

Andrzej Kacprzak, Marek Drewnik, Łukasz Musielok

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Zakład Gleboznawstwa i Geografii Gleb

ul. Gronostajowa 7, 30–387 Kraków

andrzej.kacprzak@uj.edu.pl, marek.drewnik@uj.edu.pl, l.musielok@uj.edu.pl

Received: 15.02.2012

Reviewed: 19.04.2012

WŁAŚCIWOŚCI I KLASYFIKACJA GLEB POWSTAŁYCH NA HOLOCENSKICH OSADACH RZECZNYCH W DOLINIE GÓRNEGO SANU W REJONIE TARNAWY WYŻNEJ

Properties and classification of soils developed on Holocene river
deposits in upper San river valley near Tarnawa Wyżna

Abstract: The paper presents a study of the diversity of soil properties on a sequence of Holocene river terraces. The main properties taken into consideration include soil profile morphology, particle size distribution, organic carbon content, pH and base saturation. Changes in these properties are discussed in relation to literature concerning soil development on alluvial materials throughout Europe and explained as a result of different time of evolution since the cease of flooding. The systematic position of the studied soils within the new Polish soil classification is also presented as well as their classification according to the international WRB system.

Key words: alluvial soils, Fluvisols, river terraces, soil classification, Bieszczady Mts.

Wstęp

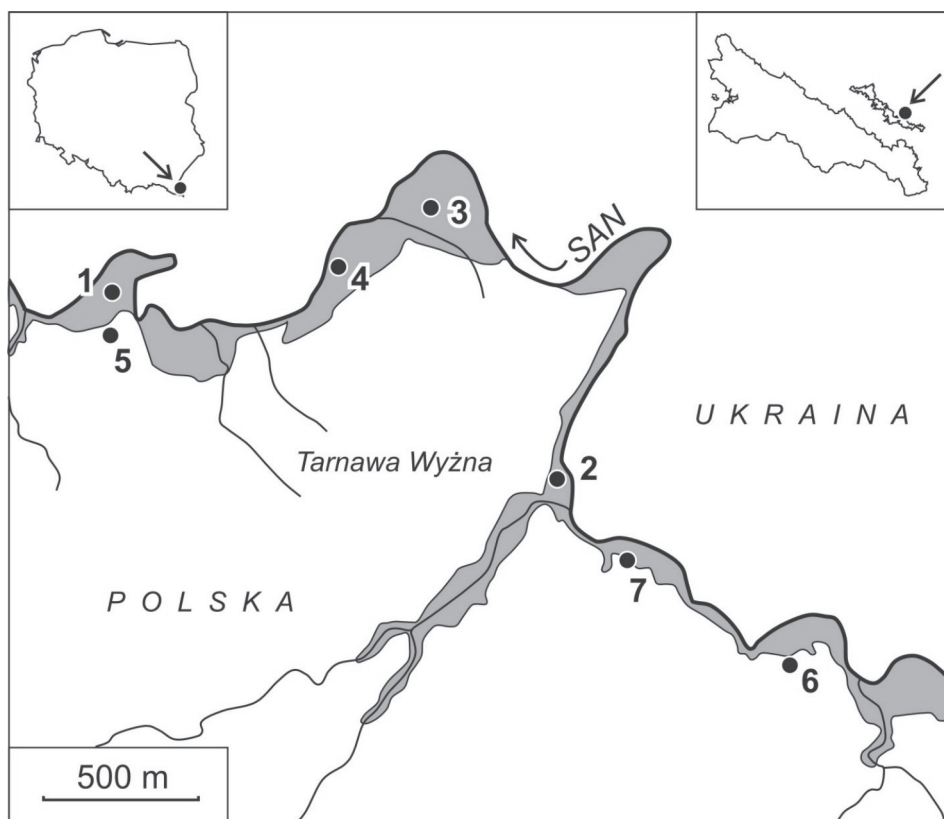
Gleby rozwinięte z osadów rzecznych (aluwiów), nazywane madami rzecznyymi, odznaczają się dużym zróżnicowaniem morfologii i właściwości, wynikającymi ze zmienności uziarnienia i składu mineralnego aluwiów, a także różnic w zawartości materii organicznej (Systematyka gleb Polski 2011). Różnorodność ta jest potęgowana przez, zachodzące zależnie od sytuacji hydrologicznej i zmian wynikających z działalności człowieka, procesy glebotwórcze, takie jak brunatnienie, oglejenie i inne (Chojnicki 2002).

Ze względu na specyficzne właściwości i relatywnie niewielkie obszary występowania gleb wytworzonych z aluwiów rzek górskich, ich problematyka jest stosunkowo rzadko poruszana. Zagadnienia ich właściwości i pozycji systematycznej poruszane są zazwyczaj w odniesieniu do nizinnych odcinków rzek. W Polsce szczegółowymi badaniami objęto środkowe odcinki Odry i Wisły oraz obszar Żuław (Laskowski, Szozda 1985; Dąbkowska-Naskręt 1990; Chojnicki 2002).

Gleby wytworzone z aluwiów w Bieszczadach nie były przedmiotem szczegółowych opracowań naukowych. Ich zwięzła charakterystyka jest zawarta

w monografii gleb BdPN (Skiba i in. 1998) oraz w artykule poświęconym glebom przyłączonej w 1999 r. części BdPN (Skiba i in. 2006), a także w niepublikowanych materiałach Planu Ochrony BdPN (Skiba 1995). Informacje o osadach rzecznych tego obszaru zawarte są w literaturze paleogeograficznej (Ralska-Jasiewiczowa 1980) oraz geomorfologicznej (Dziewański, Starkel 1962; Pękala 1966; Haczewski i in. 2007).

