobrazu Niżu Polskiego.

Przepływ substancji rozpuszczonych w wodach podziemnych (w tym zanieczyszczeń) przez warstwę gruntu jest procesem złożonym, na który składają się zarówno procesy prostego unoszenia substancji rozpuszczonej przez strumień wód podziemnych (adwekcja), jak również procesy dyfuzji i dyspersji, przy czym ruch roztworu odbywa się głównie na

drodze adwekcji (Osmęda-Ernst, Witczak, 1991). Ponadto istotne znaczenie w opóźnieniu ruchu substancji względem średniej szybkości wód podziemnych mają procesy sorpcyjne zachodzące w gruntach. Obszerny opis procesów związanych z migracją substancji rozpuszczonych w strumieniu wody podziemnej przedstawili Małecki i in. (2006). Szybkość i zasięg rozprzestrzenienia zanieczyszczenia w wyniku przenoszenia adwekcyjnego zależą od właściwości gruntu, z których największe znaczenie mają zdolności sorpcyjne i współczynnik filtracji (k).

Celem niniejszej pracy była ocena trzech torfowisk niskich na Wysoczyźnie Lubartowskiej jako potencjalnych naturalnych barier geologicznych. Określając zdolności izolacyjne badanych torfowisk uwzględniono zarówno rodzaj, przestrzenne rozmieszczenie oraz miąższość budujących je torfów, jak również ich właściwości fizyczno-chemiczne, w tym zawartość substancji organicznej, odczyn, zawartość węglanów oraz zdolności sorpcyjne i właściwości filtracyjne. Jako wskaźnik zdolności sorpcyjnych torfów względem kationów zastosowano pojemność wymiany kationowej (CEC – *cation exchange capacity*). Właściwości filtracyjne badanych torfów scharakteryzowano za pomocą współczynnika filtracji k .

LOKALIZACJA I BUDOWA GEOLOGICZNA BADANYCH TORFOWISK

Badaniami objęto trzy torfowiska niskie (oznaczone symbolami A, B i C), położone na Wysoczyźnie Lubartowskiej w bliskim sąsiedztwie Płaskowyżu Nałęczowskiego, mezoregionu w obrębie Wyżyny Lubelskiej (fig. 1).

Torfowisko A położone jest w dolinie rzeki Kurówka, ok. 3 km na SW od miejscowości Kurów. Torfowisko B leży ok. 1,5 km na NE od wschodniego krańca torfowiska A, w dolinie niewielkiego ciekę – Strugi Wodnej, prawostronnego dopływu Kurówki. Torfowisko C zlokalizowane jest na granicy Wysoczyzny Lubartowskiej i Płaskowyżu Nałęczowskiego, będącego południowym krańcem Wyżyny Lubelskiej. Torfowisko położone jest w dolinie lewostronnego dopływu Kurówki – Strugi Kurów, ok. 1 km na SW od Kurowa.

Torfowiska pod względem położenia hydrograficznego zaliczono do torfowisk dolinowych (Borowiec, 1990). Torfowiska dolinowe zajmują obniżenia w obrębie dolin o różnej genezie, ograniczone przewężeniami pełniącymi rolę progów piętrzących wodę w obrębie doliny. Doliny o podobnym charakterze łączą zazwyczaj obniżenia wytopiskowe (Dembek, 2000).

Badane torfowiska reprezentują typ torfowisk dolinowych o odmiennej budowie geologicznej obszarów przyległych. Torfowiska A i B są położone na typowym obszarze kemowym w obrębie wysoczyzny, zaś torfowisko C na granicy wysoczyzny i zbudowanego z lessów Płaskowyżu Nałęczowskiego. Podstawowym kryterium doboru torfowisk

w obrębie wysoczyzny było ich zróżnicowanie pod względem dominującego rodzaju torfu. W torfowiskach A i B dominują torfy szuwarowe i olesowe, przy niewielkim udziale torfów turzycowiskowych, zaś w obrębie torfowiska C przeważającym rodzajem są torfy turzycowiskowe (fig. 2). Do-

