

WŁAŚCIWOŚCI I POZYCJA SYSTEMATYCZNA GLEB ROZWINIĘTYCH NA RYOLITACH W GÓRACH KAMIENNYCH

Łukasz Musielok, Andrzej Kacprzak, Joanna Opyrchal

Properties and systematic position of soils developed on rhyolites in the Kamienne Mountains

Abstract: The paper presents results of research on the properties of soils developed on rhyolites in the Kamienne Mountains (Sudetes). It exhibits soil diversity of the area which is relatively poorly studied in the field of soil typology. The research focuses on morphology and physicochemical properties of soil profiles whose localization varied in terms of: position on slope, slope angle and aspect, vegetation and elevation. Although the parent material is relatively homogeneous, a significant diversity of soil properties was observed. Shallow profiles and coarse fragment content usually exceeding 65% typify soils developed from rhyolites in the Kamienne Mountains. Most of the investigated soil profiles distinguish themselves with a colour of 5YR and 7YR which are characteristic for rhyolite regolith. A high organic matter content noted in these soils is a result of the influence of climatic conditions and vegetation type, and also a quantitative impact of coarse fragment content in the soil profile. The occurrence of podzolization process is conditioned by high permeability and very acidic pH. However, Podzols can be found only in specific morphological situations, in places where significant amount of fine fractions is accumulated. The observed large diversity of soil properties can be attributed to topography, slope angle and some morphogenetic processes. The influence of climatic conditions, varying with the elevation, and vegetation type can also affect soil properties.

Keywords: rhyolites, soil diversity, systematic position, Kamienne Mountains

Zarys treści: W artykule zaprezentowano wyniki badań właściwości gleb rozwiniętych na podłożu skał ryolitowych, a jednocześnie udokumentowano zróżnicowanie pokrywy glebowej dotychczas mało rozpoznanego obszaru Sudetów, jakim są Góry Kamienne. Zaobserwowano duże zróżnicowanie właściwości gleb mimo względnie jednorodnego podłoża skalnego. Specyfika wietrzenia masywnych skał ryolitowych przejawiająca się powstawaniem grubofrakcyjnych pokryw i bardzo niewielkiej ilości części ziemistych odzwierciedla się we właściwościach gleb, które charakteryzują się m.in. bardzo dużą przepuszczalnością. Badane gleby odznaczają się również dużą zawartością materii organicznej, która często mechanicznie transportowana jest w dół profilu glebowego. Duża przepuszczalność gleb i kwaśny odczyn sprzyjają zachodzeniu procesu bielcowania, który występuje jednak jedynie w szczególnych sytuacjach morfologicznych, w miejscach, gdzie gromadzi się znaczna ilość drobnych frakcji. Duże zróżnicowanie właściwości gleb wytworzonych na podłożu ryolitów wynika z wpływu ukształtowania terenu, nachylenia stoków oraz zachodzenia procesów morfogenetycznych, a także wpływu zróżnicowanych warunków klimatycznych związanych z wysokością n.p.m.

Słowa kluczowe: ryolity, zróżnicowanie gleb, pozycja systematyczna, Góry Kamienne

1. Wstęp

Pokrywa glebowa Sudetów, poza obszarami Karkonoszy (m.in. Adamczyk i in. 1985; Skiba, Drewnik 1993; Drozd i in. 1998; Borkowski i in. 2005; Waroszewski i in. 2013) i Gór Stołowych (m.in. Szerszeń i in. 1996; Szopka 2000; Szerszeń, Kabała 2002), charakteryzuje się niewielkim stopniem rozpoznania. Jednym z mało poznanych obszarów pod względem właściwości i typologii gleb są Góry Kamienne, w których budowie geologicznej istotną rolę odgrywają skały wulkaniczne, w tym znaczące obszary występowania skał ryolitowych. W ostatnich latach w Górach Kamiennych prowadzone były badania wykorzystujące właściwości gleb jako wskaźniki procesów geomorfologicznych (Kacprzak i in. 2013), konieczna jest jednak dalsza dokumentacja gleb w tym obszarze.

Problematyka zróżnicowania właściwości i typologii gleb rozwiniętych z ryolitów nie była dotychczas szeroko dyskutowana w literaturze. Wyniki analiz kilku profili rozwiniętych z porfirów (ryolitów) w okolicach Lubawki zostały przedstawione w opracowaniu Kuźnickiego i współautorów (1973). Prace dotyczące właściwości i prawidłowości rozmieszczenia gleb na skałach wulkanicznych (m.in. ryolitowych) prowadzone były w masywie Morvan i w Wogezach (Aran i in. 1998; Gury i in. 2000; Quantin 2004) oraz w górach Chiricahua w Arizonie (Heckman i in. 2009; Heckman, Rasmussen 2011). Badania te skupiały się jednak głównie na analizie pojedynczych profili glebowych lub na porównaniu właściwości i procesów zachodzących w glebach rozwiniętych z ryolitów z glebami na innym podłożu skalnym. Nie zwracano dotychczas uwagi na zróżnicowanie właściwości i typów gleb rozwiniętych na jedno-

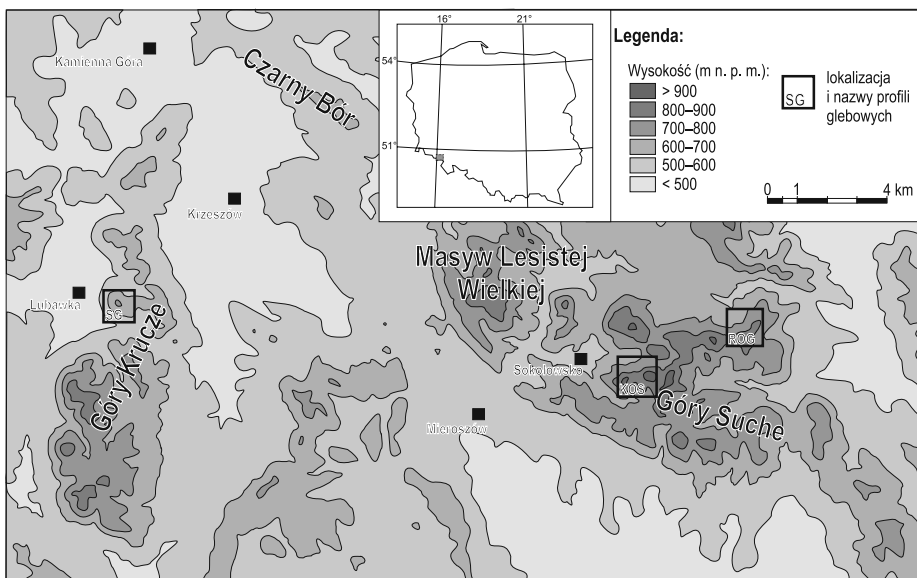
rodnym podłożu skał ryolitowych w zależności od rzeźby terenu i innych elementów środowiska przyrodniczego.

Celem poniższego opracowania jest określenie czynników, które wpływają na przestrzenne zróżnicowanie właściwości i typów gleb, wskazanie kierunków ewolucji, jakiej podlegają gleby rozwinięte z ryolitów w Górach Kamiennych, oraz określenie ich pozycji systematycznej.