Celem prezentowanych tutaj badań jest analiza właściwości i pozycji systematycznej gleb wykształconych z różnowiekowych osadów rzecznych. Wzięto pod uwagę utwory glebowe rozwinięte z aluwiió górnego Sanu w okolicach Tarnawy Wyżnej (Ryc. 1). Na obszarze tym na niewielkiej przestrzeni występują dobrze widoczne, klasycznie wykształcone stopnie terasowe wieku holocenijskiego (Haczewski i in. 2007), co w założeniu pozwolić może na analizę ewolucji profili glebowych w różnym okresie czasu od ustania (lub nie) procesu aluwialnego.



Ryc. 1. Obszar badań i lokalizacja profili glebowych (kolorem szarym wyróżniono powierzchnię mad).

Fig. 1. Study area and soil profile location (grey colour denotes alluvial soils according to the Polish soil classification).

Zakres i metodyka pracy

Badania terenowe, których wyniki i interpretacja są tu prezentowane, stanowiły część przeprowadzonych w latach 2009–2010 prac, prowadzących do opracowania szczegółowej mapy gleb obszaru przyłączonego w 1999 r. do Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Badania te zostały uzupełnione o dalsze analizy laboratoryjne.

Odkrywki glebowe zostały opisane zgodnie ze standardami PTG oraz międzynarodowymi (FAO 2006). Na pobranych próbkach zostały przeprowadzone analizy podstawowych właściwości gleby: uziarnienie metodą areometryczną, odczyn potencjometrycznie w proporcji 1:2,5 w wodzie destylowanej i w 1M KCl, zawartość węgla organicznego metodą Tiurina w modyfikacji Oleksynowej, suma zasad wymiennych metodą Kappena, wodór i glin wymienny metodą Sokołowa.

Wyniki i dyskusja

Morfologia

W badanym terenie profile glebowe wykazują znaczące zróżnicowanie morfologii, związane z ich usytuowaniem w systemie terasowym (Tab. 1a, 1 b). Jest to zjawisko charakterystyczne dla krajobrazów glebowych obszarów aluwialnych (Gerrard 1992). W profilach gleb występujących na zalewowej terasie 0,5–1 m (profile 1 i 2) największą rolę odgrywają poziomy próchniczne (Ah–Agg) o miąższości sięgającej 50 cm (Tab. 1). Poziomy te mają właściwości zbliżone do poziomów *mollic* (IUSS Working Group WRB 2007; Systematyka gleb Polski 2011), ich barwa jest jednak nieco zbyt jasna. Poniżej poziomów próchnicznych występują silnie oglejone poziomy Cgg lub bezpośrednio występuje zwierciadło wody gruntowej (Ryc. 2).

Profile gleb położonych na wyższych terasach (profile 3–7) są bardziej zróżnicowane i cechują się występowaniem większej liczby poziomów genetycznych, choć przejścia między nimi są często mniej wyraźne – stopniowe (Ryc. 3). Występują tu poziomy *cambic* o barwie od 2.5Y do 10YR. W analizach wieku względnego gleb poziomy o bardziej czerwonym odcieniu (10YR wobec 2.5Y) uznawane są za bardziej dojrzałe (Birkeland 1999; Schaetzl, Anderson 2005). W badanym terenie może to być jednak dyskusyjne, gdyż we wszystkich badanych profilach widoczne są cechy glejowe, a barwa jest w dużej mierze związana z intensywnością oglejenia. Zauważyć należy, że nasilenie procesów glejowych nie jest w prosty sposób związane z odległością od rzeki. Profile 5 i 6 są silnie oglejone mimo położenia na wysokiej terasie 4–6 m, podczas gdy profil 4 położony na tej samej terasie w mniejszej odległości od koryta Sanu wykazuje cechy glejowe o wyraźnie mniejszej intensywności. Jest to wynikiem drenującego od-

Tabela 1 a. Morfologia badanych profili glebowych.
Table 1 a. Soil morphology in the studied profiles.

Głębokość (cm) Depth (cm)	Symbol Horizon	Barwa w stanie wilgotnym Soil colour – moist	Uziarnienie Texture ¹⁾	Struktura Soil structure ²⁾	Układ Consistence ³⁾	Korzenie Roots ⁴⁾	Przejście Boundary ⁵⁾	Części szkieletowe (%) Course fragments (%)
Profil nr 1 – terasa 0,5-1 m. <i>Profile no 1 – 0,5-1 m terrace.</i>								
0-2	Of	10YR 3/2 10YR 3/2 10YR 4/3	pyg pyg pyi	ściółka trawiasta – grass litter				
2-7	Ah1			d3os	p	+++	wf	0
7-17	Ah2			d3os	p	+	wf	0
17-47	Agg			gloa	zw	(+)	-	0
>47		woda gruntowa – water table						
Profil nr 2 – terasa 0,5-1 m. <i>Profile no 2 – 0,5-1 m terrace.</i>								
0-2	Of	10YR 3/2 10YR 4/3 2.5Y 4/1, 7.5YR 4/6	pyi pyi ipy	ściółka trawiasta – grass litter				
2-10	Ah			d3os	zw	+++	wr	0
10-58	Agg			s2oa	zw	++	wr	0
58-70	Cgg			m	bzw	-	-	5
<70		woda gruntowa – water table						
Profil nr 3 – terasa 2 m. <i>Profile no 3 – 2 m terrace.</i>								
0-1	Of	10YR 4/4 10YR 4/6 7.5YR 5/8, 5Y 6/1	pyi gpyi gz	ściółka trawiasta – grass litter				
1-17	A			d3os	p	+++	wf	0
17-70	Bwg			s2oa	zw	++	wr	2
70-(90)	Cg			m	zw	-	-	5
Profil nr 4 – terasa 2 m. <i>Profile no 4 – 2 m terrace.</i>								
0-3	Of	10YR 4/3 10YR 5/3 2.5Y 5/4 2.5Y 5/4, 10YR 6/8, 2.5Y 5/2 2.5Y 5/2, 10YR 6/8, 10YR 5/4 2.5Y 5/2, 10YR 6/8 5Y 4/1, 10YR 6/8	pyi pyi pyi pyi pyi gz gl	ściółka trawiasta – grass litter				
3-8	A1			d3os	uzw	+++	wf	0
8-20	A2			d3os	zw	++	s	0
20-40	Bwg1			s2oa	bzw	+	s	0
40-62	Bwg2			s2oa	bzw	+	s	0
62-78	BC			sloa	zw	+	wr	0
78-110	Cg			m	zw	+	wr	0
110-(150)	Cgg			m	uzw	+	-	0

