

Specyficzne właściwości gleb Kowarskiego Grzbietu w Karkonoszach

Specific properties of soils on the Kowarski Grzbiet Ridge in the Karkonosze Mts

Jarosław Waroszewski, Cezary Kabała & Anna Turska

Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 53, 50–357 Wrocław, jaroslaw.waroszewski@gmail.com

Abstrakt Celem badań była analiza morfologii i właściwości gleb wytworzonych ze zwietrzelin gnejsów w najwyższych partiach (na wysokości 1080–1260 m n.p.m.) północnego skłonu Kowarskiego Grzbietu. Decydujący wpływ na morfologię analizowanych gleb ma struktura peryglacialnych pokryw stokowych, w których wyróżnić można powierzchniową, ekstremalnie szkieletową warstwę sufozyjną, oraz podpowierzchniową, masywną, gliniasto-gruzową warstwę krioturbacyjną. W obrębie tych pokryw wytworzyły się specyficzne bielice, których poziom eluwalny obejmuje całą miąższość warstwy sufozyjnej, natomiast poziomy iluwalne wytworzyły się w peryglacyjnej warstwie krioturbacyjnej. Zgodnie z klasyfikacją FAO–WRB 2006/2007 analizowane gleby należą do jednostki Stagnic Hyperskeletic Albic Podzols.

Abstract Morphology and properties of soils developed from gneiss regolith were studied in the upper zones (at the altitude 1080–1260 m a.s.l.) of the north slope of the Kowarski Grzbiet ridge. The crucial factor influencing the morphology of soils under investigation is an internal structure of periglacial slope covers that consist of surface, extremely skeletal scouring layer, and sub-surface, dense, loamy-skeletal cryoturbation layer. Specific Podzol profiles developed within slope materials. The eluvial horizon embodies the entire volume of scouring layer, and the illuvial horizons develop within upper part of compact periglacial cryoturbation layer. Soils under investigation meet the criteria of Stagnic Hyperskeletic Albic Podzols in the FAO–WRB 2006/2007 classification system.

Słowa kluczowe: geneza gleb, bielice, pokrywy stokowe, Karkonosze
Keywords: soil genesis, Podzols, cover beds, Karkonosze Mts

WSTĘP

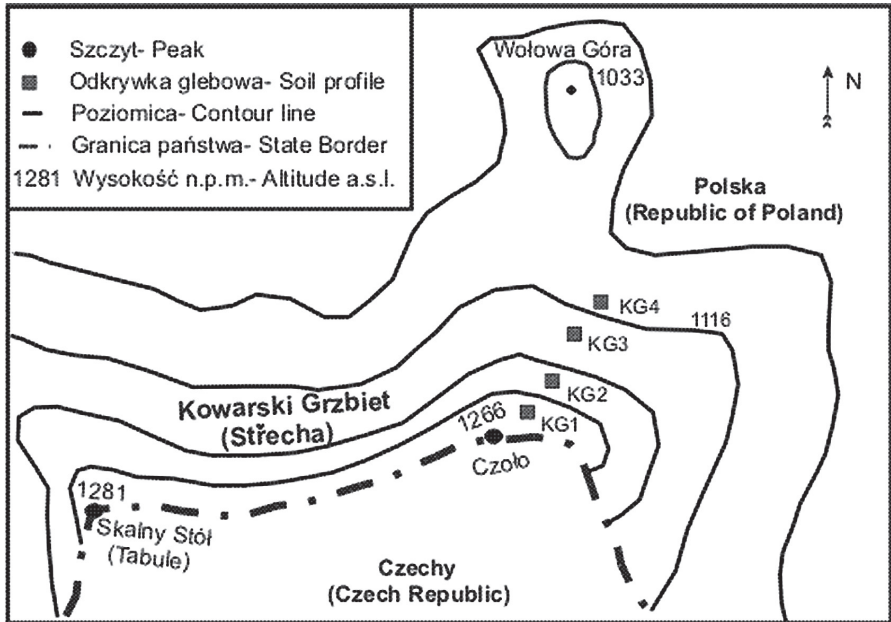
Kowarski Grzbiet jest najdalej wysuniętym na wschód elementem pasma Karkonoszy, objętym ochroną w ramach Karkonoskiego Parku Narodowego, o nietypowej dla polskiej części Karkonoszy budowie geologicznej. Jego położenie i specyficzna budowa geologiczna sprawiły, iż nie cieszył się dotychczas dużym zainteresowaniem wśród polskich gleboznawców. Praktycznie jedynym źródłem informacji o typologii gleb tego obszaru jest mapa gleb Karkonoskiego Parku Narodowego w skali 1 : 10 000 zredagowana w latach 60-tych XX wieku

