

Dorota Kawałko*, Paweł Jezierski*, Jarosław Kaszubkiewicz*

**WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE GLEB W LASACH GRĄDOWYCH
NA TERENIE PARKU KRAJOBRAZOWEGO „DOLINA JEZIERZYCY”**

**PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS IN FOREST *GALIO
SYLVATICI-CARPINETUM* OF LANDSCAPE PARK „JEZIERZYCA
RIVER VALLEY”**

Słowa kluczowe: gleby leśne, lasy grądowe, właściwości fizykochemiczne gleb, Park Krajobrazowy „Doliny Jezierzycy”.

Key Words: forest soils, forest *Galio Sylvatici-Carpinetum*, physico-chemical properties of soils, Landscape „Park Jezierzycy River Valley”.

The main of this work was analysing physic-chemical properties of soils in forest Galio Sylvatici-Carpinetum of Landscape Park „Jezierzycy River Valley”. Experimental sites were chosen with regard to the kind of a forest habitat (Galio Sylvatici-Carpinetum) and texture of soils. There were gley soils and river alluvial soils.

Constant supply of organic matter in the form of drop from deciduous trees and pine needles contributes to the occurrence of significant contents of organic carbon, particularly in the levels of organic and decrease in mineral levels. Analyzed river alluvial soils compared with gley soils characterized by better sorptive properties, which affected both the different content of organic matter and clay fractions in the individual genetic horizons. All analyzed soils in Galio Sylvatici-Carpinetum forests are insufficiently rich in available phosphorus and available potassium and are characterized by average or good wealth of available magnesium.

1. WPROWADZENIE

Szczególne predyspozycje dolin rzecznych dla gospodarki człowieka spowodowały silną presję na środowisko przyrodnicze tych terenów i ich znaczne przeobrażenie podpo-

* *Dr inż. Dorota Kawałko, dr inż. Paweł Jezierski, dr hab. Jarosław Kaszubkiewicz – Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław; tel.: 71 320 56 25; e-mail: dorota.kawalko@up.wroc.pl*

rządkowane głównie celom produkcji rolniczej, żeglugi i osadnictwa [Danielewicz 1993]. Utwory aluwialne występujące w dolinach rzecznych, ze względu na swoją złożoną genezę, charakteryzuje bardzo duże zróżnicowanie właściwości fizycznych i chemicznych. Zmienność ta występuje zarówno pomiędzy osadami różnych rzek, jak i w obrębie aluwiiów tej samej rzeki [Długosz i in. 2009].

Mady rzeczne są młodymi glebami holoceniowymi, powstającymi w specyficznych warunkach ekologicznych, hydrologicznych i geomorfologicznych uwarunkowanych charakterem rzeki, odcinkiem jej biegu, cechami jej zlewni oraz klimatem [Laskowski 1986]. Zasadniczym czynnikiem ich tworzenia są powierzchniowe wody przepływowe, które w zależności od czasu, ilości, prędkości przepływu przesądzają o przestrzennym i pionowym rozmieszczeniu osadów aluwialnych, ich składzie granulometrycznym oraz mikrorzeźbie [Chojnicki 2002].

Jednym z typów siedlisk wchodzących w skład specjalnej ochrony siedlisk są grądy. Są to lasy liściaste, z przewagą dębów (częściej szypułkowego) i graba, a regionalnie lipy drobnolistnej, buka i świerka. W znacznej części areалу grądy są trwałymi zbiorowiskami naturalnymi. Naturalne grądy są lasami wielogatunkowymi, wielowiekowymi, z obecnością drzew zamierających, dziuplastych i wykrotów. Cechą szczególnie wyróżniającą te lasy jest wielowarstwowość [Matuszkiewicz 2007].

Dolina rzeki Jezierzycy stanowi oś Dębniańskich Mokradeł objętych programem Natura 2000. Przedstawione w pracy wyniki są fragmentem szerszych badań dotyczących składu i właściwości gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych pod lasami grądowymi obszarów chronionych na Dolnym Śląsku.

Celem pracy było określenie wybranych właściwości fizykochemicznych gleb pod lasami grądowymi na terenie Parku Krajobrazowego „Dolina Jezierzycy”.

2. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Prace terenowe w granicach Parku Krajobrazowego „Dolina Jezierzycy” przeprowadzono w lipcu 2007 i sierpniu 2008 r. po wcześniejszym przestudiowaniu materiałów kartograficznych. Na ich podstawie wytypowano miejsca, w których wykonano 9 profili glebowych. Przy wyborze miejsc odkrywek kierowano się rodzajem zbiorowiska (grąd środkowoeuropejski) oraz rodzajem skały macierzystej. Profile glebowe zostały opisane zgodnie z zaleceniami Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego. Z wydzielonych poziomów genetycznych pobrano próbki glebowe, w których oznaczono: zawartość węgla organicznego w poziomach mineralnych – metodą Tiurina, w poziomach organicznych przez wyżarzenie, zawartość azotu ogólnego – metodą Kjeldahla, pH w 1 mol KCl·dm⁻³ – potencjometrycznie, kwasowość wymienną – metodą Sokołowa, zawartość wymiennych kationów zasadowych – metodą Pallmana w 1 mol CH₃COONH₄·dm⁻³ o pH 7 oraz zawartości przyswajalnych form P i K – metodą Egnera-Riehma i Mg – metodą Schachtschabela.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

Analizowane gleby zaliczono do dwóch działów: gleb semihydrogenicznych (profile 1–4) oraz gleb napływowych (profile 5–9). Pierwszą grupę stanowią gleby gruntowo-glejowe właściwe i torfiasto-glejowe z dobrze wykształconym poziomem próchnicznym. Profile te mają miąższość od 24 do 30 cm i są silnie poprzerastane korzeniami. Zostały wykonane w siedlisku lasu mieszanego wilgotnego, w odległości około 40 m od rowu melioracyjnego, gdzie lustro wody gruntowej znajdowało się na głębokości 30 cm. Druga grupa to mady rzeczne próchniczne średnie, ciężkie i bardzo ciężkie [Klasyfikacja gleb leśnych Polski 2000] o niskim poziomie wody gruntowej, zlokalizowane w lesie świeżym, około 100 m od cieku wodnego. W budowie profilowej niektórych mad (profile 5, 6, 7) zaznacza się obecność warstw namulów, gdzie ilość substancji organicznej jest większa niż w powierzchniowych poziomach mineralnych. Wszystkie analizowane gleby charakteryzuje oglejenie oddolne. Charakterystykę właściwości fizycznych tych gleb przedstawiono we wcześniejszej publikacji [Kawałko, Kaszubkiewicz 2011].

Najważniejsze funkcje materii organicznej są związane z jakością środowiska glebowego, wodnego i powietrza. Ze względu na dużą rolę materii organicznej w kształtowaniu struktury gleby, wpływa ona na dynamikę wody, jej jakość oraz cykl azotu. Materia organiczna gleb jest również centrum obiegu węgla, jego sekwestracji oraz produkcji i emisji CO₂ [Gonet 2007].

W analizowanych glebach gruntowo-glejowych (profile 1–4) zawartość C_{org} w poziomach organicznych kształtuje się w granicach od 6,7% w poziomie Otni profilu 1 do 45,1% w poziomie O profilu 2 (tab. 1). W poziomach akumulacyjnych zawartość węgla waha się między 1,77% w poziomie A2 profilu 4 a 7,55% w poziomie A1 profilu 2. W poziomach oglejenia zawartość węgla jest niewielka i mieści się w granicach od 0,14% w profilu 3 do 0,60% w profilu 1. Widać wyraźnie, że zawartość węgla maleje wraz z głębokością profili, co wiąże się też ze spadkiem zawartości próchnicy oraz ich składem granulometrycznym. Gleby wytworzone z piasków są uboższe w materię organiczną niż gleby bogate we frakcję ilastą. Związane jest to z mniejszą retencją wody, większą aeracją gleb wytworzonych z piasków i szybszym rozkładem materii organicznej niż w glebach cięższych [Gonet, Markiewicz 2007].

W badanych madach (profile 5–9) najwyższa zawartość węgla organicznego obserwowana jest w ściółkach i wynosi od 18,6% w profilu 5 do 28,3% w profilu 7 (tab. 1). Analizując poziomy mineralne, stwierdzono, że najwyższe zawartości C_{org} występują w warstwach namulów A3 profili 5, 6, 7 i wynoszą odpowiednio: w profilu 5 – 6,73%, w profilu 6 – 5,25%, a w profilu 7 – 6,86%. Przyczyną wyższej zawartości substancji organicznej w warstwach głębszych w porównaniu z płytszymi może być przykrycie namulami mineralnymi utworów bogatych w substancję organiczną. W wyniku odcięcia dostępu powietrza warstwy te, znajdując się stale pod lustrem wody gruntowej lub pod silnym działaniem tej wody, zachowały wysoką zawartość substancji organicznej [Laskowski 1986, Malinowski 2008]. W pozosta-

łych profilach widać typowe rozmieszczenie substancji organicznej z maksymalną jej zawartością w poziomach wierzchnich, stopniowo zmniejszającą się wraz z głębokością, co jest zgodne z wynikami innych autorów.