¹⁾ Uziarnienie *Texture*: gp – glina piaszczysta sandy loam, gl – glina lekka sandy loam, gz – glina zwykła loam, gpyi – glina pylasto-ilasta silty clay loam, pyg – pył gliniasty silt loam, pyi – pył ilasty silt loam, ipy – ił pylasty silty clay

²⁾ Struktura *Structure*: g – gruba coarse, d – drobna fine, s – średnia medium, l – słaba weak, 2 – średniotrwala moderate, 3 – trwała strong, os – subangularna subangular blocky, oa – angularna angular blocky, m – masywna massive, r – rozdzielnoziarnista single grained

³⁾ Układ *Consistence*: p – pulchny soft, uzw – umiarkowanie zwieźły moderately firm, zw – zwieźły firm, bzu – bardzo zwieźły very firm

⁴⁾ Korzenie *Roots*: +++ bardzo liczne abundant, ++ liczne common, + nieliczne few, (+) pojedyncze few, - brak none

⁵⁾ Przejście *Boundary*: wf – wyraźne faliste clear wavy, wr – wyraźne równe clear smooth, s – stopniowe gradual

Tabela 1 b. Morfologia badanych profili glebowych.
Table 1 b. Soil morphology in the studied profiles.

Głębokość (cm) Depth (cm)	Symbol Horizon	Barwa w stanie wilgotnym Soil colour – moist	Uziarnienie Texture ¹⁾	Struktura Soil structure ²⁾	Układ Consistence ³⁾	Korzenie Roots ⁴⁾	Przejście Boundary ⁵⁾	Części szkieletowe (%) Coarse fragments (%)
Profil nr 5 – terasa 4-6 m. Profile no 5 – 4-6 m terrace.								
0-2	Of	10YR 3/4 10YR 4/3, 2.5Y 4/2 10YR 5/6, 2.5Y 3/5 2.5YR 5/6, 10YR 5/6, 7.5YR 5/8 2.5Y 5/2, 2.5Y 5/4, 2.5YR 4/6 2.5Y 5/4, 7.5YR 4/6	gp gp gz gz gz gl	d3oa d2oa d2oa s2oa m r	uzw uzw zw zw zw bzw	+++ + (+) (+) (+) -	wf wf s s wr -	0 5 20 5 5 50
2-7	A1							
7-22	A2							
22-40	Bwg1							
40-60	Bwg2							
60-75	Bgg							
75-(100)	Cgg							
Profil nr 6 – terasa 4-6 m. Profile no 6 – 4-6 m terrace.								
0-2	Of	10YR 5/4 10YR 4/6 2.5Y 5/2 7.5YR 4/6, 5Y 5/2	pyi gpyi gz gl	d2zn s2os s1oa m	uzw uzw zw zw	+++ ++ + +	s s wr -	0 0 0 30
2-17	A							
17-64	Bwg							
64-78	Bgg							
78-(108)	Cgg							
Profil nr 7 – terasa 4-6 m. Profile no 7 – 4-6 m terrace.								
0-5	Of	10YR 4/3 10YR 6/4 2.5Y 6/3	gpyi gpyi gz	d2os s1os m	zw zw zw	++ + -	wr s -	5 0 0
5-25	A							
17-70	Bwg							
70-(90)	Cg							

¹⁾ Uziarnienie Texture: gp – glina piaszczysta sandy loam, gl – glina lekka sandy loam, pyi – pył ilasty silt loam, ipy – pył ilasty silty clay

²⁾ Struktura Structure: g – gruba coarse, d – drobna fine, s – średnia medium, 1 – słaba weak, 2 – średniotrwala moderate, 3 – trwała strong, os – subangularna subangular blocky, oa – angularna angular blocky, m – masywna massive, r – rozdzielniozmiasta single grained

³⁾ Układ Consistence: p – pulchny soft, uzww – umiarkowanie zwięzły moderately firm, zww – zwięzły firm, bww – bardzo zwięzły very firm

⁴⁾ Korzenie Roots: +++ bardzo liczne abundant, ++ liczne common, + nieliczne few, (-) pojedyncze few, - brak none

⁵⁾ Przejście Boundary: wf – wyraźne faliste clear wavy, wr – wyraźne równe clear smooth, s – stopniowe gradual



Ryc. 2. Profil nr 1 – gleba na terasie 0,5–1 m.