2. Obszar, metodyka i zakres badań

2.1. Obszar badań

Góry Kamienne mają charakter gór średnich. Wysokość najwyższych szczytów nie przekracza 1000 m n.p.m. Góry te charakteryzują się krętym przebiegiem pasm i ich znacznym rozczłonkowaniem: w części zachodniej znajduje się pasmo Gór Kruczych o orientacji N–S, na północy – masyw Czarnego Lasu oraz masyw Lesistej Wielkiej i Góry Suche o przebiegu NW–SE w części wschodniej (Walczak 1968, Kondracki 2002) (ryc. 1).



Ryc. 1. Obszar badań i lokalizacja profili glebowych

Fig. 1. Area of the study and location of the investigated soil profiles

Góry Kamienne charakteryzują się występowaniem rzeźby strukturalnej. Warunkowana jest ona występowaniem masywnych skał wulkanicznych podścielanych przez kompleksy skał osadowych. Rzeźba tego pasma wyróżnia się m.in. wąskimi grzbietami i bardzo dużymi nachyleniami zboczy dolinnych zawierającymi się w przedziale 25–40° (Migoń i in. 2008). Ze względu na uwarunkowania strukturalne stoki Gór Kamiennych, w wielu miejscach przekształcone przez ruchy osuwiskowe oraz procesy obrywania i odpadania, charakteryzują się występowaniem dużej różnorodności form rzeźby terenu na relatywnie niewielkim obszarze. Na stokach objętych procesami obrywania i odpadania tworzą się piargi i stożki usypiskowe.

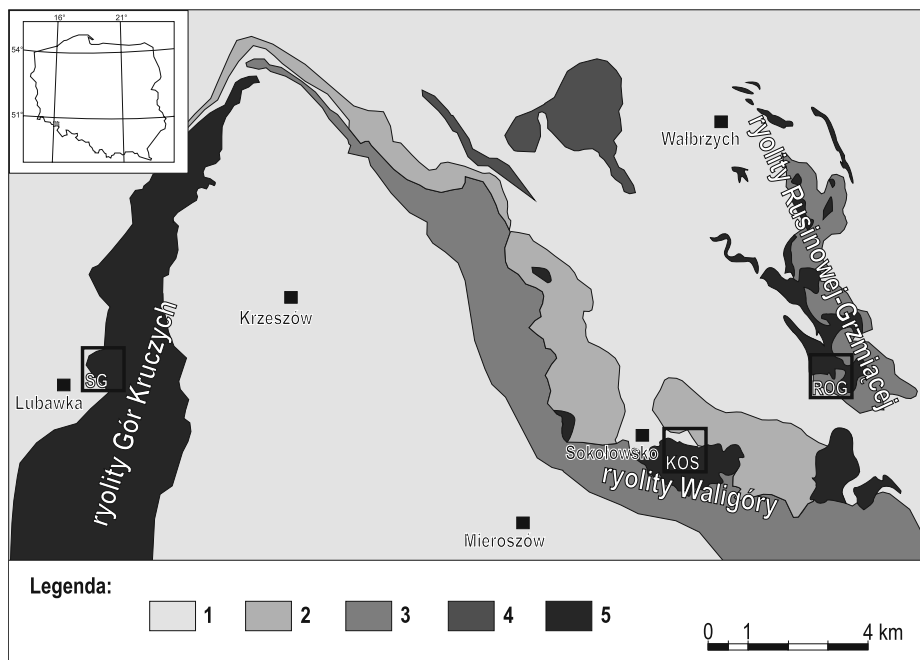
Ryolity występujące w niecce śródsudeckiej są częścią trzech kompleksów skał wulkanicznych pochodzących z okresów górnego i dolnego karbonu oraz dolnego permu (Awdankiewicz 1999a). W obszarze Gór Kamiennych Awdankiewicz (1999a,b) wyróżnia m. in. masywne, pęcherzykowate ryolity Rusinowej-Grzmiącej, ryolity Gór Kruczych o charakterze grubo- i drobnoziarnistych brekcji oraz mało zróżnicowane pod względem litologicznym ryolity Waligóry (ryc. 2). Pierwsza z asocjacji, wieku górnokarbońskiego, jest efektem subwulkanicznej intruzji. Charakteryzuje się wysoką zawartością SiO_2 w składzie mineralnym (72–83%) i dużą zawartością fenokryształów (15–30%). Asocjacje ryolitów Gór Kruczych i ryolitów Waligóry, będące pozostałościami potoków lawowych i kopuł wulkanicznych pochodzących z dolnego permu, zawierają mniej SiO_2 (66–74%) i poniżej 15% fenokryształów.

Warunki klimatyczne badanego obszaru są silnie związane z wysokością n.p.m. – średnia roczna temperatura powietrza dla Sokołowska (567 m n.p.m.) zawiera się w przedziale 5,5–6,6°C (Schmuck 1948), natomiast w wyższych partiach gór może wynosić ok. 4–5°C. Średnia roczna suma opadów w Kotlinie Sokołowska wynosi ok. 800 mm (Sobik 2005). Urozmaicona rzeźba Gór Kamiennych w istotny sposób wpływa na lokalne zróżnicowanie warunków termicznych. Występują duże różnice w nasłonecznieniu stoków o ekspozycji północnej i południowej, a także den dolin i grzbietów górskich (Schmuck 1948).

Podobnie jak w innych częściach Sudetów naturalnie występujące w Górach Kamiennych zbiorowiska *Dentario enneaphyllidis-Fagetum* oraz *Luzulo nemorosae-Fagetum* wskutek prowadzonej przez kilkaset lat gospodarki leśnej zostały w dużym stopniu zastąpione drzewostanami świerkowymi o charakterze monokultur (Trampler i in. 1990; Matuszkiewicz 2001). Współcześnie zbiorowiska naturalnych buczyn zajmują jedynie bardzo niewielkie powierzchnie (Matuszkiewicz 2001).

2.2. Metody i zakres badań

Analizą objęto cztery profile zlokalizowane w paśmie Gór Kruczych na stokach Świętej Góry (profile SG 1–4), pięć profili na stokach Kostrzyny i Suchawy, które reprezentują asocjację ryolitów Waligóry (profile KOS 1–5) oraz dwa profile gleb wytworzone



Ryc. 2. Budowa geologiczna obszaru badań

Fig. 2. Geology of the area of investigation

Objaśnienia: 1 – skały osadowe, 2 – trachyandezyty, 3 – tufy ryolitowe, 4 – ryodacyty, 5 – ryolity

Explanations: 1 – sedimentary rocks, 2 – trachyandesite, 3 – rhyolitic tuffs, 4 – rhyodacite, 5 – rhyolite

z ryolitów Rusinowej-Grzmiącej usytuowane w dolinie pod Rogowcem (profile ROG 1–2). Odkrywki glebowe zlokalizowano na różnych wysokościach n.p.m., na stokach o zróżnicowanym nachyleniu i ekspozycji oraz pod różnymi zbiorowiskami roślinnymi. Profile glebowe zostały opisane zgodnie z zaleceniami FAO (2006). Określono w nich szacunkową zawartość części szkieletowych (objętościowo) w wyróżnionych poziomach oraz przeliczono zawartość części szkieletowych w całym profilu, używając średniej ważonej. Barwę gleby w stanie wilgotnym i suchym oznaczono za pomocą skali Munsella. Na pobranych próbkach zostały przeprowadzone analizy: uziarnienia metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego (dla profilu KOS 3 po uprzednim usunięciu materii organicznej z użyciem 30% perhydroflu) oraz metodą sitową dla frakcji piasku (Bednarek i in. 2004; van Reeuwijk 2002), pH potencjometrycznie w proporcji 1:2,5 próbki glebowej do wody destylowanej (Thomas 1996),

zawartości węgla organicznego metodą oksydometryczną Tiurina w modyfikacji Oleksynowej (Oleksynowa i in. 1987), straty żarowej w 400°C przez 16 godzin (Nelson, Sommers 1996). Dodatkowo na próbkach z profili KOS 5 i ROG 1, wyróżniających się morfologią typową dla gleb objętych procesem bielcowania, oznaczono wartość wskaźnika ODOE (van Reeuwijk 2002).