Ogólna zawartość azotu w glebach zależy od ilości dopływającej do gleby substancji organicznej, jej zasobności w azot i kierunku rozkładu. Zawartość azotu przyjmuje się jako stałą cechę gleby związaną z jej typem i sposobem użytkowania [Ostrowska i in. 2001]. W omawianych glebach gruntowo-glejowych (profile 1–4) zawartość azotu ogólnego w poziomach organicznych waha się w granicach od 0,24% w poziomie Otni profilu 1 do 1,79% w poziomie O profilu 1 (tab.1). W poziomach akumulacyjnych jego zawartość wynosi od 0,08% w poziomie A2 profilu 4 do 0,29% w poziomie A1 tego samego profilu. Badania laboratoryjne nie wykazały obecności azotu ogólnego w poziomach oglejenia. Widać wyraźnie, że zawartość azotu spada wraz z głębokością profili, podobnie jak zawartość węgla.

Stosunek węgla do azotu jest jednym z podstawowych wskaźników obrazujących natężenie procesów przemian substancji organicznej gleby [Mocek i in. 1997]. Jest on czynnikiem decydującym o udostępnieniu roślinom wyższym azotu wchodzącego w skład resztek roślinnych, wpływa na aktywność mikrobiologiczną gleby i szybkość rozkładu substancji organicznej [Lityński, Jurkowska 1982]. W badanych glebach gruntowo-glejowych stosunek C/N waha się w granicach od 10,6 w poziomie A2 profilu 2 do 32,2 w poziomie O profilu 2 i wykazuje raczej tendencję spadkową w głąb profili. Wyjątkiem jest profil 1, gdzie w poziomie Otni odnotowano wyższy stosunek niż w poziomie O (tab. 1).

Analizując poziomy próchnicy nadkładowej w madach, stwierdzono, że największa zawartość azotu występuje w profilu 6 (1,68%), najmniejsza natomiast w profilu 9 (1,36%). W poziomach mineralnych największa ilość azotu występuje w poziomie A3 profilu 7 i wynosi 0,42%, najmniejsza w poziomie A/Cgg profilu 6, gdzie przyjmuje wartość 0,08%. Stosunek C/N w tych utworach wynosi od 7,8 (poziom A1, profil 7) do 19 (poziom O, profil 4). We wszystkich profilach, oprócz odkrywki 5, poziomy ściółek wykazują najszerzy stosunek C:N w danym profilu. W profilu 9 widać wyraźny spadek C:N wraz z głębokością, co może być skutkiem wiązania amoniaku z powietrza przez skałę macierzystą we wczesnym okresie powstawania gleby [Kononowa 1968].

Na odczyn gleb leśnych oddziałuje wiele czynników, spośród których największe znaczenie mają kwasy organiczne, powstające w czasie procesów rozkładu substancji organicznych, gromadzących się na dnie lasu i rozkładanych przede wszystkim przez grzyby oraz przez promieniowce i bakterie. Woda opadowa spływająca po koronach i pniach drzew ma już często odczyn wyraźnie kwaśny, zanim dojdzie do ściółki leśnej. Tam stopień jej zakwaszenia znacznie się zwiększa.

Liczne badania wykazały, iż duży wpływ na zakwaszenie gleb leśnych ma również gatunek rośliny dostarczającej główną masę ściółki leśnej, z której powstaje próchnica nadkładowa. Najbardziej zakwaszająco na gleby wpływa ściółka drzew iglastych i krzewinek, w znacznie mniejszym stopniu ściółki liściaste [Dziadowiec i in. 2005].