(KOMORNICKI et al. 1965, BORKOWSKI et al. 1996). Morfologia, właściwości fizykochemiczne, w tym zanieczyszczenie gleb tej części Karkonoszy nigdy nie były przedmiotem osobnych studiów i scharakteryzowane są fragmentarycznie (KOCOWICZ 2000, KABAŁA et al. 2008, MARZEC, KABAŁA 2008). Pokrywa glebowa niższych partii Kowarskiego Grzbietu oraz otaczających wzniesień objętych gospodarką leśną w ramach Nadleśnictwa Śnieżka rozpoznana została dopiero w ostatniej dekadzie (OPERAT SIEDLISKOWY NADLEŚNICTWA ŚNIEŻKA 2007). W oparciu o kartowania gleboznawcze z lat 60-tych XX wieku funkcjonuje opinia, jakoby znaczną część Kowarskiego Grzbietu pokrywały kompleksy rankerów i gleb bielcowych właściwych (w części grzbietowej) oraz brunatnych kwaśnych z butwiną i gleb murszowatych (na stokach) (BORKOWSKI et al. 1996). Jednakże w trakcie późniejszych prac, w tym szczególnie prowadzonych w ostatniej dekadzie w ramach programu monitoringu środowiska leśnego KPN, niejednokrotnie napotymano zupełnie odmienny rozkład przestrzenny gleb na stokach. Szczególnie duża szkieletowość gleb, tworzona przez dachówkowate lub płytowe odłamki gnejsu, utrudnia wykonanie odpowiednio głębokich odkrywek glebowych i jednoznaczny identyfikację typologiczną gleb. Specyficzną cechą peryglacialnych pokryw stokowych w górnych partiach Kowarskiego Grzbietu jest sufozyjne przemycie ich powierzchniowej części, co doprowadziło do wytworzenia się funkcjonalnie dwuczłonowej budowy pokryw stokowych. Nieciągłości w budowie pokryw stokowych z reguły wpływają na morfologię oraz współczesne funkcjonowanie gleb górskich (KABAŁA 2004, KABAŁA & HAASE 2004, KACPRZAK 2003, KOWALKOWSKI 1998). Wobec licznych wątpliwości dotyczących pozycji typologicznej gleb wytworzonych ze zwietrzelin gnejsów w górnych partiach stoków Kowarskiego Grzbietu podjęto badania, których celem było wyjaśnienie wpływu budowy peryglacialnych pokryw stokowych na genezę i właściwości gleb tego obszaru.

METODYKA

Sekwencję czterech profili zlokalizowano na północnych stokach Czoła (1266 m n.p.m.), jednej z kulminacji Kowarskiego Grzbietu (Ryc. 1). Profil KG1 położony jest na wys. 1262 m n.p.m., w centralnej części spłaszczenia wierzchowinowego o niewielkim nachyleniu w kierunku NNE, profil KG2 zlokalizowany został na wys. 1223 m n.p.m., poniżej zrównania szczytowego w górnej części spadzistego, lekko wklęsłego stoku, profil KG3 – w środkowej części nieco wypukłego, stromego stoku, na wys. 1127 m n.p.m., natomiast profil KG4 – na wys. 1080 m n.p.m., na pedymencie powyżej przełęczy oddzielającej Czoło od niższych bocznych wzniesień Kowarskiego Grzbietu.

W otoczeniu odkrywek glebowych scharakteryzowano warunki środowiskowe, w tym morfologię terenu, pokrycie powierzchni głazami, typ i wiek oraz zwarłość drzewostanu, typ runa leśnego oraz ekotrójność. Poziomy genetyczne wyróżnione w profilach glebowych scharakteryzowano zgodnie z GUIDELINES FOR SOIL PROFILE DESCRIPTION (2006), z określeniem ich miąższości, barwy, struktury oraz tekstury, uziarnienia i szkieletowości, wytrąceń, oglejenia oraz wilgotności. Materiał glebowy do analiz laboratoryjnych pobrany z kolejnych poziomów genetycznych w profilach KG1–KG3 został wysuszony, rozdrobniony i przesiany przez sito o 2 mm. Z profilu KG4 nie pobrano materiału glebowego, posłużył on jedynie do wnioskowania dotyczącego zmienności morfologii gleb w dolnej części stoku. We frakcji ziemistej (<2 mm), w pozostałych profilach, oznaczono: skład granulometryczny metodą sitowo-areometryczną w próbkach mineralnych, pH w H₂O (potencjometrycznie) we wszystkich poziomach, zawartość materii organicznej metodą strat żarowych w próchnicach leśnych, zawartość węgla organicznego metodą oksydometryczną (według Tiurina) w próbkach mineralnych, koncentrację żelaza Fe_d i glinu Al_d „wolnego” metodą cytrynianowo-węglanowo-ditionitową oraz zawartość żelaza Fe_{ox} i glinu Al_{ox} „aktywnego” w wyciągu kwaśnego szczawianu amonu (VAN REEUWIJK 2002). W oparciu o zawartość „wolnego” i „aktywnego” żelaza oraz glinu obliczono wskaźniki intensywności bielcowania i wskaźniki aktywności żelaza.