Fig. 2. Profile no 2 – soil on the 0,5–1 m terrace.

odkładany jest drobnodziarnisty materiał należący do facji pozakorytovej. Na odcinku Sanu przepływającym przez teren badań kamieniste utwory przykorytowe z inicjalnymi profilami glebowymi zajmują wspólnie jedynie niewielkie powierzchnie w akumulacyjnych (odsypowych) częściach meandrów (Ryc. 4).

Uziarnienie

Zmienność uziarnienia (warstwowanie) w profilu glebowym jest powszechnie postrzegana jako podstawowy parametr utworów aluwialnych (IUSS Working Group WRB 2007; Systematyka gleb Polski 2011). Uziarnienie badanych profili (Tab. 2) wykazuje znaczące zróżnicowanie, które

działywania pobliskiej kilkumetrowej krawędzi terasy, stromo opadającej nad łóżysko Sanu.

Badane gleby cechują się stosunkowo niewielką, jak na obszary górskie, zawartością części szkieletowych w profilach położonych na niższych terasach. Wynika to z podparcia bazy erozyjnej Sanu przez znajdujący się poniżej (w skali doliny) odcinek przełomowy. O podobnym zjawisku w dolinie Wołosatego pisał Pękala (1966). W rezultacie w badanym terenie górny San obecnie nie ma łóżyska typowej rzeki górskiej (Ryc. 4). Meandruje i niesie znaczne ilości drobnych frakcji, a w trakcie wezbrania na terasach zalewowych



Ryc. 3. Profil nr 6 – gleba na terasie 4–6 m.

Fig. 3. Profile nr 6 – soil on the 4–6 m terrace.



Ryc. 4. Meandrujący odcinek Sanu w rejonie Tarnawy Wyżnej.

Fig. 4. Meanders of the River San near Tarnawa Wyżna.

jednak wydaje się nie wynikać jedynie z procesów aluwialnych. W profilach położonych na zalewowej terasie 0,5–1 m warstwowanie jest stosunkowo słabo widoczne w terenie ze względu na maskujący wpływ znacznych ilości materii organicznej. Analiza próbek interwałowych (profil 1) wykazała jednak, przy generalnej dominacji frakcji pyłu (zwłaszcza 0,05–0,006 mm), występowanie drobnorytmicznego warstwowania.

Zjawisko to jest słabiej wyrażone w glebach położonych na terasie 2-metrowej (profil 4), a prawie zupełnie zatarte w glebach występujących na terasie 4–6-metrowej (profile 5 i 6). W profilach tych zauważyć należy generalną dwudzielność. Spągowe poziomy C mają uziarnienie glin lekkich (piaszczystych), podczas gdy w partiach środkowych i stropowych dominują części należące do frakcji pyłu, zajmując 40–50% masy. Jest to zapewne związane z aluwialną genezą materiału i zmianą sedimentacji w trakcie rozwoju poziomu terasowego. Brak tutaj jednak wyraźnie zaznaczonego drobnorytmicznego warstwowania, które zostało prawdopodobnie zatarte wskutek rozwoju procesów brunatnienia (występują tu dobrze wykształcone poziomy Bw). Środkowe części profilu gleby (poziomy Bw) odznaczają się natomiast zwiększoną w stosunku do poziomów stropowych (A) i spągowych (C) zawartością ilu. Nie można wykluczyć, że może to być efekt sedimentacyjny. Możliwe jest jednak, że wzrost zawartości

Tabela 2. Uziarnienie badanych profili.**Table 2.** Particle size distribution in the studied profiles.

Głębokość [cm] <i>Depth [cm]</i>	Symbol <i>Horizon</i>	Fracje [mm] / <i>Fractions</i>					
		2,0- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,02	0,02- 0,006	0,006- 0,002	<0,002
Profil nr 1 – terasa 0,5-1 m. <i>Profile no 1 – 0,5-1 m terrace.</i>							
2-7	Ah1	11	7	28	30	12	12
7-12	Ah2	12	8	27	28	13	12
12-17	Ah2	11	8	26	29	11	15
17-22	Agg	12	6	22	30	18	12
22-27	Agg	10	10	21	28	14	17
27-32	Agg	10	9	22	26	16	17
32-37	Agg	10	7	22	24	15	22
37-42	Agg	11	8	18	26	12	25
42-47	Agg	15	9	22	22	13	19
Profil nr 4 – terasa 2 m. <i>Profile no 4 – 2 m terrace.</i>							
2-8	A1	17	12	21	24	12	14
8-20	A2	17	9	19	24	14	17
20-40	Bwg1	13	10	10	33	13	21
40-62	Bwg2	15	14	17	20	12	22
62-78	BC	16	14	22	16	11	21
78-110	Cg	17	21	20	16	7	19
110-(150)	Cgg	40	14	15	10	8	13
Profil nr 5 – terasa 4-6 m. <i>Profile no 5 – 4-6 m terrace.</i>							
2-7	A1	38	6	24	17	9	6
7-22	A2	33	13	19	18	10	7
(22-40)	Bwg1	32	15	18	12	9	14
40-60	Bwg2	30	14	18	13	10	15
60-75	Bgg	29	20	16	13	7	15
75-95	Cgg	47	19	19	7	2	6
Profil nr 6 – terasa 4-6 m. <i>Profile no 6 – 4-6 m terrace.</i>							
2-17	A	19	4	27	18	13	19
17-64	Bwg	14	6	16	23	12	29
64-78	Bgg	20	4	15	22	12	27
78-108	Cgg	45	13	14	9	7	12