3. Wyniki i dyskusja

3.1. Morfologia gleb

Charakterystyczną cechą morfologii gleb wytworzonych z ryolitów jest ich płytki profil (tab. 1). Miąższość analizowanych gleb wynosi od 50 do ok. 120 cm, w większości przypadków nie przekraczając 65–90 cm. W funkcjonowaniu tych gleb największą rolę odgrywa bardzo duża zawartość części szkieletowych. Klasy o średnicy >2 mm stanowią zazwyczaj powyżej 65% objętości całej głębokości profili glebowych. Przeważają okruchy z frakcji kamieni i grubego żwiru o ostrych krawędziach, co może świadczyć o przewadze wietrzenia fizycznego nad chemicznym. Ze względu na bardzo silne spękanie ryolitów w analizowanych glebach nie występują wyraźne przejścia między poziomami glebowymi a skałą macierzystą nieobjętą procesami glebotwórczymi. Duża zawartość grubookruchowego materiału skalnego w profilu glebowym skutkuje dużą przepuszczalnością gleb. Bardzo często poziomy C analizowanych gleb (profile KOS 2, KOS 4, KOS 5, SG 1) cechują się występowaniem struktur typu *open work*. Ze względu na ułożenie grubofrakcyjnego materiału powstają liczne puste przestwory, które na skutek migracji materii organicznej i drobnych frakcji części mineralnych wraz z wodą w głąb profilu mogą być częściowo zapełniane.

W zależności od głębokości, a także od położenia na stoku, objętościowa zawartość części szkieletowych w profilu różnicuje się między 30, a nawet 95%. Największy ich udział obserwowany jest w spągowej części profilu. W profilach zlokalizowanych na stokach Kostrzyny (KOS 2–5) i Rogowca (ROG 1–2), charakteryzujących się zróżnicowanym nachyleniem, stwierdzono zjawisko zmniejszania się proporcji części szkieletowych do części ziemistych w całej miąższości profilu. Gleby rozwijające się na stokach bardziej stromych cechują się znaczącą przewagą części szkieletowych nad ziemistymi, a w profilach gleb usytuowanych na stokach bardziej połączonych stosunek między zawartością części szkieletowych i ziemistych jest węższy. Podobne zjawisko opisywane jest przez Sommera i in. (2001), którzy wiążą je z zachodzącymi w klimacie peryglacjalnym procesami soliflukcji. W przypadku morfologii analizowanych profili nie obserwuje się typowych cech pokryw soliflukcyjnych, co jest związane ze specyfiką skał ryolitowych, które wietrzejąc, tworzą grubookruchowe pokrywy oraz bardzo niewielką ilość drobnofrakcyjnej zwietrzliny. Uniemożliwiło to zachodzenie

procesów soliflukcji w pokrywach rozwiniętych z ryolitów (Kacprzak i in. 2013). Stwierdzone zjawisko malejącej zawartości części szkieletowych w profilach usytuowanych na stokach połączonych w porównaniu z profilami na stokach stromych wynika prawdopodobnie ze współczesnego przemieszczania drobnoziarnistej zwietrzliny przez silnie przepuszczalne pokrywy w dół stromych odcinków stoków i deponowania ich w miejscach o wyraźnie mniejszym nachyleniu (Kacprzak i in. 2013).

Tab. 1. Morfologia analizowanych profili glebowych

Table 1. Morphology of the analysed soil profiles

Profil Profile	Głębokość Depth [cm]	Poziom Horizon	Barwa wg Munsella Munsell colour		Struktura Structure	>2 mm [% vol.]
			sucha dry	wilgotna moist		
Położenie (Location): spłaszczenie szczytowe Kostrzyny (Mt Kostrzyna summit flat), N 316 138, E 306 508; Wysokość (Elevation): 906 m n.p.m.; Nachylenie (Slope angle): 10°; Ekspozycja stoku (Slope aspect): N; Roślinność (Vegetation): <i>Betula pendula</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Deschampsia caespitosa</i> .						
KOS 1	0–2	Ol	ściółka (litter)			
	2–10	Of	n.a.	n.a.	d2os+bd1zn	0
	10–21	Oh1	7,5YR 5/2	7,5YR 2/3	bd2zn->d2os	75
	21–60	Oh2	7,5YR 6/2	7,5YR 3/4	bd1,5zn	>75
Położenie (Location): górna część stoku Kostrzyny (upper part of the slope on Mt Kostrzyna), N 316 211, E 306 528; Wysokość (Elevation): 870 m n.p.m.; Nachylenie (Slope angle): 35°; Ekspozycja stoku (Slope aspect): N; Roślinność (Vegetation): <i>Picea excelsa</i> , <i>Deschampsia caespitosa</i> .						
KOS 2	0–20	Of	butwina (moderately decomposed organic material)			
	20–45	Oh1	2,5YR 3/2	2,5YR 1,7/1	d3zn->d+s3osoa	60-75
	45–65	Oh2	5YR 3/2	5YR 1,7/1	d2-3zn	60-75
	65–120	C	n.a.	n.a.	n.a.	95
Położenie (Location): środkowa część stoku Kostrzyny (middle part of the slope on Mt Kostrzyna), N 316 291, E 306 561; Wysokość (Elevation): 780 m n.p.m.; Nachylenie (Slope angle): 35°; Ekspozycja stoku (Slope aspect): N; Roślinność (Vegetation): <i>Picea excelsa</i> .						
KOS 3	0–8	Of	butwina (moderately decomposed organic material)			
	8–22	A1	5YR 3/2	5YR 2/1	bd1-2zn+bd2osoa	40–50
	22–30	A2	5YR 5/4	5YR 3/4	d1-2zn	50–70
	30–90	AC	5YR 5/4	5YR 3/4	d1-2zn	>75
Położenie (Location): krawędź usypiska pod Suchawą (edge of the scree under Mt Suchawa), N 316 448, E 306 860; Wysokość (Elevation): 740 m n.p.m.; Nachylenie (Slope angle): 30°; Ekspozycja stoku (Slope aspect): N; Roślinność (Vegetation): <i>Picea excelsa</i> .						
KOS 4	0–5	OlF	ściółka (litter)			
	5–10	Of	butwina (moderately decomposed organic material)			
	10–(90)	C	n.a.	n.a.	n.a.	95