Ryc.1. Lokalizacja obiektów badań na Kowarskim Grzbiecie.

Fig. 1 Situation of soil profiles on the Kowarski Grzbiet Ridge.

WYNIKI I DISKUSJA

Morfologia profili gleb Kowarskiego Grzbiecie ewidentnie nawiązuje do warstwowego zróżnicowania pokryw stokowych w obrębie których tworzyły się badane gleby. Właściwym materiałem macierzystym gleb Kowarskiego Grzbiecie jest peryglacialna gliniasto-kamienista (gliniasto-gruzowa) pokrywa stokowa. Powierzchniowa część tej pokrywy uległa jednak silnemu rozmyciu, prawdopodobnie głównie na skutek zmywu powierzchniowego oraz płytkiej, przypowierzchniowej sufozji, którym podlegały drobniejsze frakcje ziemiste. Obecnie na znacznych obszarach Kowarskiego Grzbiecie pokrywy stokowe są przynajmniej dwudzielne do głębokości 100 cm poniżej powierzchni terenu.

Górna warstwa („sufozyjna“) zbudowana jest z podłużnych lub płytkowych (dachówkowych) odłamków gnejsu, ułożonych bezładnie, często „na sztorc“, z lokalnie włożonymi większymi płytami gnejsu (Ryc. 2). Miejscami, drobniejsze odłamki są wyraźnie uporządkowane, to jest ułożone mniej więcej płasko i dłuższymi osiami zgodnie ze spadkiem stoku, co sugeruje ich nagromadzenie na drodze spływowej. Odłamki skalne w tej warstwie nie są ze sobą spójne, a obszerne przestrzenie między nimi nie są wypełnione zwietrzeliną umożliwiającą swobodny przepływ wody. Miąższość warstwy waha się od 25 do 90 cm i w obrębie analizowanej kateny rośnie w dół stoku. Zawartość zwietrzliny drobnziarnistej jest nieznaczna i na ogół nie przekracza 5 % objętościowych. Zwietrzelina ta jest na ogół bezstrukturalna lub słabo strukturalna, barwy jasnoszarej lub stalowo-szarej. Miejscami występują niewielkie nagromadzenia (grudki) materii organicznej odrywającej się od zmuszałej ściółki nadkładowej i osypującej w wolne przestrzenie między odławkami. Intensywny ruch wody w warstwie powierzchniowej sprzyja również translokacji substancji koloidalnych z ektohumusu oraz przemiany skąpej zwietrzliny ziemistej, co powoduje, że warstwa ta w całej swojej miąższości ma charakter poziomu eluwialnego gleby bielcowej. Jest to bardzo nietypowy poziom eluwialny, gdyż opisywane dotychczas poziomy eluwialne bielc i gleb bielcowych mają uziarnienie piasków lub glin piaszczystych o zróżnicowanej szkieletowości, ale nigdy tak ekstremalnie wysokiej.

Głębsza część pokrywy stokowej ma charakter peryglacialnej warstwy gliniasto-gruzowej, której geneza powiązana jest z procesami soliflukcji oraz krioturbacji (TRACZYK 1996). Odłamki gnejsu, stanowiące na ogół 50–60 % objętości tej pokrywy ułożone są pozornie bezładnie, jednak miejscami napotymane są większe nagromadzenia odłamków ułożonych dłuższymi osiami równoległe do siebie – równoległe do powierzchni stoku lub prostopadłe do niej. W odróżnieniu od warstwy sufozycznej, nie występują pustki między odłankami szkieletu, a wszystkie wolne przestrzenie wypełnione są zwierzeliną drobnoziarnistą. Zwierzelina ziemista ma strukturę agregatową ostrokrawędzistą (angularną), płytkowo-angularną lub płytkową oraz zbity lub średnio zbity układ. Cechy te niekiedy spełniają kryteria poziomu fragipan (IUSS 2006, SYSTEMATYKA 1989). W niniejszej pracy warstwa ta umownie jest nazywana „peryglacialną warstwą krioturbacyjną” lub w skrócie „warstwą krioturbacyjną”. Warstwa ta ma przepuszczalność wodną zdecydowanie mniejszą niż warstwa sufozyczna, co często powoduje okresowe stagnowanie wód roztopowych lub opadowych w warstwie



Ryc. 2. Analizowane profile glebowe. 2A – profil KG1, 2B – profil KG2, 2C – profil KG3, 2D – profil KG4.

Fig. 2 Soil profiles under investigation. 2A – profile KG1, 2B – profile KG2, 2C – profile KG3, 2D – profile KG4.

sufozyjnej, ponad stropem warstwy krioturbacyjnej. Zabarwienie zwietrzliny ziemistej jest żółto-brunatne lub brunatne, w zależności od nagromadzenia związków humusowych oraz związków żelaza. W obrębie opisywanej warstwy tworzą się poziomy B, zarówno iluwalne, jak i iluwalno-wietrzniowe, niekiedy z cechami glejowymi, nigdy natomiast nie stwierdzono cech bielcowania (*albic*).

