

Cezary Kabała, Adam Bogacz, Beata Łabaz,  
Katarzyna Szopka, Jarosław Waroszewski

# Różnorodność, dynamika i zagrożenia gleb Karkonoszy

## Wstęp

Gleba jest zwornikiem łączącym podłoże geologiczne z ożywioną częścią ekosystemu. Choć definiowana jest jako najbardziej zewnętrzna warstwa litosfery, to jej budowa, właściwości i funkcje zależą nie tylko od rodzaju lokalnie występujących skał, ale też od ukształtowania powierzchni, warunków klimatycznych i hydrologicznych oraz szaty roślinnej. Co więcej, wpływ czynników środowiskowych zmienia się w czasie, toteż gleby stale ewoluują. I odwrotnie: gleby w każdym momencie oddziałują na pozostałe komponenty ekosystemu, na przykład na skład drzewostanu lub runi łąkowej, na jakość wód powierzchniowych i podziemnych, na lokalny mikroklimat itd. Tego typu sprzężenia zwrotne powodują, że gleba, mikroorganizmy, grzyby, zbiorowiska roślin wyższych i zwierząt na równi współtworzą i utrzymują naturalne ekosystemy w stanie dynamicznej równowagi.

Wciąż niedostateczne rozpoznanie genezy oraz właściwości gleb Karkonoszy powoduje, że ciągle stanowią wyzwanie dla kolejnych generacji badaczy (KABAŁA 2011) (Ryc. 1). Ogólne wzmianki o glebach Karkonoszy zaczęły pojawiać się w pierwszej połowie XIX wieku, najpierw w opracowaniach przeglądowych (HOSER 1807), potem w rozprawach dotyczących rolnictwa i leśnictwa (Behlen 1835) oraz w opracowaniach florystycznych (ELSNER 1837). Profesjonalne charakterystyki gleb, najczęściej w kontekście rozważań geomorfologicznych, zamieszczone zostały w pracach badaczy niemieckich w drugiej i trzeciej dekadzie dwudziestego wieku (GELLERT & SCHÜLLER 1930; DÜCKER 1937). To wtedy zainicjowana została dyskusja nad wiekiem oraz aktywnością form i gleb kriogenicznych, intensywnością procesów wietrzenia i pochodzeniem frakcji pyłowej w glebach mineralnych oraz dominującymi kierunkami współczesnych procesów glebotwórczych. Również w pierwszych latach po II wojnie światowej zagadnienia gleboznawcze w Karkonoszach podejmowane były przede wszystkim przez geomorfologów (WALCZAK 1948; JAHN 1963). Pionierskie badania torfowisk polskiej części Karkonoszy i Gór Iżerskich przeprowadził TOŁPA (1949), a ogólną ocenę produktywności leśnych gleb Sudetów wykonał BERNADZKI (1958). Systematyczne badania gleboznawcze rozpoczęte zostały na przełomie lat 50/60. XX wieku, najpierw u podnóża Karkonoszy – w Kotlinie Jeleniogórskiej (TOMASZEWSKI I IN. 1963; BORKOWSKI 1966), a po utworzeniu Karkonoskiego Parku Narodowego również w wysokogórskiej części pasma, czego owocem stała się mapa gleb KPN w skali 1:10 000 pod redakcją T. Komornickiego z Krakowa, ale z dużym udziałem badaczy wrocławskich. „Odkrycie” Karkonoszy przez wrocławski ośrodek gleboznawczy zainicjowało – kontynuowane do dnia dzisiejszego – badania gleb wykorzystujące szeroki wachlarz metod analitycznych – fizykochemicznych, geochemicznych, rentgenostrukturalnych i mikromorfologicznych, co zaowocowało zgromadzeniem rozległej wiedzy na temat kierunków wietrzenia i składu mineralogicznego gleb (BOGDA 1981; WEBER I IN. 1998), właściwości i dynamiki związków humusowych (KOWALIŃSKI 1969; LASKOWSKI 1978; DROZD I IN. 1993; LICZNAR I IN. 1998), zakwaszenia i zasobności gleb (BORKOWSKI I IN. 1993; KOCOWICZ 1998a,b), a także genezy gleb (SZERZEŃ 1974; KABAŁA I IN. 2008, 2011; WAROSZEWSKI I IN. 2013).

Doniosłe znaczenie dla rozwoju wiedzy o środowisku przyrodniczym Karkonoszy miało kłękowe zamieranie drzewostanów świerkowych w Sudetach, które skierowało zainteresowania badaczy na poszukiwanie przyczyn i mechanizmów kłęki ekologicznej. Zainicjowane wówczas projekty badawcze pozwoliły ocenić stopień degradacji gleb Karkonoszy (SKIBA 1995; DROZD I IN. 1998), ale też ustalić, że aktualne właściwości gleb nie powinny stanowić czynnika ograniczającego odbudowę drzewostanów (BORKOWSKI I IN. 1993; KABAŁA 1995).



Ryc. 1. Gleby Karkonoszy są przedmiotem nieustającej debaty naukowej. Na zdjęciu geomorfolog dr A. Traczyk wśród gleboznawców, Hala Złotówka, wrzesień 2010 (fot. J. Waroszewski).

Oczywiste też stało się, że niezbędny jest stały system obserwacji wszystkich komponentów środowiska przyrodniczego Karkonoszy, zarówno w celu obserwacji zachodzących zmian (naturalnych i antropogenicznych), jak też w celu podejmowania działań zapobiegawczych lub naprawczych. W programie monitoringu na 630 stacjach powierzchniach uwzględniono badania gleb w oparciu o metodykę KARCZEWSKIEJ i in. (2006), dzięki czemu sporządzono szczegółową inwentaryzację oraz analizę przestrzenną właściwości gleb i ich aktualnego zanieczyszczenia (SZOPKA i in. 2010, 2011, 2013).

Na bazie prac kartograficznych z lat 60-tych XX wieku oraz badań późniejszych ukazały się dwa syntetyczne omówienia gleb Karkonoszy (ADAMCZYK i in. 1985; BORKOWSKI i in. 2005).

## Podstawowe właściwości gleb Karkonoszy

O składzie chemicznym i podstawowych właściwościach gleb Karkonoszy decyduje dominacja skał granitowych będących budulcem tych gór, ale na przestrzenną różnorodność pokrywy glebowej w największym stopniu wpływają czynniki morfologiczno-klimatyczne. Pokrywa glebowa na obszarze Karkonoszy jest więc w ogólnym zarysie zróżnicowana strefowo – w następstwie pasowego występowania zjawisk i form morfologicznych oraz piętrowości klimatyczno-roślinnej, rozwiniętej dzięki znacznej wysokości bezwzględnej.

Choć gleby Karkonoszy są zbudowane z lokalnego materiału zwietrzelinowego, to tylko niewielki odsetek powierzchni tych gór zajmują właściwe gleby wietrzeniowe, a więc uformowane ze zwietrzeliny pozostającej w miejscu powstania, gdyż stoki większości wzniesień pokrywają zwietrzeliny przemieszczone, głównie w okresie plejstoceniowym (DUMANOWSKI 1961; JAHN 1968; MIGOŃ 2005). Różnią się one od wyjściowej zwietrzeliny (regolitu) pod względem struktury, zawartości i rozmieszczenia odłamków skalnych, uziarnienia, a niekiedy również składu mineralnego (TRACZYK 1996; WAROSZEWSKI i in. 2013). Tworzy one pokrywy stokowe (niem. „Deckschichten”, ang. „cover-beds”), mogą być wielocłonowe i osiągać miąższość do 3-4 metrów ponad skalnym podłożem (DUMANOWSKI 1961). Specyficznym tworzywem dla gleb górskich są pokrywy gruzowe zalegające na gliniasto-szkieletowych warstwach soliflukcyjnych lub wietrzeniowych (JAHN 1963; WAROSZEWSKI i in. 2013). Pozostałością plejstoceniskich zlodowaceń w Karkonoszach są też pokrywy morenowe o grubości dochodzącej do 50-60 metrów (TRACZYK 2009). Najmłodszymi, bo w większości holoceniowymi, a w części – zupełnie współczesnymi – utworami mineralnymi są osady osuwisk i splywów gruzowo-błotnych w wyższych partiach

