

## ARTYKUŁ DYSKUSYJNY

CEZARY KABAŁA, JAROSŁAW WAROSZEWSKI, ADAM BOGACZ, BEATA ŁABAZ

Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

### O SPECYFICE BIELIC GÓRSKICH

### ON THE SPECIFICS OF PODZOLS IN MOUNTAIN AREAS

*Abstract:* The “mountain” Podzols developed under specific conditions of a cold and humid climate, steep and variable topography and uncommon parent materials thus differ from the typical „lowland” Podzols. The most important differences are in: greater skeleton content, finer and more silty texture, stratification of the texture in the soil profile, greater contents of organic matter and mobile forms of iron and aluminum, the presence of cemented (placic) or compacted layers, and the frequent occurrence of an excessive moisture and reducing conditions in the surface layers. Some of these features are in a “mountain” Podzols so intensively developed, that determining the soil properties and environmental functions; however, are not reflected in the soil classification system. In particular, new sub-types were proposed to classify the extremely skeletal Podzols (“bielica rumoszowa”) and the Podzols with prolonged stagnation of surface water over an impermeable layer, sometimes with peat layer on the surface (“stagnobielica” and “stagnobielica torfowa”). It was also proposed, based on a long-term investigation in the mountain areas, to merge all Podzols and “podzolized soils” into a single soil type („bielice”) in the Polish soil classification scheme. Moreover, the arguments for the restoration of a sub-type “skrytobielica” (krypto-podzol) were discussed. Finally, given the current state of knowledge on the diversity of the Podzols and podzolic soils in Poland, a new classification scheme of the order of podzolized soils was proposed.

*Słowa kluczowe:* bielice rumoszowe, stagnobielice, skrytobielice, *placic*

*Key words:* Hyperskeletal Podzols, Stagnic Podzols, Haplic Podzols, *placic*

#### WSTĘP

Nie ulega wątpliwości, że gleby nizinnej i górskiej części Polski formowały i formują się w odmiennych warunkach środowiskowych [Skiba 1998; Szerzeń 1974]. Dotyczy to między innymi ukształtowania terenu, a więc dużego nachylenia górskich stoków, sprzyjającego erozji i ruchom masowym, a także stwarzającego mozaikę mikroklimatyczną [Pelišek 1974; Szafranek 1990]. Niemniej istotna jest budowa geologiczna obszarów górskich, przede wszystkim obecność niezwiertzałych lub słabo zwiertzałych mas skalnych na powierzchni lub blisko powierzchni gleby. Wychodnie i urwiska skalne były w plejstocenie, a na ogół stale są, źródłem bloków i drobniejszych odłamków, powodujących wysoką szkieletowość niektórych gleb górskich [Skiba, Sobiecki 1996; Traczyk 1996]. Ale i same skały występujące w gó-

rach tworzą specyficzny (pod względem mineralogicznym) materiał macierzysty dla gleb, inny niż dominujący na obszarach nizinnych [Kuźnicki i in. 1973; Szopka 2000; Weber i in. 1998]. Kluczową rolę odgrywa jednak czynnik wysokościowo-klimatyczny. Znacznemu wyniesieniu nad poziom morza towarzyszy ochłodzenie i zwilgotnienie klimatu ze wszystkimi konsekwencjami, do których można zaliczyć: wpływ na skład gatunkowy zbiorowisk roślinnych (i ich stopniowy zanik), aktywność mikrobiologiczną gleb, tempo akumulacji materii organicznej, wilgotność gleby, kierunek ruchu wody w glebie itd. [Skiba 1977; 1985]. Duża dynamika zjawisk morfogenetycznych w górach, potęgowana jeszcze przez ingerencję człowieka [Latocha 2009; Migoń i in. 2011] powoduje przekształcenia morfologii profilu glebowego, które zacierają czytelność współczesnych procesów glebowych albo nadaje glebom poligenetyczny cha-

rakter [Kowalkowski 2004; Kowalkowski, Degórski 2005].

Gleby górskie, przynajmniej na części obszarów górskich, posiadają cechy morfologiczne i właściwości fizykochemiczne, które odróżniają je od ich „nizinnych analogów” oraz decydują o użyteczności, produktywności lub funkcjach środowiskowych [Adamczyk 1984]. Niektóre gleby, powstałe w wyniku działania lokalnego zespołu czynników środowiskowych, występują tylko na niektórych obszarach górskich, podobnie jak endemity w świecie roślin i zwierząt [Bockheim 2010; Komornicki, Skiba 1996]. W przeszłości skutkowało to odrębnym traktowaniem gleb górskich i nizinnych w klasyfikacjach lub na mapach glebowych [PTG 1956]. Współcześnie jednak, panuje zgodność co do niesłuszności rozdzielania jednostek typologicznych według lokalizacji ich wystąpień [Bednarek, Prusinkiewicz 1997], co jednak nie oznacza niemożliwości wyodrębniania gleb górskich lub innych środowisk, jeśli posiadają istotne i specyficzne właściwości, które mogą być ilościowo zdefiniowane.

Proces bielnicowania oraz gleby bielicowe należą do najczęściej badanych i najlepiej rozpoznanych, tak w świecie jak i w Polsce [Chodorowski 2009; Lundstrom i in. 2000; Pokojska 1979; Prusinkiewicz 1976]. Zdawać by się więc mogło, że identyfikacja i systematyka tych gleb nie nastęrczają żadnych trudności. Tymczasem jeszcze w czwartym wydaniu Systematyki Gleb Polski [1989] podział bielic można uznać za prowizoryczny. Klasyfikacja Gleb Leśnych Polski [2000] wprowadza i konsekwentnie stosuje nowe kryteria typologiczne, wzorowane na klasyfikacjach międzynarodowych [IUSS 2006; USDA 2010], w szczególności precyzyjną ilościową identyfikację poziomu iluwialnego *spodic*. Niestety cel i zakres tej klasyfikacji nie obejmuje niektórych gleb, w szczególności tych występujących na nieleśnych obszarach subalpejskich i alpejskich. Długo oczekiwane piąte wydanie Systematyki Gleb Polski [2011], które zasadniczo odmieniło podejście do klasyfikacji gleb, tylko częściowo uwzględniło postulaty dotyczące podziału gleb zbielicowanych [Chodorowski 2009; Kabala i in. 2011], w tym gleb terenów górskich. Przywoływanym w dyskusjach argumentem, mającym usprawiedliwić pominięcie niektórych postulatów, jest brak publikacji potwierdzających występowanie danych gleb w Polsce. Zatem pierwszym zadaniem tej pracy jest przegląd obserwacji dotyczących najważniejszych cech morfologicznych oraz właściwości fizykochemicznych górskich gleb bielicowych, a zebranych w trakcie różnorodnych prac gleboznawczych, w tym kartograficznych i nie zawsze publikowanych. Drugim celem pracy jest zaproponowanie

podziału rzędu gleb bielicoziemnych, który będzie uwzględniał specyfikę tych gleb w górach i będzie użyteczny w kartografii gleb i siedlisk obszarów górskich. Z racji miejsca pracy autorów, większość obserwacji pochodzi z obszaru Sudetów, jednak z analizy dostępnych materiałów wynika, że omawiane problemy dotyczą wszystkich obszarów górskich Polski.