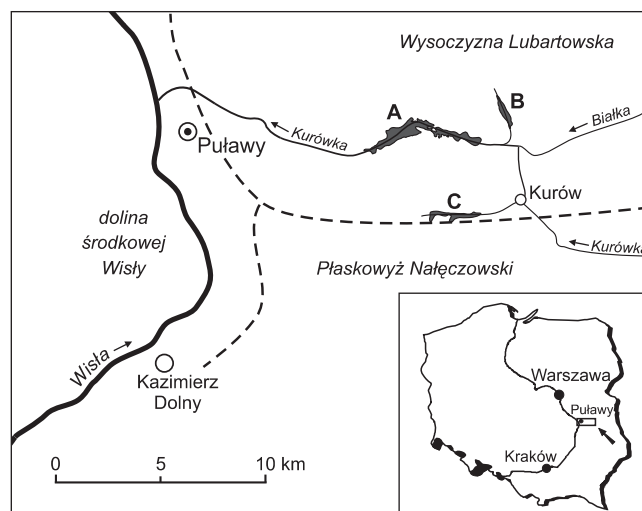


Fig. 1. Lokalizacja badanych torfowisk A, B i C

Location of studied peatlands A, B and C

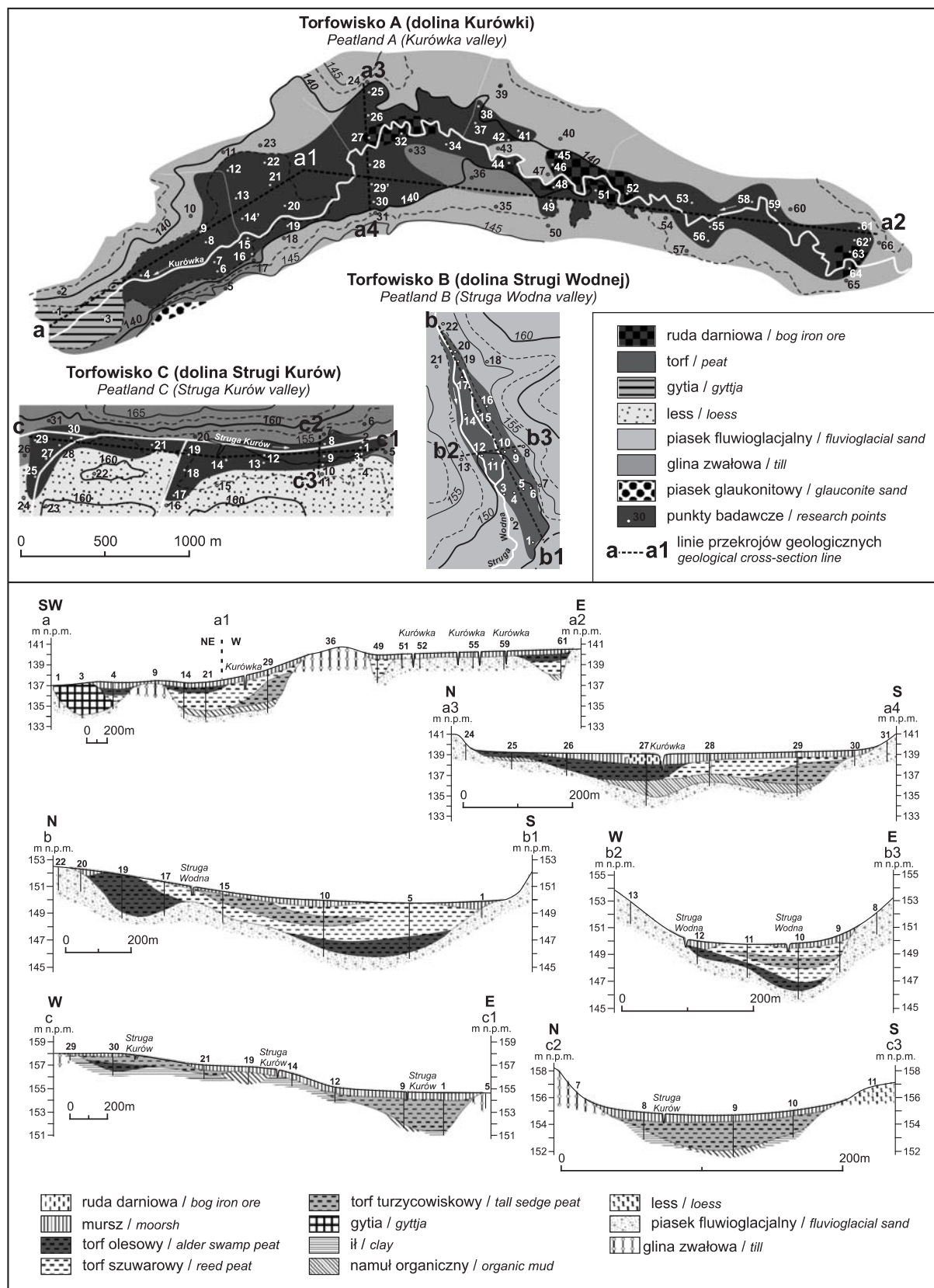


Fig. 2. Schemat budowy geologicznej badanych torfowisk (Rydelek, 2011, zmienione)

Schematic geological structure of studied peatlands (Rydelek, 2011, modified)

bór torfowisk pod względem występowania w nich różnego rodzaju torfów umożliwił porównanie właściwości fizyczno-chemicznych torfów o różnym składzie botanicznym i genezie. Ponadto zróżnicowanie budowy geologicznej i litologii osadów budujących podłoże torfowisk i zbocza dolin po-

zwoliło na określenie zdolności izolacyjnych torfowisk w rejonach o odmiennej budowie geologicznej.

Średnia miąższość torfów w badanych torfowiskach wynosi: A – 1,4 m, B – 1,5 m oraz C – 1,1 m.

METODYKA BADAŃ

Do oznaczenia zawartości substancji organicznej, odczynu, zawartości węglanów oraz pojemności wymiany kationowej pobrano 131 próbek torfów i 52 próbki murszy. Podczas pobierania próbek określano każdorazowo rodzaj i stopień rozkładu torfu, stosując skróconą trzystopniową skalę wg Okruszki (1974): R1 – torfy włókniste (słabo rozłożone), R2 – torfy pseudowłókniste (średnio rozłożone), R3 – torfy amorficzne (silnie rozłożone). Stopień rozkładu oznaczano wyłącznie dla torfów niezamulonych (Borys, 1993).