Tabela 1. Wybrane właściwości badanych gleb [Wojtunik 2008, Pietrzyka 2009]**Table 1.** Chosen properties of analysed soils

Nr profilu	Poziom	Głębokość poziomu, cm	Grupa	pH _{KCl}	C _{org} , %	N, %	C/N	Zawartość form przyswajalnych, mg·kg ⁻¹		
								P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
1	O	3–0	–	4,3	27,1	1,79	15,1	no	no	no
	Otni	0–14	–	4,5	6,70	0,24	27,9	no	no	no
	Agg	14–24	ps	5,5	2,05	0,18	11,4	19,0	24,0	71,3
	G	>24	pl	5,3	0,60	no	–	1,5	16,0	18,2
2	O	3–0	–	4,5	45,1	1,40	32,2	no	no	no
	A1	0–10	ps	3,2	7,55	0,28	27,0	6,6	57,0	190,7
	A2	10–30	ps	3,3	2,86	0,27	10,6	6,2	53,0	106,1
	G	>30	pl	4,5	0,25	no	–	1,5	24,0	34,8
3	O	1–0	–	5,0	31,6	1,51	20,9	no	no	no
	A1	0–11	ps	4,0	4,92	0,25	19,7	14,8	106,0	131,0
	A2	11–21	ps	3,8	2,26	0,13	17,4	4,9	37,0	28,2
	G	>21	ps	4,7	0,14	no	–	5,6	35,0	23,2
4	O	2–0	–	4,7	30,3	1,04	29,2	no	no	no
	A1	0–8	ps	4,5	3,95	0,29	13,6	12,4	117,0	102,8
	A2	10–25	ps	5,2	1,77	0,08	22,1	3,0	36,0	96,2
	G	>25	ps	5,7	0,57	no	–	1,0	23,0	33,2
5	O	3–0	–	4,7	18,6	1,50	12,4	no	no	no
	A1	0–20	gsp	3,2	3,94	0,26	15,2	15,0	116,0	148,0
	A2	20–36	ip	3,6	2,88	0,19	15,2	13,0	75,0	138,0
	A3	36–59	gsp	5,9	6,73	0,40	16,8	15,0	37,0	159,0
	Cgg	59–74	gcp	7,2	no	no	no	15,0	36,0	201,0
	IIcGg	74+	pl	7,3	no	no	no	15,0	10,0	25,0
6	O	3–0	–	4,6	27,0	1,68	16,1	no	no	no
	A1	0–16	gsp	3,5	3,50	0,32	10,9	20,0	72,0	194,0
	A2	16–41	gsp	3,8	2,76	0,20	13,8	14,0	49,0	229,0
	A3	41–60	gsp	5,0	5,25	0,37	14,2	20,0	41,0	224,0
	AVcGg	60–73	gsp	5,2	1,23	0,11	11,2	20,0	35,0	179,0
	IIcGg	73+	pl	6,2	no	no	no	19,0	11,0	36,0
7	O	3–0	–	4,2	28,3	1,64	17,3	no	no	no
	A1	0–21	glp	3,5	2,90	0,37	7,80	23,0	54,0	101,0
	A2gg	21–44	gcp	4,0	2,24	0,18	12,4	21,0	50,0	114,0
	A3gg	44–70	pgmp	5,3	6,86	0,42	16,3	20,0	42,0	98,0
				5,7		no	no	1,3	5,2	8,3
	IIcGg	70–76	gsp	5,7	no	no	no	19,0	10,0	20,0
	IIICgg	76–90	pl	6,3	no	no	no	17,0	10,0	13,0
	IIICgg2	90+	pl	6,7	no	no	no	23,0	54,0	101,0
O	3–0	–	4,4	26,6	1,40	19,0	no	no	no	
8	A1	0–25	pgmp	3,2	3,73	0,31	12,0	34,0	90,0	129,0
	A2	25–40	gs	4,0	3,21	0,26	12,3	13,0	43,0	161,0
	IIcGg	40–54	pl	4,5	no	no	no	13,0	10,0	23,0
	IIICgg	54–70	ppl	5,0	no	no	no	1,03	20,0	21,0
	IVcGg	70+	pl	5,1	no	no	no	15,0	10,0	20,0
	O	3–0	–	4,7	22,2	1,36	16,3	no	no	no
9	A1	0–23	gl	3,1	1,88	0,16	11,8	15,0	58,0	96,0
	A2	23–47	gl	3,8	1,40	0,14	10,0	12,0	40,0	156,0
	Cgg	47–60	gl	3,9	no	no	no	10,0	27,0	141,0
	IIcGg	60+	pl	4,4	no	no	no	14,0	10,0	25,0

Tabela 2. Właściwości sorpcyjne badanych gleb [Wojtunik 2008, Pietrzyka 2009]