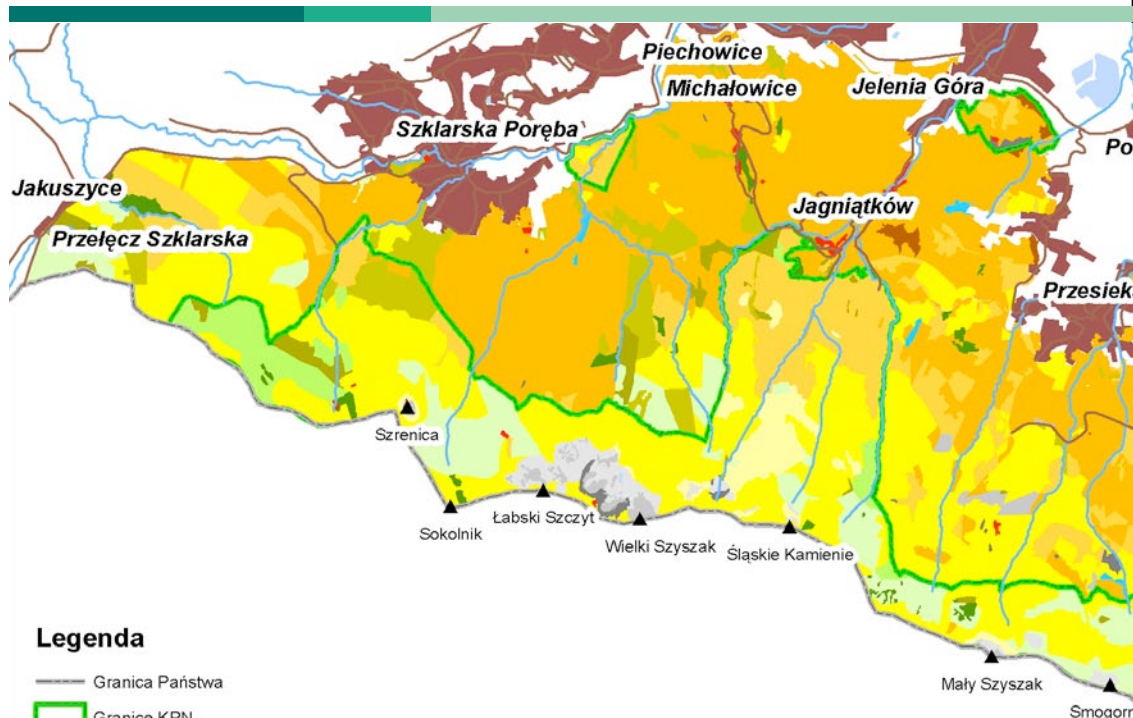
Karkonoszy, a także osady rzeczne zajmujące większe powierzchnie w dolinach u podnóży gór. Ta różnorodność pokryw stokowych i innych osadów mineralnych decyduje o zmienności uziarnienia i właściwości fizykochemicznych gleb Karkonoszy.

Wbrew potocznym przekonaniom, gleby płytkie, czyli z litą skałą zalegającą nie głębiej niż 50 cm pod powierzchnią terenu nie występują powszechnie w Karkonoszach. W wyższych partiach gór dominują gleby średniogłębokie (do 100 cm) i głębokie (100-150 cm do litych skał podłoża), natomiast w niższych partiach gór i u ich podnóży zdecydowanie przeważają gleby bardzo głębokie, o miąższości profilu przekraczającej 150 cm. Ocena głębokości profilu często utrudnia silna szkieletowość gleby, czyli wysoka zawartość odłamków skalnych. W powierzchniowych poziomach gleb zawartość frakcji szkieletowych jest przeważnie mniejsza niż w poziomach głębszych, jednak nie jest to uniwersalną regułą, gdyż zdarzają się gleby o największej szkieletowości w warstwach przypowierzchniowych, lub jednakowo silnie szkieletowe w całym profilu. Zmiany zawartości odłamków skalnych w profilu niekiedy są skokowe, co jest charakterystyczne dla warstwowanych pokryw stokowych. Wyraźnie mniejszą zawartością frakcji szkieletowych, przynajmniej do głębokości 50-60 cm, odznaczają się gleby użytkowane rolniczo (obecnie lub w niedawnej przeszłości) w najniższych partiach KPN i w jego otulinie.

Skład granulometryczny (uziarnienie) gleb nawiązuje do rodzaju skały macierzystej. W obszarze strefie występowania metamorficznych łupków i gnejsów dominują gliny piaszczyste o wysokiej zawartości frakcji pyłowej (na ogół ponad 30-40%), często przechodzące w pyły gliniaste, zawsze silnie szkieletowe. We frakcji piaskowej dominuje piasek drobny i średni, co potęguje wrażenie drobnoziarnistego uziarnienia tych gleb. Na obszarze występowania granitów przeważają gleby o uziarnieniu glin piaszczystych o mniejszej zawartości frakcji pyłowej (przeważnie 20-30%), o grubszym uziarnieniu frakcji piaskowej oraz o wysokiej zawartości drobnego szkieletu (frakcja 2-5 mm). Oprócz glin piaszczystych występują tu też piaski gliniaste oraz piaski słabogliniaste, a w dolnych partiach stoków również pyły gliniaste. Z reguły uziarnienie jest niecałkowite w profilu glebowym i o ile w głębszych warstwach przeważa uziarnienie gliny piaszczystej, to w warstwach powierzchniowej przeważa uziarnienie piaskowe lub pyłowe. Cechą wspólną dla wszystkich gleb Karkonoszy jest bardzo niska zawartość frakcji najdrobniejszej, czyli iltu koloidalnego (przeważnie do 5%) świadcząca o słabym nasileniu wietrzenia chemicznego. Wniosek ten potwierdza przewaga illitu lub nawet pierwotnych mik, którym towarzyszy tylko niewielka ilość smektytów lub wermikulitu we frakcji ilastej gleb (BOGDA 1981; WEBER i in. 1998). Regularnie, choć w niewielkich ilościach, we frakcji koloidalnej stwierdzany jest też kaolinit.

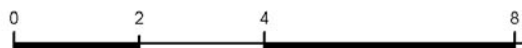
Gleby Karkonoszy odznaczają się kwaśnym i silnie kwaśnym odczynem, który niekorzystnie rzutuje na przebieg procesów biochemicznych oraz ogólną żyzność i produktywność tych gleb. Wartości  $pH_{KCl}$  są najniższe w warstwie próchnicy nadkładowej (w zakresie 2,2-4,0, średnia i mediana 2,9). W poziomach mineralnych wartość pH jest odwrotnie skorelowana z ilością materii organicznej, dlatego pH rośnie w profilu glebowym wraz z głębokością, w miarę zmniejszania się zawartości humusu. W warstwie 0-10 cm średnie  $pH_{KCl}$  wynosi 3,1, natomiast na głębokości około 50 cm z reguły przewyższa wartość 4,0. W ujęciu przestrzennym istnieje ujemna korelacja między wysokością nad poziom morza a pH, zarówno w ektopróchnicach (ściółkach), jak i w powierzchniowych warstwach mineralnych. W głębszych warstwach mineralnych korelacja ta zanika. Jednocześnie, wyraźnie niższe pH stwierdzono w powierzchniowych poziomach gleb pod drzewostanami świerkowymi i pod kosówką w porównaniu z drzewostanami bukowymi i mieszanymi. Odczyn gleb łąkowych i ornych jest również kwaśny w całym profilu, lecz pH nie spada do tak ekstremalnie niskiego poziomu, jak w powierzchniowych warstwach gleb leśnych. Nie stwierdzono istotnych różnic w odczynie gleb w strefie granitowej i metamorficznej.