Próbki do badań laboratoryjnych pobierano przy każdej stwierdzonej makroskopowo zmianie składu botanicznego lub stopnia rozkładu torfu.

Zawartość substancji organicznej wszystkich próbek oznaczano metodą strat prażenia. Parametrem określającym zawartość części mineralnych w torfach jest popielność (A_c). Popielność jest odwrotnością strat prażenia i określa stosunek zawartości popiołu pozostałego po prażeniu próbek torfów do suchej masy próbki, wyrażony w procentach. Przyjęto podział torfów ze względu na zawartość popiołu zaproponowany przez Okruszkę (1994): torfy niezamulone (właściwe), zawierające mniej niż 25% popiołu, słabo zamulone (25–50% popiołu) oraz silnie zamulone (50–80% popiołu).

Odczyn badanych torfów oznaczono w zawiesinie z wodą destylowaną metodą elektrometryczną, a zawartość węglanów metodą Scheiblera (Myślińska, 2001).

Zastosowano podział torfów ze względu na wartość pH zaproponowany przez Okruszkę (1991): torfy bardzo silnie kwaśne ($\text{pH} < 4,5$), silnie kwaśne (4,6–5,0), średnio kwaśne (5,1–6,5), obojętne i lekko zasadowe (6,6–7,8) oraz silnie zasadowe ($\text{pH} > 8,4$).

Pojemność wymiany kationowej badanych torfów oznaczano metodą sorpcji miedzi (Sapek, 1982). Metoda zaliczana jest do metod statycznych (*batch*) i opiera się na pomiarze stężenia jonów miedzi w roztworze przed i po reakcji z gruntem.

Do oznaczenia współczynnika filtracji poziomej zastosowano sondę pomiarową typu BAT, umożliwiającą przeprowadzenie pomiarów w warunkach naturalnych. Dokładny opis urządzenia i metody przedstawiła m.in. Krogulec (1992). Wszystkie pomiary wykonano w strefie pełnego nasycenia jako testy *out flow*.

Zawartość substancji organicznej, odczyn i pojemność wymiany kationowej w obrębie badanych torfowisk oznaczono w 221 próbkach torfów i utworów towarzyszących. Ponadto w trakcie badań terenowych oznaczono wartości współczynnika filtracji poziomej w 4 profilach torfowiska A (punkty A14, A29, A41, A61), 2 profilach torfowiska B (punkty B5 i B19) i jednym profilem torfowiska C (punkt C1). Wszystkie badania przeprowadzono na głębokości większej niż stwierdzony poziom zwierciadła wód podziemnych, w strefie pełnego nasycenia.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wyraźne podobieństwa w wartościach oznaczonych parametrów wykazały osady torfowisk A i B, położonych w obrębie wysoczyzny (tab. 1). Najwyższe wartości CEC w obydwu torfowiskach wykazały torfy turzycowiskowe (średnio 121 cmol/kg w torfowisku A i 148 cmol/kg w torfowisku B), zaś najniższe torfy olesowe (94 cmol/kg i 118 cmol/kg) i mursze (83 cmol/kg i 116 cmol/kg).

Torfy budujące torfowisko C wykazały najwyższe wartości pojemności wymiany kationowej. Wysokie wartości CEC, w odróżnieniu od torfowisk A i B, wykazały również torfy olesowe (148 cmol/kg) i mursze (136 cmol/kg). Jednocześnie wartości CEC w obrębie torfowiska C były najmniej zróżnicowane. We wszystkich przebadanych próbkach torfów i murszy stwierdzono CEC w granicach 130–157 cmol/kg.

Torfy budujące torfowisko C wykazały ponadto niższą przepuszczalność (średnio $2,4 \times 10^{-8}$) niż osady torfowisk A i B (średnio $2,35 \times 10^{-7}$ i $3,25 \times 10^{-7}$).

Wartości CEC badanych torfów nie odbiegają znacząco od wyników przedstawianych przez innych autorów dla torfowisk Niżu Polskiego (m.in. Sapek, 1980; Falkowska, 1998; Kyzioł, 2002) i są zdecydowanie wyższe niż w gruntach mineralnych (Falkowska, 1998, 2009). Jednak pomiędzy badanymi torfowiskami A, B i C zaznaczają się istotne różnice zarówno w wartościach CEC, jak również w wartościach współczynnika filtracji.