W profilach gleb wytworzonych z opisanych wcześniej dwuczłonowych pokryw stokowych wyróżnia się więc następujące poziomy genetyczne gleb bielcowych:

- powierzchniowy poziom eluwalny (Eg) obejmujący niemal całą objętość warstwy sufozyjnej; hiperszkieletowy, luźny, silnie przepuszczalny dla wody; o jasnoszarym lub stalowo-szarym (według atlasu barw Munsella: między 7,5YR 6/1–3 a 10YR 6/1–2) zabarwieniu zwietrzliny ziemistej.
- poziom iluwalnego nagromadzenia próchnicy (Bh) w spągowej części warstwy sufozyjnej lub poziom iluwalnego nagromadzenia próchnicy i związków żelaza oraz glinu (Bhs) na styku warstwy sufozyjnej i krioturbacyjnej; o ciemno-brunatnym lub czarnym zabarwieniu części ziemistych (od 5YR 1/1–2 do 5YR 2–2,5/5) wskutek silnego nagromadzenia związków humusowych;
- poziom iluwalnego nagromadzenia związków żelaza i glinu (Bs) w obrębie warstwy krioturbacyjnej. Poziom ten w części stropowej jest ciemnobrunatny (od 2,5YR 2,5–3/3 do 7,5YR 4/6) i z głębokością staje się jaśniejszy i coraz bardziej żółty lub rdzawy (od 7,5YR 5/8 do 10YR 5/8). Płytkowe agregaty glebowe w poziomach Bhs i Bs często mają ciemne otoczki żelazisto-glinowo-humusowe powstające w wyniku cyklicznych procesów zamrażania i schładzania roztworów glebowych (KOWAŁKOWSKI & DEGÓRSKI 2005).

Ponadto, w profilu bieliec Kowarskiego Grzbietu występuje warstwa organiczna w postaci tzw. próchnicy nadkładowej, która zawieszona jest na powierzchni pokrywy gruzowej (sufozyjnej). W jej budowie wyróżnić możemy poziom surowinowo-fermentacyjny (Olf lub Of) o miąższości 5–8 cm, zbudowany ze słabo i średnio rozłożonych igieł i szyszek świerka oraz fragmentów pędów traw i krzewinek. Poniżej występuje warstewka materii organicznej storfiałej lub zmurszałej (Oht) o grubości od 2 do 10 cm, silnie rozłożonej, na mokro mazistej. Próchnice nadkładowe (ektohumus) typologicznie należą do formy mor torfiasty lub tangel-mor torfiasty (murszasty), a ich miąższość waha się od 7 cm w partii szczytowej (KG1), przez 15–16 cm na stokach (KG2, KG3) do 18 cm w obszarze pedymentu podstokowego (KG4). Obecność ektohumusu typu mor torfiasty jest potwierdzeniem stagnowania wód opadowych i roztopowych w obrębie warstwy sufozyjnej, gdyż tylko w warunkach regularnego okresowego nadmiaru wody formuje się torfiasta lub murszowata próchnica nadkładowa.

Uziarnienie części ziemistych bieliec Kowarskiego Grzbietu charakteryzuje się zmienną pylastością i bardzo małą zawartością łu (Tab. 1). Zawartość frakcji ilastych (<0,002 mm) nie przekracza w żadnym z poziomów 4 % (na ogół <2 %), a zawartość frakcji pyłowej (0,05 mm–0,002 mm) oscyluje w granicach 21–59 %. Uziarnienie różnicuje się dość wyraźnie w obrębie profilu glebowego. Warstwy powierzchniowe (poziomy eluwalne Eg/C oraz iluwalne humusowe Bh) zawierają najmniej łu koloidalnego (na ogół 1 %) oraz zdecydowanie mniej frakcji pyłowych (w granicach 25–33 %) niż warstwy głębsze. Pod względem granulometrycznym są to więc piaski gliniaste lub gliny piaszczyste, wyraźnie zubożone we frakcje drobne wskutek ich wymycia. Zawartość frakcji pyłowej w poziomach Bs, BsC oraz C, wyróżnionych w obrębie warstwy „krioturbacyjnej“ wynosi na ogół ponad 40 %, przy zawartości łu koloidalnego nie przekraczającej 2–4 %, co kwalifikuje je do glin piaszczystych (silnie pylastych) lub nawet do pyłów gliniastych, średnio i silnie szkieletowych. Badane gleby wykazują bardzo dużą szkieletowość szczególnie w poziomach Eg/C, gdzie osiąga aż 90–95 % (objętościowo), zmniejszającą się w poziomach B do 50–60 %. Udział szkieletu drobnego (2–5 mm) zmienia się bardzo nieregularnie w profilu, nie wykazując wyraźnej prawidłowości w ujęciu głębokościowym. Silna pylastość analizowanych gleb, przy równocześnie niskiej zawartości łu, wskazuje na rolę wietrzenia fizycznego w formowaniu zwietrzelin i upodabnia badane gleby (wytworzone z gnejsów) do gleb wytworzonych z granitów w innych częściach Karkonoszy (JAHN

Tab.1. Skład granulometryczny analizowanych gleb.