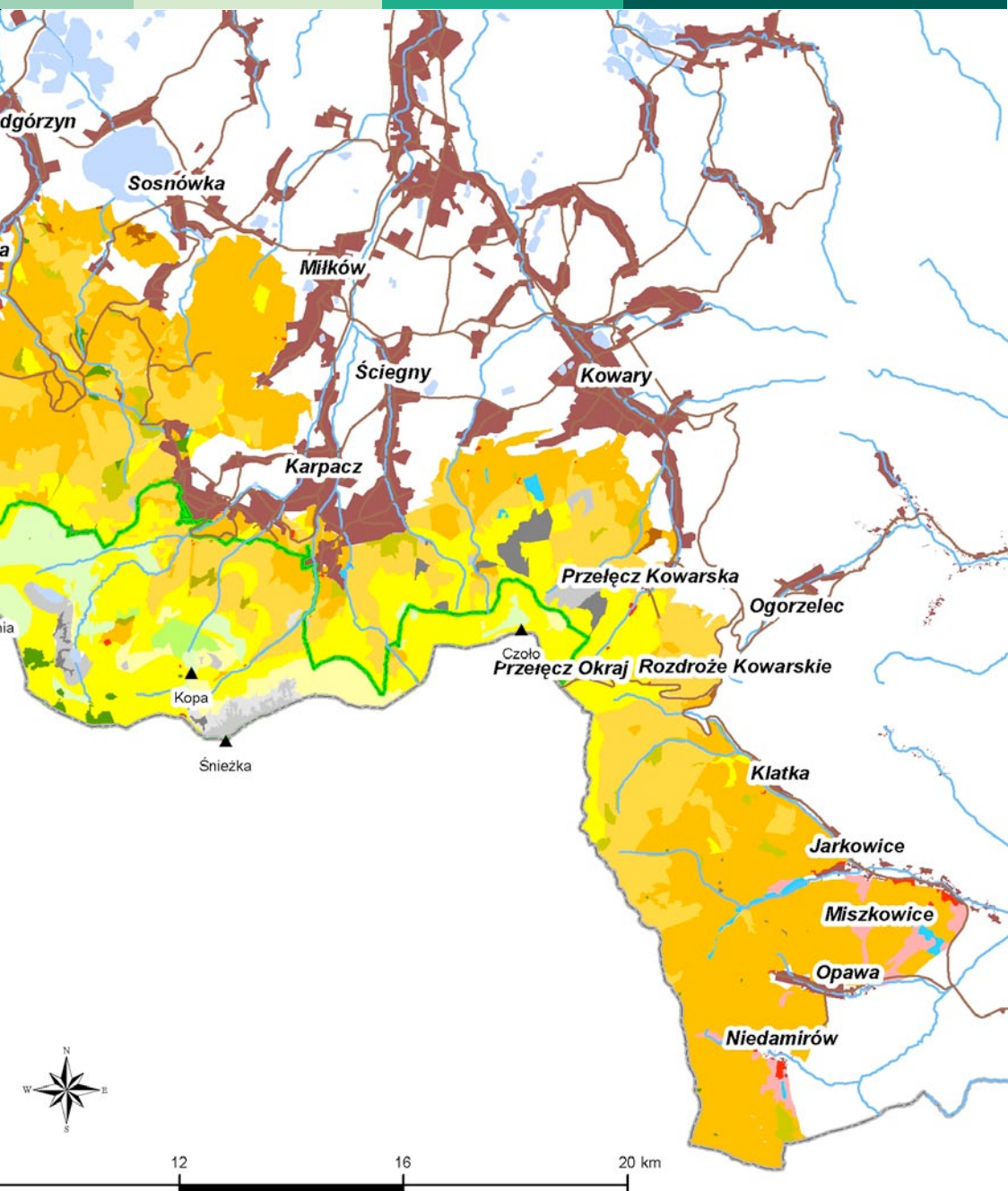
Słabo powiązana z rodzajem podłoża geologicznego, a raczej z warunkami klimatycznymi i wodnymi oraz ze składem gatunkowym roślinności jest zawartość materii organicznej w glebach. Generalnie jej ilość w glebach Karkonoszy jest wysoka, podobnie jak na innych obszarach górskich, co jest uwarunkowane klimatycznie. Średnia zawartość materii organicznej w warstwie ściółki (ektopróchnicy) wynosi około 79% (w zakresie od 35 do 97% suchej masy), a w warstwach 0-10 i 10-20 cm odpowiednio 18,6 i 8,6% (SZOPKA i in. 2010). Zarówno miąższość próchnic nadkładowych, jak i zawartość materii organicznej w powierzchniowych warstwach mineralnych rośnie z wysokością bezwzględną, ale tylko do górnej granicy lasu, co wiąże się ze zmniejszeniem zawartości drzewostanów świerkowych w strefie ekotonowej, a wyżej z ich całkowitym zanikiem. Przeciętne zasoby materii organicznej w glebach piętra subalpejskiego podwyższa obecność torfowisk, ale gleby mineralne tego piętra zawierają nieco mniej materii organicznej niż gleby piętra reglowego pod zwartymi drzewostanami świerkowymi. Prowadzone dotąd badania wykazały relatywnie wysokie zawartości azotu w ektopróchnicy, oscylujące wokół 1,6-1,8%, co kształtuje korzystny dla aktywności mikrobiologicznej stosunku węgla do



## Legenda

-  Granica Państwa
-  Granice KPN
-  Gleby inicjalne skaliste (Litosole)
-  Regosole rumoszone
-  Regosole rumoszone (butwinowe)
-  Gleby bielcowe rumoszone
-  Gleby bielcowe właściwe i skrytobielcowe
-  Gleby brunatne bielcowe
-  Gleby brunatne kwasne (typowe)
-  Gleby brunatne wylugowane
-  Gleby płowe właściwe
-  Gleby glejowe i opadowoglejowe właściwe
-  Gleby glejowe torfowe i murszowe
-  Gleby stagnobielcowe torfiaste i murszaste
-  Gleby stagnobielcowe torfowe i murszowe
-  Gleby torfowe i murszowe
-  Mady rzeczne właściwe i brunatne
-  Gleby antropogeniczne
-  Teren zabudowany





Ryc. 2. Mapa gleb polskiej części Karkonoszy.

azotu (C:N w granicach 21-24). W poziomach mineralnych zawartość azotu szybko maleje z głębokością, od 0,6-0,8% w warstwie 0-10 cm do wartości śladowych (poniżej 0,3%) w warstwie 10-20 cm i warstwach głębszych.