Zróżnicowanie wartości pojemności wymiany kationowej w obrębie torfowisk A i B ma wyraźny związek z rodzajem torfu i zawartością substancji organicznej (tab. 1). Najwyższe wartości CEC stwierdzono w torfach turzycowisko-

Tabela 1

Straty prażenia, pH, pojemność wymiany kationowej (CEC) i współczynnik filtracji (*k*) badanych torfów
 Ignition loss, pH, cation exchange capacity (CEC) and permeability coefficient (*k*) of studied peats

Torfowisko <i>Peatland</i>	Rodzaj torfu (liczba próbek) <i>Type of peat (number of samples)</i>	Straty prażenia <i>Ignition loss</i>	pH _{H₂O}	CEC [cmol/kg]	<i>k</i> [m/s] (liczba oznaczeń) (number of determinations)
A	Mursze (30) <i>Moorsh</i>	27,7 (0,53)	6,04 (0,09)	83 (0,33)	–
	Torfy olesowe (27) <i>Alder swamp peat</i>	39,7 (0,46)	5,74 (0,13)	93 (0,21)	$1,70 \times 10^{-7}$ (4)
	Torfy szuwarowe (28) <i>Reed peat</i>	55,7 (0,39)	5,80 (0,13)	105 (0,24)	$2,13 \times 10^{-7}$ (8)
	Torfy turzycowiskowe (9) <i>Tall sedge peat</i>	76,4 (0,15)	5,53 (0,03)	121 (0,16)	$3,23 \times 10^{-7}$ (3)
B	Mursze (8) <i>Moorsh</i>	53,8 (0,38)	6,25 (0,10)	116 (0,28)	–
	Torfy olesowe (14) <i>Alder swamp peat</i>	65,0 (0,33)	5,57 (0,10)	118 (0,24)	$5,19 \times 10^{-7}$ (4)
	Torfy szuwarowe (19) <i>Reed peat</i>	66,2 (0,31)	6,39 (0,10)	138 (0,12)	$1,30 \times 10^{-7}$ (4)
	Torfy turzycowiskowe (5) <i>Tall sedge peat</i>	82,9 (0,09)	6,36 (0,06)	148 (0,04)	–
C	Mursze (14) <i>Moorsh</i>	16,5 (0,28)	7,20 (0,02)	136 (0,03)	–
	Torfy olesowe (8) <i>Alder swamp peat</i>	54,3 (0,30)	6,81 (0,05)	148 (0,02)	–
	Torfy turzycowiskowe (21) <i>Tall sedge peat</i>	42,8 (0,31)	7,19 (0,02)	149 (0,03)	$2,43 \times 10^{-8}$ (5)

w nawiasach – współczynnik zmienności
 in parentheses – coefficient of variation

wych zawierających najwięcej substancji organicznej (średnio 76,4% w torfowisku A i 82,9% w torfowisku B).

W obrębie badanych torfowisk określono również wpływ odczynu i zawartości węglanów na wartości CEC (tab. 2). Najwyższe średnie wartości pojemności wymiany kationowej w torfowiskach A i B wykazały torfy obojętne i lekko zasadowe, zaś najmniejsze torfy silnie i bardzo silnie kwaśne. Mimo dużych różnic w zawartości substancji organicznej torfy torfowiska C wykazały stosunkowo niewielkie zróżnicowanie wartości CEC. W torfowisku występują głównie torfy obojętne i lekko zasadowe. Wpływ na wysokie pH torfów budujących torfowisko C ma najprawdopodobniej położenie torfowiska w sąsiedztwie zbudowanego z lessów Płaskowyżu Nałęczowskiego i dostawa węglanu wapnia do torfowiska. W torfach torfowiska C zidentyfikowano liczne mikroskopijne kryształy kalcytu, a ziarna kwarcu występujące w torfach wykazały obtoczenie charakterystyczne dla transportu eolicznego (Rydelek, 2011).

Podobnie jak w przypadku wartości pojemności wymiany kationowej, w badanych torfowiskach zaznacza się również zróżnicowanie wartości współczynnika filtracji.

W gruntach mineralnych wartości współczynnika filtracji uzależnione są od wielu czynników, z których największe znaczenie mają m.in.: skład granulometryczny, struktura, porowatość, stopień zagęszczenia i konsolidacji. Ponadto istotną rolę w procesie przepływu wody przez ośrodek gruntowy odgrywiają procesy fizyczno-chemiczne zachodzące na kontakcie fazy stałej i cieczy.

Według klasyfikacji przedstawionej przez Witczaka i Adamczyka (1994) za grunty bardzo słabo izolujące uznawane są grunty o współczynniku filtracji (*k*) mniejszym od 10^{-6} m/s, zaś grunty o współczynniku filtracji od 10^{-12} do 10^{-10} m/s uznaje się za średnio i dobrze izolujące. Wartość współczynnika filtracji w torfach waha się w bardzo szerokich granicach. W przypadku torfów niezamulonych wartości *k* zawierają się w przedziale od 10^{-8} do 10^{-2} m/s, zaś w przypadku torfów zamulonych dochodzić mogą do 10^{-10} m/s (Eggelsmann, 1980).

