

## NIECIĄGŁOŚCI LITOLOGICZNE W PROFILACH BIELIC WYTWORZONYCH ZE ZWIETRZELIN GÓRNOKREDOWYCH PIASKOWCÓW W GÓRACH STOŁOWYCH

*Jarosław Waroszewski, Cezary Kabata, Katarzyna Koszelnik*

### Litological discontinuities in Podzols developed from Upper Cretaceous sandstones in the Stołowe Mountains

*Abstract:* The data presented in this paper confirms the existence of lithological discontinuities in Podzols, usually at the boundaries between E and B horizons. This phenomenon is supported by the results of particle size analysis: changes in the content of medium sand, coarse and fine sand, fine silt and clay. The presence of lithological discontinuities zone is also indicated by sedimentological indexes, first of all the average diameter of grains, as well as the asymmetry of particle size distribution. Based on the above arguments it can be concluded that Podzols formed from Upper Cretaceous sandstones in the Stołowe Mountains are heterogeneous.

*Keywords:* particle size distribution, soil heterogeneity, slope cover-beds

*Zarys treści:* Prezentowany w niniejszym opracowaniu materiał potwierdza występowanie nieciągłości litologicznych w bielcach z reguły na styku poziomów E i B. Obserwacje te uwierzytelnia analiza uziarnienia wyraźnymi zmianami zawartości podfrakcji piasku średniego, grubego i drobnego oraz pyłu drobnego i iłu. Na występowanie strefy nieciągłości wskazują także wskaźniki sedimentologiczne, w tym przede wszystkim przeciętne średnice ziaren, jak również wartości parametru asymetrii rozkładu uziarnienia. Opierając się na przedstawionych argumentach można wysunąć wniosek o heterogenicznej budowie bielci wytworzonych ze zwietrzelin górnokredowych piaskowców w Górach Stołowych.

*Słowa kluczowe:* skład granulometryczny, heterogeniczność gleb, pokrywy stokowe

## 1. Wprowadzenie

Heterogeniczność profili glebowych coraz częściej identyfikowana jest w obrębie różnych grup systematycznych, szczególnie w glebach płowych (Kühn 2003; Świtoniał 2008; van Ranst i in. 2011) i bielicach (Waroszewski i in. 2013). Autorzy tych prac podają w wątpliwość wyłączną rolę czynnika pedogenicznego w kształtowaniu cech morfologicznych tych gleb i wspierają znaczenie litogenezy, to jest nakładania się w obrębie profilu glebowego warstw osadów o zróżnicowanych cechach teksturalnych (Lorz, Phillips 2006).

W celu identyfikacji geogenicznych niejednorodności profili glebowych i sformułowania wyraźnych kryteriów ich wyróżniania, wprowadzono pojęcie nieciągłości litologicznej (IUSS 2006; Soil Survey Staff 2010) zdefiniowane jako wyraźna zmiana uziarnienia lub składu mineralogicznego, reprezentująca różnice w litologii poszczególnych warstw profilu glebowego, przejawiająca się w jednym z wariantów: (a) nagła zmiana uziarnienia niezwiązana wyłącznie z migracją ilitu na skutek pedogenezy, (b) względna zmiana zawartości piasku grubego, średniego i drobnego o co najmniej 20%, (c) fragmenty skalne innego pochodzenia niż podścielająca skała, (d) występuje warstwa zawierająca fragmenty skały niezwiertzałe, położona ponad warstwą zawierającą zwiertzałe fragmenty skały, (e) warstwa z graniastymi odłamkami skalnymi przykrywa lub podściela warstwę z zaokrąglonymi fragmentami, (f) nagła zmiana koloru niewynikająca z procesów glebotwórczych, (g) istotne różnice w wielkości i kształcie minerałów odpornych na wietrzenie pomiędzy sąsiadującymi warstwami.

Nieciągłości litologiczne spotykane są często na obszarach górskich. Zidentyfikowano je m.in. w glebach brunatnych Pienin i Pogórza Karpackiego (Kacprzak, Derkowski 2007; Kacprzak i in. 2010), bielicach karkonoskich (Kabała 2004; Kabała i in. 2008; Kowalkowski, Degórski 2005) i alpejskich (Mäilander, Veit 2001; Geitner i in. 2011). Nieciągłości mogą być związane z tzw. peryglacialnymi pokrywami stokowymi (Kacprzak 2003; Kleber 1997; Semmel, Terhost 2010; Waroszewski i in. 2013), a więc seriami osadów powstałych w warunkach intensywnego wietrzenia mrozowego, przekształceń w wyniku procesów geliflukcji lub krioturbacji czy też akumulacji pyłu eolicznego. Powstałe serie osadów cechują się zatem zróżnicowanymi właściwościami fizycznymi i chemicznymi, co w konsekwencji rzutuje na budowę profilu glebowego, przepuszczalność poszczególnych warstw dla wody migrującej wraz z rozpuszczonymi w niej składnikami, a także na żyzność siedlisk (Lorz, Philips 2006).