Table 2. Sorptive properties of analysed soils

Nr profilu	Poziom	Głębokość poziomu, cm	Kw	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T	V, %
1	Otni	0–14	9,00	4,80	1,23	0,22	0,36	6,61	15,61	42,4
	Agg	14–24	5,99	4,80	0,59	0,09	0,30	5,78	11,70	49,4
	G	>24	2,26	0,88	0,18	0,04	0,13	1,23	3,49	35,2
2	A1	0–10	11,52	4,00	0,82	0,12	0,43	5,37	16,89	31,8
	A2	10–30	11,69	2,40	0,48	0,06	0,30	3,24	14,93	21,7
	G	>30	8,67	1,44	0,27	0,04	0,14	1,89	10,56	17,9
3	A1	0–11	7,25	4,36	0,66	0,19	0,22	5,43	12,68	42,8
	A2	11–21	6,69	1,96	0,29	0,08	0,16	2,49	9,18	27,1
	G	>21	8,09	1,16	0,21	0,04	0,12	1,53	9,62	15,9
4	A1	0–8	8,21	5,56	0,76	0,11	0,33	6,75	14,96	45,1
	A2	10–25	6,77	5,08	0,75	0,11	0,36	6,30	13,07	48,2
	G	>25	4,33	1,96	0,41	0,08	0,26	2,71	7,04	38,5
5	A1	0–20	7,24	7,34	2,27	0,30	0,24	10,1	17,4	58,0
	A2	20–36	6,76	13,2	2,63	0,25	0,44	16,5	23,3	70,8
	A3	36–59	5,06	30,4	3,90	0,21	0,84	35,3	40,4	87,4
	Cgg	59–74	3,12	12,0	3,18	0,10	0,80	16,1	19,2	83,8
	IIcgg	74+	2,08	1,92	0,55	0,05	0,14	2,66	4,74	56,1
6	A1	0–16	8,80	8,00	2,90	0,24	0,25	11,4	20,2	56,4
	A2	16–41	6,90	12,4	3,14	0,18	0,34	16,1	23,0	70,0
	A3	41–60	5,10	32,0	4,40	0,11	0,51	37,0	42,2	87,7
	A/Cgg	60–73	3,14	11,6	2,14	0,09	0,35	14,2	17,3	82,1
	IIcgg	73+	1,06	1,92	0,61	0,07	0,16	2,76	3,82	72,2
7	A1	0–21	10,5	7,04	1,87	0,20	0,22	9,33	19,8	47,1
	A2gg	21–44	9,36	10,8	1,76	0,14	0,29	13,0	22,4	58,0
	A3gg	44–70	8,08	32,0	3,24	0,17	0,75	36,2	44,3	81,7
	IIcgg	70–76	6,26	11,6	1,58	0,14	0,38	13,7	20,0	68,5
	IIIcgg	76–90	6,06	1,54	0,49	0,04	0,14	2,21	8,27	26,7
	IIIcgg2	90+	2,00	1,30	0,49	0,05	0,15	1,99	3,99	49,9
8	A1	0–25	10,1	4,64	1,46	0,15	0,19	6,44	16,5	39,0
	A2	25–40	8,28	10,8	2,09	0,14	0,31	13,3	21,6	61,6
	IIcgg	40–54	6,10	1,62	0,49	0,04	0,12	2,27	8,37	27,1
	IIIcgg	54–70	5,10	3,06	0,81	0,05	0,15	4,07	9,17	44,4
	IVcgg	70+	4,38	1,16	0,55	0,07	0,17	1,95	6,33	30,8
9	A1	0–23	7,76	1,94	1,25	0,15	0,13	3,47	11,2	30,9
	A2	23–47	6,64	4,72	1,92	0,10	0,17	6,91	13,5	51,2
	Cgg	47–60	4,20	4,56	1,56	0,10	0,23	6,45	10,6	60,8
	IIcgg	60+	3,12	1,16	0,45	0,09	0,16	1,86	4,98	37,3

Niemal we wszystkich analizowanych glebach gruntowo-glejowych obserwuje się wzrost pH w poziomach oglejenia w stosunku do poziomów akumulacyjnych (tab. 1). Wyjątek stanowi profil 1, gdzie najwyższe pH charakteryzuje poziom Agg. Na podstawie uzyskanych wartości można stwierdzić, że gleby te charakteryzuje odczyn od silnie kwaśnego po słabo kwaśny. Badane mady wykazują odczyn od silnie kwaśnego, przeważającego w glebach Parku, do zasadowego, obserwowanego wyłącznie w poziomie IICgg profilu 5. W profilu 9 wszystkie poziomy genetyczne wykazują odczyn silnie kwaśny. Wyraźnie widoczny jest wzrost odczynu w głąb profilu glebowego.