## CECHY CHARAKTERYSTYCZNE BIELIC GÓRSKICH

### 1. Występowanie bielic w górach

Obszarów górskich dotyczy pewien paradoks. Choć klimat i roślinność strefy reglowej sprzyjają bielnicowaniu, to w potocznym mniemaniu nachylenie stoku górskiego nie sprzyja temu procesowi, gdyż woda opadowa raczej spływa po stoku niż wsiąka w glebę. Tymczasem takie traktowanie stoku, jako monolitycznej „równi pochyłej”, ma niewiele wspólnego z rzeczywistością, wzięwszy pod uwagę zróżnicowaną przepuszczalność zwietrzelin, warstwowanie pokryw stokowych i urozmaicony mikrorelief stoku, sprzyjający raczej stagnacji wody niż jej odpływowi [Migoń i in. 2011; Szafranek 1990]. Ciekawy pogląd na temat powstawania bielic na stokach, wskutek bocznego ługowania składników, przedstawił m.in. Sommer i in. [2000]. Bielice występują zatem w Karkonoszach, Górach Stołowych i w Masywie Śnieżnika nawet na stokach o dość znacznym nachyleniu, ale o urozmaiconym mikroreliefie. Rzecz jasna na terenach płaskich lub słabiej nachylonych gleby zbielicowane są mniej zróżnicowane i zajmują większe zwarte powierzchnie, natomiast na stokach ich morfologia i właściwości są bardzo urozmaicone, a ponadto występują w mozaice (kompleksach) z innymi typami gleb, na przykład z rankerami [Kabala i in. 2002].

### 2. Niecelowość rozróżniania typów bielic i gleb bielicowych

Polska jest prawdopodobnie jedynym krajem świata na zachód od Bugu (włączając w to kraje za Oceanem Atlantyckim), w którym gleby zbielicowane są rozdzielane na typy (a więc podstawowe jednostki systematyki) na podstawie obecności poziomu próchnicznego. Tymczasem w Systematyce [2011] właściwie nie podano kryteriów rozróżniania tych dwóch typów. Jedynie z zapisu sekwencji poziomów oraz z charakterystyki podtypów wynika, że głównym kryterium rozdzielania jest obecność poziomu próchnicznego, choćby 1-centymetrowej miąższości, a właśnie podstawowa wątpliwość dotyczy genezy i typologicz-

nego znaczenia poziomu próchnicznego. Na płaskich lub prawie płaskich powierzchniach w reglu górnym lub strefie subalpejskiej Karkonoszy, gdzie należy wykluczyć jakąkolwiek formę uprawy gleby przez człowieka, dominują bielice bez poziomu próchnicznego, ale z wyraźnym namyciem ruchliwych związków próchnicznych z nadległego poziomu ektopróchnicy [Adamczyk i in. 1985; Pelišek 1974]. Poziom próchniczny występuje znacznie częściej w bielicach/glebach bielicowych w strefie reglowej [Borkowski i in. 2005]. Obok siebie, w konturach o powierzchniach liczonych za ledwie w metrach kwadratowych i w bardzo zmiennych proporcjach, występują bielice bez poziomu próchnicznego, gleby z 3–6 cm poziomem A oraz gleby z ponad 10 cm poziomem próchnicznym z minimalnie zachowanym poziomem E. Przyczyną tej mozaikowości są przede wszystkim wiatrowały (mylnie niekiedy zwane wiatrolomami) powodujące mieszanie wierzchniej warstwy gleb na stoku [Schaetzl 1990]. W reglu górnym Karkonoszy przeważają stoki, na których mikrorelief wykrotowy (zagłębienia po wyrwanym systemie korzeniowym + pagórki z osypywania ściółki i materiału mineralnego z karpy korzeniowej) zajmuje nawet 60–90% powierzchni. Ostatnie badania pokazują [Migoń i in. 2011], że mikrorelief taki występuje w Sudetach powszechnie, a morfogenetyczne (a także glebotwórcze) znaczenie wiatrowałów na stokach górskich było dotąd mocno niedoceniane. Wracając do typologii bielic i gleb bielicowych wydaje się, że błędem jest w tych warunkach ustalanie *typu* gleby na podstawie poziomu A, wytworzonego nie wskutek charakterystycznego procesu typologicznego (bielicowania), ale wskutek *nakładających się* efektów zjawisk morfogenetycznych, a konkretnie mechanicznego mieszania poziomów powierzchniowych lub nasuwania/namywania materiału próchniczno-mineralnego z sąsiedztwa [Norman i in. 1995]. Drugie praktyczne pytanie dotyczy kartowania takich powierzchni. Nie ma uzasadnienia merytorycznego dla wyznaczania *kompleksu* gleb bielicowych i bielic na powierzchni, na której diagnostyczny poziom *spodic* powstał we wszystkich glebach w ten sam sposób, w tych samych warunkach i w tym samym czasie. Obecność lub brak kilkucentymetrowego poziomu próchnicznego nie ma żadnego wpływu na zasobność siedliska i skład gatunkowy roślinności lub typ siedliskowy lasu.

Obecność poziomu A w wielu glebach leśnych może być też reliktem dawnego rolniczego użytkowania gruntu (w tym pastwiskowego) albo pozostałością przygotowania gruntu do sadzenia lasu, na przykład zrywki drewna [Sowa i in. 2011], karczowania karp na zrębach zupełnych, albo melioracji leśnych (kopania gęstej siatki rowów odwadniających, jak w

Górach Stołowych). Na niżej, powszechną praktyką w gospodarce leśnej jest orka, tworząca głębokie bruzdy i redliny, zrywająca i mieszająca ściółkę z powierzchniowymi warstwami mineralnymi. Nie należy również pomijać wpływu zwierzyny leśnej, szczególnie lisa i dzika, w mieszaniu warstw powierzchniowych, które jednak z procesem bielicowania niewiele ma wspólnego.

Poziom próchniczny nie jest poziomem charakterystycznym, ani powiązany z procesem bielicowania i w trakcie bielicowania na ogół stopniowo zanika. Jako degradowany przez bielicowanie poziom A nie może mieć zatem znaczenia diagnostycznego dla gleb bielicowanych na równi z poziomem iluwialnym, a nawet z eluwialnym. Nerozłączność bielic i gleb bielicowych na poziomie typu wprowadzona została w Klasyfikacji Gleb Leśnych [2000], jednak pozostawienie rozdziału na poziomie podtypu utrzymuje zwielokrotnioną liczbę podtypów (np. glejobielice i glejobielicowe). Kwestią wtórną jest nazwa typu, łączącego wszystkie te gleby (bielice lub gleby bielicowe), gdyż obydwie nazwy mają pewne uzasadnienie. Zdaniem autorów tej pracy „bielica” ma w Polsce silniejsze umocowanie historyczne [Miklaszewski 1930] i lepiej odpowiada ogólnoświatowej tendencji jednowyrazowych nazw podstawowych jednostek klasyfikacyjnych [IUSS 2006; USDA 2010]. Dlatego w dalszej części tej pracy używany jest wyłącznie termin „bielice”, odnoszący się do wszystkich gleb bielicowych i bielic, posiadających diagnostyczny poziom *spodic*.