Prowadzone w ostatnich latach prace gleboznawcze w Górach Stołowych wskazują, jakoby część gleb wytworzonych z piaskowców kwarcytowych cechowała się wyraźnym profilowym zróżnicowaniem uziarnienia (Kabała, Haase 2004) na nie-różnicowanym podłożu geologicznym. Celem tej pracy jest weryfikacja hipotezy

o występowaniu nieciągłości litologicznych w profilach bielic w różnych częściach Gór Stołowych. Dodatkowym celem pracy jest charakterystyka przestrzennego i wewnątrzprofilowego zróżnicowania dystrybucji frakcji granulometrycznych w glebach wytworzonych z dwóch serii piaskowców kredy górnej: koniaku (młodszych) i turonu (starszych).

## 2. Charakterystyka terenu i metodyka

Badania prowadzono na dwóch powierzchniach testowych. Pierwszą katenę wytypowano w masywie Białych Skał, w środkowej części Gór Stołowych, gdzie przeważają piaskowce koniaku poziomu *Inoceramus lamarckii* (Radwański 1964). Od północy i południa masyw wyodrębnia się pionowymi skalnymi ścianami oraz stromymi i urwistymi stokami (nachylenie 30°), na których odnotowano intensywne procesy geomorfologiczne (m.in. powstawanie stożków torencyjnych). Wierzchowina masywu łagodnie opada ku wschodowi, a pokrycie jej powierzchni gładzi piaskowca nie przekracza 50%. Drugą katenę zlokalizowano na stokach Góry Rogacz w rejonie tzw. Skalnych Grzybów, w północnej części Gór Stołowych, na podłożu turońskich piaskowców ciosowych poziomu *Inoceramus schloenbachii* (Radwański 1964). Rejon ten cechuje się średnimi spadkami terenu od 3° (wierzchowiny i pedymenty podstokowe) do 15°–20° w środkowych częściach stoków, znacznym pokryciem powierzchni gładzi (w zakresie 40–75%) oraz obecnością ostańców skalnych w formie grzybów i kolumn o zróżnicowanej wielkości.

W rejonie Białych Skał zlokalizowano transekt z pięcioma profilami (BBS 1–5). Transekt w rejonie Skalnych Grzybów obejmuje 4 profile (SG 1–4). W terenie określono typy i podtypy gleb według Systematyki gleb Polski (2011) oraz grupy referencyjne według FAO-WRB (IUSS 2006), a z wyróżnionych poziomów genetycznych pobrano materiał do analizy składu granulometrycznego przeprowadzonej metodą areometryczno-sitową. Dyspersję części ziemistych (wydzielonych na sicie o średnicy 2 mm) przeprowadzono na zimno z użyciem mieszałki mechanicznej, w zawieszynie wodnej z dodatkiem heksametafosforanu sodu i węgla sodu. Nazwy frakcji i grup granulometrycznych określono zgodnie z klasyfikacją Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (2008). Obliczono ponadto wskaźniki sedymentologiczne (średnia wielkość ziarna, wysortowanie, skośność, spłaszczenie) na podstawie średnic wyrażonych w skali phi, korzystając z programu GRADISTAT 5.11 PL beta. Analizę statystyczną przeprowadzono z użyciem programu Statistica 8.0 (StatSoft. Inc. Tulsa, USA), w tym przede wszystkim wyznaczono grupy jednorodne testem porównań wielokrotnych według Tukeya.

### 3. Morfologia i klasyfikacja gleb

Bezpośrednio pod poziomami O lub A badanych gleb występują poziomy eluwalne, z reguły o strukturze rozdzielenozarnistej. Cechą wspólną poziomów eluwalnych w katenie Białe Skały jest strefowe lub plamiste oglejenie (odgórne). Poziomy eluwalne o większej miąższości mają wyraźnie zachowaną stratyfikację materiału, co pozwala sądzić, że zostały nadbudowane przez lokalne namycie (lub nawianie) materiału piaszczystego. Odłamki piaskowca w poziomach eluwalnych często cechowały się zwietrzeniem słabszym niż w poziomach Bh/Bhs, co sugeruje, że poziomy te mogą być stosunkowo młode (holocen). Przejście do poziomów iluwalnych (Bh, Bhs) jest wyraźne lub ostre, płaskie i równe bądź faliste. Wraz z głębokością w poziomach iluwalnych układ gleby jest bardziej masywny. Struktura w tych poziomach zmienia się z subangulanej oraz subangularno-płytkowej w poziomach Bh na płytkową, trwałą w poziomach Bs i BC. Charakterystyczny dla tych poziomów jest brak oglejenia, spowodowany obecnością cienkich poziomów żelazistych placic, które uniemożliwiają pionową migrację wód opadowych. Poziomy identyfikowane jako BC i C cechują się obecnością struktur płytkowych, brakiem oglejenia oraz wysoką szkieletowością.