frakcji iłu jest rezultatem działania procesów glebotwórczych – wietrzenia oraz tworzenia minerałów wtórnych. Rosnąca z czasem zawartość minerałów ilastych w stosunku do ich ilości w podłożu jest bowiem jednym z parametrów wykorzystywanych do tworzenia wskaźników zaawansowania rozwoju profili glebowych (tzw. *PDI – profile development index*) (por. Birkeland 1999; Schaetzl, Anderson 2005). Wskaźniki takie wykorzystywano również w analizach ewolucji gleb wytworzonych z aluwiiów o różnym wieku (Vidic, Lobnik 1997; Zielhofer

i in. 2009). W tym świetle profile glebowe położone na terasie 4–6 m w okolicy Tarnawy Wyżnej można by określać jako najbardziej dojrzałe spośród badanych gleb. Zauważyć jednak należy, że w badanych glebach nie zaobserwowano występowania nacieków ani mostków ilastych, a więc form charakterystycznych dla procesów iluwacji minerałów ilastych. Wskazywałoby to na relatywnie krótki czas ewolucji i młody, sięgający co najwyżej połowy Holocenu wiek tych gleb (Zielhofer i in. 2009).

Zawartość węgla organicznego

Najwyższą zawartością materii organicznej (Tab. 3) odznaczają się miększe poziomy próchniczne gleb położonych na terasie zalewowej 0,5–1 m – zawartość C_{org} wynosi tutaj 2–6% (profil 1). Przyczyną dużej zawartości materii organicznej w tych glebach może być zarówno obecność materiału próchnicznego w materiale sedymentowanym w czasie wezbrania Sanu na współcześnie zalewanej terasie, jak i to, że panuje tu stale duża wilgotność sprzyjająca akumulacji materii organicznej *in situ*. Odnotować należy występowanie w profilu glebowym wkładek materiału o mniejszej, choć wciąż przekraczającej 1% zawartości C_{org} . W glebach położonych na wyższych terasach zawartość węgla organicznego w powierzchniowych poziomach A (do głębokości około 20 cm) jest bardzo zbliżona i wynosi około 2,5% w najwyższych częściach tych poziomów. W profilach położonych na terasie 2 m (profil 4) zawartość węgla organicznego pozostaje na stosunkowo wysokim poziomie (pow. 0,5%) do głębokości poniżej 1 m, wykazując przy tym pewną nieregularność tendencji spadkowej. Zjawisko to należy wiązać z aluwialną genezą materiału – w systemie WRB (IUSS Working Group WRB 2007) uznawane jest ono za diagnostyczne dla *fluvic soil material*. W najwyżżej położonych spośród badanych profili (profil 5, 6) zawartość węgla organicznego szybko zmniejsza się i na głębokości około 1 m można ją określić jako śladową, co jest charakterystyczne dla gleb brunatnych zajmujących największe powierzchnie w BdPN (Skiba i in. 1998; Kacprzak 2003).

Podstawowe właściwości chemiczne

Najwyższe wartości pH, przekraczające 6,0 w wodzie destylowanej i 5,5 w 1M KCl, jak również bardzo wysokie, bliskie 100% wartości wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleby (V) zaobserwować można w glebach najniższych teras, znajdujących się pod wpływem wód niosących rozpuszczone alkalia (Tab. 3). Udział jonów glinu w kształtowaniu kwasowości wymiennej jest tu bliski zera. Najniższe wartości pH (nawet poniżej 5,0 w wodzie destylowanej i 4,0 w 1M KCl) oznaczono w profilach położonych na najwyższych terasach. Suma zasad wymiennych jest tu kilkakrotnie mniejsza, a wartości V nie przekraczają 50%, wyjąwszy spagowe partie profili. Udział jonów glinu w kształtowaniu kwasowości wymiennej jest bardzo znaczący (często przekracza 90%). Są to wartości typowe dla większości gleb brunatnych obszaru Bieszczadów (Skiba i in.

Tabela 3. Podstawowe właściwości chemiczne badanych profili.**Table 3.** Basic chemical properties of the studied profiles.