Rozróżnianie bielic/gleb bielicowych na poziomie podtypu również ma sens tylko wówczas, gdy poziom A jest odpowiednio dobrze zachowany, gdyż wtedy spełnia jakąkolwiek funkcję. Dlatego proponuje się wprowadzenie wymogu przynajmniej 10-centymetrowej miąższości poziomu *ochric* w podtypie gleb bielicowych, jeśli nadal miałyby być wyróżniane.

Odrębnym problemem, nieco pomijanym w dyskusjach gleboznawców w Polsce są gleby, w których wskutek orki (albo erozji wodnej lub wietrznej, karczowania, bioturbacji i innych) wytworzył się poziom próchniczny kosztem całkowitej likwidacji poziomu eluwialnego. Gleby te upodabniają się wówczas do brunatnych kwaśnych lub rdzawych, ale intensywne ciemnobrunatne lub rdzawobrunatne zabarwienie poziomu podpowierzchniowego zdradza obecność materiału *spodic* [Kabała, Chodak 2000]. Bielicowanie tych gleb w warunkach użytkowania rolniczego jest faktycznie zatrzymane, ale cechy diagnostyczne pozostają identyfikowalne i w przypadku ponownego zalesienia mogą być odnawiane [Kabała 2005]. Warto zatem zastanowić się nad wprowadzeniem (a *de facto* przywróceniem w nieco innym ujęciu) pod-

typu *skrytobelic*, który był dawniej wyróżniany w klasyfikacjach gleb leśnych [Klasyfikacja 1973], a do dziś funkcjonuje na przykład w czeskiej systematyce gleb pod nazwą „kryptopodzole” [Nemecek 2001]. *Skrytobelice* można zdefiniować jako gleby, które (i) mają poziom *spodic* spełniający wszystkie kryteria morfologiczne i chemiczne, ale (ii) nie mają poziomu *albic*, w którego miejscu bezpośrednio nad poziomem *spodic*, obecny jest epipedon *ochric*. Wyodrębnienie podtypu *skrytobelice* usunęłoby opory przed zaliczaniem do typu bielice gleb, które spełniają kryteria tego typu, ale morfologicznie podobne są do gleb rdzawych lub brunatnych i z reguły dotychczas były do nich włączane. Na mapie gleb Karkonoskiego Parku Narodowego, w granitowej strefie reglowej po polskiej stronie, przeważają duże kontury gleb brunatnych kwaśnych (niekiedy zbielicowanych), natomiast po czeskiej – gleby brunatne prawie wcale nie są wyróżniane, a ich miejsce zajmują właśnie „kryptopodzole” [Adamczyk i in. 1984; Borkowski i in. 2005; Podrazsky i in. 2007]. Wyodrębnienie *skrytobelic* nie koliduje z podtypami gleb rdzawych bielicowych oraz brunatnych bielicowych, w których występują słabe morfologiczne i/lub chemiczne oznaki zbielicowania, ale które nie mają poziomu diagnostycznego *spodic*. W klasyfikacji międzynarodowej [IUSS 2006] typowe gleby bielicowe/bielice z poziomem *albic* zaliczane są do podjednostki Albic Podzols, natomiast *skrytobelice* zaliczane byłyby generalnie do Haplic Podzols.

### 3. Szkieletowość i uziarnienie bielice górskich

Bielice na niżu tworzą się najczęściej z piasków fluwioglacjalnych i eolicznych, bezszkieletowych lub o minimalnej szkieletowości. W zdecydowanej większości są to piaski luźne lub słabogliniaste [Brożek, Zwydak 2003; Konecka-Betley i in. 2002; Pokojka 1979; Prusinkiewicz 1976]. W warunkach górskich, bielice o uziarnieniu piasków luźnych i słabogliniastych w całym profilu należą do rzadkości i występują tylko w rejonach wychodni skał piaskowcowych [Brożek, Zwydak 2003]. Ale nawet na obszarach piaskowcowych (np. w Górach Stołowych) bielice mają z reguły zwięźlejsze uziarnienie w środkowych lub dolnych warstwach profilu, przeważnie piasku gliniastego lub gliny piaszczystej (w rozumieniu klasyfikacji PTG [2009]). Bielice tworzące się ze zwietrzelin granitów, mają przeważnie uziarnienie piasków gliniastych na glinach piaszczystych, a bielice ze zwietrzelin gnejsów i łupków łuszczkowych – uziarnienie glin piaszczystych w całym profilu. Cechą charakterystyczną bielice wytworzonych ze zwietrzelin skał litych, szczególnie granitoidów, gnejsów i

łupków łuszczkowych jest podwyższona lub wysoka zawartość frakcji pyłowej (30–45%), przy niskiej zawartości frakcji ilastej, na ogół poniżej 5% [Borkowski i in. 2005]. W najwyższych partiach Gór Izerskich, Gór Sowich, Karkonoszy, ale też w Masywie Śnieżnika spotykane są bielice o pyłowym (lub pyłowo-szkieletowym) uziarnieniu warstwy powierzchniowej [Kabała 2005; Kabała, Marzec 2009]. Inną bardzo charakterystyczną cechą bielice sudeckich jest profilowe zróżnicowanie uziarnienia, będące efektem działania procesów stokowych, zarówno współczesnych jak i plejstocenijskich (peryglacjalnych). Piaszczysto-pyłowe lub piaszczysto-gliniaste uziarnienie mają też bielice wytworzone z różnych skał macierzystych w Karpatach [Brożek, Zwydak 2003; Komornicki 1964; Komornicki, Skiba 1996] oraz na przykład w Alpach [D’Amico i in. 2008; Righi i in. 1999], w Schwarzwaldzie [Sommer i in. 2000] i w Górach Skandynawskich [Stuetzer 1999].

Gleby obszarów górskich, nie tylko bielice, na ogół są średnio lub silnie szkieletowe, przynajmniej w części profilu. Jednak szkieletowość w utworach piaszczystych, nawet dość wysoka, nie wpływa na kierunek lub natężenie procesu bielicowania i dlatego z reguły nie jest uwzględniana w systematyce dobrze ukształtowanych gleb na niżu. W Sudetach występują jednak gleby, których powierzchnią warstwę tworzy pokrywa gruzowo-kamienista (niekiedy drobno-gruzowa) typu „open work”, czyli bez wypełnienia drobnoziarnistego w przestrzeniach między odłamkami skalnymi. Objętościowo warstwa ta zawiera ponad 90% szkieletu i tylko kilka procent drobnych frakcji mineralnych oraz zawieszonych nagromadzeń materii organicznej. Warstwa ta, o miąższości na ogół 30–70 cm (i większej) upodabnia glebę do rankerów lub regosoli rumoszowych, ale spoczywa na gliniasto-szkieletowym materiale soliflukcyjnym, który w stropowej części (na styku z pokrywą gruzową) jest bardzo silnie wzbogacony w próchnicę oraz związki żelaza i glinu, i spełnia wszystkie kryteria diagnostyczne poziomu *spodic*. Zatem gruzowo-kamienista warstwa powierzchniowa w całej swojej miąższości funkcjonuje jak rumoszowy, ekstremalnie przepuszczalny poziom eluwalny [Waroszewski i in. 2010]. Nie ulega wątpliwości, że w glebach tych aktywny jest proces bielicowania i że gleby te spełniają kryteria bielice. Ale czy należy je zaliczać do bielice właściwych (typowych), na równi z bezszkieletowymi bielicami piaskowymi? W klasyfikacji międzynarodowej WRB gleby takie wyodrębnione zostały, jako Hyperskeletal Podzols. Wydaje się zatem celowe by i w Systematyce Gleb Polski wyróżniony został podtyp „*bielice rumoszowe*”, który zgromadzi te specyficzne gleby, które (i) są lepiej/głębiej rozwinięte niż