Particle-size distribution of soils under investigation.

Numer profilu Profile number	Poziom glebowy Soil horizon	Procentowy udział frakcji (mm) Percentage of particle size-fraction (mm)									Suma frakcji Sum of fractions (%)		
		2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,006	0,006-0,002	< 0,002	2-0,05 (mm)	0,05-0,002 (mm)	< 0,002 (mm)
KG1	Eg/C	3	8	12	25	18	18	11	4	1	66	33	1
	Bh	2	8	13	25	20	16	11	4	1	68	31	1
	Bhs	2	7	11	22	20	20	11	6	1	62	37	1
	2Bs	2	6	8	14	20	22	20	6	2	50	48	2
	2C	2	4	7	14	11	24	26	9	3	38	59	3
KG2	Eg/C	4	10	17	25	18	15	8	2	1	74	25	1
	Bh	5	11	18	23	17	15	8	2	1	74	25	1
	2Bhs	4	8	13	25	20	19	8	2	1	70	29	1
	2Bs	3	8	12	25	22	19	8	2	1	70	29	1
	2BsC	3	11	12	20	15	23	10	2	4	61	35	4
	2C	3	7	11	21	17	25	12	3	1	59	40	1
KG3	Eg/C	6	11	21	15	13	17	9	6	2	66	32	2
	Bh	5	12	16	22	13	16	10	4	2	68	30	2
	2Bhs	3	9	15	23	15	23	6	2	4	65	31	4
	2Bs	5	13	16	26	17	13	8	0	2	77	21	2

1963, KABAŁA 2005, KOCOWICZ 2000, SKIBA & DREWNIK 1993). Natomiast brak głębokościowego gradientu pylastości i szkieletowości gleb odróżnia je z kolei od typowych gleb wietrzonych i podkreśla znaczenie warstwowej budowy pokryw stokowych, w obrębie których uformowały się analizowane bielice Kowarskiego Grzbietu (BORKOWSKI et al. 2005, KABAŁA 2004, KABAŁA et al. 2008).

Fizykochemiczne właściwości gleb układają się w schemat charakterystyczny dla bieliec (Tab. 2). Najsilniejsze zakwaszenie występuje w próchnicach nadkładowych (pH w granicach 3,4–3,9), co jest skutkiem humufikacji szczątków organicznych i obecności dużych ilości mobilnych kwasów humusowych, a także w poziomach eluwalnych (pH w zakresie 3,4–3,7), pozostających pod bezpośrednim zakwaszającym oddziaływaniem odcieków z próchnic nadkładowych. W poziomach iluwalnych pH rośnie w głąb profilu i w poziomach BsC oraz C osiąga wartości maksymalne, na poziomie 4,3–4,8. Badane bielice są więc w całym profilu glebami o odczynie kwaśnym, lub nawet silnie kwaśnym (w warstwach powierzchniowych, najmocniej objętych procesami eluwalnymi). Substancja organiczna najsilniej koncentruje się w ektohumusie, gdzie strata żarowa w poziomach Olf i Of wynosi 82–88 %, oraz w poziomach torfiastych Oht – w przedziale 30–86,5 %. Znaczna miąższość próchnic nadkładowych, przeważająca w składzie gatunkowym kwasolubna roślinność, a także duża przepuszczalność warstwy powierzchniowej sprzyjają rozwojowi procesu bielicowania (SKIBA 1998, SOMMER et al. 2000). Objawia się to m.in. zubożeniem poziomów Eg/C w substancję organiczną, a także ich akumulacją w poziomach Bh i Bhs. Zawartości węgla organicznego wynoszą w poziomach eluwalnych od 0,53 do 2,81 % i są średnio trzykrotnie niższe od ilości stwierdzonych w poziomie Bh (2,55–6,39 %), gdzie akumulacja jest najsilniejsza. Poniżej poziomu Bhs zawartość węgla organicznego stopniowo, lecz bardzo wyraźnie, obniża się wraz z głębokością do 0,15–0,88 % w poziomach BsC i C (tab. 2). Pod względem stopnia zakwaszenia oraz profilowego rozkładu pH, a także zawartości

Tab. 2. Wybrane właściwości chemiczne analizowanych gleb.

Selected chemical properties of soils under investigation.