Poziomy eluwalne spełniają kryteria poziomów albic, natomiast stropowa część poziomów iluwalnych spełnia kryteria poziomów diagnostycznych spodic (IUSS, 2006), dlatego gleby zaliczono do grupy referencyjnej Podzols. W Systematyce gleb Polski (2011) gleby te zaliczane są do gleb bielcowych typowych lub bieliec typowych bądź też do stagnobielic. Wyjątkiem jest gleba BBS1, której poziomy genetyczne nie spełniają wszystkich kryteriów diagnostycznych, toteż zaliczona została do grupy Regosols (IUSS, 2006). W Systematyce gleb Polski (2011) gleba ta nie może być przyporządkowana do żadnego z typów, ze względu jednak na płytkość profilu sklasyfikowano ją jako rankera z cechami bielcowania.

### 4. Uziarnienie gleb

Profil usytuowany w szczytowej części transektu Białe Skały (BBS1) przedstawia glebę wytworzoną w całej swojej miąższości z piasków luźnych z dominującą frakcją piasku średniego (37–42%) i drobnego (42–46%), oraz zawartością pyłu i łu nieprzekraczającą odpowiednio 4% i 2% (tab. 1). W profilu BBS2 powierzchniowe poziomy mają uziarnienie piasku luźnego (udział pyłu i łu do 3%). Poniżej nich występują glina piaszczysta i piasek gliniasty, w których udział pyłu drobnego rośnie z 1 do 16–19%. Profil BBS3 przedstawia wyraźnie odmienną kolejność warstw: od powierzchni dominuje materiał o uziarnieniu piasku gliniastego przeławicony gliną piaszczystą, który na głębokości 70 cm podścielony jest piaskiem słabo gliniastym.

Tab. 1. Uziarnienie gleb bielcowych wytworzonych z piaskowców koniackich (transekt Białe Skały)

Table 1. Particle size distribution of Podzols developed from Coniacian sandstones (Białe Skały catena)

Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	Udział frakcji w mm Distribution of fractions in mm [%]									Grupa Class
		5-2	2-1	1-0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,02	0,02- 0,002	< 0,002	
BBS1 – Ranker z cechami bielcowania Endogleyic Regosol (Arenic)											
AE	0-11	8	2	7	42	42	4	0	2	1	pl
Es	11-29	16	2	4	41	44	6	0	2	1	pl
EBg	29-49	20	3	3	40	44	7	0	2	1	pl
Bhg	49+	20	3	3	37	46	5	1	3	2	pl
BBS2 – Gleba bielcowa typowa, Stagnic Albic Podzol											
A	0-6	19	4	18	57	13	2	2	1	3	pl
Esg1	6-21	13	6	18	56	14	2	2	1	1	pl
Esg2	21-35	18	4	13	56	17	4	2	1	3	pl
2Bhd	35-43	15	5	12	40	13	6	2	16	6	gp
2Bhs	43-46	24	4	14	36	11	4	4	19	8	gp
2Bs	46+	30	2	11	45	20	4	4	10	4	pg
BBS3 – Stagnobielica, Stagnic Albic Podzol											
Esg	0-12	7	2	9	41	22	6	2	14	4	pg
Bhg	12-27	10	1	7	38	20	4	2	18	10	gp
2Bsd1	27-45	19	3	14	48	17	6	2	8	2	pg
2Bsd2	45-55	32	4	13	46	13	6	6	11	1	pg
2BCd	55-68	20	3	12	46	17	2	6	13	1	pg
2C	68+	27	1	9	42	34	4	2	6	2	ps
BBS4 – Gleba bielcowa typowa, Stagnic Albic Podzol											
A	0-3	11	6	16	46	16	6	6	2	2	ps
Esg1	3-8	11	11	16	44	13	6	2	6	2	ps
Esg2	8-15	10	7	14	46	15	4	4	6	4	pg
Bhg	15-21	18	4	13	39	16	6	4	14	4	pg
2Bhsd	21-28	34	2	11	39	17	6	11	10	4	gp
2Bsd	28-50	12	3	14	40	14	4	11	12	2	gp
2BCd	50+	27	5	11	40	14	4	4	16	6	gp
BBS5 – Gleba bielcowa typowa, Stagnic Albic Podzol											
AEg	0-6	6	3	10	47	24	2	6	6	2	pg
Esg	6-17	8	2	10	48	22	4	4	6	4	pg
2Bhsd	17-31	24	2	11	40	18	6	2	15	6	gp
2Bsd	31-50	15	2	11	40	16	8	8	13	2	gp
2BC	50-75	12	2	11	40	16	6	7	12	6	gp
2C	75+	9	2	11	40	15	6	6	12	8	gp

Objaśnienia: pl – piasek luźny, ps – piasek słabo gliniasty, pg – piasek gliniasty, gp – glina piaszczysta  
 Explanations: pl, ps – sand, pg – loamy sand, gp, gl – sandy loam.

W profilu BBS4 cienka warstwa piasku słabo gliniastego przykrywa poziomy o uziarnieniu piasku gliniastego, przechodzące w gliny piaszczyste. Zmianie uziarnienia towarzyszy dwukrotny wzrost zawartości frakcji pyłu drobnego (tab. 1). Prawie podobny układ warstw stwierdzono w profilu BBS5, gdzie piasek gliniasty przechodzi w glinę piaszczystą, czemu towarzyszy wyraźny wzrost pylastości. W glebach tego transektu udział frakcji pyłu i łu zmienia się wyraźnie w obrębie profilu (różnice statystycznie istotne), na ogół na kontakcie poziomów E i B (tab. 3). Wspólną cechą gleb transektu Białe Skały (z wyjątkiem profilu BBS1) jest podobny udział dominującej podfrakcji piasku średniego, aczkolwiek istotnie większy w poziomach powierzchniowych niż w głębszych (tab. 3).