rankery biellicowe, (ii) mają poziom *spodic* rozpoczynający się nie głębiej niż ustalony dla typu biellic, (iii) zawierają (objętościowo) nie więcej niż 20% części ziemistych w warstwie powierzchniowej o miąższości przynajmniej 30 cm. Gleby odpowiadające tej charakterystyce rozpoznane zostały na stokach Kowarskiego Grzbietu (na łupkach i gnejsach), na głównym grzbiecie Karkonoszy (na granitach) i w innych partiach Sudetów [Brożek, Zwydak 2003], lecz nie jest wykluczone, że są to również niektóre gleby „sufozyjne” występujące w Tatrach [Skiba, Komornicki 1983] i niektóre gleby pod gruzowymi pokrywami kwarcytowymi w Łysogórach [Kowalkowski 1998].

#### 4. Zawartość węgla organicznego i aktywnych form żelaza i glinu w poziomie iluwialnym

Zdaniem Charzyńskiego [2006] oraz Chodorowskiego [2009] część biellic wytworzonych z piasków na niżu, mających dobrze wykształcone poziomy E i B, nie spełnia kryteriów diagnostycznych stawianych tym glebom w klasyfikacjach międzynarodowych, a ostatnio również krajowych, ze względu na zbyt niską zawartość węgla organicznego albo amorficznych form żelaza i glinu w poziomie iluwialnym. W bielicach górskich (z wyraźnym morfologicznym rozróżnieniem poziomów E i B) sytuacja taka należy do rzadkości, co wynika z ogólnie wyższej zasobności gleb górskich w materię organiczną oraz wyższej zasobności zwietrzelin skalnych w amorficzne związki żelaza i glinu.

Zawartość węgla organicznego w poziomie Bh biellic wytworzonych z różnych skał macierzystych w Sudetach, waha się na ogół w zakresie od 2,5 do 6,0%, a w poziomie Bs w granicach 1,4–2,7%, co istotnie przewyższa 0,5(0,6)% minimalnie wymagane w poziomie *spodic* [Drozd i in. 1998; Kabała 2005]. Niektórzy autorzy podkreślają nawet, że poziomy Bh biellic subalpejskich mogą być tak zasobne w materię organiczną, że przypominają pogrzebane poziomy murszowate lub próchniczne [Licznar i in. 2002; Licznar, Mastalska-Cetera 2008]. Również w poziomach iluwialnych biellic tatrzańskich [Skiba 1977], babiogórskich [Brożek, Zwydak 2003; Miechówka i in. 1998] oraz łysogórskich [Kowalkowski 1998] zawartość węgla organicznego zdecydowanie przekracza wymagane minimum, w niektórych przypadkach dochodząc do 8–9%.

Za przykładem klasyfikacji amerykańskiej [UDSA 2010] większość współczesnych systematyk identyfikuje biellice na podstawie nagromadzenia amorficznych form żelaza i glinu (ekstrahowanych kwaśnym roztworem szczawianu amonowego) w poziomie *spodic*. Wymaga się, by suma  $1/2Fe_{ox} + Al_{ox}$  wynosiła

nie mniej niż 0,5% i była przynajmniej dwukrotnie wyższa niż w poziomie nadległym. Wartość tego wskaźnika w bielicach sudeckich zależy od rodzaju skały macierzystej. Najniższe wartości w poziomie Bh stwierdza się w bielicach wytworzonych z granitoidów (0,6–0,7%), wyższe w glebach wytworzonych z piaskowców (0,8–1,0%), a najwyższe – z gnejsów i łupków łuszczkowych (do 1,5%). Wartości te są kilkanaście razy (w glebach z granitoidów) lub nawet 100-krotnie (w glebach z piaskowców) wyższe niż w nadległym poziomie eluwialnym [Kabała 2005; Kabała, Haase 2004; Waroszewski 2011]. W niektórych glebach (szczególnie tych wytworzonych z granitów), wartość wskaźnika jest najwyższa w poziomie Bs (do 1%), głównie za sprawą glinu, osiągającego maksimum zawartości głębiej niż żelazo [Waroszewski 2011].

#### 5. Scementowane i zbite warstwy glebowe

Częstą cechą dobrze ukształtowanych biellic jest obecność scementowanego poziomu orsztynowego, będącego częścią poziomu iluwialnego *spodic*. Poziom taki występować może zarówno w bielicach na suchych piaskach fluwioglacjalnych lub wydmowych [Konecka-Betley i in. 2002] jak i w glejobielicach [Chodorowski 2009], a zawsze świadczy o szczególnym zaawansowaniu procesu biellicowania. Obecność orsztynu wpływa na gospodarkę wodną gleb oraz na ich funkcje przyrodnicze i produkcyjne [Prusinkiewicz, Krzemień 1974] toteż dobrze się stało, że Systematyka [2010] wyodrębniła podtypy biellic/gleb biellicowych osztynowych.

W bielicach sudeckich orsztyń podobny do tego w bielicach niżowych prawdopodobnie nie występuje, a to głównie za sprawą opisanego wcześniej dużego nagromadzenia materii organicznej w poziomie Bh i głębszego przemieszczenia glinu, co wiąże się też z jego rozproszeniem w poziomie Bs i nie sprzyja cementacji masy glebowej w wąskim zakresie głębokości [Chodorowski 2009; Kaczorek i in. 2004]. Za to bardzo często, w niektórych położeniach wręcz standardowo, w bielicach sudeckich występują cienkie poziome warstewki żelaziste *placic* [IUSS 2006; USDA 2010]. Warstewki takie, na ogół pojedyncze, zidentyfikowano w Górach Stołowych na wysokości około 650–720 m n.p.m., na płaskowyżu piaskowcowym oraz na rozległych spłaszczeniach u podnóży urwisk piaskowcowych, gdzie zwietrzelina piaskowca zalega na podłożu mułowcowym. Analiza chemiczna tych warstewek wykazała do 3% węgla organicznego oraz do 14% żelaza całkowitego, w tym do 6% żelaza amorficznego i tylko do 2% glinu całkowitego [Waroszewski 2011], co zasadniczo odróżnia je

od orsztyków w bielicach nizinnych. Serie po kilka – kilkanaście cienkich warstewek żelazistych występują w bielicach karkonoskich, w strefie subalpejskiej (ok. 1400 m n.p.m.), na rozległych wypłaszczeniach w rodzaju Równi pod Śnieżką. Warstewki *placic* mają grubość 1–3 mm, ale są tak silnie scementowane, że stają się praktycznie nieprzepuszczalne dla wody i korzeni. W profilach bielic występują one na różnych głębokościach, niekiedy w poziomach Bh, ale częściej w poziomach Bs. Genezę warstewek żelazistych niewątpliwie wiązać należy z dużą wilgotnością klimatu górskiego oraz (lokalnie) płaskim ukształtowaniem terenu, które umożliwia regularny pionowy, zstępujący ruch wody (zamiast odpływu bocznego) albo stagnowanie wody w poziomach powierzchniowych [Lapen, Wand 1999]. Endopedonomi *placic*, podobnie jak orsztyki przypisuje się duże znaczenie diagnostyczne w klasyfikacjach międzynarodowych, szczególnie w WRB [IUSS 2006]. Należałoby się zatem zastanowić, czy Systematyka Gleb Polski nie powinna uhonorować tych bielic na równi z orsztykami. Jednak w naszych warunkach występowanie placika jest nieodłącznie związane z odgórnym oglejeniem bielicy, a często również z obecnością torfowej ektopróchnicy, a więc przeobrażeniem bielicy typowej w *stagnobielicę*.