Znaczne zakwaszenie wykazują także mady w dolinie Odry badane przez Laskowskiego [1986] i Malinowskiego [2008]. Silne zakwaszenie gleb leśnych można uznać za ich cechę trwałą. Wiąże się to z ciągłym dopływem substancji organicznej do gleby, która ulegając humifikacji, dostarcza kwaśnych produktów przenikających wraz z opadami do gleby [Pojkojska 1986, Dziadowiec i in. 2005].

W przedstawionych glebach gruntowo-glejowych (profile 1-4) pojemność sorpcyjna (T) mieści się w granicach od 3,49 cmol(+) \cdot kg⁻¹gleby w poziomie G profilu 1 do 16,89 cmol(+) \cdot kg⁻¹ gleby w poziomie A1 profilu 2 (tab. 2). Widać tu wyraźnie obniżenie wartości omawianego parametru wraz z głębokością profilu. Jest to związane z malejącą w głąb profili kwasowością wymienną (Kw) oraz sumą kationów zasadowych (S). Wspomniana suma kationów kształtuje się w przedziale od 1,23 cmol(+) \cdot kg⁻¹gleby w poziomie G profilu 1 do 6,75 cmol(+) \cdot kg⁻¹gleby w poziomie A1 profilu 4.

Analizowane gleby gruntowo-glejowe wykazują niski stopień wysycenia kationami o charakterze zasadowym (V). Parametr ten jest najwyższy w poziomie Agg profilu 1 i wynosi 49,4%. Wartość najniższa równa 15,9%, charakteryzuje poziom G w profilu 3. Wraz ze zmniejszaniem się udziału jonów wodorowych w kompleksie sorpcyjnym stopień wysycenia zasadami wzrasta stopniowo, odpowiednio do wzrostu pH. Dzieje się tak, ponieważ przy wyższym odczynie dochodzi do wzrostu potencjału elektrokinetycznego cząsteczek koloidalnych. Następuje też dysocjacja mniej ruchliwych jonów wodorowych, co daje efekt wzrostu pojemności sorpcyjnej.

W madach największe wartości pojemności sorpcyjnej występują w poziomach namułó A3, gdzie przekraczają one 40 cmol(+) \cdot kg⁻¹gleby. Stopniowy spadek wraz z głębokością zauważalny jest w profilu 8, natomiast wyższa zawartość w poziomie A2 związana jest z wysoką zawartością wapnia. Najmniejsze wartości kształtują się w poziomach skał macierzystych. Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi wynosi tu od 26,7% (poziom IIICgg, profil 7) do 87,7% (poziom A3, profil 6). Największy stopień wysycenia zasadami obserwowany jest w poziomach namułó A3 profili 5, 6 i 7, gdzie wynosi ponad 80%. Najmniejszy nieprzekraczający 30% wykazują poziomy IICgg w profilu 7 i IICgg w profilu 8, które mają uziarnienie piasków luźnych (tab. 1). Badania innych autorów również potwierdzają znaczne zdolności sorpcyjne poziomów o zwięzłym składzie granulometrycznym [Orzechowski i in. 2005, Malinowski 2008]. Kompleks sorpcyjny wszyst-

kich badanych gleb w największym stopniu wysycony jest kationami Ca^{2+} , następnie Mg^{2+} , a w najmniejszej ilości kationami Na^+ i K^+ .

W badanych leśnych glebach gruntowo-glejowych zawartość przyswajalnego fosforu mieści się w przedziale od $1,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby (poziom G, profil 4) do $19,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby (poziom Agg, profil 1) (tab. 2). Są to niewielkie wartości fosforu, pozwalające zakwalifikować badane gleby tylko do niedostatecznie zasobnych w ten pierwiastek [Kocjan 2000]. Podobne wyniki uzyskał Klimowicz [1980], badając gleby Równiny Tarnobrzeskiej. Podaje on, że w glebach tarnobrzeskich wytworzonych z piasku zasobność w łatwo przyswajalny fosfor jest na ogół niska, a średnią zasobność wykazują tylko niektóre poziomy próchniczne. Zawartość przyswajalnego potasu w analizowanych utworach mieści się w przedziale od $16,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby (poziom G, profil 1) do $117,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby (poziom A1, profil 4). Pod względem zasobności w K_2O wyróżniają się poziomy A1 profilu 3 ($106,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) i A1 profilu 4 ($117,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby), które zaliczyć można odpowiednio do gleb średnio i dobrze zasobnych. Pozostałe poziomy są niedostatecznie zasobne w potas. Omawiane gleby zawierają od $18,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby (poziom G, profil 1) do $190,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby (poziom A1, profil 2). Większość poziomów wykazuje dobrą zasobność w MgO. Wyjątek stanowią: poziomy G profilu 1 oraz poziomy A2 i G profilu 3, które zakwalifikowano do gleb średnio zasobnych w przyswajalne formy tego pierwiastka.