Głębokość [cm] <i>Depth [cm]</i>	Symbol <i>Horizon</i>	C _{org}	pH		V	S	H _w	T	H _{Al3+}	H _{Al3+} / H _w
		[%]	H ₂ O	KCl	[%]	cmol ^[+] kg ⁻¹			[%]	
Profil nr 1 – terasa 0,5-1 m. <i>Profile no 1 – 0,5-1 m terrace.</i>										
2-7	Ah1	6,80	6,5	6,0	98,9	30,8	0,4	31,1	0,0	0,0
7-12	Ah2	4,67	6,3	5,7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12-17	Ah2	3,89	6,3	5,6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17-22	Agg	3,05	6,3	5,6	98,9	23,0	0,3	23,2	0,0	0,0
22-27	Agg	2,73	6,3	5,5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
27-32	Agg	2,44	6,4	5,5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
32-37	Agg	2,03	6,6	5,5	98,2	18,8	0,4	19,1	0,0	0,0
37-42	Agg	1,27	6,6	5,5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
42-47	Agg	2,84	6,5	5,5	97,5	17,0	0,4	17,4	0,0	0,0
Profil nr 4 – terasa 2 m. <i>Profile no 4 – 2 m terrace.</i>										
2-8	A1	2,42	5,5	4,5	98,4	21,8	0,4	22,2	0,0	0,0
8-20	A2	1,26	5,7	4,6	97,6	14,5	0,4	14,9	0,1	25,0
20-40	Bwg1	0,91	6,2	4,9	98,4	21,6	0,4	22,0	0,1	25,0
40-62	Bwg2	0,74	6,4	5,1	97,7	22,0	0,5	22,5	0,1	16,7
62-78	BC	0,64	6,5	5,4	98,8	14,3	0,2	14,5	0,1	50,0
78-110	Cg	0,67	6,4	4,9	98,2	14,0	0,3	14,3	0,1	33,3
110-(150)	Cgg	0,79	6,3	5,0	98,0	8,4	0,2	8,6	0,1	50,0
Profil nr 5 – terasa 4-6 m. <i>Profile no 5 – 4-6 m terrace.</i>										
2-7	A1	2,47	4,5	3,6	38,4	4,8	7,7	12,5	6,9	89,8
7-22	A2	1,46	4,9	3,9	30,0	2,4	5,6	8,0	5,1	90,6
22-40	Bwg1	0,48	5,3	4,0	36,4	3,0	5,3	8,3	4,9	93,3
40-60	Bwg2	0,24	5,4	4,0	40,2	4,0	6,0	10,0	5,6	94,1
60-75	Bgg	0,19	5,5	4,0	38,9	3,9	6,1	10,0	5,8	94,3
75-95	Cgg	0,11	5,6	4,2	64,2	4,7	2,6	7,3	2,3	86,7
Profil nr 6 – terasa 4-6 m. <i>Profile no 6 – 4-6 m terrace.</i>										
2-17	A	2,73	4,6	3,6	25,7	4,6	13,3	17,9	11,9	89,5
17-64	Bwg	0,68	5,4	3,8	41,2	6,0	8,6	14,6	7,0	81,6
64-78	Bgg	0,44	5,9	4,1	83,1	10,3	2,1	12,4	1,4	66,7
78-108	Cgg	0,19	6,3	4,7	98,3	9,8	0,2	10,0	0,1	48,5

n.a. – nie analizowano / not analyzed

1998; Kacprzak 2003). Gleby położone na terasie 2-metrowej (profil 4) cechują się właściwościami pośrednimi – umiarkowanym stopniem wylugowania i udziałem glinu w kompleksie sorpcyjnym. Zróżnicowanie właściwości chemicznych w wyraźny sposób nawiązuje do pozycji badanych profili w systemie teras, a więc długości okresu przemian pierwotnego materiału aluwialnego.

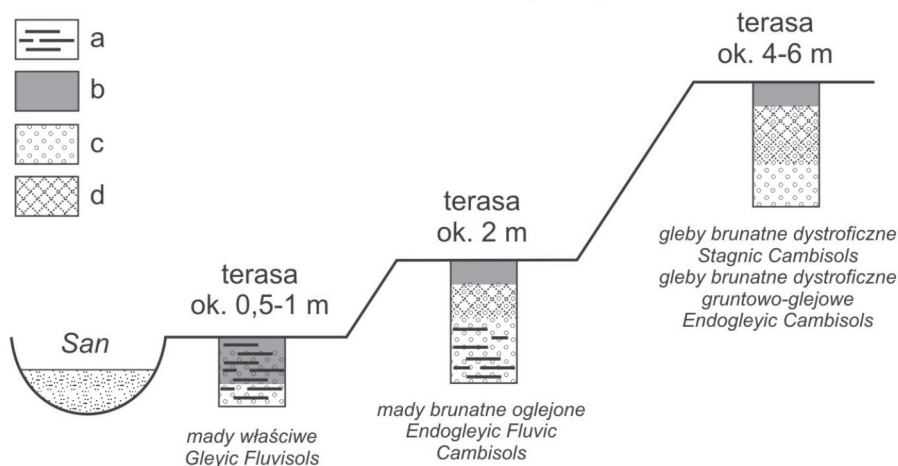
Pozycja systematyczna

Zagadnienie pozycji systematycznej gleb rozwijających się z aluwiiów jest interesujące, gdyż współcześnie stosowane systematyki często istotnie różnią się w podejściu do klasyfikowania tych gleb. W klasyfikacji WRB (IUSS Working Group WRB 2007) występują one w randze grupy referencyjnej *Fluvisols*, natomiast w amerykańskiej Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 1999) gleby te nie są wyróżniane w charakterze osobnej jednostki. W ostatnim czasie znacząco zmieniła się też pozycja mad w systematyce gleb Polski – w wydaniu z 1989 (Systematyka gleb Polski 1989) mady rzeczne były definiowane jako jedna jednostka nadrzędna w dziale gleb napływowych, natomiast według obecnego wydania systematyki (Systematyka gleb Polski 2011), mogą one występować jako typ gleby w różnych rzędach.

Pozycję systematyczną badanych gleb przedstawia Tabela 4, a ich występowanie w obrębie systemu holocenńskich teras Sanu obrazuje Rycina 5.

Tabela 4. Pozycja systematyczna badanych gleb.**Table 4.** Systematic position of the investigated soils.