W górnej części transektu Skalne Grzyby, do wysokości około 650 m n.p.m. występują piaski luźne, słabogliniaste i gliniaste. Poniżej tej wysokości dominują gliny piaszczyste i gliny lekkie, przykryte albo podścielone piaskami luźnymi i słabogliniastymi. Wśród frakcji piaskowych w glebach tego transektu dominuje piasek średni, a jego przewaga nad frakcją piasku drobnego rośnie w układzie wysokościowym transektu (tab. 2). W profilach SG 1–2 na kontrastująco różny udział podfrakcji piasku bardzo grubego i bardzo drobnego w warstwach powierzchniowych i głębszych nakładają się nieregularne zmiany ilości frakcji pyłowej, której w profilu SG1 jest wyraźnie mniej w poziomie E niż w B, a w profilu SG2 odwrotnie. Udział frakcji iłowej jest niewielki, w granicach 1–6% i zmienny w układzie profilowym. Piasek luźny w powierzchniowej warstwie profilu SG3 zawiera minimalne ilości frakcji pyłowej oraz iłowej i przechodzi nagle w glinę piaszczystą o zawartości frakcji iłowej od 8% do 12%. Bielica w profilu SG4 ma uziarnienie gliny piaszczystej przechodzącej w glinę lekką, ale na podłożu piasku słabogliniastego. Nieregularne rozmieszczenie frakcji szkieletowej, pyłowej oraz iłowej wskazuje na warstwowanie materiału budującego ten profil, w tym przynajmniej na dwie nieciągłości litologiczne. W profilach Skalnych Grzybów istotne statystycznie różnice między frakcjami granulometrycznymi najczęściej występują na styku poziomów E i Bh/Bhs (tab. 3).

W glebach wytworzonych z piaskowców koniackich (transekt Białe Skały) wyraźnie dominują frakcje piasku średniego i drobnego, które stanowią od 55% do 84%. W glebach powstałych ze zwietrzelin piaskowców turońskich (Skaalne Grzyby) przeważają podfrakcje piasku średniego i drobnego, ale większym udziałem odznacza się tu także podfrakcja piasku grubego. Poziomy B gleb wytworzonych z piaskowców koniackich zawierają też wyraźnie więcej pyłu, szczególnie podfrakcji pyłu drobnego (tab. 3).

Tab. 2. Uziarnienie gleb bielcowych wytworzonych z piaskowców turońskich (transekt Skalne Grzyby)

Table 2. Particle-size distribution in Podzols developed from Turonian sandstones (Skalne Grzyby catena)

Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	Udział frakcji w mm Distribution of fractions in mm [%]									Grupa Class
		5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,002	<0,002	
SG1 – Bielica typowa, Albic Podzol											
Es1	0-15	8	14	27	41	10	2	2	2	2	pl
Es2	15-35	7	11	27	44	12	2	2	1	1	pl
2Esg	35-50	13	5	21	37	15	6	0	14	2	ps
3Bhd	50-55	21	3	14	30	21	12	6	8	6	pg
3Bhsd	55-70	25	3	19	34	20	10	4	6	4	ps
3BC	70+	16	4	18	41	17	6	4	4	6	ps
SG2 – Gleba bielcowa typowa, Albic Podzol											
AE	0-10	7	6	18	33	19	4	6	10	4	pg
Esg	10-21	6	6	19	36	19	4	2	10	4	ps
Bhg	21-24	12	3	14	31	22	12	4	8	6	pg
2Bhsd	24-35	56	3	23	45	19	6	2	0	2	pl
2Bsd	35-62	37	2	14	37	33	8	2	0	4	pl
2BCd	62+	32	0	6	30	52	4	0	2	6	ps
SG3 – Gleba bielcowa typowa, Albic Podzol											
AE	0-22	14	5	29	37	19	4	0	5	1	pl
Es	22-70	8	5	26	40	21	4	0	3	1	pl
2Bhg	70-105	13	4	20	27	23	6	2	6	12	gp
2Bhs	105+	28	6	26	28	16	8	0	8	8	gp
SG4 – Gleba bielcowa typowa, Albic Podzol											
Es	5-11	9	3	8	27	18	8	13	19	4	gp
Bhs	11-25	15	2	10	32	20	11	9	10	6	gp
2Bhs	24-40	21	1	4	22	20	12	15	16	10	gl
2Bsd	40-60	21	1	6	25	19	10	13	18	8	gl
2BC	60+	11	1	7	37	32	9	4	6	4	ps

Objaśnienia: pl – piasek luźny, ps – piasek słabo gliniasty, pg – piasek gliniasty, gp – glina piaszczysta, gl – glina lekka.

Explanations: pl, ps – sand, pg – loamy sand, gp – sandy loam.