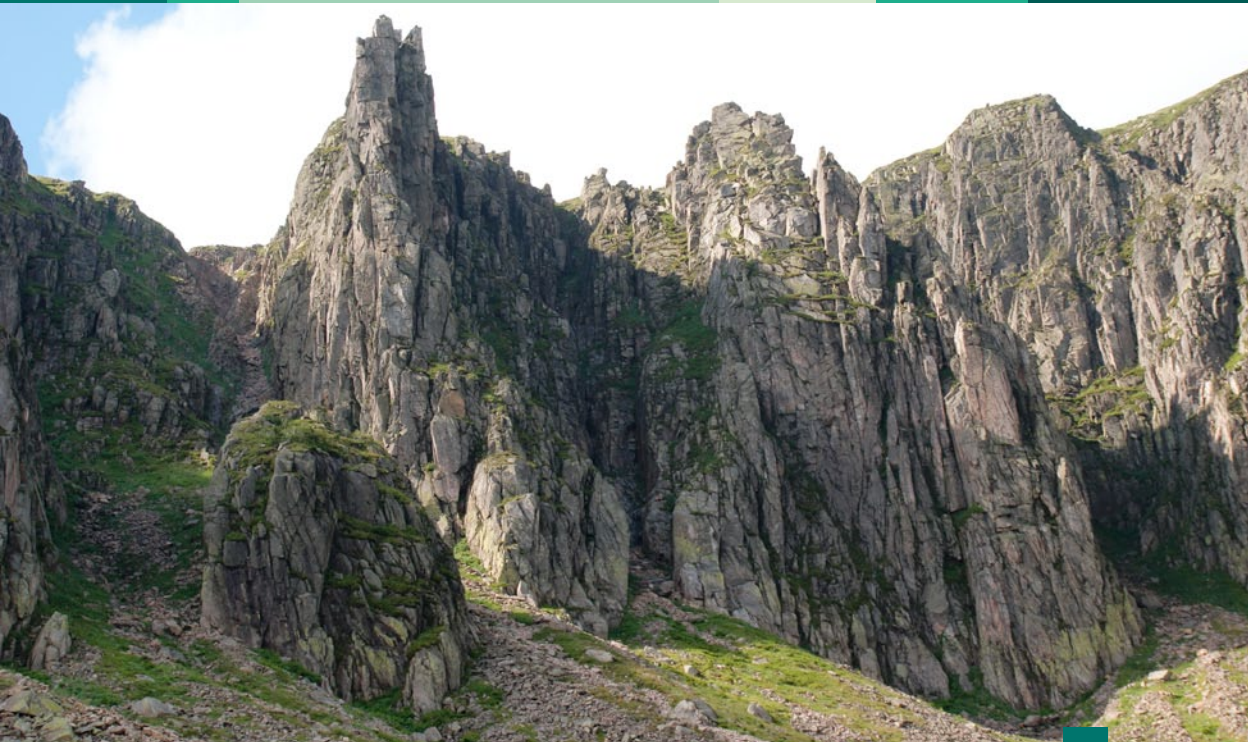
Zawartość składników przyswajalnych dla roślin jest jednym ze wskaźników żyzności i produktywności gleb. Generalnie, gleby leśne Karkonoszy zawierają niewielkie ilości przyswajalnego magnezu, potasu i fosforu – są niedoborowe z punktu widzenia komercyjnej gospodarki leśnej. Badania monitoringowe wykazały istnienie zależności między zawartością materii organicznej a zasobnością gleb w przyswajalny fosfor i potas, a także wzrost zasobów makroskładników w glebach leśnych wraz z wysokością bezwzględną (SZOPKA i in. 2010). Z kolei suma wymiennych kationów zasadowych (wapnia, magnezu, potasu i sodu) dostarcza informacji o geochemicznych warunkach tworzenia się gleby, o zasobności troficznej siedliska oraz o odporności gleby na degradację geochemiczną. Zmiany zawartości kationów wymiennych, łatwo desorbowanych i wymywanych, są też jednym z pierwszych skutków przekształceń składu gatunkowego roślinności, wywołanych zarówno przez czynniki naturalne jak i antropogeniczne. Suma kationów zasadowych jest w glebach Karkonoszy przeważnie niska lub nawet bardzo niska, z wartościami poniżej 2-3 cmol(+)/kg-1 w poziomach mineralnych. Przy wysokich wartościach kwasowości hydrolytycznej skutkuje to bardzo niskim wskaźnikiem wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleby kationami zasadowymi. Wskaźnik ten w większości gleb oscyluje w granicach 10-20% (w warstwach powierzchniowych), co jest typowe dla gleb leśnych dystroficznych, a więc najuboższych. Tylko w niektórych glebach w masywie Chojnika oraz w otulinie parku narodowego, szczególnie na gruntach rolnych i porolnych, wysycenie kompleksu sorpcyjnego rośnie do 50% i więcej. Niskiej zawartości kationów zasadowych towarzyszy bardzo wysoka aktywność glinu wymiennego, co w kwaśnych glebach Karkonoszy jest kolejnym czynnikiem ograniczającym aktywność biologiczną i produktywność drzewostanów.

## Morfologia, właściwości i rozprzestrzenienie najważniejszych typów gleb Karkonoszy

Dzięki unikalnemu złożeniu warunków środowiskowych, na obszarze Karkonoszy występuje przynajmniej 15 typów gleb (Ryc. 2) wyróżnianych przez Systematykę Gleb Polski (2011). Reprezentują one wszystkie stadia rozwojowe gleb strefy umiarkowanej wilgotnej.

Najmniej zaawansowaną fazą formowania profilu glebowego są **gleby inicjalne**. Podstawowy ich typ, **gleby inicjalne skaliste**, według klasyfikacji międzynarodowej FAO-WRB (IUSS 2006) należące do grupy Lithic Leptosols, wyróżniany jest na ścianach i wychodniach skalnych, na których powierzchnie, w szczelinach i załomach zgromadziła się kilkucentymetrowej grubości zwierzelina mineralna lub szczątki organiczne tworzące podłoże dla pionierskich roślin. Inicjalny „profil” tych gleb jest efektem przeciwstawnych zjawisk akumulacji oraz erozyjnego niszczenia, toteż z reguły narasta niesłychanie powoli. Gleby inicjalne skaliste w statycznym ujęciu zajmują tylko niewielką część wychodni skalnej, toteż w przeszłości obszary zajęte przez skały niekiedy kartowano jako „obszary bezglebowe”. Jednak w ujęciu dynamicznym spękana wychodnia skalna jest na całej swej powierzchni okresowo pokryta inicjalną zwierzeliną lub nagromadzeniami materii organicznej i stwarza warunki dla zasiedlania przez mikroorganizmy, rośliny niższe oraz wyższe. Typową cechą gleb inicjalnych skalistych jest zatem nieciągłość (mozaikowość) ich wystąpień na wychodniach skalnych. W Karkonoszach gleby inicjalne skaliste występują na urwistych ścianach cyrków lodowcowych – w Śnieżnych Kotłach (Ryc. 3), Kotle Łomniczki (Ryc. 4), Kotłach Małego i Wielkiego Stawu i Czarnym Kotle Jagniątkowskim. Powszechnie są one również, ale w niekartowalnej skali, na izolowanych zespołach skałek oraz na niewysokich ścianach (klifach) skalnych rozszanych we wszystkich częściach Karkonoszy. Na ogół występują w kompleksach z glebami lepiej ukształtowanymi i o większej miąższości, dlatego trudno jest ściśle określić ich udział w pokrywie glebowej, szacuje się jednak, że dominują na powierzchni około 42 ha, co stanowi zaledwie 0,8% obszaru KPN. Łącznie w parku i otulinie zajmują około 142 ha (również 0,8% powierzchni). Są to gleby o budowie profilu O-R, C-R lub AC-R, miąższości do 10 cm, kwaśne i ubogie w składniki pokarmowe. Jedynie na żyłe bazaltowej w Małym Śnieżnym Kotle tworzy się zwierzelina nieco bardziej zasobna w makroskładniki. Bardzo niekorzystną cechą gleb inicjalnych są drastyczne zmiany uwilgotnienia, od pełnego nasycenia wodą po każdych opadach i roztopach do silnego przesuszenia w sierpniu.

Wśród gleb o minimalnym zaawansowaniu procesów glebotwórczych drugim ważnym w Karkonoszach typem są **gleby inicjalne rumoszone** (FAO-WRB: Hyperskeletal Leptosols). Występują na głębokich pokrywach gruzowych i gruzowo-blokowych („goloborzach”, dawnych lodowcach gruzowych itd.) pokrywających stoki Czarnego Grzbietu



Ryc. 3. Na ścianach kotłów polodowcowych istnieje dynamiczna mozaika gleb inicjalnych i słabo ukształtowanych (fot. R. Knapik). Gleby inicjalne skaliste (litosole) występują w szczelinach i na odsoniętych załamach skalnych, rozleglejsze półki skalne są zajęte przez nieco głębsze rankery, a na stale aktywnych stożkach usypiskowych tworzą się gleby inicjalne rumoszowe (regosole).



a



b

Ryc. 4. Gleby inicjalne skaliste, Kocioł Łomniczki (fot. C. Kabała). Gleby inicjalne tworzą się w szczelinach i załamach skalnych (a), niekiedy wyłącznie z materii organicznej (b).



Ryc. 5. Gleby inicjalne rumoszowe, Czarny Grzbiet (fot. C. Kabala).