Według Ingrama (1983) najważniejszymi czynnikami wpływającymi na przepuszczalność torfów są: skład botaniczny torfów i parametry uzależnione od zawartości substancji organicznej (gęstość objętościowa i porowatość)

Tabela 2

Pojemność wymiany kationowej (CEC) badanych torfów w zależności od pH, zawartości węglanów i substancji organicznej

Cation exchange capacity (CEC) of studied peats depending on pH, carbonate and organic matter content

Rodzaj torfu w zależności od pH (liczba próbek) <i>Type of peat depending on the pH (number of samples)</i>	Straty prażenia <i>Ignition loss</i> [%]	CaCO ₃ [%]	pH _{H2O}	CEC [cmol/kg]
<i>Torfowisko A / Peatland A</i>				
Silnie i bardzo silnie kwaśne (5) <i>Strongly and very strongly acidic</i>	63,4 (0,09)	< 5	4,61 (0,07)	95 (0,20)
Średnio kwaśne (50) <i>Medium acidic</i>	56,6 (0,42)	< 5	5,61 (0,06)	102 (0,18)
Obojętne i lekko zasadowe (9) <i>Neutral and slightly alkaline</i>	36,7 (0,39)	10,5 (0,58)	6,96 (0,03)	118 (0,15)
<i>Torfowisko B / Peatland B</i>				
Średnio kwaśne (30) <i>Medium acidic</i>	71,5 (0,27)	< 5	5,87 (0,08)	127 (0,20)
Obojętne i lekko zasadowe (8) <i>Neutral and slightly alkaline</i>	51,8 (0,31)	31,4 (0,54)	7,05 (0,02)	150 (0,04)
<i>Torfowisko C / Peatland C</i>				
Średnio kwaśne (3) <i>Medium acidic</i>	69,4 (0,09)	< 5	6,42 (0,02)	148 (0,01)
Obojętne i lekko zasadowe (26) <i>Neutral and slightly alkaline</i>	43,9 (0,29)	36,6 (0,58)	7,16 (0,03)	148 (0,03)

w nawiasach – współczynnik zmienności
in parentheses – coefficient of variation

oraz stopień rozkładu i struktura torfu. Spośród torfów niskich najniższe wartości współczynnika filtracji obserwowane są w torfach olesowych, charakteryzujących się często strukturą amorficzną. Torfy szuwarowe i turzycowiskowe, wykazujące często strukturę włóknistą i związaną z tym dużą porowatość, charakteryzują się wyższymi wartościami k .

Wpływ na wartość współczynnika filtracji ma również głębokość występowania torfów w profilu pionowym torfowiska. Torfy występujące w głębszych partiach poddane są większym obciążeniom, które mogą prowadzić do wzrostu stopnia konsolidacji (autokompakcji) i do zmniejszenia się porowatości, co powoduje spadek przepuszczalności (Hobbs, 1986). Hoag i Price (1995) wykazali, że torfy występujące w strefie akrotelmu (aktywnej, przypowierzchniowej części torfowiska) charakteryzują się dużą przepuszczalnością ($k = 1,6 \times 10^{-2}$ m/s), zaś współczynnik filtracji torfów występujących w położonej poniżej strefie katotelmu jest znacznie mniejszy ($k = 1,0 \times 10^{-9}$ m/s).

Ponadto wartość współczynnika filtracji torfów zależy od kierunku filtracji. W torfach słabo rozłożonych o strukturze włóknistej wartości k w kierunku poziomym są wyższe niż w pionie (Hobbs, 1986). Zróżnicowanie wartości współczynnika filtracji w badanych torfowiskach ma związek zarówno z rodzajem torfu (tab. 1), jak też ze stopniem zamulenia,

Tabela 3

Współczynnik filtracji (k) badanych torfów w zależności od popielności (stopnia zamulenia) i stopnia rozkładu

Studied peat permeability coefficient depending on ash content (silting degree) and the degree of decomposition

Torfowiska <i>Peatlands</i>	Popielność <i>Ash content</i>	Stopień rozkładu <i>Degree of decomposition</i>	k [m/s]
A	silnie zamulone (2) <i>strongly silted</i>	–	$2,43 \times 10^{-8}$
	słabo zamulone (8) <i>poorly silted</i>	–	$1,76 \times 10^{-7}$
	niezamulone (5) <i>unsilted</i>	R1 (3) R2 (2)	$4,66 \times 10^{-7}$ $2,50 \times 10^{-7}$
B	silnie zamulone (3) <i>strongly silted</i>	–	$5,24 \times 10^{-8}$
	słabo zamulone (2) <i>poorly silted</i>	–	$1,93 \times 10^{-7}$
	niezamulone (3) <i>unsilted</i>	R2 (3)	$6,84 \times 10^{-7}$
C	silnie zamulone (5) <i>strongly silted</i>	–	$2,43 \times 10^{-8}$