Profil Profile	Głębokość Depth [cm]	Poziom Horizon	Barwa wg Munsella Munsell colour		Struktura Structure	>2 mm [% vol.]
			sucha dry	wilgotna moist		
Położenie (Location): środkowa część usypiska pod Suchawą (central part of the scree under Mt Suchawa), N 316 308, E 306 870; Wysokość (Elevation): 650 m n.p.m.; Nachylenie (Slope angle): 15°; Ekspozycja stoku (Slope aspect): N; Roślinność (Vegetation): <i>Picea excelsa</i> .						
KOS 5	0–5	OI	ściółka (litter)			
	5–12	Of	butwina (moderately decomposed organic material)			
	12–26	AE	5YR 6/3	5YR 3/3	d2os+bd2zn	50
	26–28	Bhs	5YR 6/3	5YR 3/4	d2os+bd2zn	50
	28–40	Bs	7,5YR 6/2	7,5YR 3/4	bd2zn	50
40–80	C	7,5YR 6/2	7,5YR 4/3	bd1rz	>75	
Położenie (Location): zbocza doliny pod Rogowcem (valley slope under Mt Rogowiec), N 318 454, E 310 346; Wysokość (Elevation): 780 m n.p.m.; Nachylenie (Slope angle): 15°; Ekspozycja stoku (Slope aspect): W; Roślinność (Vegetation): <i>Fagus sylvatica</i> .						
ROG 1	0–4	OI	ściółka (litter)			
	4–10	Oh	10YR2/2	10YR1,7/1	bd-d3zn+d3os	50
	10–28	AE	7,5YR6/3	7,5YR4/3	d3zn	40
	28–40	Bhs1	7,5YR3/4	7,5YR2/3	bd3zn	50–75
	40–60	Bhs2	10YR6/4	10YR4/4	d3zn	50
Położenie (Location): zbocza doliny pod Rogowcem (valley slope under Mt Rogowiec), N 318 214, E 310 498; Wysokość (Elevation): 710 m n.p.m.; Nachylenie (Slope angle): 30°; Ekspozycja stoku (Slope aspect): W; Roślinność (Vegetation): <i>Picea excelsa</i> .						
ROG 2	1–7	Of	butwina (moderately decomposed organic material)			
	7–25	B1	5YR 6/6	5YR 3/6	rz	50–60
	25–80	B2	5YR 6/6	5YR 3/6	rz	50–60
	80–100	C	n.a.	n.a.	n.a.	90
Położenie (Location): spłaszczenie szczytowe Świętej Góry (Mt Święta Góra summit flattening), N 319 147, E 289 305; Wysokość (Elevation): 700 m n.p.m.; Nachylenie (Slope angle): 10°; Ekspozycja stoku (Slope aspect): S; Roślinność (Vegetation): <i>Picea excelsa</i> .						
SG 1	0–3	Of	butwina (moderately decomposed organic material)			
	3–12	A1	7,5 YR 3/2	10 YR 1,7/1	bd-d2zn	75–80
	12–18	A2	7,5 YR 4/2	10 YR 2/2	bd1-2zn	75–80
	18–30	AE	10 YR 5/3	10 YR 3/3	d1os	50–70
	30–45	Bw	10 YR 6/3	10 YR 4/4	bd2osoa	75
45–65	BC	10 YR 7/3	10 YR 5/4	d1zn	90	
Położenie (Location): górna część stoku Świętej Góry (upper part of the slope on Mt Święta Góra), N 318 955, E 289 377; Wysokość (Elevation): 650 m n.p.m.; Nachylenie (Slope angle): 20°; Ekspozycja stoku (Slope aspect): S; Roślinność (Vegetation): <i>Picea excelsa</i> .						
SG 2	0–3	Of	butwina (moderately decomposed organic material)			
	3–15	A	10 YR 3/1	10 YR 1,7/1	d1-2osoa->d1-2zn	50
	15–20	AE	7,5 YR 5/3	10 YR 3/3	bd1os	50–70
	20–35	Bw	10 YR 5/4	10 YR 4/6	bd1osoa	50–70
	35–60	BC	10 YR 5/6	10 YR 5/6	bd1-2zn	70–80

Profil Profile	Głębokość Depth [cm]	Poziom Horizon	Barwa wg Munsella Munsell colour		Struktura Structure	>2 mm [% vol.]
			sucha dry	wilgotna moist		
Położenie (Location): górna część stoku Świętej Góry (upper part of the slope on Mt Święta Góra), N 318 721, E 289 307; Wysokość (Elevation): 650 m n.p.m.; Nachylenie (Slope angle): 20°; Ekspozycja stoku (Slope aspect): S; Roślinność (Vegetation): <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Picea excelsa</i> , <i>Deschampsia caespitosa</i> .						
SG 3	0–3	Olf	ściółka (litter)			
	3–15	Oh	7,5 YR 2/1	10 YR 1,7/1	d2zn->os	30–50
	15–25	A	7,5 YR 4/3	10 YR 3/3	bd2os	50–70
	25–50	Bw	10 YR 6/4	10 YR 5/6	bd1-2zn+db1-2osoa	70
Położenie (Location): dolna część stoku Świętej Góry (lower part of the slope on Mt Święta Góra), N 318 791, E 289 183; Wysokość (Elevation): 560 m n.p.m.; Nachylenie (Slope angle): 30°; Ekspozycja stoku (Slope aspect): S; Roślinność (Vegetation): <i>Picea excelsa</i> .						
SG 4	0–0,5	OI	ściółka (litter)			
	0,5–2	Of	butwina (moderately decomposed organic material)			
	2–30	A	7,5 YR 4/2	10 YR 4/2	bd1-2zn->os	50–70
	30–40	AB	10YR 6/2	10 YR 4/3	bd1-2zn	75
	40–60	BC	10YR 6/4	10 YR 5/6	bd2zn	40–50

Struktura (Structure): bd – bardzo drobna (very fine); d – drobna (fine); zn – ziarnista (granular); os – subangularna (subangular blocky); oa – angularna (angular blocky); rz – rozdzieleno-ziarnista (single grained);

1 – nietrwała (weak); 2 – średiotrwała (moderate); 3 – trwała (strong); n.a. – nie analizowano (not analysed)

W badanych glebach dominuje struktura drobna i bardzo drobna ziarnista o słabym i średnim stopniu trwałości. Na tym tle wyróżniają się profile KOS 1 i KOS 2. Można w nich zaobserwować występujące znacznie trwalsze agregaty angularne i subangularne o rozmiarach 5–10 mm średnicy. Kształtowanie się większych i trwałych agregatów należy wiązać z dużą zawartością zhumifikowanej materii organicznej w tych glebach i obecnością licznych drobnych korzeni roślin (tab. 2).

Ze względu na bardzo duży udział części szkieletowych w badanych profilach trudno określić układ gleb i jest to w wielu przypadkach bezcelowe. Wzajemną organizację części ziemistych, które występują w niewielkich ilościach w analizowanych glebach, można określić mianem układu luźnego – poszczególne cząstki mineralne nie zlepiają się z sobą.

Zwierzelnina ryolitów charakteryzuje się zazwyczaj specyficzną barwą o odcieniach 5YR i 7,5YR (tab. 1). Zgodnie z kryteriami WRB gleba, w której występuje frakcja ziemista o takim odcieniu, powinna przy klasyfikacji otrzymać przyrostek Chromic. Występowanie odcienia tej barwy nie jest jednak efektem zachodzących procesów glebotwórczych, a raczej związane jest z barwą skały macierzystej badanych gleb.