(Ryc. 5), Śnieżki, Wielkiego Szyszaka, Łabskiego Szczytu i Szrenicy, na wysokościach ponad 1200 m n.p.m., a także na usypiskach w kottach polodowcowych i u podnóży mniejszych skalnych ścian. Cechą tych utworów jest ekstremalnie duża szkieletowość, dochodząca do 100% i brak lub niewielkie wypełnienie drobnoziarnistą zwierzeliną przestworów między odłamkami skalnymi. Są to utwory o niewielkim stopniu zwietrzenia chemicznego, a więc skrajnie ubogie w składniki pokarmowe dla roślin i nieposiadające zdolności retencji wody użytecznej dla roślin. Obszar zajmowany przez te gleby w Parku szacowany jest na 156 ha (2,8% powierzchni KPN). Nawet niewielkie nagromadzenie zwierzeliny mineralnej, a szczególnie materii organicznej (na przykład igieł kosówki), zatrzymuje wodę i stwarza punkt zaczepienia najpierw dla mchów, situ lub traw, a następnie dla korzeni kosówki. Niektóre gleby inicjalne rumoszowe są więc pokryte zarostami kosówki. Z czasem grubość warstwy organicznej wzrasta ponad 10 cm na powierzchni głazów, a także narasta w szczelinach, w głąb pokrywy rumoszowej. Gleby takie już nie są utożsamiane z jałowymi i nieprzyjaznymi mineralnymi pokrywami gruzowymi, gdyż nabierają cech gleb organicznych – murszowych (Ryc. 6). Mimo braku odpowiednich podjednostek w polskich klasyfikacjach, na mapie gleb Karkonoszy



Ryc. 6. Gleby inicjalne rumoszowe „butwinowe”, Czarna Kopa (fot. C. Kabala).  
Wysokie i częste opady sprawiają, że nawet na przepuszczalnym rumoszu może zakumulować się warstwa materii organicznej ściółkowej (a) lub torfowej (b).



wyróżniono je jako podtyp **gleb inicjalnych rumoszowych butwinowych** (FAO-WRB 2006: Hyperskeletal Folic Leptosols). Gdy szczeliny między glazami wypełnione są storfiałą lub zmurszałą materią organiczną na głębokość przekraczającą 40 cm, pokrywa zaczyna funkcjonować jak właściwa gleba organiczna – mimo objętościowej przewagi bloków skalnych – i tak jest klasyfikowana oraz przedstawiana na mapach.

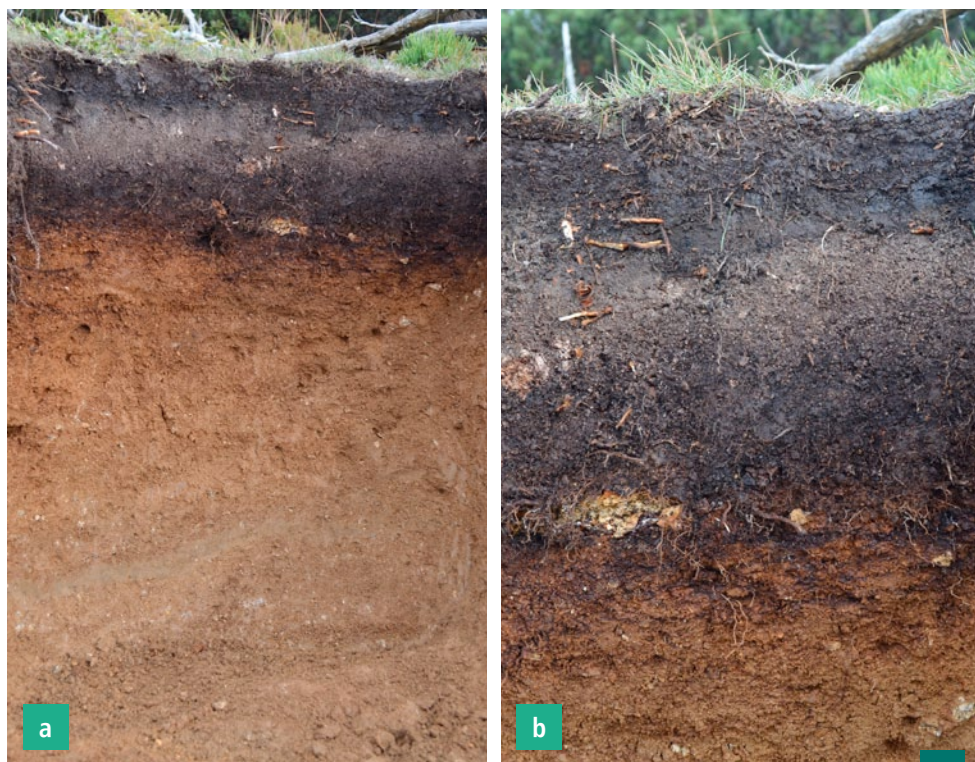
Niewielkie powierzchnie w Karkonoszach zajmują typowe **gleby inicjalne luźne (regosole)** zbudowane ze zwietrzliny żwirowo-piaszczystej (FAO-WRB: Haplic Regosols (Skeletal)). Występują one na stokach usypiskowych lub napływowych u wylotu żlebów w Kottach Małego i Wielkiego Stawu oraz w Śnieżnych Kottach, a także u wylotu większych szczelin poniżej zespołów skałek rozproszonych w niższych partiach Karkonoszy. Gleby te nie są pokryte roślinnością (lub tylko w niewielkim stopniu) ze względu na dużą aktywność procesów stokowych oraz niestabilność materiału, z którego są zbudowane.

**Rankery**, czyli płytkie gleby podścielone litą skałą nie głębiej niż 50 cm od powierzchni występują w Karkonoszach w kompleksach z glebami inicjalnymi lub z glebami głębszymi i lepiej ukształtowanymi. Jako dominujące, wyznaczone zostały tylko na około 61 hektarach (1,1% powierzchni KPN i 0,3% parku z otuliną), przede wszystkim jako **rankery bielcowe** o budowie profilu O-AE-BC-R (Ryc. 7). Są to gleby silnie szkieletowe, kwaśne i słabo wysyczone kationami wapnia i magnezu, ale bogate w materię organiczną. W piętrze subalpejskim (otoczenie Śląskiego Domu i nadajników telewizyjnych nad Śnieżnymi Kottami), pokryte są roślinnością trawiastą (zbiiorowiska *Carici (rigidae) – Festucetum aroidis*) lub zaroślami kosówki, natomiast w piętrze reglowym porośnięte są borem świerkowym. W rozproszeniu na terenie całych Karkonoszy występują też **rankery brunatne** o budowie profilu O-A-BC-R, szczególnie w sąsiedztwie ścian skalnych i grup skałek, na stokach narażonych na erozję. Podobnie jak rankery bielcowe są glebami płytkimi, silnie szkieletowymi i kwaśnymi, ale niekiedy dość zasobnymi w materię organiczną.

Wbrew dawniejszym przekonaniom, w Karkonoskim Parku Narodowym dominują nie gleby brunatne, lecz bielcowe, zajmujące łącznie ponad 68% jego obszaru. Jest to efektem całego zespołu czynników: granitowego i gnejsowo-lupkowego podłoża dającego zwietrzelinę ubogą i podatną na zakwaszenie, chłodnego i wilgotnego klimatu, sprzyjającego przemywaniu profilu glebowego oraz dominacji gatunków iglastych w drzewostanie, a borówki i mchów w runie leśnym. Gleby zbielcowane dominują powyżej wysokości 800-850 m n.p.m., natomiast



Ryc. 7. Rankery bielcowane, Suszyca (fot. C. Kabata). Słabo zwietrzały granit zalega już na głębokości około 50 cm.