w nawiasach – współczynnik zmienności
in parentheses – coefficient of variation

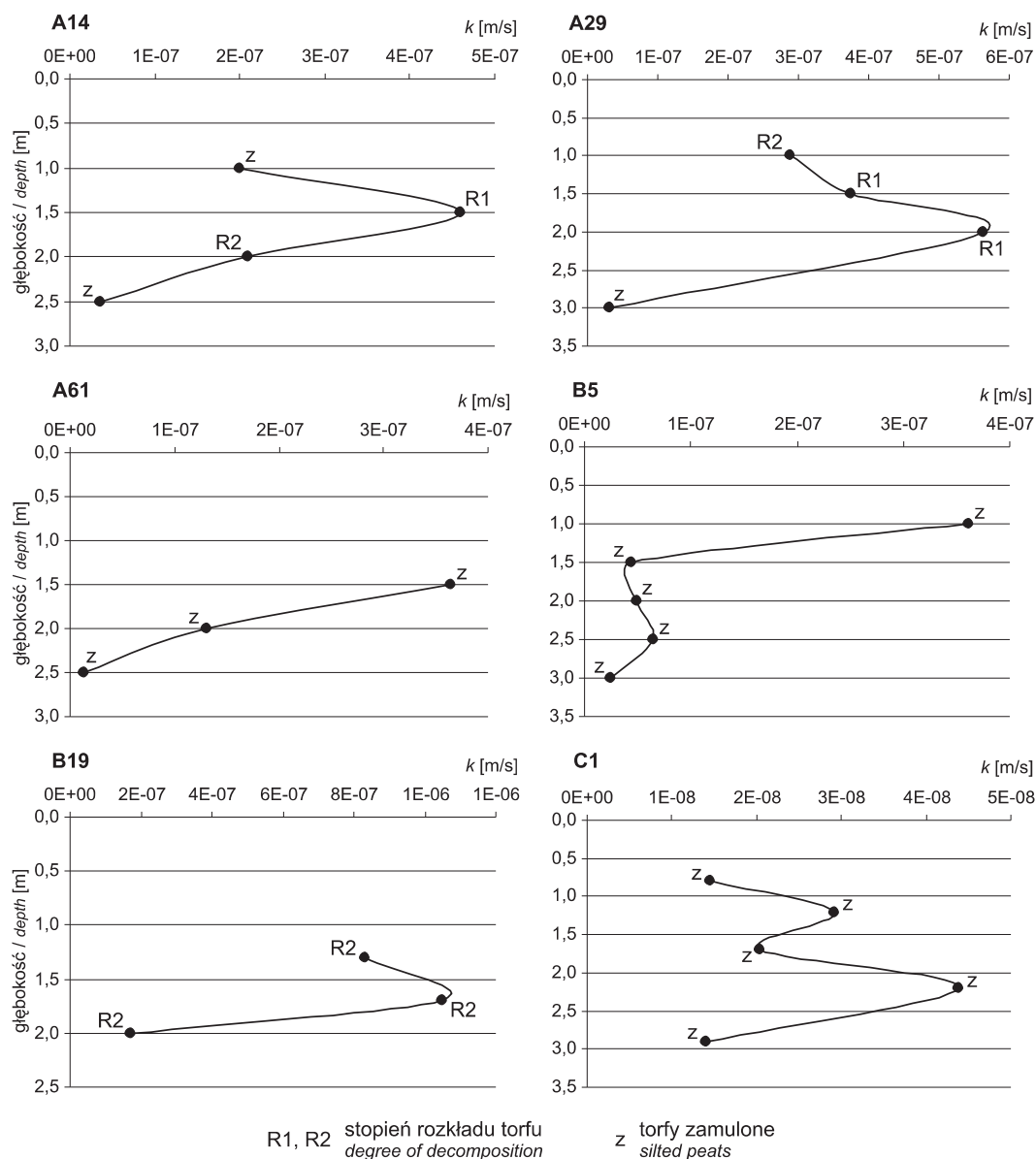


Fig. 3. Zmienność współczynnika filtracji poziomej w profilach pionowych torfowisk A, B i C

Variability of horizontal permeability of vertical profiles of peatlands A, B and C

a w przypadku torfów niezamulonych – ze stopniem rozkładu (tab. 3). Najniższe wartości współczynnika filtracji w obrębie torfowisk A i B stwierdzono w torfach silnie zamulonych ($2,43 \times 10^{-8}$ m/s w torfowisku A i $5,24 \times 10^{-8}$ m/s w torfowisku B), zaś najwyższe – w torfach niezamulonych ($4,66 \times 10^{-7}$ i $6,84 \times 10^{-7}$ m/s).

W badanych torfowiskach stwierdzono również zmienność współczynnika filtracji poziomej torfów w zależności od głębokości (fig. 3). Zróznicowanie przepuszczalności w profilach pionowych wynika głównie z różnic w zawartości substancji organicznej oraz stopnia rozkładu torfów niezamulonych. We wszystkich profilach torfowisk A i w punkcie B19 najwyższe wartości k stwierdzono w środkowych częściach profili, średnio na głębokości 1,5 m. W strefie tej występują torfy zawierające najwięcej substancji organicznej.

Najwyższą przepuszczalność wykazały torfy o stopniu rozkładu R1 występujące w punkcie A14 na głębokości 1,0–1,5 m oraz A29 na głębokości 1,0–2,0 m. Ponadto we wszystkich profilach najniższą przepuszczalnością charakteryzowały się torfy występujące w spągu torfowiska, co związane jest najprawdopodobniej zarówno z mniejszą zawartością substancji organicznej, a więc większym zamuleniem, jak również ze zjawiskiem autokompakcji. Najniższą przepuszczalność stwierdzono w obrębie torfowiska C w punkcie C1. W profilu tym, w obrębie całej miąższości torfowiska występują silnie zamulone torfy turzycowiskowe.