3.2. Zawartość materii organicznej

Cechą charakterystyczną większości gleb rozwiniętych z ryolitów jest bardzo duża zawartość materii organicznej (tab. 2). W badanym terenie występuje ona w postaci miększych poziomów organicznych, często przekraczających 20 cm grubości lub głębokich – sięgających 50–70 cm – organicznych wypełnień silnie szkieletowych utworów pokrywowych. W glebach tych dominuje materia orga-

Tab. 2. Właściwości analizowanych profili glebowych

Table 2. Properties of the analysed soil profiles

Profi Profile	Głębokość Depth [cm]	Poziom Horizon	Strata żarowa LOI [%]	C org [%]	pH H ₂ O	Części ziemiste w mm Fine earth fractions in mm [%]			ODOE
						2,0– 0,05	0,05– 0,002	<0,002	
KOS 1	0–2	Ol	77,95	n.a.	3,6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	2–10	Of	72,92	n.a.	3,6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	10–21	Oh1	47,34	n.a.	3,7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	21–60	Oh2	55,45	n.a.	4,2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KOS 2	0–20	Of	66,20	n.a.	3,6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	20–45	Oh1	39,66	17,74	3,7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	45–65	Oh2	53,68	n.a.	4,3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	65–120	C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KOS 3	0–8	Of	59,16	n.a.	3,8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	8–22	A1	25,88	11,22	3,8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	22–30	A2	10,67	3,71	4,5	34	49	17	n.a.
	30–90	AC	9,10	2,43	4,6	33	50	17	n.a.
KOS 4	0–5	Of	76,87	n.a.	3,8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	5–10	Of	71,66	n.a.	3,6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	10–(90)	C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KOS 5	0–5	Ol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	5–12	Of	50,84	n.a.	3,7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	12–26	AE	22,67	n.a.	3,9	46	36	18	0,64
	26–28	Bhs	40,91	14,03	4,0	n.a.	n.a.	n.a.	4,56
	28–40	Bs	34,62	8,69	4,7	78	19	3	3,88
	40–80	C	3,80	0,75	4,7	74	18	8	0,19
ROG 1	0–4	Ol	n.a.	n.a.	3,9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	4–10	Oh	48,37	17,27	3,6	n.a.	n.a.	n.a.	0,99
	10–28	AE	4,48	2,62	3,8	30	61	9	0,46
	28–40	Bhs1	28,64	7,93	4,5	63	31	6	3,79
	40–60	Bhs2	11,05	2,53	4,6	59	38	3	0,92

Profi Profile	Głębokość Depth [cm]	Poziom Horizon	Strata żarowa LOI [%]	C org [%]	pH H ₂ O	Części ziemiste w mm Fine earth fractions in mm [%]			ODOE
						2,0–0,05	0,05–0,002	<0,002	
ROG 2	1–7	Of	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	7–25	B1	n.a.	2,76	4,4	52	44	4	n.a.
	25–80	B2	n.a.	1,88	4,3	51	46	3	n.a.
	80–100	C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
SG 1	0–3	Of	86,36	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	3–12	A1	27,87	8,12	3,7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	12–18	A2	n.a.	3,13	3,8	61	29	10	n.a.
	18–30	AE	n.a.	1,59	4,4	55	31	14	n.a.
	30–45	Bw	n.a.	1,24	4,5	50	37	13	n.a.
	45–65	BC	n.a.	0,91	4,6	51	41	8	n.a.
SG 2	0–3	Of	57,85	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	3–15	A	21,36	7,98	3,9	51	39	10	n.a.
	15–20	AE	n.a.	2,83	4,1	52	36	12	n.a.
	20–35	Bw	n.a.	3,26	4,4	71	23	6	n.a.
	35–60	BC	n.a.	3,50	4,4	62	32	6	n.a.
SG 3	0–3	Olf	80,32	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	3–15	Oh	62,96	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	15–25	A	13,39	4,25	3,7	54	35	11	n.a.
	25–50	Bw	n.a.	2,32	4,5	53	40	7	n.a.
SG 4	0–0,5	OI	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	0,5–2	Of	59,32	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	2–30	A	14,26	4,57	3,9	60	30	10	n.a.
	30–40	AB	n.a.	2,14	4,2	57	38	5	n.a.
	40–60	BC	n.a.	1,40	4,2	54	38	8	n.a.

n.a. – nie analizowano (not analysed)

niczna w średnim i słabym stopniu rozkładu, a jej zawartość w poziomach O waha się między 30 a 85%. Jej najwyższe zawartości obserwuje się w profilach KOS 1 i KOS 2, w których do głębokości 65 cm 37–55% suchej masy gleby stanowi materia organiczna. Wysokie zawartości węgla organicznego i materii organicznej w profilach gleb leśnych rozwiniętych z porfirów (ryolitów) w okolicach Lubawki notowane są przez Kuźnickiego i współautorów (1973). Występowanie poziomów bogatych w materię organiczną w badanym obszarze jest w największym stopniu związane ze współdziałaniem warunków topoklimatycznych oraz charakteru występującej roślinności. Na kopule szczytowej Kostrzyny (profile KOS 1–2),

na wysokości 870–900 m n.p.m., na stoku o ekspozycji północnej, który porośnięty jest w przeważającym stopniu przez roślinność trawiastą (*Deschampsia caespitosa*) przy udziale borówki czarnej (*Vaccinium myrtillus*). Odsłonięte na adwekcje chłodnego i wilgotnego powietrza, zacienione stoki mogą charakteryzować się nieco niższymi średnimi temperaturami powietrza i większą sumą opadów (por. Schmuck 1948). W takich warunkach duże ilości materii organicznej ulegające powolnemu rozkładowi, mechanicznie przemieszczane są wraz z infiltrującymi opadami w głąb silnie spękanego regolitu i tam akumulowane (por. Skiba, Komornicki 1983; Kacprzak i in. 2006). Wpływ na akumulację materii organicznej mogą mieć również przemiany biochemiczne związane z właściwościami wietrzejącej skały macierzystej w kwaśnym środowisku, na co zwracają uwagę Heckman i współautorzy (2009).

W przypadku profilu KOS 4, zlokalizowanego na stromej krawędzi stożka usypiskowego, duża ilość materii organicznej koncentruje się jedynie w poziomach O. Jej brak w głębszej części profilu (poziom C) jest prawdopodobnie skutkiem sufozyjnego odprowadzania drobnego materiału w dół stoku, na co zwracają uwagę Skiba i Komornicki (1983) w badaniach z obszaru Tatr.

Na mniej stromych stokach (profile KOS 5 i ROG 1) obserwuje się wzrost zawartości materii organicznej i węgla organicznego w poziomach B_{hs} w porównaniu z wyżej leżącymi poziomami E i AE. Jest to prawdopodobnie skutek przemieszczania się materii organicznej o charakterze mechanicznego wmywania wraz infiltrującymi wodami w dół silnie szkieletowych, a przez to bardzo przepuszczalnych gleb.

W profilach KOS 3 w środkowej części stoków Kostrzyny oraz SG 1–3 na stokach Świętej Góry zawartością materii organicznej maleje wraz z głębokością, nawet jednak w poziomach spągowych obserwuje się w nich ok. 1–3% zawartość węgla organicznego.

Relatywnie wysoką zawartość materii organicznej na dużych głębokościach można wiązać z przepuszczalnością analizowanych gleb, ale należy również zwrócić uwagę na efekt ilościowej dominacji części szkieletowych w profilu, co odpowiednio skutkuje większą zawartością materii organicznej w analizowanych częściach ziemistych gleby (Schaeztl 1991).

Na stromych stokach objętych intensywną gospodarką leśną (profile ROG 2 i SG 4) stwierdzono najniższe zawartości materii organicznej. Na stokach takich nie występują miększe poziomy organiczne, a zawartość materii organicznej w stropowych poziomach gleby jest relatywnie mniejsza w porównaniu z pozostałymi analizowanymi profilami. Jest to prawdopodobnie skutkiem prowadzonego pozyskiwania i transportu drewna, podczas którego zdegradowaniu uległy pierwotne poziomy organiczne, na co szczególną uwagę zwraca Traczyk (2006), analizując stoki Świętej Góry w Lubawce.