Ryc. 8. Subalpejskie bielice właściwe, Równia pod Śnieżką (fot. C. Kabała). Przejście do kaszowatej zwietrzliny granitu na głębokości około 50 cm (a). Na zbliżeniu (b) w poziomie Bhs widoczne są cienkie warstewki próchniczno-żelaziste utrudniające infiltrację wody.

w otulinie KPN ustępują glebom brunatnym, toteż ich udział na obszarze parku z otuliną nie przekracza 35% łącznej powierzchni. Krajowe klasyfikacje rozdzielają **gleby bielcowe** (O-A-AE-Bhs-C) oraz **bielice** (O-E-Bh-Bs-C) jako osobne taksomy. Jednak w warunkach dużej dynamiki procesów morfologicznych w górach podział ten jest nazbyt sztuczny i na mapie glebowej obie jednostki na ogół wykazywane są łącznie. Bielice w najbardziej typowej postaci, a więc z dobrze wykształconym jasnoszarym poziomem wymycia E, czarnobrunatnym poziomem wmycia próchnicy Bh oraz z rdzawobrunatnym poziomem wmycia związków żelaza i glinu Bs występują w piętrze subalpejskim od Równi pod Śnieżką na wschodzie po Szrenicę na zachodzie, a w górnych partiach reglowych – od Kowarskiego Grzbietu po Mumławski Wierch (Ryc. 8 i 9). Są to najczęściej gleby średnio głębokie i głębokie, ale szkieletowe. W niektórych glebach – jak na Równi pod Śnieżką – w szkielecie dominuje drobnoziarnista „kasza” granitowa, w innych – jak na Kowarskim Grzbiecie – przeważa ostrokrawędzisty gruz łupkowy o średnicy do kilkunastu centymetrów. Typowe bielice i gleby bielcowe na podłożu granitowym mają uziarnienie piasku gliniastego lub słabogliniastego w powierzchniowym poziomie eluwialnym i uziarnienie gliny piaszczystej w poziomie iluwialnym. Niekiedy występują bielice piaszczyste (piaszczysto-żwirowe) albo gliniaste (gliniasto-kamieniste) w całym profilu. Z kolei bielice wytworzone na metamorficznych łupkach i gnejsach (szczególnie na Kowarskim Grzbiecie) mają uziarnienie glin piaszczystych silnie pylastych, przechodzących w pyły gliniaste. Gleby bielcowe i bielice są silnie kwaśne, przy czym pH jest najwyższe w głębi profilu (na ogół ponad 4) i maleje ku powierzchni – do wartości 3,0-3,5. Silnemu zakwaszeniu warstw powierzchniowych towarzyszy wymycie wymiennych kationów zasadowych (do 1-2 cmol(+)/kg gleby) i spadek wysycenia kompleksu sorpcyjnego do 10-20%. W poziomach iluwialnych ilość kationów zasadowych jest co najmniej dwukrotnie wyższa (od 2,5 do 4 cmol(+)/kg gleby), ale najwyższe ilości kationów zasadowych (szczególnie wapnia i magnezu) są zakumulowane w powierzchniowej warstwie organicznej (ektopróchnicy), często ponad 5 cmol(+)/kg gleby. Materia organiczna w profilu glebowym jest rozmieszczona typowo dla gleb bielcowych: ektopróchnica (ściółka) zawiera 70-92%, poziom



Ryc. 9. Górnoreglowe (a) i dolnoreglowe (b) gleby bielcowe właściwe, Śląski Grzbiet powyżej Karpacza (fot. C. Kabała).

eluwalny 1-3%, poziom iluwalny 5-18%, skała macierzysta <1% materii organicznej. Jeśli tuż pod ściółką występuje poziom próchniczny Ah lub AE, to zawiera przeważnie 4-10% materii organicznej. Z wyjątkiem poziomów próchnicznych, gleby te są bardzo ubogie w azot, fosfor i magnez przyswajalny dla roślin. Są to gleby tworzące ubogie siedliska, odpowiednie dla mało wymagającej roślinności wysokogórskich borów świerkowych, zbiorowisk kosówki oraz subalpejskich muraw bliźniczkowych (*Carici (rigidae)-Nardetum*). Typowo ukształtowane bielice i gleby bielcowe (FAO-WRB: Albic Podzols) zajmują 1975 ha na obszarze KPN (35,5% powierzchni), a w otulinie parku dalsze 2100 ha.

Charakterystyczne dla bielic karkonoskich jest nadmierne uwilgotnienie warstw powierzchniowych spowodowane stagnowaniem wód opadowych i roztopowych, które często skutkuje rozwojem warstw torfowych lub murszowych. Przyczyną stagnowania wody jest słaba przepuszczalność poziomów B spowodowana scementowaniem przez wmyte związki żelaza (w formie *placiku* – cienkiej warstewki żelazistej) jak na Równi pod Śnieżką, albo zbitością warstwy soliflukcyjnej, uformowanej jeszcze w warunkach peryglacialnych. **Stagnobielice i gleby stagnobielicowe** (FAO-WRB: Stagnic Albic Podzols) mają więc budowę profilu taką jak właściwe bielice i gleby bielcowe, ale w warstwach powierzchniowych przez długą część roku występują warunki redukcyjne przejawiające się oglejeniem oraz wytworzeniem próchnic typu mor wilgotny. Gleby takie zajmują około 180 ha, to jest 3,2% powierzchni KPN. Większe powierzchnie zajmują **gleby stagnobielicowe torfiaste oraz murszowate**, posiadające mazistą próchnicę typu mor mokry z czarną warstewką torfu lub murszu o grubości przynajmniej 10 cm (FAO-WRB: Histic Albic Podzols). Gleby te występują na wyraźnie wilgotniejszych siedliskach, nierzadko z kępami mchów torfowców (Ryc. 10). Powierzchniowe poziomy tych gleb wiosną są całkowicie wysyczone wodą, ale i latem stale utrzymują dużą wilgotność. Właściwościami fizykochemicznymi są zbliżone do innych bielic, to znaczy są silnie kwaśne i ubogie w makro- i mikrośkładniki, ale wyróżnia je nagromadzenie rozłożonej materii organicznej. W Karkonoszach gleby te występują od wysokości 900-950 m n.p.m. wzwyż, to jest nieco poniżej



Ryc. 10. Górnoregłowy bór świerkowy na stagnobielicach murszowatych, Szrenica (Fot. C. Kabała).

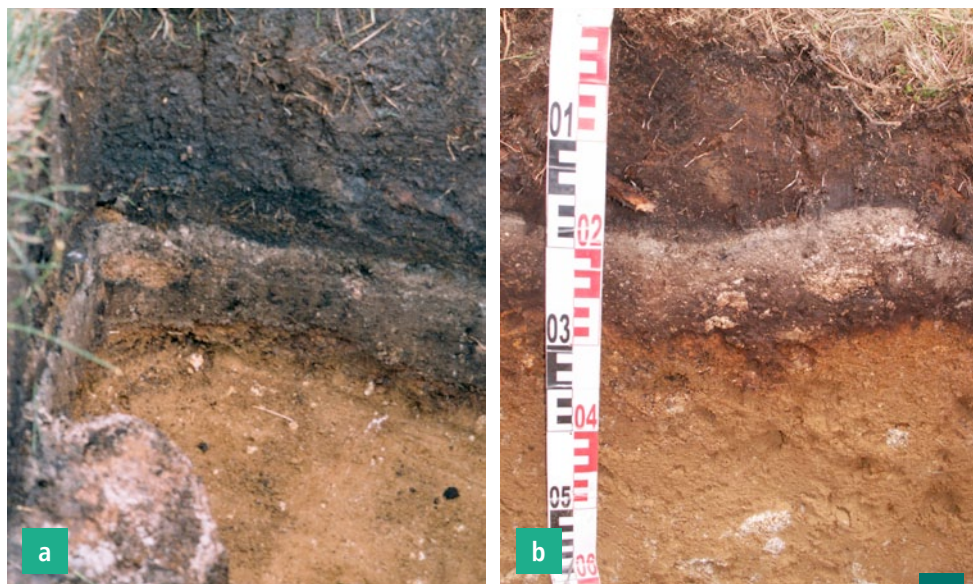


a



b

Ryc. 11. Ryc. 7. Górnoregłowe stagnobielice butwinowo-murszowate, (a) Kowarski Grzbiet (fot. C. Kabała), (b) Kopa (fot. A. Bogacz). Warstwa butwiny osiąga miąższość 20-30 cm i w dolnej części jest czarna, zmurszała.