Tab. 3. Średnia zawartość frakcji granulometrycznych w poziomach genetycznych bieliec Gór Stołowych

Table 3. Mean percentage of particle-size fractions in the horizons of Podzols in the Stołowe Mts

Transekt Catena	Poziom Horizons	Średni udział frakcji Mean fraction percentage [%]								
		5,0–2,0	2–1	1,0–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,02	0,02–0,002	<0,002
BBS	A,Es	11.4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
	Bh, Bhs	22.0 <sup>b</sup>	3 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	39 <sup>b</sup>	16 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	15 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>
	Bs,C	28.1 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	9 <sup>a</sup>	18 <sup>c</sup>	29 <sup>b</sup>	15 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	10 <sup>b</sup>	10 <sup>c</sup>
SG	AEs, Es	10.9 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>
	Bh, Bhs	25.1 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	17 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	9 <sup>b</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>b</sup>
	Bs,C	23.4 <sup>b</sup>	2 <sup>b</sup>	10 <sup>b</sup>	34 <sup>a</sup>	31 <sup>b</sup>	7 <sup>b</sup>	5 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>b</sup>

Objaśnienia: <sup>a</sup>, <sup>b</sup>, <sup>c</sup> – homogeniczne grupy określone testem Tukeya (porównanie średniego udziału frakcji w poziomach glebowych, oddzielnie w transektach BBS i SG).

Explanation: <sup>a</sup>, <sup>b</sup>, <sup>c</sup> – homogeneous groups of Tukey's multiple range test (compared mean percentage of fractions in soil horizons, separately in catenas BBS and SG).

## 5. Charakterystyka uziarnienia gleb w oparciu o wskaźniki sedymentologiczne

Stopień wysortowania frakcji (parametr  $\delta_1$ ) we wszystkich badanych glebach jest słaby bądź bardzo słaby, w zakresie od 1,1 do 2,5 (tab. 4 i 5), nie wskazując na działanie silnego czynnika sortującego w rodzaju wiatru lub wody płynącej. Słaby stopień wysortowania jest charakterystyczny dla nietransportowanych na większe odległości utworów zwietrzelinowych, co oczywiście nie wyklucza lokalnego transportu na stoku. Dość powszechnym zjawiskiem jest zmienność wartości  $\delta_1$  w obrębie profilu glebowego, szczególnie na styku poziomów E i B (na przykład podwojenie  $\delta_1$  w profilach BBS2, SG1, SG3), wskazująca na wyraźnie lepsze wysortowanie niektórych piasków budujących powierzchniowe warstwy profili glebowych. Z piasków takich w całości zbudowany jest profil BBS1. Niskim wartościom  $\delta_1$  odpowiadają wysokie wartości wskaźnika KG (kurtozy) charakteryzującego spłaszczenie rozkładu granulometrycznego. Wartości parametru KG powyżej 1,5 potwierdzają lepsze wysortowanie określonych frakcji granulometrycznych i w badanych glebach spotykane są przede wszystkim w piaskach luźnych i słabogliniastych z wyraźną dominacją podfrakcji piasku średniego. Zmiany wartości parametru KG w większości profili potwierdzają identyfikację nieciągłości litologicznej. Również skokowe zmiany wartości parametru Sk (skośność, czyli asymetria rozkładu granulometrycznego)



Tab. 4. Wartości wskaźników sedymentologicznych w bielicach wytworzonych z piaskowców koniackich

Table 4. Values of sedimentological indexes in Podzols developed from the Coniacian sandstones

Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	$M_G$	$\delta_1$	$S_k$	$K_G$
BBS1 – Ranker z cechami bielicowania, Endogleyic Regosol (Arenic)					
AE	0–11	0,370	0,922*	0,052	1,078*
Es	11–29	0,350	0,900	0,087	1,049
EBg	29–49	0,350	0,926	0,066	1,084
Bhg	49+	0,340	1,148	0,160	1,557
BBS2 - Gleba bielicowa typowa, Stagnic Albic Podzol					
A	0–6	0,520	1,169	0,232	2,250
Esg1	6–21	0,550	0,987*	0,105	1,659*
Esg2	21–35	0,450	1,174	0,312	1,992
2Bhd	35–43	0,190	2,445	0,585	1,077
2Bhs	43–46	0,180	2,643	0,595	0,774
2Bs	46+	0,250	1,959	0,568	1,634
BBS3 – Stagnobielica, Stagnic Albic Podzol					
Esg	0–12	0,190	2,140	0,574	1,387
Bhg	12–27	0,150	2,581	0,611	0,795
2Bsd1	27–45	0,360	1,603	0,461	1,751
2Bsd2	45,1–55	0,280	1,899	0,529	1,407
2BCd	55–68	0,250	1,967	0,565	1,536
2C	68+	0,360	1,354	0,313	1,718
BBS4 - Gleba bielicowa, Stagnic Albic Podzol					
A	0–3	0,440	1,398	0,309	1,488
Esg1	3–8	0,480	1,596	0,363	1,663
Esg2	8–15	0,380	1,774	0,458	1,816
Bhg	15–21	0,210	2,229	0,549	1,128
2Bhsd	21–28	0,220	2,044	0,538	0,904
2Bsd	28,3–50	0,240	2,063	0,534	0,857
2BCd	50+	0,190	2,424	0,590	0,932
BBS5 – Gleba bielicowa typowa, Stagnic Albic Podzol					
AEg	0–6	0,380	1,427*	0,383	1,733*
Esg	6–17	0,330	1,644	0,501	1,805
2Bhsd	17–31	0,190	2,346	0,603	1,159
2Bsd	31,2–50	0,220	2,027	0,541	0,971
2BC	50–75	0,200	2,277*	0,593	1,003*
2C	75+	0,190	2,455	0,623	1,038