3.3. Uziarnienie

Zawartość części mineralnych o średnicy <2 mm w przypadku większości analizowanych gleb stanowi znacznie mniej niż 50% objętości profilu (tab. 1 i 2). Według Klasyfikacji Uziarnienia Gleb i Utworów Mineralnych PTG (2009) skład granulometryczny analizowanych poziomów mineralnych gleb zawiera się w grupach utworów glin zwykłych, glin lekkich oraz glin piaszczystych, a w przypadku pojedynczych poziomów – piasków gliniastych i pyłów gliniastych. Większość badanych gleb charakteryzuje się uziarnieniem glin piaszczystych i glin zwykłych.

Dominujące lekkie uziarnienie analizowanych gleb determinuje przemysłowy typ gospodarki wodnej. W składzie granulometrycznym poziomów Bw oraz BC profili glebowych na Świętej Górze, a także poziomów AC w profilu KOS 3 w środkowej części stoków Kostrzyny zaznacza się duży udział frakcji pyłu. Według Klebera (1997) zjawisko wzbogacania w pył podpowierzchniowych poziomów gleby należy wiązać z dostawą materiału eolicznego w okresie plejstocenu, co jest zjawiskiem obserwowanym na wielu stokach w średnich szerokościach geograficznych. Potwierdzać to może również analiza barwy poziomów o dużym udziale frakcji pyłu. Na Świętej Górze w Lubawce, której stoki zachodnie i południowo-zachodnie odsłonięte są w kierunku doliny Bobru, podpowierzchniowe poziomy glebowe (Bw i BC) o zawartości pyłu $>20\%$ odznaczają się odcieniem 10YR, podczas gdy gleby rozwinięte z ryolitów w innych częściach Gór Kamiennych charakteryzują się zazwyczaj odcieniami 5YR i 7,5YR. Jest to być może wynik dostawy allochtonicznego materiału eolicznego w okresie plejstocenu z pobliskiej doliny Bobru. Materiał eoliczny z doliny mógł zatrzymać się na barierze, jaką są Góry Krucze.

3.4. Odczyn

Odczyn wszystkich analizowanych gleb w całej głębokości profilu jest kwaśny i bardzo kwaśny. Zawiera się on w przedziale 3,6–4,7 pH mierzonego w wodzie (tab. 2). Podobne wartości pH – od 3,9 do 5,4 dla gleb leśnych wytworzonych z permskich porfirów – uzyskali Kuźnicki i in. (1973). Niższe wartości pH w porównaniu z wynikami badań Heckman i in. (2009) oraz Heckman i Rasmussena (2011) prowadzonymi w górach Arizony mogą wynikać z odmiennych warunków klimatycznych. Niskie pH analizowanych gleb to wynik współoddziaływania skały macierzystej ubogiej w składniki zasadowe oraz dużej ilości zhumifikowanej materii organicznej zakumulowanej w glebie (por. Heckman i in. 2009). We wszystkich badanych profilach pH rośnie w głąb profilu – najniższe wartości przyjmuje w poziomach O (zazwyczaj $\text{pH} < 4,0$), natomiast najwyższe w poziomach C ($\text{pH} 4,2\text{--}4,7$).

Odczyn gleb można odnosić do zawartości materii organicznej również w ujęciu przestrzennym – im większa średnia zawartość materii organicznej w profilu

glebowym, tym niższe pH. Badane gleby nie różnicują się pod względem odczynu w zależności od asocjacji ryolitów, z jakiej zostały wytworzone.

3.5. Pozycja systematyczna

Zróznicowanie morfologii oraz właściwości fizycznych i chemicznych analizowanych gleb odzwierciedla się w ich pozycji systematycznej (tab. 3). W Systematyce gleb Polski (2011) gleby te zawierają się w typach gleb organicznych ściółkowych typowych (profile KOS 1–2), gleb inicjalnych rumoszowych bezwęglanowych (KOS 3–4), gleb bielcowych typowych (profile KOS 5, ROG 1) oraz gleb brunatnych dystroficznych typowych (profile ROG 2, SG 1–4). Są to głównie gleby początkowego stadium rozwojowego charakteryzujące się płytkim profilem glebowym – typowe dla obszarów górskich.

Ustalenie dokładnej pozycji systematycznej badanych profili glebowych według Systematyki gleb Polski (2011) niejednokrotnie powoduje trudności. Przykładem problematycznej sytuacji jest zaklasyfikowanie znacząco różniących się od siebie morfologią profili KOS 3 i KOS 4 jako jednego podtypu – gleb inicjalnych rumoszowych bezwęglanowych. Wynika to z nieprecyzyjnego określenia miąższości wypełnień rumoszy skalnych materiałem organiczno-mineralnym.

W klasyfikacji WRB (IUSS Working Group WRB 2007) analizowane profile glebowe występują w grupach referencyjnych Umbrisols, Cambisols, Histosols, Podzols, Leptosols oraz Regosols. W profilach KOS 3 i SG 1 występują ciemno zabarwione poziomy A i AE (nasycenie barwy wg Munsella ≤ 3 w stanie wilgotnym), ponadto charakteryzujące się dużą zawartością zakumulowanego węgla organicznego aż do głębokości 20–30 cm. Właściwości tych poziomów pozwalają na określenie ich jako umbric. Profile gleb o dość podobnej morfologii i właściwościach chemicznych do gleb z grupy Umbrisols, lecz charakteryzujące się występowaniem poziomu cambic poniżej głębokości 20–30 cm, klasyfikowane są jako Cambisols (profile SG 2–4). Cechy diagnostyczne przyjęte dla wyróżniania gleb z grupy Histosols są spełnione dla profili KOS 1 i 2. Występująca w nich materia organiczna tworzy bardzo miększe poziomy zalegające bezpośrednio na silnie spękanym materiale, charakterystycznym dla poziomów C gleb rozwiniętych z ryolitów, a ponadto wypełnia szczeliny między okruchami skalnymi. Znaczna miąższość i dobra aeracja poziomów organicznych skłaniają do wyróżnienia w profilach KOS 1 i KOS 2 poziomów folic. Występowanie w profilach KOS 5 i ROG 1 ciemnego kilkucentymetrowego poziomu o niskim pH, dużej zawartości węgla organicznego, wartości ODOE $>0,25$ i o ponad połowę mniejszej wartości tego wskaźnika w poziomie wyżej leżącym pozwala na wyróżnienie w tych glebach poziomu spodic. Ze względu na duży udział części szkieletowych, który skutkuje luźnym charakterem poziomu spodic, oraz niespełnianie przez poziomy AE kryteriów poziomu albic konieczne jest zaklasyfikowanie tych profili

Tab. 3. Pozycja systematyczna analizowanych profili glebowych

Table 3. Systematic position of the analysed soil profiles

Profil Profile	Systematyka gleb Polski (2011)	World Reference Base (2006/2007)
KOS 1	Gleba organiczna ściółkowa typowa	Hyperskeletic Follic Histosol (Dystric)
KOS 2		Follic Histosol (Dystric, Skeletic)
KOS 3	Gleba inicjalna rumoszowa bezwęglanowa	Haplic Umbrisol (Humic, Skeletic, Chromic)
KOS 4		Follic Hyperskeletic Leptosol (Dystric)
KOS 5	Gleba bielnicowa typowa	Follic Entic Podzol (Skeletic)
ROG 1		Umbric Entic Podzol (Skeletic)
ROG 2	Gleba brunatna dystroficzna typowa	Haplic Regosol (Humic, Dystric, Skeletic)
SG 1		Cambic Umbrisol (Humic, Skeletic)
SG 2		Haplic Cambisol (Humic, Dystric, Skeletic)
SG 3		Follic Cambisol (Humic, Dystric, Skeletic)
SG 4		Haplic Cambisol (Humic, Dystric, Skeletic)