Ryc. 12. Stagnobelice torfowe (a) Równia pod Śnieżką, (b) Mumławski Wierch (fot. C. Kabała). Choć na powierzchni gleby zalega warstwa torfu o miąższości do 40 cm, dolna część profilu (poniżej odcinającej żelazistej warstwy placik) nie jest nasycona wodą i nie wykazuje cech oglejenia.

kotłów Małego i Wielkiego Stawu, na Długim Grzbiecie, na Morenach poniżej Śnieżnych Kottów, w Szrenickim Kotle i na północnych stokach Szrenicy, na łącznej powierzchni około 620 ha, czyli 11,2% powierzchni KPN (Ryc. 11). Poza granicami parku gleby te zajmują większe obszary, głównie w rejonie Jakuszyc. Najwilgotniejszą odmianą bielicy karkonoskich są **stagnobelice torfowe i murszowe** (FAO-WRB: Histic Albic Podzols), pokryte warstwą torfu lub murszu o grubości 10-40 cm (Ryc. 12). Związane są one z płytkimi torfowiskami przejściowymi (Ryc. 13) z roślinnością ze zbiorowisk klasy *Scheuchzeria* – *Caricetea nigrae* (jak na Mumławskim Wierchu)



Ryc. 13. Welnianka jest charakterystycznym elementem roślinności na stagnobelicach torfowych, Mumławski Wierch (Fot. C. Kabała).



Ryc. 14. Bielice rumoszkowe (a, b) Kowarski Grzbiet, (c, d) Kopa (fot. C. Kabała). Rumosz niezawierający frakcji ziemistych zalega na szkieletowej glinie w której stropie widoczne jest wmycie związków próchnicy i żelaza.

lub występują w strefie przejściowej do głębokich gleb organicznych na torfowiskach wysokich z roślinnością z klasy *Oxycocco – Sphagnetea* (jak na Równi pod Śnieżką). W przeszłości gleby te opisywano jako „glejobielice torfowe”, jednak nowsze badania pokazały, że brak w nich głębokiego zwierciadła wód gruntowych, a stałe nasycenie wodą występuje tylko w górnej części ich mineralnego profilu – ponad warstwą nieprzepuszczalną (KABAŁA i in. 2008). Rozmieszczenie stagnobielic torfowych w Karkonoszach jest uwarunkowane klimatycznie, toteż tylko sporadycznie występują one poniżej 950 m n.p.m. Zajmują około 250 ha, tj. 4,5% powierzchni KPN. Najbardziej nietypowe gleby bielcowe Karkonoszy, nieujęte w żadnej z krajowych klasyfikacji, wytworzyły się na dwuczłonowych pokrywach, złożonych z warstwy gruzowej pozbawionej zwietrzliny ziemistej, zalegającej na soliflukcyjnej warstwie gliniasto-szkieletowej (WAROSZEWSKI i in. 2010). Gleby te „zewnętrznie” zbliżone są do gleb inicjalnych rumoszowych, jednak wyraźne podpoziomy wmycia próchnicy (zawierające do 30% próchnicy!) oraz związków żelaza i glinu, które można rozróżnić w gliniastej warstwie podpowierzchniowej świadczą o intensywnych procesach pedogenicznych zachodzących w tych glebach. **Bielice rumoszowe** (FAO-WRB: Hyperskeletal Podzols), bo tak nazwano te gleby, są silnie kwaśne i słabo wysyczone kationami zasadowymi, podobnie jak inne bielice. W poziomie iluwalnym mają uziarnienie gliny piaszczystej (najczęściej) lub pyłu gliniastego (Kowarski Grzbiet), zawsze silnie szkieletowych. Gleby te rozpoznano w strefie ekotonowej w niższych partiach pokryw gruzowo-głazowych, gdzie warstwa rumoszu o miąższości nieprzekraczającej 60-70 cm okryta jest zwartym runem borówkowo-mszystym lub zaroślami kosówki, na przykład na stokach Czarnej Kopy, Kopy, Małego Szyszaka, Szrenicy i w rejonie Śnieżnych Kotłów. Bielice rumoszowe stwierdzono również pod zaroślami kosówki w szczytowych partiach Czarnej Kopy i Kopy oraz w rejonie Białego Jaru, a także pod drzewostanami świerkowymi w górnych partiach Kowarskiego Grzbietu (Ryc. 14). Łącznie zajmują przynajmniej 520 ha (czyli 9,5% powierzchni KPN), ale ich precyzyjne rozgraniczenie od gleb inicjalnych rumoszowych (butwinowych) z jednej strony oraz od gleb bielcowych właściwych z drugiej, wymaga jeszcze dokładnych studiów terenowych. Bielice rumoszowe warte są specjalnego zainteresowania, gdyż tworzą one unikalne siedliska leśne i zaroślowe (kosówkowe), w których rośliny mogą początkowo korzystać tylko z zasobów wody i składników pokarmowych związanych w rozłożonej materii organicznej „zawieszanej” w szczelinach pokrywy gruzowej. Dopiero po przebicciu się do podpowierzchniowego poziomu gliniastego, korzenie mogą korzystać z zasobów wody kapilarnej i składników zgromadzonych w drobnoziarnistej zwietrzelinie mineralnej. Zauważono jednak, że – szczególnie w przypadku zarośli kosówki – korzenie nie docierają do warstwy gliniastej, a więc funkcjonowanie zbiorowiska roślinnego uzależnione jest wyłącznie od bieżącej dostawy wody z opadami lub bezpośredniego pobierania z atmosfery (chmur).



Ryc. 15. Gleby skrytobielicowe, Śląski Grzbiet w rejonie Karpacza (fot. C. Kabała). Morfologicznie przypominają gleby brunatne kwaśne, ale górna część poziomu B ma intensywne brunatnordzawe zabarwienie wskazujące na wmycie związków próchnicy i żelaza.



Ryc. 16. Gleby skrytobielicowe utworzone ze zwietrzelin skał metamorficznych, Kowarski Grzbiet (fot. C. Kabała).



Ryc. 17. Zanikający powykrotowy mikrorelief stoku w reglu górnym (fot. C. Kabała). Półka (P) jest pozostałością zagłębienia wykrotu, wypukła skarpa (S) – śladem pagórka z ziemi osypującej się z karpny korzeniowej.





Ryc. 18. Gleby skrytobielicowe, Kopa (fot. C. Kabała). Niektóre gleby skrytobielicowe powstały wskutek zerwania i zmieszania warstw powierzchniowych przez wiatrowały. Proces bielcowania stopniowo odtwarza morfologię gleby bielcowej.

Jedną z przyczyn niezgodności w oszacowaniu arealu gleb bielcowych i gleb brunatnych w Karkonoszach jest niepełne wykształcenie niektórych gleb podlegających bielcowaniu. Procesy erozyjne, ruchy masowe, zooturbacje (rycie gleby przez zwierzęta), a przede wszystkim obalanie drzew przez huraganowe wiatry są przyczynami mieszania powierzchniowych warstw gleby oraz zaniku jasnego poziomu bielcowego i w konsekwencji – upodobnienia do gleby brunatnej kwaśnej. Mimo wymieszania, nie zmieniają się podstawowe właściwości gleby: jej uziarnienie, silne zakwaszenie, niskie wysycenie kationami zasadowymi i mała zasobność w składniki pokarmowe. Toteż w sprzyjających warunkach klimatycznych i pod stale obecnym drzewostanem iglastym szybko odnawia się proces bielcowania i stopniowo odbudowują się poziomy eluwalny i iluwalny (Ryc. 15 i 16). Jeśli zatem w glebie podlegającej bielcowaniu rozpoznany zostanie poziom diagnostyczny *spodic*, to zgodnie z SYSTEMATYKĄ GLEB POLSKI (2011) oraz klasyfikacją międzynarodową (IUSS 2006), nawet mimo braku jasnego poziomu bielcowego, rozpoznaje się glebę bielcową (FAO-WRB: Entic Podzols). Dla odróżnienia od właściwych bielc i gleb bielcowych, zaproponowano określenie **gleby skrytobielicowe** (KABAŁA i in. 2012). Wstępnie areal tych gleb w KPN ustalono na 250 ha, ale wydaje się, że jest on większy, szczególnie w niższej części regła górnego. Pod względem siedliskowym, gleby skrytobielicowe zbliżone są do właściwych gleb bielcowych – w skali makro, gdyż w skali lokalnej odróżnia je powykrotowy relief powierzchni (Ryc. 17) tworzący mozaikę mikrosiedlisk wpływającą na warunki naturalnego odnowienia drzewostanu (Ryc. 18 i 19).