W tabeli 4 zebrano dane dotyczące budowy torfowisk, jak również średnie wartości parametrów fizyczno-chemicznych i pozostałe czynniki decydujące o potencjalnych właściwościach izolacyjnych badanych torfowisk.

Tabela 4

Porównanie czynników wpływających na potencjalne właściwości izolacyjne badanych torfowisk A, B i C

Comparison of the factors affecting the potential insulating properties of studied peatlands A, B and C

Kryterium <i>Criterion</i>		Torfowisko A <i>Peatland A</i>	Torfowisko B <i>Peatland B</i>	Torfowisko C <i>Peatland C</i>
Średnia miąższość torfów [m] <i>Average thickness of peats</i>		1,4	1,5	1,1
Dominujący rodzaj torfów <i>The dominant type of peat</i>		olesowe, szuwarowe <i>alder peat, reed peat</i>	szuwarowe, olesowe <i>reed peat, alder peat</i>	turzycowiskowe <i>sedge peat</i>
Ciągłość pokrywy torfów i murszy <i>Continuity of the peat and muck cover</i>		ciągła <i>continuous</i>	ciągła <i>Continuous</i>	ciągła <i>continuous</i>
Rodzaj osadów w spągu <i>Type of sediment in the bottom</i>		lokalnie namuły organiczne, w pozostałej części piaski <i>locally organic mud, in the rest- sand</i>	piaski <i>sand</i>	iłły <i>clay</i>
Straty prażenia Iż [%] <i>Loss on ignition [%]</i>	średnia <i>average</i>	51,8	68,0	46,4
	współczynnik zmienności <i>coefficient of variation</i>	0,44	0,30	0,32
pH	średnia <i>average</i>	5,74	6,09	7,08
	współczynnik zmienności <i>coefficient of variation</i>	0,12	0,11	0,04
k [m/s]	średnia <i>average</i>	$2,2 \times 10^{-7}$	$3,2 \times 10^{-7}$	$2,4 \times 10^{-8}$
	współczynnik zmienności <i>coefficient of variation</i>	0,73	1,23	0,51
CEC [cmol/kg]	średnia <i>average</i>	102	132	148
	współczynnik zmienności <i>coefficient of variation</i>	0,23	0,18	0,03

PODSUMOWANIE

Za najważniejsze kryteria zdolności izolacyjnych badanych torfowisk uznano: miąższość i ciągłość pokrywy torfu oraz litologię podłoża torfowisk, rodzaj występujących torfów, zawartość substancji organicznej, odczyn (pH), pojemność wymiany kationowej, współczynnik filtracji, zakres wartości i zmienność parametrów w obrębie torfowisk.

Położone w obszarze kemowym torfowiska A i B wykazały liczne podobieństwa, zarówno w rodzaju występujących torfów, jak również we właściwościach fizyczno-chemicznych budujących je torfów. Położone na granicy Wysoczyzny Lubartowskiej i Płaskowyzu Nałęczowskiego torfowisko C charakteryzuje się odmiennymi właściwościami i wykazało najlepsze potencjalne właściwości izolacyjne. Osady występujące w jego obrębie charakteryzują się zarówno najwyższymi wartościami pojemności wymiany kationowej, jak

również najniższą przepuszczalnością. Jednocześnie zmienność wspomnianych parametrów w obrębie torfowiska C jest najmniejsza spośród badanych torfowisk. Wpływ na zdolności izolacyjne tego torfowiska ma przede wszystkim wysoki odczyn torfów spowodowany dużą zawartością węglanów. Niewielka zmienność poszczególnych parametrów powoduje, że cały obszar torfowiska wykazuje zbliżone, wysokie zdolności izolacyjne. Ponadto dodatkowy poziom izolacyjny w obrębie torfowiska stanowi ciągła warstwa ilów występujących w spągu.

Analiza wszystkich uzyskanych wyników badań terenowych i laboratoryjnych torfowisk A, B i C pozwoliła na stwierdzenie, że badane torfowiska wykazują korzystne potencjalne zdolności izolacyjne i mogą być traktowane jako lokalne bariery izolacyjne o charakterze liniowym.