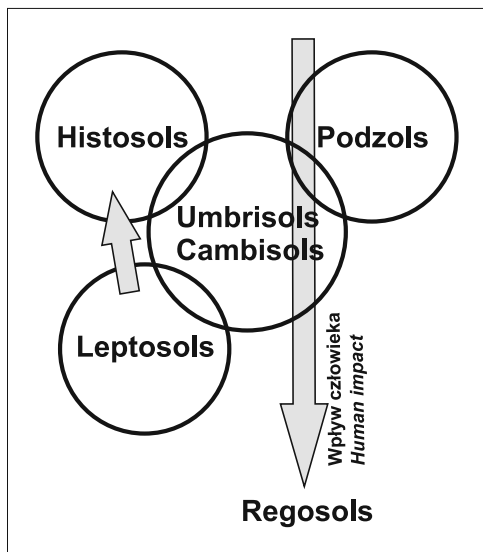
jako Entic Podzols. Profil KOS 4 ze względu na bardzo niewielką zawartość części ziemistych w całej głębokości i występowanie jedynie 10-centymetrowej grubości poziomu organicznego, który nie wnika w szczeliny między klastami ryolitu, klasyfikowany jest jako gleba z grupy Hyperskeletic Leptosols.

3.6. Zróżnicowanie i kierunki ewolucji gleb

Pozycja systematyczna, jaką zajmują analizowane gleby w klasyfikacji WRB, dobrze odzwierciedla zróżnicowane oddziaływanie różnych elementów środowiska przyrodniczego, które mają wpływ na różnorodność i kierunki ewolucji gleb rozwiniętych z ryolitów w Górach Kamiennych (ryc. 3).

Podstawowym typem gleb tworzącym się na podłożu skał ryolitowych są gleby z grup Umbrisols i Cambisols. Rozwijają się one na stokach o bardzo zróżnicowanym nachyleniu, na różnych wysokościach n.p.m. i pod różnymi zbiorowiskami roślinnymi. Znaczna wysokość n.p.m., zacienienie stoków oraz obecność wolno rozkładającej się ściółki związanej z charakterem występującej roślinności są czynnikami wpływającymi na rozwój gleb z grupy Histosols.

Gleby z grupy Podzols, które ze względu na silnie kwaśny odczyn (w porównaniu z innymi skałami wulkanicznymi) przez Arana i in. (1998), Gury'ego i in. (2000) i Quantina (2004) uważane są za typ gleb dominujący w obszarach występowania skał ryolitowych, w Górach Kamiennych występują wyłącznie w szczególnej sytuacji morfologicznej. Są to zazwyczaj stoki o relatywnie mniejszym nachyleniu



Ryc. 3. Model zróżnicowania i ewolucji gleb rozwiniętych na ryolitach w Górach Kamiennych
Fig. 3. Model of diversity and evolution of soils developed on rhyolites in Kamienne Mountains

materii organicznej gleby tej grupy mogą ewoluować w kierunku silnie szkieletowych gleb z grupy Histosols, czego przykładem mogą być profile KOS 1–2, położone na wyższych wysokościach n.p.m. w stosunku do pozostałych analizowanych profili.

Działalność człowieka, koncentrującą się w badanym obszarze na prowadzeniu gospodarki leśnej, w warunkach dużej podatności luźnych pokryw stokowych rozwiniętych ze skał ryolitowych na grawitacyjne przemieszczanie, skutkuje znaczącym przekształceniem powierzchni stoków (Traczyk 2006). Prowadzenie całkowitej wycinki drzew na dużych obszarach stoków oraz budowa dróg leśnych z użyciem ciężkiego sprzętu mechanicznego mogą w bardzo istotny sposób wpływać na właściwości profili glebowych, na przykład przez ogławianie profili glebowych, które według WRB zaliczane są do grupy Regosols.

4. Wnioski

1. Zróżnicowanie morfologii oraz właściwości fizycznych i chemicznych gleb rozwiniętych z ryolitów Gór Kamiennych związane jest przede wszystkim

w stosunku do sąsiednich, gdzie akumulowana jest większa ilość drobnoziarnistej zwierzseliny oraz gdzie przeważa pionowy ruch roztworów glebowych nad lateralnym (Carter, Ciolkosz 1991; Bonifacio i in. 2006). Zachodzenie procesu bielcowania w analizowanych glebach manifestuje się przez rozjaśnienie charakterystycznego odcienia barwy 7,5YR w poziomach eluwalnych oraz występowaniem ciemniejszych odcieni (5YR) i niskiego nasycenia barwy w poziomach Bh_s i Bs (zwłaszcza w górnej części tych poziomów).

Na wychodniach skalnych oraz na pokrywach grubofrakcyjnych (rumoszach) będących rezultatem zachodzenia procesów odpadania i obrywania silnie spękanego materiału skalnego rozwijają się gleby grupy Hyperskeletal Leptosols.

W warunkach większej akumulacji

- z ukształtowaniem terenu, nachyleniem stoków oraz z zachodzącymi procesami morfogenetycznymi.
2. Podstawowym typem gleb rozwijającym się na ryolitach w Górach Kamiennych są płytkie gleby zawierające dużą ilość materii organicznej zakumulowanej w głębi profilu, odznaczające się ciemnym zabarwieniem górnych poziomów, zaliczane według WRB (2006/2007) do grupy Umbrisols oraz odznaczające się nieco lepiej rozwiniętą strukturą glebową gleby z grupy Cambisols.
 3. Duże nachylenia stoków i charakter skały macierzystej warunkują odprowadzanie drobniejszych frakcji i grawitacyjne przemieszczanie ich przez silnie przepuszczalne pokrywy stokowe wraz z wodami śródpokrywowymi. Na stokach o mniejszym nachyleniu skutek gromadzenia się większej ilości drobnej zwietrzliny może natomiast zachodzić proces bielcowania.
 4. Wysokość n.p.m. i zacienienie stoków wpływające na warunki klimatu lokalnego oraz rodzaj występującej roślinności są czynnikami mającymi istotny wpływ na właściwości i rozwój silnie organicznych gleb w szczytowych partiach Gór Kamiennych.
 5. Występowanie gleb rumoszowych (Leptosols) związane jest z zachodzącymi procesami odpadania i obrywania materiału z wychodni skalnych.