Numer profilu Profile number	Poziom glebowy Soil horizon	pH H ₂ O	Strata żarowa Loss in ignition (%)	Węgiel organiczny Organic carbon (%)	Fe _d	Fe _{ox}	Al _d	Al _{ox}	Fe _{ox} /Fe _d	Al _{ox} +1/2Fe _{ox}
KG1	Of	3,9	82,0	-	-	-	-	-	-	-
	Oht	3,4	78,3	-	-	-	-	-	-	-
	Eg/C	3,7	-	0,83	0,09	0,03	0,06	0,05	0,28	0,06
	2Bh	3,7	-	2,55	0,79	0,61	0,24	0,20	0,76	0,50
	2Bhs	3,9	-	2,33	1,85	1,65	0,37	0,38	0,89	1,20
	2Bs	3,9	-	0,85	1,14	0,84	0,34	0,36	0,73	0,78
	2C	4,3	-	0,15	0,70	0,25	0,31	0,35	0,36	0,47
KG2	Olf	3,4	81,9	-	-	-	-	-	-	-
	Oht	3,9	86,5	-	-	-	-	-	-	-
	Eg/C	3,7	-	0,53	0,14	0,03	0,03	0,01	0,22	0,02
	2Bh	3,5	-	6,39	0,98	0,96	0,37	0,35	0,98	0,83
	2Bhs	3,9	-	2,01	1,38	1,33	0,28	0,29	0,97	0,96
	2Bs	3,9	-	0,83	1,13	1,09	0,33	0,34	0,96	0,88
	2BsC	4,7	-	0,65	0,56	0,24	0,31	0,34	0,43	0,46
2C	4,8	-	0,34	0,50	0,15	0,23	0,26	0,29	0,33	
KG3	Olf	3,9	88,3	-	-	-	-	-	-	-
	Oht	3,4	30,2	-	-	-	-	-	-	-
	Eg/C	3,7	-	2,81	0,09	0,06	0,05	0,04	0,63	0,06
	2Bh	3,8	-	3,26	0,31	0,23	0,14	0,22	0,74	0,33
	2Bhs	4,1	-	2,01	0,79	0,76	0,30	0,32	0,97	0,70
2Bs	4,4	-	0,88	0,58	0,38	0,35	0,42	0,65	0,60	

Objaśnienia: Fe_d, Al_d – żelazo i glin „wolne”, Fe_{ox}, Al_{ox} – żelazo i glin „aktywne”, Fe_{ox}/Fe_d – wskaźnik aktywności żelaza, Al_{ox}+ 1/2Fe_{ox} – wskaźnik iluwalny (bielicowania).

Explanations: Fe_d, Al_d – “free” iron and aluminum, Fe_{ox}, Al_{ox} – “active” iron and aluminum, Fe_{ox}/Fe_d – iron activity index, Al_{ox}+ 1/2Fe_{ox} – illuviation (podzolization) index.

substancji organicznej, analizowane bielice Kowarskiego Grzbietu są bardzo zbliżone do bielice wytworzonych ze zwietrzelin granitów w subalpejskich partiach Karkonoszy (BORKOWSKI et al. 2005, KABAŁA et al. 2008, SKIBA & DREWNIK 1993).

Intensywna translokacja żelaza i glinu w górnej części profili glebowych sprawia, że w obrębie profilu występują ogromne dysproporcje w zawartości mobilnych form tych pierwiastków między poziomami eluwalnymi i iluwalnymi, co jest istotnym efektem procesu bielicowania. Najwyższe zawartości tych metali stwierdzono w poziomach Bh_s, gdzie koncentracja Fe_d sięga 0,79–1,85 %, a zawartość Fe_{ox} waha się w przedziale od 0,76 do 1,65 %. Natomiast w warstwie Eg/C udział Fe_d wynosi zaledwie 0,09–0,14 %, a udział Fe_{ox} 0,03–0,06 % (Tab. 2). Stwierdzono wyższe zawartości mobilnych form żelaza Fe_d i Fe_w w poziomach Bh_s i Bs w profilu położonym na wierzchołku grzbietowej, niż w odkrywkach ulokowanych na stoku, co stoi w sprzeczności z koncepcją bocznego bielicowania (SOMMER et al.

2000), i w kontekście wcześniej opisywanego zmniejszania się miąższości poziomów eluwalnych wraz z wysokością, podkreśla znaczenie struktury pokrywy stokowej. Wskaźnik aktywności żelaza (Fe_{ox}/Fe_d), którego wartości są bliskie jedności w poziomach Bh, Bhs i Bs, wskazuje, że niemal całe zakumulowane żelazo wolne występuje w formach amorficznych lub słabokrystalicznych, co świadczy o jego „świeżości”, a więc o dużej aktywności procesu bielcowania (KABAŁA 2005). Potwierdzeniem tej tezy są również wartości wskaźników iluwacji uwzględniających aktywne formy żelaza i glinu (tab. 2), osiągające w poziomach Bhs wartości od 0,7 do 1,20, które są wielokrotnie wyższe od wartości stwierdzonych w poziomach eluwalnych (0,02–0,06).