Objaśnienia:  $M_G$  – średnia wielkość ziaren,  $\delta_1$  – wysortowanie,  $S_k$  – skośność,  $K_G$  – spłaszczenie rozkładu, \*wartość nie potwierdzająca występowania zróżnicowania litologicznego.

Explanations:  $M_G$  – average particle size,  $\delta_1$  – sorting index,  $S_k$  – skewness,  $K_G$  – kurtosis, \* value do not confirmed lithological differences.

Tab. 5. Wartości wskaźników sedymentologicznych w bielicach wytworzonych z piaskowców turońskich

Table 5. Values of sedimentological indexes in Podzols developed from the Turonian sandstones

Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	$M_G$	$\delta_1$	$S_k$	$K_G$
SG1 – Bielica typowa, Albic Podzol					
Es1	0–15	0,660	1,218	0,279*	1,296
Es2	15–35	0,650	1,013	0,175*	1,051
2Esg	35–50	0,650	1,970	0,459	1,432
3Bhd	50–55	0,330	2,172	0,435	1,211
3Bhsd	55–70	0,230	1,865	0,408*	1,405
3BC	70+	0,330	1,965	0,473*	1,832*
SG2 – Gleba bielicowa typowa, Albic Podzol					
AE	0–10	0,270	2,159	0,479	1,391
Esg	10–21	0,330	1,983	0,458	1,546
Bhg	21–24	0,240	2,126	0,443	1,312
2Bhsd	24–35	0,490	1,158	0,199	1,296
2Bsd	35–62	0,380	1,214	0,182*	1,281
2BCd	62+	0,320	1,456	0,214*	2,351*
SG3 – Gleba bielicowa typowa, Albic Podzol					
AE	0–22	0,520	1,465	0,307	1,530*
Es	22–70	0,520	1,173	0,167	1,143
2Bhg	70–105	0,210	2,717	0,535	1,638*
2Bhs	105–112	0,350	2,241	0,494	1,477
SG4 – Gleba bielicowa typowa, Albic Podzol					
Es	5–11	0,150	2,236	0,313	0,741
Bhs	11–25	0,170	2,243	0,609	0,875
2Bhs	24–40	0,110	2,426	0,309	0,886
2Bsd	40–60	0,130	2,417	0,355	0,834
2BC	60+	0,270	1,654	0,406*	1,628*

Objaśnienia:  $M_G$  – średnia wielkość ziaren,  $\delta_1$  – wysortowanie,  $S_k$  – skośność,  $K_G$  – spłaszczenie rozkładu,

\*wartość nie potwierdzająca występowania zróżnicowania litologicznego.

Explanations:  $M_G$  – average particle size,  $\delta_1$  – sorting index,  $S_k$  – skewness,  $K_G$  – kurtosis,

\* value do not confirmed lithological differences.

z reguły pokrywają się z nieciągłościami litologicznymi, a występujące między kolejnymi poziomami różnice często przekraczają 100% wartości parametru.

Syntetyczną miarą wprost charakteryzującą zróżnicowanie uziarnienia w obrębie profilu glebowego jest przeciętna średnica ziaren. Skala zróżnicowania przeciętnej średnicy ziaren jest zawiera się w przedziale 0,11–0,65 mm w transekcie Skalne Grzyby, oraz 0,18–0,52 mm w transekcie Białe Skały. Z reguły poziomy powierzchniowe (A, AE i E) mają wyższą przeciętną średnicę ziaren niż poziomy iluwalne. Prawidłowość ta znajduje potwierdzenie w wartościach uśrednionych dla całych transektów: przeciętna średnica ziaren w poziomach eluwalnych waha się od 0,40 do 0,47 (odpowiednio BBS i SG) i jest niemal dwukrotnie wyższa niż w poziomach iluwalnych, gdzie mieści się w węższym zakresie 0,24–0,27. Co ważne, różnica między przeciętnymi średnicami ziaren w poziomach E i B jest statystycznie istotna na poziomie  $p < 0,05$ . Może być zatem uznana za ogólny dowód potwierdzający heterogeniczność uziarnienia oraz występowanie nieciągłości litologicznych na styku poziomów eluwalnych i iluwalnych gleb bielcowych i bielc Gór Stołowych, wytworzonych z obydwu odmian piaskowca górnokredowego.