Literatura

- Adamczyk B., Baran S., Borkowski J., Komornicki T., Kopaliński S., Szerszeń L., Tokaj J., 1985, *Gleby*, [w:] A. Jahn (red.), *Karkonosze polskie*, Wyd. PAN Zakł. Narod. im. Ossolińskich, Wrocław, 77–86.
- Aran D., Gury M., Zida M., Jeanroy E., Herbillon A.J., 1998, *Influence de la roche-mère et du climat sur les propriétés andiques des sols en région montagnarde tempérée (Vosges France)*, Eur. J. Soil Sci., 49, 269–281.
- Awdankiewicz M., 1999a, *Volcanism in a late Variscan intramontane trough: Carboniferous and Permian volcanic centres of the Intra-Sudetic Basin, SW Poland*, Geologia Sudetica, 32, 13–47.
- Awdankiewicz M., 1999b, *Volcanism in a late Variscan intramontane trough: the petrology and geochemistry of the Carboniferous and Permian volcanic rocks of the Intra-Sudetic Basin, SW Poland*, Geologia Sudetica, 32, 83–111.
- Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojaska U., Prusinkiewicz Z., 2004, *Badania ekologiczno-gleboznawcze*, Wyd. Naukowe PWN.
- Bonifacio E., Santoni S., Celi L., Zanini E., 2006, *Spodosol–Histosol evolution in the Krkonoše National Park (CZ)*, Geoderma, 131, 237–250.
- Borkowski J., Szerszeń L., Kocowicz A., 2005, *Gleby Karkonoszy*, [w:] M. Mierzejewski (red.), *Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, 353–379.
- Carter B.J., Ciolkosz E.J., 1991, *Slope gradient and aspect effects on soils developed from sandstone in Pennsylvania*, Geoderma, 49, 199–213.

- Drozd J., Licznar M., Weber J., Licznar S.E., Jamroz E., Dradrach A., Mastalska-Cetera B., Zawerbny T., 1998, *Degradacja gleb w niszczonej ekosystemach Karkonoszy i możliwość jej zapobiegania*, Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych, Wrocław.
- FAO, 2006, *Guidelines for Soil Description*, fourth edition, FAO, Rome.
- Gury M., Aran D., Jeanroy E., 2000, *Roches-mères et Andosolisation en milieu montagnard tempéré. Comparaison pyroclastes récents – roches-mères volcaniques massives anciennes*, Étude et Gestion des Sois, 7, 119–132.
- Heckman K., Welty-Bernard A., Rasmussen C., Schwartz E., 2009, *Geologic controls of soil carbon cycling and microbial dynamics in temperate conifer forests*, Chemical Geology, 267, 12–23.
- Heckman K., Rasmussen C., 2011, *Lithologic controls on regolith weathering and mass flux in forested ecosystems of the southwestern USA*, Geoderma 164, 99–111.
- IUSS Working Group WRB, 2007, *World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007*, World Soil Resources Reports 103, FAO, Rome.
- Kacprzak A., Drewnik M., Uzarowicz Ł., 2006, *Rozwój i kierunki przemian węglanowych gleb rumoszowych na terenie Pienińskiego Parku Narodowego*, Pieniny – Przyroda i Człowiek, 9, 41–50.
- Kacprzak A., Migoń P., Musielok Ł., 2013, *Using soils as indicators of past slope instability in forested terrain, Kamienne Mts., SW Poland*, Geomorphology, 194, 65–75.
- Klasyfikacja Uziarnienia Gleb i Utworów Mineralnych PTG, 2009, *Roczniki Gleboznawcze* 60(2), 5–16.
- Kleber A., 1997, *Cover-beds as soil parent materials in mid-latitude regions*, Catena 30, 197–213.
- Kondracki J., 2002, *Geografia regionalna Polski*, PWN, Warszawa.
- Kuźnicki F., Białousz S., Rusiecka D., Skłodowski P., Żakowska H., 1973, *Typologia i charakterystyka gleb górskich obszaru Sudetów*, *Roczniki Gleboznawcze*, 24, 27–83.
- Matuszkiewicz J.M., 2001, *Zbiorowiska leśne Polski*, PWN, Warszawa.
- Migoń P., Pánek T., Hradecký J., Malik I., Owczarek P., Šilhán K., Smolková V., Remisz J., Kasprzak M., 2008, *Ruchy masowe i współczesna morfodynamika stoków w Górach Suchych (Sudety Środkowe)*. Przewodnik sesji terenowej, [w:] A. Traczyk (red.), *Geomorfologia Sudetów. Stan badań i perspektywy*, I Polsko-Czeskie Sudeckie Seminarium Geomorfologiczne, Sokołowsko 16–17.10.2008, Wrocław.
- Nelson D.W., Sommers L.E., 1996, *Total carbon, organic carbon, and organic matter*, [w:] D.L. Sparks et al. (red.), *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*, SSSA Book Series no. 5, SSSA and ASA, Madison, WI, USA, 961–1010.
- Oleksynowa K., Tokaj J., Jakubiec J., Komornicki T. (red.), 1987, *Przewodnik do ćwiczeń z gleboznawstwa i geologii. Część II – Metody laboratoryjne analizy gleby*, Akademia Rolnicza, Kraków.
- Quantin P., 2004, *Volcanic soils of France*, Catena, 56(1–2), 95–109.
- Schaetzl R.J., 1991, *A lithosequence of soils in extremely gravelly dolomitic parent materials, Bois Blanc Island, Lake Huron*, Geoderma, 48(3–4), 305–320.

- Schmuck A., 1948, *Klimat regionu wałbrzyskiego*, Acta Meteorologica et Climatologica Universitatis Wratislaviensis, 11.
- Sobik M., 2005, *Klimat*, [w:] J. Fabiszewski (red.), *Przyroda Dolnego Śląska*, Polska Akademia Nauk – Oddział we Wrocławiu, Wrocław, 39–57.
- Skiba S., Drewnik M., 1993, *Gleby zdegradowanych ekosystemów wybranych rejonów Karkonoszy*, [w:] *Karkonoskie Badania Ekologiczne*, I Konferencja Wojnowice, 3–4 grudnia 1992, Oficyna Wydawnicza Inst. Ekologii, Dziekanów Leśny, 93–102.
- Skiba S., Komornicki T., 1983, *Gleby organiczno-sufozyjne w Tatrach Polskich*, Roczniki Gleboznawcze, 34(4), 113–122.
- Sommer M., Halm D., Geisinger C., Andruschkewitsch I., Zarei M., Stahr K., 2001, *Lateral podzolization in a sandstone catchment*, Geoderma, 103, 231–247.
- Szerszeń L., Kabała C., Wicik B., 1996, *Charakterystyka gleb Parku Narodowego Gór Stołowych*, Szczeliniec, 1, 71–77.
- Szerszeń L., Kabała C. (red.), 2002, *Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych, Monografia.*, Wyd. PNGS, Szczeliniec, 6.
- Szopka K., 2000, *Geneza, skład i właściwości gleb wytworzonych z piaskowców na terenie Gór Stołowych, Część 1*, Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 396, 93–109.
- Thomas G.W., 1996, *Soil pH and soil acidity*, [w:] D.L. Sparks et al. (red.), *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*, SSSA Book Series no. 5, SSSA and ASA, Madison, WI, USA, 475–490.
- Traczyk A., 2006, *Wpływ działalności człowieka na akumulację stokową w okolicach Lubawki w Górach Kruczych (Sudety)*, [w:] A. Latocha, A. Traczyk (red.), *Zapis działalności człowieka w środowisku przyrodniczym. Metody badań i studia przypadków*, Wydawnictwo GAJT, Wrocław, 84–95.
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A., 1990, *Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych*, PWRiL, Warszawa.
- Van Reeuwijk L.P. (red.), 2002, *Procedures for Soil Analysis*, International Soil Reference and Information Centre Technical Paper 9, Wageningen.
- Walczak W., 1968, *Dolny Śląsk, Cz. I – Sudety*, PWN, Warszawa.
- Waroszewski J., Kalinski 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.

Łukasz Musielok, Andrzej Kacprzak, Joanna Opyrchal
Uniwersytet Jagielloński
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
e-mail: l.musielok@uj.edu.pl