LITERATURA

- BOROWIEC J., 1990 — Torfowiska regionu lubelskiego. PWN, Warszawa.
- BORYS M., 1993 — Niskie nasypy z miejscowych gruntów organicznych dla potrzeb budownictwa wodno-melioracyjnego. Rozprawy habilitacyjne. IMUZ, Falenty.
- DEMBEK W., 2000 — Wybrane aspekty zróżnicowania torfowisk w młodo- i starogłacjalnych krajobrazach Polski wschodniej. Rozprawy habilitacyjne. IMUZ, Falenty.
- DRĄGOWSKI A., 1999 — Składowiska. *W: Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskich. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- EGGELSMANN R., 1980 — Moorhydrologie. *W: Moor- und Torfkunde (red. K.H. Gottlich): 210–223. Schweizerbartische Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.*
- FALKOWSKA E., 1998 — Izolacyjne właściwości pokryw gruntów organicznych na obszarach o złożonej genezie. *W: Współczesne problemy geologii inżynierskiej w Polsce (red. J. Liszkowski). Mat. II Ogólnopolskiego Symp. Kiekrz k/Poznań: 195–201.*
- FALKOWSKA E., 2009 — Geomorfologiczne uwarunkowania występowania naturalnych geologicznych barier izolacyjnych na wybranych obszarach Polski środkowej. Wyd. UW, Warszawa.
- HOAG R.S., PRICE J.S., 1995 — A field-scale, natural gradient solute transport experiment in peat at a Newfoundland blanket bog. *J. Hydrol., 172, 14: 171–184.*
- HOBBS N.B., 1986 — Mire morphology and the properties and behaviour of some foreign peats. *Quart. J. Engin. Geol., 19, 1: 7–80.*
- ILNICKI P., ŻUREK S., 1996 — Peat resources in Poland. *W: Global peat resources (red. E. Lappalainen): 119–125. International Peat Society, Geological Survey of Finland.*
- INGRAM H.A.P., 1983 — Hydrology. *W: Ecosystems of the world 4A. Mires: swamp, bog, fen and moor (red. A.J.P. Gore): 67–158. Elsevier.*
- KROGULEC E., 1992 — Określenie parametrów hydrogeologicznych osadów słaboprzepuszczalnych w warunkach in situ przy zastosowaniu systemu monitoringu wód podziemnych BAT. *Tech. Poszuk. Geol., 5: 47–51.*
- KYZIOŁ J., 2002 — Effect of physical properties and cation exchange capacity on sorption of heavy metals into peats. *Pol. J. Environ. Stud., 11, 6: 713–718.*
- MAJER E., 2007 — Metodyka doboru gruntu w ramach projektowania mineralnych przestroni izolacyjnych składowisk odpadów. *W: Współczesne problemy geologii inżynierskiej w Polsce. III Ogólnopolskie Symp., Puszczykowo. Geologos, 11: 240–252.*
- MAŁECKI J., NAWALNY M., WITCZAK S., GRUSZCZYŃSKI T., 2006 — Wyznaczanie parametrów migracji zanieczyszczeń w ośrodku porowatym dla potrzeb badań hydrogeologicznych i ochrony środowiska. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- MYŚLIŃSKA E., 2001 — Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- OKRUSZKO H., 1974 — Zasady podziału gleb organicznych. *Wiad. IMUZ, 12, 1: 19–38.*
- OKRUSZKO H., 1991 — Zasady nawożenia gleb torfowych. *Bibl. Wiad. IMUZ, 77: 87–103.*
- OKRUSZKO H., 1994 — System of hydrogenic soil classification used in Poland. *W: Taxonomy of hydrogenic soils and sites used in Poland (red. H. Okruszko). Bibl. Wiad. IMUZ, 84: 5–27.*
- OKRUSZKO H., OŚWIT J., DEMBEK W., 1996 — Characterization and valuation of wetlands and grasslands in Poland in the aspect of natural environment protection. *Mat. Sem. IMUZ, 35.*
- OSMĘDA-ERNST E., WITCZAK S., 1991 — Niektóre problemy związane z laboratoryjnymi badaniami parametrów migracji metali ciężkich w wodach podziemnych. *Zesz. Nauk. AGH, Soz. Sozotech., 31: 9–28.*
- RYDELEK P., 2011 — Geneza i skład części mineralnych wybranych złóż torfów niskich Wysoczyzny Lubartowskiej. *Woda Środ. Obsz. Wiejskie, 11, 2 (34): 135–149.*
- SAPEK B., 1980 — Zachowanie się miedzi w zmeliorowanych glebach torfowych z użytków zielonych. *Rocz. Nauk. Rol., seria F, 80, 1: 13–39.*
- SAPEK B., 1982 — Pomiar sorpcji miedzi jako test oceny pojemności sorpcyjnej utworów organicznych. *Rocz. Glebozn., 38, 2/3: 343–349.*
- WITCZAK S., ADAMCZYK A.F., 1994 — Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. Tom 1. Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa.

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate three peatlands in the Lubartów Plateau (marked as A, B and C) as a potential natural geological barriers.

The studied peatlands represent the type of valley bogs with different geological structure of adjacent areas. The peatlands A and B are located in a typical kame area around the Plateau, and C – in the south part of the Plateau, in the vicinity of the Nałęczów Tableland.

The studies were carried out on 131 samples of peat and 52 samples of moorsh collected from the drillings. The samples for laboratory tests were taken when macroscopic change of composition of plant residues or degree of decomposition was noticed, but not less sparsely than from each 50 cm of

the profile. The physical and chemical parameters were determined: organic matter and carbonates content, pH and cation exchange capacity (CEC). The values of permeability coefficient were determined during the fieldwork (4 profiles of peatland A, 2 profiles of peatland B and 1 profile of peatland C).

The peatlands A and B have showed many similarities (type of peat, physical and chemical properties). The highest values of CEC were obtained for tall sedge peats, the lowest values – for the alder swamp peats. The peatland C have showed different properties: the highest values of cation exchange capacity, the lowest permeability and the lowest variability of those parameters. The peatland C have showed the best potential isolating properties.