## 6. Dyskusja

Przeprowadzone badania w dwóch katenach zlokalizowanych na różnych odmianach piaskowców górnokredowych potwierdzają istnienie w profilach bielc Gór Stołowych dwóch stref o odmiennej litogenezie i różnym uziarnieniu. Pierwszą z nich są piaszczyste pokrywy o uziarnieniu średnioziarnistego piasku luźnego, słabogliniastego, rzadziej piasku gliniastego, w którym wytworzyły się poziomy A i E gleb bielcowych/bielc. Drugą, podpowierzchniową warstwę, w której wytworzyły się poziomy iluwalne (Bh, Bhs, Bs/BC), budują piaski gliniaste, gliny piaszczyste lub gliny lekkie. Nieciągłość litologiczna w badanych pedonach przejawia w zróżnicowaniu udziału poszczególnych podfrakcji piasku, przede wszystkim piasku średniego, ale też piasku grubego i drobnego, jak również w nieregularnych zmianach zawartości pyłu drobnego oraz iłu. Argumentów potwierdzających nieciągłość litologiczną w bielcach dostarcza nie tylko szczegółowa analiza udziału poszczególnych frakcji granulometrycznych, ale też analiza wskaźników sedymentologicznych. Mimo relatywnie niewielkiego wysortowania materiału macierzystego stwierdzono skokowe zmiany wartości wskaźników wysortowania, skośności rozkładu i kurtozy. Te kontrastujące wartości dowodzą dyferencjacji zwietrzeli w wyniku procesów morfologicznych. Natura tych zjawisk nie jest ustalona, ale należy brać pod uwagę zarówno procesy krioturbacyjne zmniejszające stopień wysortowania zwietrzelin (Alterman i in. 2008), jak i zjawiska selektywnego transportu o charakterze lokalnym, które nie zmieniając zasadniczego charakteru osadu, mogą zwiększyć stopień jego

wysortowania (Wojewoda 1986). Głównie zatem procesy morfogenetyczne mogą się przyczyniać do zróżnicowania udziału poszczególnych frakcji granulometrycznych, a więc grupy granulometrycznej oraz przeciętnej średnicy ziaren. Szczególnie ta ostatnia miara okazała się w przypadku analizowanych gleb dobrym, gdyż powtarzalnym i statystycznie weryfikowalnym, wskaźnikiem nieciągłości litologicznych. Podstawową zaletą tego wskaźnika jest właśnie jego ilościowy charakter umożliwiający testowanie statystyczne, w odróżnieniu od grup granulometrycznych.

Stwierdzenie heterogeniczności materiału macierzystego i nieciągłości litologicznych nie stoi w sprzeczności z pedogenicznym pochodzeniem głównych cech morfologicznych badanych gleb. Współczesny, bielicowy kierunek rozwoju tych gleb nie podlega dyskusji, a przemieszczenie (wymycie/wmycie) związków próchnicznych i żelaza jest jedyną przyczyną wyraźnej dyferencjacji profilu na poziomy eluwalne i iluwalne (Kabała i in. 2010). Zróżnicowanie uziarnienia niewątpliwie wpłynęło jednak na pionowy zasięg i stopień zbielicowania gleb. Nieciągłość litologiczna miała wpływ na zmianę tempa przemieszczania wody oraz wymytych składników i przynajmniej częściowego ich zatrzymania. Można zatem uogólnić, że nieciągłość litologiczna inicjuje powstanie poziomu iluwalnego i determinuje aktualne położenie stropu tego poziomu (Waroszewski i in. 2010; Waroszewski 2011). Spostrzeżenia poczynione w bielicach wytworzonych ze zwietrzelin piaskowców Gór Stołowych potwierdzają prawidłowości znane dotąd z piasków wydmych i wodnolodowcowych (Chadwick, Graham 2000). Rozłożenie w czasie formowania poszczególnych warstw osadów z pewnością sprzyjało ich równoczesnemu przeobrażeniu pedogenicznemu. Można zatem przyjąć, że bielice Gór Stołowych są glebami poligenetycznymi, zarówno w wymiarze litogenicznym, jak i pedogenicznym (Kowalkowski 1998; Phillips 2007).

## Literatura

- Altermann M., Jäger K.D., Kopp D., Kowalkowski A., Kühn D., Schwanecke W., 2008. *Zur Kennzeichnung und Gliederung von periglaziär bedingten Differenzierungen in der Pedosphäre*, Waldekologie Landschaftsforschung und Naturschutz, 1, 5–39.
- Chadwick O.A., Graham R.C., 2000, *Pedogenic processes*, [w:] M.E. Sumner (ed.) *Handbook of soil science*, CRC Press, Boca Raton, 41–75.
- Geitner C., Bussemer, S., Ehrmann O., Ikinge A., Schäfer D., Traidl R., Tschirko D., 2011, *Bodenkundlich-stratigraphische Befunde am Ullafelsen im hinteren Fotschertal sowie ihre landschaftsgeschichtliche Interpretation*, [w:] D. Schäfer (ed.), *Mensch und Umwelt im Holozän Tirols*, Band 1, Innsbruck, s.109–151.
- IUSS, 2006, *World Reference Base for Soil Resources 2006, 2nd edition*, World Soil Resources Reports, 103, FAO, Rome.
- Kabała C., 2004, *Problemy genezy niektórych gleb bielicowych subalpejskiego pietra Karkonoszy. Geologiczne problemy Karkonoszy*, Opera Corcontica, 41, 48–54.