Częściej niż warstewki scementowane, w bielicach sudeckich występują warstwy zbite, których genezę należy wiązać z peryglacjalnymi procesami soliflukcji, i które można utożsamiać z pokrywą dolną (bazalną) według koncepcji peryglacjalnych pokryw stokowych [Kowalkowski 2004; Semmel, Terhorst 2010]. Warstwy te, mimo (najczęściej) uziarnienia gliny piaszczystej, zbitością przypominają fragipan [IUSS 2006], mają strukturę płytkową lub angularno-płytkową i są trudno lub niemal zupełnie nieprzepuszczalne dla wód opadowych, a także stanowią barierę dla korzeni roślin [Kabała i in. 2011]. Strop warstwy zbitej determinuje nie tylko głębokość infiltracji wody, ale *de facto* wyznacza pionowy zasięg zbielicowania gleby i „wymusza” położenie poziomu Bh w profilu [Waroszewski 2011].

## 6. Warunki wodne, oglejenie i zabagnienie bielic górskich

Niektóre bielice górskie są tylko krótkotrwale przemywane lub nasycone wodami opadowymi lub roztopowymi (szczególnie na zwietrzelinach piaszczystych) i przez znaczną część roku, przede wszystkim latem, są przesuszone podobnie jak piaszczyste bielice nizinne. Inne warunki panują w bielicach wytworzonych na warstwowanych pokrywach stokowych ze zbitą podpowierzchniową warstwą solifluk-

cyjną. W warunkach wilgotnego klimatu górskiego, warstwa nieprzepuszczalna powodować może stagnowanie wód opadowych i roztopowych oraz długotrwałe warunki redukcyjne w powierzchniowych warstwach profilu. Zjawisko takie występuje przede wszystkim na wierzchołkach lub wypłaszczeniach śródstokowych, ale każde załamanie reliefu na stoku oraz zaistnienie mikroreliefu wykrotowego może spowalniać odpływ wody i powodować ich lokalne stagnowanie. Podobny efekt wywołują cienkie, ale nieprzepuszczalne warstewki żelaziste, występujące wyłącznie w glebach zlokalizowanych na terenach płaskich (na wierzchołkach, pedymentach itp.). Morfologiczne i ekologiczne efekty przypowierzchniowego stagnowania wody, częściowo uzależnione są od uziarnienia gleby oraz od głębokości występowania warstwy nieprzepuszczalnej. Pierwszą wspólną cechą tych gleb jest brak oglejenia (lub bardzo słabe oglejenie) w głębszych warstwach profilu, co zdecydowanie odróżnia je od glejobielic. Kolejną cechą jest większa miąższość i storfienie ektopróchnicy. Wskutek nadmiernego uwilgotnienia pojawia się roślinność hydrofilna, często nawet bagienna (jak mchy z rodzaju *Sphagnum*) oraz następuje osłabienie tempa rozkładu martwych szczątków roślinnych. W Karkonoszach [Bonifacio i in. 2006; Kabała i in. 2008; Skiba, Drewnik 1993] i w Górach Stołowych [Kabała i in. 2002; 2011] występują bielice z warstwą torfu o miąższości przewyższającej 20 cm. Dla tych gleb zaproponowano nazwę *stagnobielicę* [Kabała i in. 2010] pod którą zostały „zasygnalizowane” w Systematyce [2011]. Potrzeba ich odróżniania od glejobielic wynika stąd, że (i) warunki redukcyjne powodowane są przez stagnujące wody opadowe i roztopowe a nie przez wysoki poziom wód gruntowych, (ii) z reguły zawierają nieprzepuszczalną warstwę zbitą (genezy soliflukcyjnej) lub scementowaną (jak *placic*), a więc (iii) oglejone są w górnych warstwach gleby a nie w dolnych. Na ogół występuje trudność w identyfikacji odgórnego oglejenia *stagnobielic* (jak to zapisano w Systematyce [2011]), gdyż występuje ono w obrębie jasnozabarwionego poziomu eluwialnego. Owszem, wprawne oko dostrzeże „stalowy” lub „siny” odcień barwy, lecz są to odczucia subiektywne i jako takie nie mogą być kryterium typologicznym. *Stagnobielicę* typowe powinny być zatem identyfikowane na podstawie obydwu przejawów stagnowania wody: (i) stwierdzenia warunków redukcyjnych (za pomocą a,a-dipirydyli) i/lub cech redoksymorficznych w górnej części profilu, a także brak poziomu glejowego w dolnej części profilu oraz (ii) obecności ektopróchnicy typu mor torfiasty lub torfowej. W celu zaznaczenia szczególnych właściwości formy przejściowej między *stagnobielicami* a glebami

organicznymi, proponuje się ponadto wyodrębnienie podtypu *stagnobielic torfowych*, które będą spełniały ogólne wymagania dla podtypu *stagnobielic*, ale będą posiadały poziom diagnostyczny *histic*, a więc warstwę torfową lub torfowo-murszową o miąższości minimum 10 cm. Tak zdefiniowane *stagnobielice* typowe odpowiadają jednostce *Stagnic Albic Podzols*, niekiedy *Albic Podzols (Oxyaquic)*, natomiast *stagnobielice torfowe* – jednostce *Histic Podzols* [IUSS 2006]. Jak wspomniano wcześniej, w międzynarodowej nazwie tych gleb dość często występować też będą kwalifikatory *Placic* lub *Densic*. Geneza, zróżnicowanie oraz rozprzestrzenienie w Sudetach *bielic z odgórnym oglejeniem*, scharakteryzowane szerzej zostało w pracy Kabały i in. [2010].

#### 7. Miąższość poziomu eluwialnego – głębokość występowania poziomu iluwialnego

Miąższość poziomu eluwialnego w piaszkowych *bielicach* na Niziu Polskim nie przekracza na ogół 20 cm, a *bielice* z 40-centymetrowym poziomem *albic* uważa się za unikalnie głębokie i warte ochrony. Wynika to oczywiście ze względu na krótki czas ich rozwoju, który możemy liczyć najwyżej w tysiącach lat, skracanego dodatkowo przez niestabilność niektórych piaszkowych form morfologicznych, szczególnie wydm [Konecka-Betley i in. 2002]. Zatem *gleboznawcom* polskim niestosowne lub niepotrzebne może wydawać się określanie limitu głębokości występowania poziomu *spodic*, poniżej którego glebę zaliczać będziemy nie do *bielic*, ale na przykład do *arenosoli*. Jednakże na obszarach górskich Polski południowej zidentyfikowane zostały gleby z poziomem *spodic* zaczynającym się na głębokości: 70, 90, a nawet 190 cm. Pierwszym przypadkiem są opisane wcześniej gleby z *gruzową* pokrywą zalegającą na glinach soliflukcyjnych, najczęściej na podłożu granitów, gnejsów lub łupków łyszczykowych [Waroszewski i in. 2010]. Drugim przypadkiem są gleby występujące na stokach poniżej dużych wychodni piaskowca (ścian, krawędzi skalnych, grup skalnych itp.) stale nadbudowywane świeżą zwietrzeliną piaskową (z gruzem i blokami piaskowca). Gleby takie występują na przykład poniżej *Naroźnika*, *Skalniaka*, *Urwisk Batorowskich* i *Białych Skał* w *Górach Stołowych* [Waroszewski 2011]. Gleby te w istocie funkcjonują jako *bielice*, gdyż piaszczysta warstwa powierzchniowa jest intensywnie przemywana pod drzewostanami świerkowymi w warunkach wilgotnego górskiego klimatu, ale nie ma wątpliwości, że warstwa ta nie powstała w wyniku procesu *bielicowania*, lecz jest efektem akumulacji erozyjnej – jak w *glebach inicjalnych* lub słabo ukształtowanych.