W badanych madach zawartość przyswajalnego fosforu kształtuje się na poziomie od $10,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby (poziom Cgg, profil 9) do $34,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby (poziom A1, profil 8) (tab. 2). Najwyższe zawartości obserwuje się w poziomach wierzchnich, co związane jest z dużą kumulacją materii organicznej pochodzącej z warstwy próchnicy nadkładowej. Podwyższoną koncentrację można też zauważyć w poziomach namulów A3 profili 5, 6 i 7 zasobnych w C_{org} . Głębiej położone poziomy glebowe cechuje na ogół mniejsza zawartość przyswajalnych form tego pierwiastka, co związane jest z jego bardzo małą ruchliwością [Chodak 2001]. W szczególnych przypadkach fosfor może ulegać przeniesieniu w głąb profilu glebowego i występować tam w większych ilościach (profil 5 i 6). Czynnikiem za to odpowiedzialnym są intensywne opady atmosferyczne albo też wysokie uwilgotnienie terenu. Wraz z wodą fosfor przechodzi w wyniku przesiąkania do poziomów głębszych i zalega w nich już jako niedostępny dla roślinności zielnej. Zasobność w przyswajalne formy fosforu klasyfikują analizowane gleby do gleb niedostatecznie zasobnych w ten pierwiastek, jedynie poziom A1 profilu 8 jest średnio zasobny. Tak niską zawartość należy tłumaczyć wiązaniem fosforanów przez jony Al^{3+} oraz Fe^{3+} , które występują w glebach silnie kwaśnych.

Omawiane mady zawierają od $10,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby w poziomach najgłębiej zalegających każdego z profili do $116,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby (poziom A1, profil 5) (tab. 2). Najmniejsze ilości potasu występują w poziomach najgłębszych i wynikają z bardzo małej zawartości frakcji spławialnej, co znajduje potwierdzenie w literaturze [Lityński, Jurkowska 1982]. Spadek zawartości potasu przyswajalnego wraz z głębokością można zauważyć w profilach: 5, 6 i 9. Według wskaźników zasobności gleby w łatwo rozpuszczalny potas [Kocjan 2000], więk-

szość poziomów analizowanych gleb należy do III klasy zasobności, a więc niedostatecznie zasobnych. Średnio zasobne w potas są poziomy: A2 profilu 5, A1 profilu 6 oraz A1 profilu 8. Poziom A1 profilu 5 kwalifikuje się do klasy dobrze zasobnej w potas przyswajalny.

W glebach tych magnez przyswajalny stanowi od 13,0 mg·kg⁻¹gleby (poziom III Cgg2, profil 7) do 229,0 mg·kg⁻¹gleby (poziom A2, profil 6). Większość poziomów wykazuje dobrą zasobność w ten pierwiastek, jedynie w niżej zalegających poziomach profili 5, 7, 8 i 9, bogatych we frakcję piasku, występuje zasobność średnia. Mady na terenie Parku Narodowego „Ujście Warty” również są ubogie w przyswajalny fosfor i potas, a zasobne w przyswajalny magnez [Malinowski 2008].

4. WNIOSKI

1. Stały dopływ substancji organicznej w postaci opadu z drzew liściastych oraz igliwia przyczynia się do występowania znacznych ilości węgla organicznego, szczególnie w poziomach organicznych i jego spadek w poziomach mineralnych.
2. W warstwach mineralnych najwyższe wartości węgla organicznego obserwuje się w poziomach akumulacyjnych. Wyjątek stanowią mady bardzo ciężkie i ciężkie, gdzie wartości maksymalne przypadają na warstwy namulów.
3. Badane mady w porównaniu z glebami gruntowo-glejowymi charakteryzują lepsze właściwości sorpcyjne, na co wpłynęła zarówno różna zawartość substancji organicznej, jak i frakcji spławianej w poszczególnych poziomach genetycznych.
4. Wszystkie analizowane gleby w lasach grądowych są niedostatecznie zasobne w fosfor i potas, natomiast odznaczają się średnią lub dobrą zasobnością w przyswajalny magnez.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009–2012 jako projekt badawczy nr N N305 154537