Profil <i>Profile</i>	Terasa <i>Terrace</i>	WRB 2006/2007	Systematyka gleb Polski <i>Polish soil classification</i> 1989	Systematyka gleb Polski <i>Polish soil classification</i> 2011
1	0,5-1 m	Gleyic Fluvisol (Humic, Eutric, Episiltic)	mada rzeczna próchniczna	mada właściwa
2	0,5-1 m	Gleyic Fluvisol (Humic, Eutric, Episiltic)	mada rzeczna próchniczna	mada właściwa
3	2 m	Endogleyic Fluvisol Cam- bisol (Humic, Eutric)	mada rzeczna brunatna	mada brunatna oglejona
4	2 m	Endogleyic Fluvisol Cam- bisol (Humic, Eutric)	mada rzeczna brunatna	mada brunatna oglejona
5	4-6 m	Endogleyic Cambisol (Epidystric, Ruptic)	gleba brunatna wyługowana oglejona	gleba brunatna dystroficzna gruntowo-glejowa
6	4-6 m	Endogleyic Cambisol (Humic, Epidystric, Ruptic, Episiltic)	gleba brunatna wyługowana oglejona	gleba brunatna dystroficzna gruntowo-glejowa
7	4-6 m	Stagnic Cambisol (Epi- dystric)	gleba brunatna wyługowana oglejona	gleba brunatna dystroficzna



Ryc. 5. Pozycja systematyczna badanych gleb (PTG 2011, WRB 2006/2007) w relacji do poziomów terasowych w rejonie Tarnawy Wyżnej. Objasnienia: a – warstwowanie, b – akumulacja próchnicy, c – oglejenie, d – brunatnienie.

Fig. 5. Systematic position of the studied soils (PTG 2011, WRB 2006/2007) in relation to terrace levels near Tarnawa Wyżna. Explanations: a – fluvic properties, b – humus accumulation, c – redoximorphic properties, d – cambic horizons.

Gleby występujące na najniższej 0,5–1 m terasie zalewowej klasyfikowane są w systemie WRB (IUSS Working Group WRB 2007) jako *Gleyic Fluvisols* (profile nr 1 i 2). Według piątego wydania Systematyki gleb Polski (2011) należą one do mad właściwych. Duża miąższość poziomów próchnicznych i zawartość materii organicznej powyżej 3% zbliża je do mad czarnoziemnych typowych, jednak ich poziomy A mają zbyt jasną barwę by zaliczać je do poziomów *mollic*, diagnostycznych dla mad czarnoziemnych. Na wyższej 2-metrowej terasie występują gleby klasyfikowane jako *Endogleyic Fluvic Cambisols* (profile 3 i 4), w Systematyce Gleb Polski (2011) zaliczane są one do mad brunatnych oglejonych. Na najwyższej 4–6-metrowej terasie występują *Endogleyic* lub *Stagnic Cambisols*, według Systematyki gleb Polski (2011) gleby brunatne dystroficzne (profil 7) i gleby brunatne dystroficzne gruntowo-glejowe (profile 5, 6). Zjawisko wyraźnego zróżnicowania pozycji systematycznej gleb w zależności od wysokości i wieku terasy znajduje potwierdzenie w literaturze dotyczącej rozwoju gleb na terasach rzecznych (Vidic, Lobnik 1997; Huhmann i in. 2004; Zielhofer i in. 2009). Opierając się na tych samych źródłach należy jednak podkreślić, że kierunek ewolucji pierwotnych mad (*Fluvisols*) znajdujących się na wyższych terasach nie podlegających już zalewaniu jest silnie uzależniony od warunków klimatycznych i czasu. Stąd, o ile można spodziewać się występowania

podobnych sekwencji gleb w dolinach rzek polskiej części Karpat, o tyle nie należy tego modelu automatycznie rozciągać na skalę ponadregionalną.

Wnioski

1. Zróżnicowanie właściwości gleb wytworzonych na osadach rzecznych holocenijskich teras Sanu w rejonie Tarnawy Wyżnej wyraźnie nawiązuje do pozycji badanych profili w systemie teras, z czym wiąże się długość okresu przemian pierwotnego materiału aluwialnego oraz podleganie lub nie współczesnemu zalewaniu przez wzbierającą rzekę.
2. Na współcześnie zalewanych, najniższych terasach, właściwości gleb są przede wszystkim rezultatem akumulacji materiału aluwialnego oraz rozwoju w warunkach płytko zalegającego zwierciadła wody gruntowej. Gleby te są głęboko próchniczne, wyraźnie warstwowane i silnie oglejone.
3. Na terasie 2-metrowej warstwowanie materiału jest już słabo widoczne, rozwijają się natomiast poziomy wietrzeniowe Bw. Gleby wykazują wyraźne oglejenie, zwłaszcza w dolnych partiach profilu.
4. Na terasach wczesnholocenijskich (ok. 4–6 m) warstwowanie w profilu glebowym jest bardzo słabo widoczne lub zupełnie zatarte, zaś właściwości gleby są charakterystyczne dla mniej lub bardziej oglejonych bieszczadzkich gleb brunatnych, co jest wynikiem długo trwających przemian materiału aluwialnego.
5. Zróżnicowanie właściwości gleb na poszczególnych stopniach terasowych znajduje swoje odzwierciedlenie w zróżnicowaniu ich pozycji systematycznej, niezależnie od przyjętego systemu klasyfikacji.

Literatura

- Birkeland P. W. 1999. *Soils and Geomorphology*. Oxford University Press, New York, 430 pp.
- Chojnicki J. 2002. Procesy glebotwórcze w madach środkowej doliny Wisły i Żuław. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa, 83 ss.
- Dąbkowska-Naskręt H. 1990. Skład i właściwości fizykochemiczne wybranych gleb aluwialnych Doliny Dolnej Wisły z uwzględnieniem ich cech diagnostycznych. *Rozprawy Naukowe ATR*, Bydgoszcz, 117 ss.
- Dziewański J., Starkel L. 1962. Dolina Sanu między Soliną a Zwierzyniem w czwartorzędzie. *Prace Geogr. IG PAN* 36, 86 ss.
- FAO 2006. *Guidelines for Soil Description*. FAO, Rome, 97 pp.
- Gerrard J. 1992. *Soil Geomorphology*. Chapman & Hall, London, 269 pp.
- Haczewski G., Kukulak J., Bąk. 2007. Budowa geologiczna i rzeźba Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej, Kraków, 155 ss.