Dlatego w dotychczasowej praktyce kartograficznej, gleby z ponad metrową warstwą piaszczysto-gruzową (barwy jasnoszarej lub jasnokremowej) często zaliczano do *regosoli*, a gleby piaszczystych stożków napływowych do *arenosoli*, mimo, że głębiej niekiedy nawiercano brunatny poziom iluwialny. W klasyfikacjach międzynarodowych [IUSS 2006, USDA 2010] ustalono, że w *Podzols/Spodosols* poziom *spodic* musi rozpoczynać się nie głębiej niż 200 cm pod powierzchnią. Wydaje się zatem celowe, by i w *Systematyce Gleb Polski* jednoznacznie rozgraniczone zostały *bielice* od *gleb słabo ukształtowanych*. Przy ustalaniu tego kryterium należy jednak wziąć pod uwagę zarówno aspekty pedogeniczno-ekologiczne, jak i techniczne – związane choćby z sondowaniem profilu szkieletowej gleby górskiej do głębokości 100 lub 200 cm.

#### PODSUMOWANIE

Gleby *zbielicowane* w górach i na nizinie tworzą się w wyniku działania tych samych czynników i tego samego procesu *glebotwórczego*, nie ma zatem podstaw do odrębnego ich klasyfikowania lub kartowania. Jednak odmienność substratu (skały macierzystej), *ukształtowania terenu* oraz warunków klimatycznych nadaje niektórym *bielicom* „górskim” specyficzne cechy morfologiczne oraz właściwości fizykochemiczne, odróżniające je od typowych *bielic „nizinnych”*. Należą do nich między innymi: większa szkieletowość gleb, zwięźlejsze i bardziej pylaste uziarnienie, profilowe zróżnicowanie uziarnienia, większa zasobność w materię organiczną i mobilne formy żelaza i glinu, obecność warstw zbitych lub poziomu *placic*, a także częste występowanie nadmiernego uwilgotnienia i warunków redukcyjnych w powierzchniowych warstwach profilu glebowego. Niektóre z cech przyjmują w warunkach górskich na tyle duże „nasilenie”, że determinują właściwości i środowiskowe funkcje *bielic*, a dotychczas nie znalazły właściwego odzwierciedlenia w *systematyce* tych gleb. W szczególności dotyczy to *gleb ekstremalnie szkieletowych*, dla których proponuje się odrębny podtyp „*bielice rumoszone*” oraz *gleb z długotrwałym stagnowaniem wody nad warstwą nieprzepuszczalną*, dla których zdefiniowano dwa podtypy: „*stagnobielice typowe*” i „*stagnobielice torfowe*”. Wieloletnie obserwacje terenowe na obszarach górskich, upoważniają też do stwierdzenia niesłuszności i niecelowości rozróżniania *bielic* i *gleb bielicowych* na poziomie typu, a nawet podtypu. Proponuje się zatem scalenie *systematyki* tych gleb w ramach jednego typu i ujednolicenie nazewnictwa na bazie tradycyjnego określenia „*bielica*”. Weryfikacja istnieje

jących materiałów glebowo-kartograficznych, prowadzona w oparciu o współczesne morfologiczne i fizykochemiczne wskaźniki bielcowania, wskazuje ponadto na celowość wyodrębnienia podtypu skrytobelic, mających diagnostyczny poziom *spodic*, ale z całkowicie zatartym poziomem *albic*.

Biorąc pod uwagę obecny stan wiedzy na temat różnorodności biellic i gleb bielcowych w Polsce oraz bazując na charakterystykach podanych w Systematyce [2011] i Klasyfikacji [2000], a także w niniejszej pracy, proponuje się następujący podział rzędu gleb bielicoziemnych:

Rząd: Gleby bielicoziemne

Typ: Bielice (jeden typ)

Podtypy: (1) bielice typowe, (2) bielice orszynowe, (3) bielice rumoszone, (4) skrytobelice, (5) glejobielice typowe, (6) glejobielice orszynowe, (7) glejobielice murszaste, (8) glejobielice torfiaste, (9) stagnobelice typowe, (10) stagnobelice torfowe.

Liczba zaproponowanych podtypów jest zbliżona do sumarycznej liczby podtypów biellic i gleb bielcowych w ostatniej wersji Systematyki Gleb Polski [2011].

Powyższy podział nie opisuje w sposób kompletny całego spektrum znanej różnorodności biellic w Polsce. W zdefiniowanych wyżej podtypach występują bowiem cechy, być może drugorzędne, ale niekiedy istotne dla ustalenia genezy, funkcji lub wartości siedliskowej gleby, jak: głębiej występujące lub słabsze oglejenie, silna szkieletowość, średnio głębokie podścielenie litą skałą, wysokie wysycenie kationami zasadowymi w dolnej części profilu itd. Postulujemy, aby wzorem Klasyfikacji gleb leśnych Polski [2000], a właściwie również za klasyfikacją międzynarodową [IUSS 2006] wprowadzone zostały odmiany podtypów, umożliwiające elastyczne doprecyzowanie właściwości gleb, z użyciem uniwersalnie i ilościowo scharakteryzowanych opcji. Czy 10 podtypów to za mało dla trafnego klasyfikowania biellic i czy potrzebne są odmiany podtypów? Dla porównania wystarczy przytoczyć, że klasyfikacja amerykańska [USDA 2010] w rzędzie Sposodols wyróżnia aż 22 „great groyps”, które można utożsamiać z naszymi podtypami, a ponadto aż 121 jednostek jeszcze niższego stopnia („subgroyps”), którym w polskiej systematyce mogą odpowiadać odmiany podtypów.