Prezentowane w pracy wyniki dają podstawę do zaklasyfikowania badanych poziomów genetycznych w oparciu o kryteria zawarte w systematyce gleb FAO-WRB (IUSS 2007). Wszystkie poziomy Eg/C spełniają wymogi co do barwy oraz miąższości dla poziomu diagnostycznego *albic*. Poziomy B posiadają (przynajmniej w części poziomu) pH poniżej 5,9, zawartość węgla organicznego powyżej 0,5 %, oraz wartość wskaźnika iluwacji ($Al_{ox} + 1/2Fe_{ox}$) ponad 0,5 %, a równocześnie przynajmniej dwukrotnie wyższą niż w poziomie eluwalnym. Wobec spełnienia tych kryteriów, poziomy B (przynajmniej w podpoziomach Bhs) mogą być uznane za poziomy diagnostyczne *spodic*.

Nie ulega wątpliwości, że zróżnicowanie barwy i właściwości fizykochemicznych analizowanych gleb odbyło się (odbywa) na drodze procesu bielcowania, któremu sprzyja zespół warunków środowiskowych, na który składa się rodzaj skały macierzystej, chłodny i wilgotny klimat oraz udział drzewostanów szpilkowych. Niestety stosunkowo słaba dokumentacja różnorodności gleb górskich spowodowała brak ujęcia w SYSTEMATYCE GLEB POLSKI (1989) gleb bielcowych o podobnej charakterystyce, głównie ze względu na przewagę frakcji szkieletowych w uziarnieniu poziomu eluwalnego oraz gliniasto-pyłowe uziarnienie części ziemistych w głębi profilu. Ekstremalna szkieletowość zbliża analizowane gleby do rankerów, jednak przynależność typologiczną do rankerów należy wykluczyć ze względu na dużą całkowitą miąższość profili tych gleb. Także odgórne oglejenie w warstwie eluwalnej nie jest typową cechą dla żadnego z typów gleb bielcowych w stale obowiązującej Systematyce. Prawdłowe oznaczenie typologii analizowanych gleb, z uwzględnieniem ich specyficznych właściwości, jest możliwe jedynie przy zastosowaniu klasyfikacji międzynarodowej FAO-WRB (IUSS 2007). System ten nie wyklucza ekstremalnej szkieletowości poziomu eluwalnego, jeśli poziom iluwalny spełnia wszystkie kryteria diagnostyczne. W oparciu o FAO-WRB bielice Kowarskiego Grzbietu można zaliczyć do Stagnic Hyperskeletal Albic Podzols, gdzie człon Podzols jest oznaczeniem typu gleb (i jest odpowiednikiem polskich bielic), natomiast wcześniejsze człony są tzw. kwantyfikatorami uszczegółwiającymi cechy gleby. Człon *albic* oznacza obecność poziomu eluwalnego w profilach klasyfikowanych bielic (podzoli), człon *hyperskeletal* odnosi się do ekstremalnej szkieletowości powierzchniowej części profilu glebowego, a człon *stagnic* określa występowanie warunków redukcyjnych spowodowanych okresowym stagnowaniem wód opadowych (roztopowych). Ponadto, w związku z dużą miąższością próchnic nadkładowych, klasyfikacja FAO-WRB umożliwia dalsze uszczegółwienie nazw gleb w profilach KG2 i KG3 do Stagnic Hyperskeletal Follic Albic Podzols, gdzie człon *follic* oznacza warstwę próchnicy nadkładowej o miąższości co najmniej 10 cm. W zależności od celu charakterystyki, dokładność klasyfikacji może być zmniejszona, na przykład tylko do jednostki pierwszego rzędu („typu”) oraz najważniejszego kwantyfikatora. Przy charakterystyce indywidualnych profili, zaleca się jednak przyporządkowanie wszystkich właściwych kwantyfikatorów, w celu możliwie najbardziej precyzyjnej charakterystyki właściwości gleby (IUSS 2007).

Specyfika charakteryzowanych gleb wynika głównie ze stratyfikacji materiałów stokowych. Odzwierciedla ona w pewnym sensie historyczne zmiany warunków przyrodniczych (MAILANDER & VEIT 2001, TRACZYK 1996) i determinuje kierunek procesów glebotwórczych (KABAŁA & HAASE 2004, KABAŁA et al. 2008, KOWALKOWSKI 1998, KOWALKOWSKI 2004). Istotny wpływ pokrywy oraz powszechność gleb wytworzonych z warstwowanych pokrywy stokowych lub stale pozostających pod przemożnym ich wpływem, sugeruje potrzebę wprowadzenia odpowiednich kryteriów klasyfikacyjnych do Systematyki Gleb Polski, w celu prawidłowej charakterystyki nie tylko gleb, ale i ekosystemów, których częścią są gleby.