- Huhmann M., Kremenetski K. V., Hiller A., Brückner H. 2004. Late quaternary landscape evolution of the upper Dnister valley, western Ukraine. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 209: 51–71.
- IUSS Working Group WRB. 2007. World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. *World Soil Resources Reports No. 103*. FAO, Rome, 116 pp.
- Kacprzak A. 2003. Pokrywy stokowe jako utwory macierzyste gleb Bieszczadów Zachodnich. *Roczniki Gleboznawcze* 54(3): 97–110.
- Laskowski S., Szozda B. 1985. Niektóre właściwości chemiczne mad odrzańskich rejonu Przychowej. *Roczniki Gleboznawcze* 34(3): 27–40.
- Pękala K. 1966. Wpływ lokalnych podstaw erozyjnych na kształtowanie się systemu teras (na przykładzie dorzecza Wołosatego). *Annales UMCS, sec. B* 21: 185–219.
- Ralska-Jasiewiczowa M. 1980. Late-Glacial and Holocene Vegetation of the Bieszczady Mts. (Polish Eastern Carpathians). PWN, Warszawa, 190 pp.
- Schaetzl R., Anderson S. 2005. *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press, Cambridge, 817 pp.
- Skiba S. 1995. Gleby. W: Plan Ochrony Bieszczadzkiego Parku Narodowego – Operat ochrony przyrody nieożywionej i gleb. Kraków – Ustrzyki Dolne, maszynopis.
- Skiba S., Drewnik M., Prędkie R., Szmuc R. 1998. Gleby Bieszczadzkiego Parku Narodowego. *Monografie Bieszczadzkie* 2, 88 ss.
- Skiba S., Żyła M., Klimek M., Prędkie R. 2006. Gleby doliny górnego Sanu w Bieszczadzkim Parku Narodowym. *Roczniki Bieszczadzkie* 14: 215–220.
- Soil Survey Staff 1999. *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*, 871 pp.
- Systematyka gleb Polski 1989. *Roczniki Gleboznawcze* 40(3/4): 1–150.
- Systematyka gleb Polski 2011. *Roczniki Gleboznawcze* 62(3): 1–193.
- Vidic N. J., Lobnik F. 1997. Rates of soil development of the chronosequence in the Ljubljana Basin, Slovenia. *Geoderma* 76: 35–64.
- Zielhofer Ch., Recio Espejo J. M., Núñez Granados M. A., Faust D. 2009. Durations of soil formation and soil development indices in a Holocene Mediterranean floodplain. *Quaternary International* 209: 44–65.

Summary

The paper presents the diversity of soil properties developed from alluvial materials of varying age on a well expressed sequence of Holocene river terraces near Tarnawa Wyżna (Fig. 1). The study was aimed to assess soil profile evolution in relation to time elapsed since the cease of flooding. The study is based on extensive field work during the preparation of detailed soil map of the area incorporated into the Bieszczady National Park in 1999, supported by subsequent laboratory analyses.

There is a distinct relationship of soil morphology and its location within the terrace system (Tab. 1). Humus-rich horizons play the most important part in soil profiles on the 0.5–1 m terrace, overlying heavily gleyed C horizons or water table (Fig. 2). Soils on higher terraces are typified by more diversified profiles with

cambic horizons and vanishing alluvial stratification as well as gleyic properties (Fig. 3). The amount of coarse fractions is relatively small as the upper San in the studied part of its valley is rather a meander river so small patches of stony, initial soils occur only in accumulation parts of meanders (Fig. 4).

Particle size distribution in the studied profiles shows a considerable diversity (Tab. 2) and stratification is best expressed on the 0.5–1 m terrace. The dominating fraction in all soils is silt, especially 0.05–0.006 mm. The profiles on upper terraces show generally bipartite texture with an increase in clay amount in B horizons. It may be an effect of weathering and formation of secondary minerals in the process of soil transformation of the original alluvium, though clay skins or bridges are not found so it is not possible to discern clay illuviation.

The largest amounts of organic carbon (2–6%) are determined in A horizons on the 0.5–1 m terrace (Tab. 3). The content of organic carbon is similar (c. 2.5%) in A horizons of soils on higher terraces down to a depth of 20 cm. However, in the soils on the 2 m terrace the C_{org} content remains relatively high (>0.5%) down to a depth of 1 m and it decreases with some irregularity. The profiles with highest locations are typified by a much lower C_{org} content outside A horizons and its decrease is steady, which is characteristic of most Cambisols in the Bieszczady National Park. The basic chemical properties of soils are also related to their position on terraces. Soil pH generally decreases with distance from the river bed and height above it, as it is the case with base saturation. Contrarily, the role of aluminum ions in acidity tends to increase (Tab. 3).

The systematic position of the studied soils in the new (2011) Polish soil classification is presented in relation to the former edition (1989) as well as the WRB (Tab. 4). The general sequence of soils in the studied area comprises *Gleyic Fluvisols* on the 0.5–1 m terrace, *Endogleyic Fluvic Cambisols* on the 2 m terrace and *Endogleyic* or *Stagnic Cambisols* on the 4–6 m terrace (Fig. 5). There is a distinct relation of soil location and classification according to the Polish systems and a similar pattern may be expected in other Carpathian valleys.