## LITERATURA

- ADAMCZYK B. 1984. Rola gleby w kształtowaniu środowiska przyrodniczego terenów górskich. *Studia Ośr. Dokument. Fizjograf.* **12**: 9–47.
- ADAMCZYK B., BARAN S., BORKOWSKI J., KOMORNICKI T., KOWALIŃSKI S., SZERSZEŃ L., TOKAJ J. 1985. Gleby. [W:] Karkonosze polskie. Jahn A. (red.) Wyd. PAN Zakł. Narod. Ossolińskich, Wrocław: 77–86.
- BEDNAREK R., PRUSINKIEWICZ Z. 1997. Geografia gleb. PWN, Warszawa, ss. 288.
- BOCKHEIM J.G. 2010. Lithic Humicryods and Haplocryods: dysjunct alpine-subalpine soils of the northern hemisphere. *Geoderma* **159**: 379–389.
- BONIFACIO E., SANTONI S., CELI L., ZANINI E. 2006. Spodosol-Histosol evolution in the Karkonosze National Park (CZ). *Geoderma* **131**: 237–250.
- BORKOWSKI J., SZERSZEŃ L., KOCOWICZ A. 2005. Gleby Karkonoszy [W:] MIERZEJEWSKI M. P. (red.) Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wyd. UW, Wrocław: 353–379.
- BROŻEK S., ZWYDAK M. 2003. Atlas gleb leśnych Polski. CILP, Warszawa, ss. 466.
- CHARZYŃSKI P. 2006. Testing WRB on Polish soils. APSE, Toruń, ss. 110.
- CHODOROWSKI J. 2009. Geneza, wiek oraz cechy diagnostyczne orszyny w świetle badań gleb piaszczystych Kotliny Sandomierskiej. Wyd. UMCS, Lublin, ss. 132.
- D'AMICO M., JULITTA F., PREVITALI F., CANTELLI D. 2008. Podzolization over ophiolitic materials in the westren Alps (Natural Park of Mont Avic, Aosta Valley, Italy). *Geoderma* **146**: 129–137.
- DROZD J., LICZAR M., WEBER J., LICZAR S.E., JAMROZ E., DRADRACH A., MASTALSKA-CETERA B., ZAWERBNY T. 1998. Degradacja gleb w niszczonej ekosystemach Karkonoszy i możliwości jej zapobiegania. PTSH, Wrocław: 1–125.
- IUSS. 2006. World Reference Base for Soil Resources 2006. 2<sup>nd</sup> edition, World Soil Resources Reports 103, FAO, Rome: 1–122.
- KABAŁA C. 2005. Geneza, właściwości i występowanie gleb bielcowych w zróżnicowanych warunkach geoekologicznych Dolnego Śląska. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* **519**: 1–169.
- KABAŁA C., CHODAK T. 2000. General characteristic of the environment of south-western Poland and the description of typical soil profiles. Intern. Symp.: Comparison of Polish and German Soil Classification Systems for Soil Cartography of the Mountain and Sub-Mountain Areas. *Mitteil.DBG* **93**: 51–58.
- KABAŁA C., SZERSZEŃ L., WICIK B. 2002. Geneza, właściwości i systematyka gleb Parku Narodowego Gór Stołowych. [W:] Szerszeń L., Kabała C. (red.) Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych. *Szczeliniec* **6**: 21–94.
- KABAŁA C., HAASE T. 2004. Przejawy poligenyzy gleb bielcowych wytworzonych z piaskowców kredowych Gór Stołowych. *Rocz. Glebozn.* **55**: 39–50.
- KABAŁA C., BOGACZ A., WAROSZEWSKI J., OCHYRA S. 2008. Wpływ pokryw stokowych na morfologię i właściwości biellic subalpejskiego piętra Karkonoszy. *Rocz. Glebozn.* **49**, 1: 90–99.
- KABAŁA C., MARZEC M. 2009. Pudy Jizerskich hor. [W:] Jizerskie hory. KARPAS R. (red.). Nakladelstvi RK, Liberec, Republika Czeska: 250–257.



- KABAŁA C., WAROSZEWSKI J., SZOPKA K., BOGACZ A. 2010. Geneza, właściwości i rozprzestrzenienie stagnobielic w Sudetach. *Rocz. Glebozn.* **61**, 4: 1–15.
- KABAŁA C., CHODAK T., BOGACZ A., ŁABAZ B., JEZIERSKI P., GAŁKA B., KASZUBKIEWICZ J., GLINA B. 2011. Przestrzenne zróżnicowanie gleb i siedlisk Parku Narodowego Gór Stołowych. [W:] Chodak T., Kabała C., Kaszubkiewicz J., Migoń P., Wojewoda J. (red.) *Geoekologiczne warunki środowiska przyrodniczego Parku Narodowego Gór Stołowych*. Wind, Wrocław: 141–168.
- KACZOREK D., SOMMER M., ANDRUSCHKEWITSCH I., OKTABAL., CZERWIŃSKI Z., STAHR K. 2004. A comparative micromorphological and chemical study of “Raseneisenstein” (bog iron) and “Ortstein”. *Geoderma* **121**: 83–94.
- KLASYFIKACJA GLEB LEŚNYCH. 1973. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Komisja Genezy Klasyfikacji i Kartografii Gleb, Zespół Gleb Leśnych. Warszawa: 1–115.
- KLASYFIKACJA GLEB LEŚNYCH POLSKI. 2000. CILP, Warszawa: 1–123.
- KOMORNICKI T. 1964. Przegląd dotychczasowego stanu prac badawczych nad glebami w terenach górskich. Komitet Zagospodarowania Ziemi Górskich. *Bibliografia Ziemi Górskich* **7**: 37–69.
- KOMORNICKI T., SKIBA S. 1996. Gleby. [W:] Mirek Z. et al. (red.) *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatrzy i Podtatrze* **3**: 215–226.
- KONECKA-BETLEY K., CZĘPIŃSKA-KAMIŃSKA D., JANOWSKA E., OKOŁOWICZ M. 2002. Gleby strefy ochrony ścisłej i częściowej w Rezerwacie Biosfery Puszcza Kampinoska. *Rocz. Glebozn.* **53**, 3–4: 5–22.
- KOWALKOWSKI A. 1998. Związki genetyczne między seriami pokryw stokowych i budową profilu gleb terenów górskich na przykładzie głównego masywu Łysogór. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **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.
- KOWALKOWSKI A., DEGÓRSKI M. 2005: Biogeomorfologiczna odrębność górskich strukturalnych gleb rdzawych bielcowych. *Probl. Zagosp. Ziemi Górskich* **52**: 7–15.
- KUŹNICKI F., BIAŁOUSZ S., SKŁODOWSKI P., ŻAKOWSKA H. 1973. Typologia i charakterystyka gleb górskich obszaru Sudetów. *Rocz. Glebozn.* **24**, 2: 27–84.
- LAPEN D.R., WAND C. 1999. Placid and Ortstein horizon genesis and peatland development, southeastern Newfoundland. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **63**: 1472–1482.
- LATOCHA A. 2009. Land-use changes and long-term human-environment interactions in a mountain region (Sudetes Mountains, Poland). *Geomorphology* **108**: 48–57.
- LICZNAR S.E., LICZNAR M., ŁABAZ B., DROZD J. 2002. Transformation of soil organic matter in the degraded ecosystems ‘*Pinetum mughi sudeticum*’ in the region of the Karkonosze National Park. *Polish J. Soil Sci.* **35**: 31–38.
- LICZNAR S.E., MASTALSKA-CETERAB. 2008. Organic matter characteristics of the Bh Podzol horizon formed under various subalpine plant communities in the Karkonosze Mountains. *Polish J. Soil Sci.* **41**: 13–21.
- LUNDSTROM U.S., BREEMEN N., BAIN D. 2000. The podzolization process. A review. *Geoderma* **94**: 91–107.
- MIECHÓWKA A., NIEMYSKA-LUKASZUK J., NICIA P., KOWALCZYK E. 1998. Charakterystyka gleb pod zbiorowiskami *Piceetum tatricum athyrietosum alpestris* i *Dentario glandulosae-Fagetum athyrietosum alpestris* w Babiogórskim Parku Narodowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **464**: 65–73.
- MIGOŃ P., LATOCHA A., PARZÓCH K., KASPRZAK M., OWCZAREK P., WOTEK M., PAWLIK Ł. 2011. Współczesny system morfogenetyczny Gór Stołowych [W:] Chodak T. i in. (red.) *Geoekologiczne warunki środowiska przyrodniczego Parku Narodowego Gór Stołowych*. Wind, Wrocław: 1–52.
- MIKLASZEWSKI S. 1930. Gleby Polski. Kom. Wyd. TBPS PW, Warszawa, ss. 638.
- NEMECEK J. (red.) 2001. Taxonomický klasifikační systém pud Ceske republiky. Academia, Praha, aa. 156.
- NORMAN S.A., SCHAEZTL R.J., SMALL T.W., 1995. Effect of slope angle on mass movement by tree uprooting. *Geomorphology* **14**: 19–27.
- PELIŠEK J. 1974. Půdy Krkonosskeho Narodního Parku. *Opera Corcontica* **11**: 7–35.
- PODRAZSKY V., VACEK S., MIKESKA M., BOCEK M., HEJCMAN M. 2007. Půdy [W:] Flousek J., Hartmanova O., Stursa J., Potocki J. (red.): *Krkonose. Příroda. Historie. Život. Baset*, Praha: 135–146.
- POKOJSKA U. 1979. Geochemical studies on podzolization. 1. Podzolization in the light of the profile distribution of various forms of iron and aluminium. *Rocz. Glebozn.* **30**, 1: 189–215.
- POLSKIE TOWARZYSTWO GLEBOZNAWCZE (PTG), 2009. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. *Rocz. Glebozn.* **60**, 2: 5–16.
- POLSKIE TOWARZYSTWO GLEBOZNAWCZE (PTG), 1956: *Przyrodniczo-genetyczna klasyfikacja gleb Polski. Roczn. Nauk Rolniczych* **74-D**: 5–96.
- PRUSINKIEWICZ Z. 1976. Polskie badania gleb bielcowych i procesu bielcowania w 30-leciu 1946–1975. [W:] *Proces bielcowania. Mat. II Kraj. Konf., Toruń. Prace Komisji Nauk PTG* **531**: 3–24.
- PRUSINKIEWICZ Z., KRZEMIEŃ K. 1974. Toksyczny wpływ glinu wolnego glinu z orszynowego poziomu bielicy na rozwój sadzonek sosny pospolitej *Pinus silvestric L.* *Rocz. Glebozn.* **25**: 207–222.
- RIGHI D., HUBER K., KELLER C. 1999. Clay formation and podzol development from postglacial moraines in Switzerland. *Clay Minerals* **34**: 319–332.
- SCHAEZTL R.J. 1990. Effects of treethrow microtopography on the characteristics and genesis of Spodosols, Michigan, USA. *Catena* **17**: 111–126.
- SEMMELE A., TERHORST B. 2010. The concept of periglacial cover beds in central Europe: A review. *Quatern. Internat.* **222**: 120–128.
- SKIBA S. 1977. Studia nad glebami wytworzonymi w różnych piętrach klimatyczno-roślinnych krystalicznej części Tatr Polskich. *Rocz. Glebozn.* **28**, 1: 205–241.
- SKIBA S. 1985. Rola klimatu i roślinności w genezie gleb na przykładzie gleb górskich z Tatr Polskich i z gór Mongolii. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozprawy*, ss. 99.
- SKIBA S. 1998. Gleby górskie w systematyce gleb Polski. *Zesz. Problem. Post. Nauk Roln.* **464**: 25–35.
- SKIBA S., DREWNIK M. 1993: Gleby zdegradowanych ekosystemów wybranych rejonów Karkonoszy. *Karkonoskie Badania Ekolog., IE PAN, Dziekanów Leśny*: 93–102.