WNIOSKI

1. Specyficzna morfologia oraz właściwości bielicy Kowarskiego Grzbietu są efektem formowania się gleb w obrębie dwudzielnych peryglacialnych pokryw stokowych.
2. Poziom eluwialny bielicy uformował się w obrębie ekstremalnie szkieletowej warstwy sufozyjnej, natomiast poziomy iluwialny powstały w zbitej, gliniasto-szkieletowej peryglacialnej warstwie krioturbacyjnej. Głębokość poziomu eluwialnego jest determinowana przez miąższość warstwy sufozyjnej.
3. Na podstawie obecności poziomów diagnostycznych *albic* i *spodic*, a także ekstremalnej szkieletowości oraz odgórnego oglejenia warstw powierzchniowych, analizowane gleby Kowarskiego Grzbietu można w klasyfikacji FAO-WRB 2006/2007 zaliczyć do Stagnic Hyperskeletic Albic Podzols. W aktualnej Systematyce gleb Polski brak jednostki typologicznej umożliwiającej poprawną klasyfikację analizowanych gleb.

LITERATURA

- BORKOWSKI J. 1996: Mapa gleb Karkonoskiego Parku Narodowego i jego otuliny 1 : 25 000. Archiwum Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.
- IUSS WORKING GROUP WRB 2007: World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- Guidelines for soil description 2006: Food and Agriculture Organization. Rome.
- JAHN A. 1963: Gleby strukturalne Czarnego Grzbietu i problem utworów pylastych w Karkonoszach. Acta Univ. Wratisl. 9: 55–65.
- KABAŁA C. 2004: Problemy genezy niektórych gleb bielcowych subalpejskiego piętra Karkonoszy. Opera Corcontica, 41: 48–54.
- KABAŁA C. & HAASE T. 2004: Przejawy poligenyzy gleb bielcowych wytworzonych z piaskowców kredowych Gór Stołowych. Roczn. Glebozn. 55: 39–49.
- KABAŁA C. 2005: Geneza, właściwości i występowanie gleb bielcowych w zróżnicowanych warunkach geologicznych Dolnego Śląska. Zesz. Nauk. AR Wrocław 519: 1–169.
- KABAŁA C., BOGACZ A., WĄROSZEWSKI J. & OCHYRA S. 2008: Wpływ pokryw stokowych na morfologię i właściwości bielicy subalpejskiego piętra Karkonoszy. Roczniki Gleboznawcze 1: 90–99.
- KACPRZAK A. 2003: Pokrywy stokowe jako utwory macierzyste gleb Bieszczadów Zachodnich. Roczniki Gleboznawcze 54: 97–100.
- KOCOWICZ A. 2000: Zróżnicowanie składu granulometrycznego gleb Karkonoskiego Parku Narodowego. Opera Corcontica 37: 98–102.
- KOMORNICKI T., ADAMCZYK B., BARAN S., BORKOWSKI J., KOWALIŃSKI S., SZERSZEŃ L. & TOKAJ J. 1965: Mapa gleb KPN w skali 1 : 10 000 + tekst. Archiwum Karkonoskiego Parku Narodowego
- KOWALKOWSKI A. 1998: Związki genetyczne między seriami pokryw stokowych i budową profilu gleb terenów górskich na przykładzie głównego masywu Łysogór. Zeszyt. Probl. Nauk. Rolnicz. 464: 37–58.
- KOWALKOWSKI A. 2004: Rozpoznawanie i klasyfikacja wytworzonych w środowisku peryglacialnym i ekstraperyglacialnym stref przekształceń i glebopokryw stokowych. Region. Monitoring Środow. Przyr. 5: 47–94. Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.
- KOWALKOWSKI A. & DEGÓRSKI M. 2005: Biogeomorfogeniczna odrębność górskich strukturalnych gleb rdzawych bielcowych. Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich. 52: 7–16.
- MAILANDER R. & VEIT H. 2001: Periglacial cover-beds on the Swiss Plateau: indicators of soils, climate and landscape evolution during the Late Quaternary. Catena 45: 251–272.
- MARZEC M. & KABAŁA C. 2008: Gleby rdzawe i brunatne kwaśne wytworzone ze zwietrzelin granitów w Sudetach – morfologia, właściwości i systematyka. Roczn. Glebozn. 59: 206–214.
- Operat siedliskowy nadleśnictwa Śnieżka 2007: Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej, Oddział w Krakowie.
- SKIBA S. & DREWNIK M. 1993: Gleby zdegradowanych ekosystemów Karkonoszy. Karkonoskie badania ekologiczne. Instytut Ekologii PAN: 93–102.

- SKIBA S. 1998: Gleby górskie w systematyce gleb Polski. Zeszyt. Probl. Postęp. Nauk Roln. 464: 25–32.
- SOMMER M., HALM D., WELLER U., ZAREI. & STAHR K. 2000: Lateral podzolization in a granite landscape. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 1434–4442.
- Systematyka Gleb Polski 1989: Wydanie czwarte. Roczn. Glebozn. 40, 3/4: 1–150.
- TRACZYK A. 1996: Geneza i znaczenie stratygraficzne rytmicznie warstwowych osadów stokowych w Sudetach. Acta Univ. Wratisl., 1808: 93–10.
- VAN REEUWIJK L. P. 2002: Procedures for soil analysis. 6th ed. ISRIC – World Soil Information Centre. Technical Reports 9. Wageningen, Netherlands