PIŚMIENNICTWO

- CHODAK T. 2001. Phosphor – fertilization and its influence on movement of soil colloids. Proceeding ISNB 15, Wrocław: 333–334.
- CHOJNICKI J. 2002. Procesy glebotwórcze w madach środkowej Wisły i Żuław. Wydawnictwo SGGW, Warszawa: 83.
- DANIELEWICZ W. 1993. Lasy i zadrzewienia dolin rzecznych – znaczenie gospodarcze oraz rola w ochronie środowiska przyrodniczego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 412: 33–39.
- DŁUGOSZ J., ORZECHWSKI M., SMÓLCZYŃSKI S., KOBIERSKI M. 2009. Skład mineralny frakcji ilastej osadów aluwialnych wybranych rzek północno-wschodniej Polski. Rocz. Glebozn., LX, 2: 24–31.

- DZIADOWIEC H., POKOJSKA U., PRUSINKIEWICZ Z. 2005. Materia organiczna, koloidy i roztwór glebowy jako przedmiot badań specjalistycznych. Badania ekologiczno-gleboznawcze. PWN, Warszawa: 113–244.
- GONET S. 2007. Materia organiczna w tematycznej strategii ochrony gleb Unii Europejskiej. *Rocz. Glebozn.*, LVIII, 3/4: 15–26.
- GONET S., MARKIEWICZ M. 2007. Rola materii organicznej w środowisku. *Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych*, Toruń: 31–36.
- KAWAŁKO D., KASZUBKIEWICZ J. 2011. Właściwości fizyczne gleb w lasach grądowych na terenie Parku Krajobrazowego Dolina Jezierzycy. *Rocz. Glebozn.* LXII, 1: 82–90.
- Klasyfikacja gleb leśnych Polski.** 2000. Praca zbiorowa pod red. Kowalkowski A., Czępińska-Kamińska D., Krzyżanowska A., Okołowicz M., Chojnicki J. i in. Centrum Informacji Lasów Państwowych: 68–88.
- KLIMOWICZ Z. 1980. Czarne ziemie Równiny Tarnobrzesckiej na tle zmian stosunków wodnych gleb tego obszaru. *Rocz. Glebozn.* XXXI(1): 163–207.
- KOCJAN H. 2000. Prace przygotowawcze do odnowień i zalesień, sposoby i technika sadzenia oraz pielęgnacja upraw. Wyd. AR w Poznaniu.
- KONONOWA M. 1968. Substancje organiczne gleb. PWRiL, Warszawa: 170–178.
- LASKOWSKI S. 1986. Powstawanie i rozwój oraz właściwości gleb aluwialnych Doliny Środkowej Odry. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, Rozprawy 56.
- LITYŃSKI T., JURKOWSKA H. 1982. Żyzność gleb i odżywianie się roślin, PWN, Warszawa.
- MALINOWSKI R. 2008. Charakterystyka właściwości chemicznych wybranych gleb Parku Narodowego „Ujście Warty”. *Rocz. Glebozn.* LIX(3/4): 185–194.
- MATUSZKIEWICZ J. M. 2007. Zespoły leśne Polski. PWN, Warszawa: 170–191.
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P. 1997. Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wyd. AR w Poznaniu.
- OSTROWSKA A., POREBSKA G., BORZYSZKOWSKI J., KRÓL H., GAWLIŃSKI S. 2001. Właściwości gleb leśnych i metody ich oznaczania. IOŚ, Warszawa.
- ORZECZOWSKI M., SMÓLCZYŃSKI S., SOWIŃSKI P. 2005. Właściwości sorpcyjne gleb aluwialnych Żuław Wiślanych. *Rocz. Glebozn.*, LVI(1/2): 119–127.
- PIETRZYKA N. 2009. Właściwości mad próchnicznych pod lasami grądowymi na terenie PK Dolina Jezierzycy. Praca magisterska pod kierunkiem D. Kawałko, UP, Wrocław (maszynopis).
- POKOJSKA U. 1986. Rola próchnicy w kształtowaniu odczynu, właściwości buforowych i pojemności jonowymiennej gleb leśnych. *Rocz. Glebozn.* 37(2–3): 249–263.
- WOJTUNIK A. 2008. Właściwości gleb gruntowoglejowych pod lasami grądowymi na terenie PK Dolina Jezierzycy. Praca magisterska pod kierunkiem D. Kawałko, UP, Wrocław (maszynopis).