- Kabała C., Szerszeń L., Wicik B., 2002, *Geneza, właściwości i systematyka gleb Parku Narodowego Gór Stołowych*, Szczeliniac 6, 21–94.
- Kabała C., Haase T., 2004, *Przejawy poligeny gleb bielcowych wytworzonych z piaskowców kredowych Gór Stołowych*, Roczniki Gleboznawcze 55(4), 39–49.
- Kabała C., Bogacz A., Waroszewski J., Ochyra S., 2008, *Wpływ pokryw stokowych na morfologię i właściwości bielic subalpejskiego piętra Karkonoszy*, Roczniki Gleboznawcze 59(1), 90–99.
- Kabała C., Waroszewski J., Szopka K., Bogacz A., 2010, *Geneza, właściwości i rozprzestrzenienie stagnobielic w Sudetach*, Roczniki Gleboznawcze 59(1), 78–92.
- Kacprzak A., 2003, *Pokrywy stokowe jako utwory macierzyste gleb Bieszczadów Zachodnich*, Roczniki Gleboznawcze 54(3), 97–110.
- Kacprzak A., Derkowski A., 2007, *Cambisols developed from cover-beds in the Pieniny Mts. (southern Poland) and their mineral composition*, Catena 71, 292–297.
- Kacprzak A., Klimek M., Wójcik-Taból P., Żyła M., 2010, *Nieciągłości litologiczne w katenie gleb Góry Zamkowej w Lanckoronie (Pogórze Wielickie)*, Prace Geograficzne 123, 83–98.
- Kleber A., 1997, *Cover-beds as soil parental material in midlatitude regions*, Catena 30, 197–213.
- Kowalkowski A., 1998, *Związki genetyczne między seriami pokryw stokowych i budową profilu gleb górskich na przykładzie głównego masywu Łysogór*, Zesz. Problem. Post. Nauk Roln. 464, 29–48.
- Kowalkowski A., Degórski M., 2005, *Biogeomorfologiczna odrębność górskich strukturalnych gleb rdzawych bielcowych*, Probl. Zagosp. Ziem Górskich 52, 7–15.
- Kühn P., 2003, *Micromorphology and Late Glacial/Holocene genesis of Luvisols in Mecklenburg-Vorpommern (NE-Germany)*, Catena 54, 537–555.
- Lorz C., Phillips J.D., 2006, *Pedo-ecological consequences of lithological discontinuities in soils – examples from Central Europe*, J. Plant Nutr. Soil Sci. 169, 573–581.
- Mäiländer 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.
- Phillips J.D., 2007, *Development of texture contrast soils by a combination of bioturbation and translocation*, Catena 70, 92–104.
- Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, 2008, *Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008*, Roczniki Gleboznawcze 60(2), 5–16.
- Radwański S., 1964, *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. Arkusz Wambierzyce 1:25 000*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Semmel A., Terhorst B., 2010, *The concept of Periglacial cover beds in central Europe: A review*, Quaternary International, 222, 120–128.
- Soil Survey Staff, 2010, *Keys to Soil Taxonomy, 11<sup>th</sup> edition*, USDA – Natural Resources Conservation Service, Washington.
- Systematyka gleb Polski, 2011, Roczniki Gleboznawcze 62(3), 1–193.
- Świtoniak M., 2008, *Classification of young glacial soils with vertical texture-contrast using WRB system*, Agrochimija i Gruntoznawstwo 69, 96–01.

- Van Ranst E., Dumon M., Tolossa A.R., Cornelis J.-T., Stoops G., Vandenberghe R.E., Deckers J., 2011, *Revisiting ferrollysis processes in the formation of Planosols for rationalizing the soils with stagnic properties in WRB*, *Geoderma* 163, 265–274.
- Waroszewski J., 2011, *Związki między seriami pokryw stokowych a morfologią i właściwościami gleb Sudetów*, Praca doktorska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- Waroszewski J., Kabała C., Turska A., 2010, *Specyficzne właściwości gleb Kowarskiego Grzbietu*, *Opera Corcontica* 47, Suppl. 1, 47–56.
- Waroszewski J., Kaliński K., Malkiewicz M., Mazurek R., Kozłowski G., Kabała C., 2013, *Pleistocene–Holocene cover-beds on granite regolith as parent material for Podzols – An example from the Sudeten Mountains*, *Catena* 104, 161–173.
- Wojewoda J., 1986, *Fault scarp induced shelf sand bodies in Upper Cretaceous of Intrasudetic basin*, [w:] A.K. Teisseyre (red.), *7<sup>th</sup> IAS European Meeting Excursion Guidebook, Exc. A-1*.

*Jarosław Waroszewski, Cezary Kabała, Katarzyna Koszelnik*  
*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*  
*Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska*  
*ul. Grunwaldzka 53, 50-375 Wrocław*  
*e-mail: jaroslaw.waroszewski@gmail.com*