- SKIBA S., KOMORNICKI T. 1983. Gleby organiczno-sufozyjne w Tatrach Polskich. *Rocz. Glebozn.* **34**: 113–122.
- SKIBA S., SOBIECKI K. 1996. Geomorfologiczne uwarunkowania rozwoju profilu gleb Bieszczadów Zachodnich. *Rocz. Bieszcz.* **5**: 165–174.
- SOMMER M., HALM D., WELLER U., STAHR K. 2000. Lateral podzolization in a granite landscape. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **64**: 1434–1442.
- SOWA J.M., KULAK D., STAŃCZYKIEWICZA., SZEWCZYK G. 2011. Rozmiar i charakter naruszeń wierzchniej warstwy gleby powstałych podczas pozyskiwania i zrywki drewna w trzebieżach wczesnych drzewostanów świerkowych. *Sylwan* **155**, 5: 330–339.
- STUETZER A. 1999. Podzolisation as a soil forming process in the alpine belt of Rondane, Norway. *Geoderma* **91**: 237–248.
- SYSTEMATYKA GLEB POLSKI. 1989. *Rocz. Glebozn.* **40**, 3/4: 1–155.
- SYSTEMATYKA GLEB POLSKI. 2011: *Rocz. Glebozn.* **62**, 3: 1–142.
- SZAFRANEK A. 1990. Wpływ rzeźby terenu i skały macierzystej na kształtowanie się gleby z piaskowców dewońskich i triasowych regionu świętokrzyskiego. Właściwości chemiczne gleb. *Rocz. Glebozn.* **41**, 3/4: 157–177.
- SZERSZEŃ L. 1974. Wpływ czynników bioklimatycznych na procesy zachodzące w glebach Sudetów i Spitsbergenu. *Rocz. Glebozn.* **25**, 2: 53–99.
- SZOPKA K. 2000. Geneza, skład i właściwości gleb wytworzonych z piaskowców na terenie Gór Stołowych. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* **396**: 93–109.
- TRACZYK A. 1996. Geneza i znaczenie stratygraficzne rytmicznie warstwowych osadów stokowych w Sudetach. *Acta Univ. Wratislav.* **1808**: 93–10.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA) 2010. Keys to Soil Taxonomy. By Soil Survey Staff. 11<sup>th</sup> edition. Washington, DC, Natural Resources Conservation Service, USDA: 1–332.
- WAROSZEWSKI J. 2011. Związki między seriami pokryw stokowych a morfologią i właściwościami gleb Sudetów. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu. Rozprawa doktorska. Maszynopis.
- WAROSZEWSKI J., KABALA C., TURSKA A. 2010. Specyficzne właściwości gleb Kowarskiego Grzbietu w Karkonoszach. *Opera Corcontica* **47**, Supplement 1: 47–56.
- WEBER J., GARCIA-GONZALES T., DRADRACH A. 1998. Skład mineralogiczny bielicy wytworzonych z granitów w karkonoskim piętrze subalpejskim w rejonie występowania kłęski ekologicznej. *Zesz. Problem. Post. Nauk Roln.* **464**: 251–259.

*Dr hab. Cezary Kabala, prof. nadzw.  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska  
50-357 Wrocław,  
ul. Grunwaldzka 53  
e-mail: [cezary.kabala@up.wroc.pl](mailto:cezary.kabala@up.wroc.pl)*