**Gleby brunatne**, uważane za gleby młode wskutek słabego zaawansowania procesów glebotwórczych zajmują tylko około 20% powierzchni KPN, ale zdecydowanie przeważają w jego otulinie. Łącznie zajmują więc prawie 56% obszaru Karkonoszy. Dominują na stokach, gdzie duża intensywność procesów morfologicznych (intensywna erozja, osuwiska, sypywy itp.) stale odmładza substrat glebowy nie dopuszczając do pionowego przemycia składników i wytworzenia gleb bielcowych (Ryc. 20), a także na stokach, gdzie przeważa roślinność niesprzyjająca bielcowaniu (Ryc. 21 i 22). Gleby brunatne mają profil o budowie O-A-Bw-BC-C-(R). Ciemnoszary aktywny biologicznie poziom próchniczny A przeważnie jest płytszy niż 10 cm, za to brunatny lub żółtobrunatny, strukturalny poziom Bw osiąga grubość 50 cm i więcej. W Karkonoszach zdecydowanie dominują ubogie **gleby brunatne**



Ryc. 19. Wiatrowały w monokulturach świerkowych zrywają powierzchniową warstwę gleby, co zacieśnia przejawy zbielcowania (fot. C. Kabala).



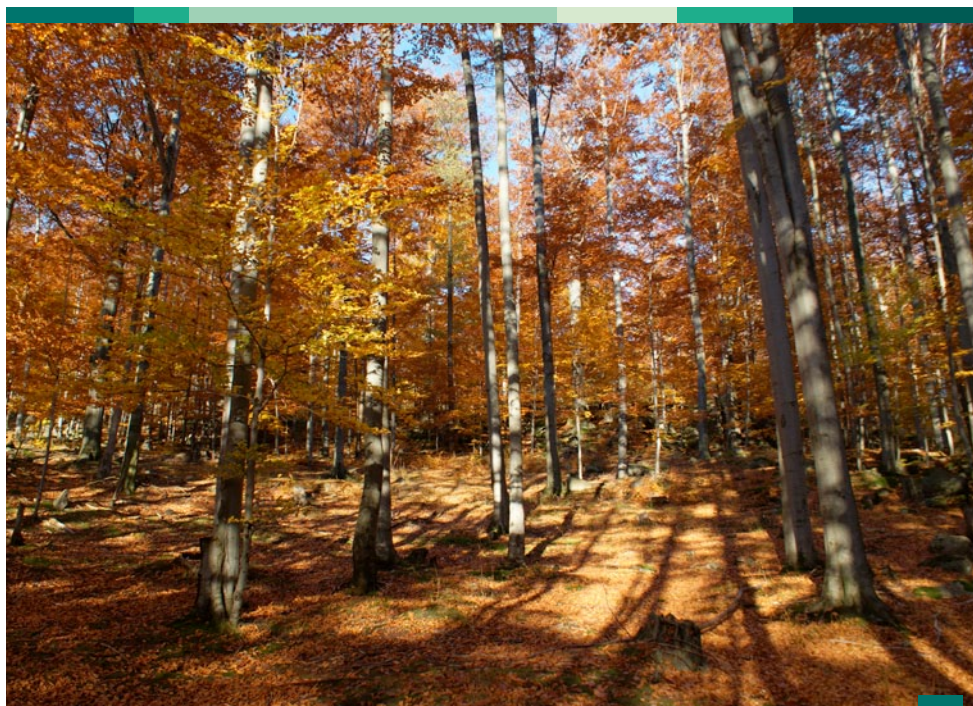
Ryc. 20. Spływy gruzowo-błotne zrywają istniejącą pokrywę glebową i odsłaniają pasy zwietrzliny, na której stopniowo kształtują się regosole i rankery brunatne. Na masach ziemnych zdeponowanych u podnóża stoku tworzą się gleby brunatne kwaśne. Kopa, wschodni stok (fot. R. Knapik).



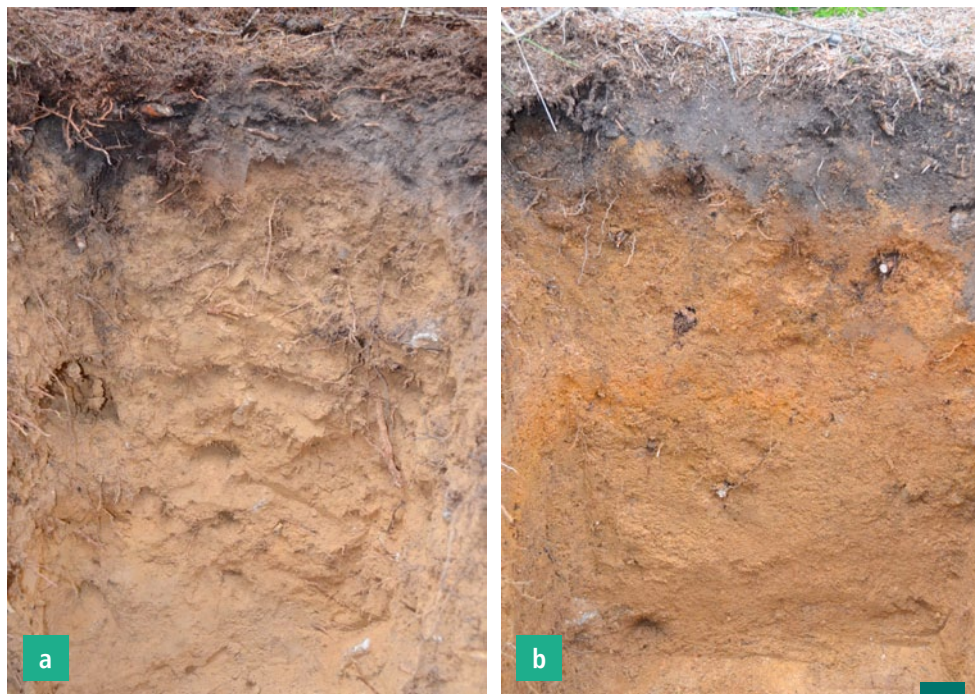
Ryc. 21. Gleba brunatna kwaśna na zarastającym materiale osuwiskowym, Dolina Łomniczki (fot. C. Kabała).



Ryc. 22. Gleba brunatna kwaśna butwinowa, Hala Złotówka (fot. J. Waroszewski).



Ryc. 23. Kwaśna buczyna sudecka na glebach brunatnych kwaśnych typowych, Jagniątków (fot. R. Knapik).



Ryc. 24. Gleby brunatne kwaśne bielcowane (a i b), rejon Jagniątkowa (fot. C. Kabala).

**kwaśne.** Na podłożu granitowym mają one uziarnienie gliny piaszczystej lub piasku gliniastego, natomiast na podłożu metamorficznym dominuje uziarnienie pyłu gliniastego lub gliny piaszczystej z wysoką zawartością frakcji pyłu. Jako gleby górskie, na ogół są silnie szkieletowe (ponad 40-50% zawartości frakcji zwirowej lub kamienistej), ale w zależności od rodzaju pokryw stokowych, lokalnie mogą być niemal bezszkieletowe do głębokości 1 m. Dominuje w nich próchnica typu moder-mor lub moder świeży. Zawartość materii organicznej w poziomach mineralnych maleje z głębokością od 4-10% w poziomie A, przez 2-3% w poziomie Bw do <1% w poziomie BC i C. Podobnie jednokierunkowy gradient przejawia pH, które rośnie w głąb profilu glebowego. W najświeższych poziomach powierzchniowych pH wynosi najczęściej 2,8-3,5, w poziomach Bw waha się od 3,5 do 4,4, a w najgłębszych warstwach zwietrzeli z reguły przewyższa 4,3-4,5. Pod względem zakwaszenia, gleby brunatne kwaśne nie różnią się istotnie od gleb bielcowych, zatem w odpowiednich warunkach dość szybko ulegają one zbielicowaniu. Suma wymiennych kationów zasadowych jest w powierzchniowych warstwach gleb brunatnych wyższa niż w glebach bielcowych, w zakresie 3-5 cmol(+)/kg gleby, i maleje w profilu z głębokością. Wysycenie kationami zasadowymi jest najniższe w poziomach powierzchniowych (15-25%) i choć z głębokością rośnie, to nie osiąga 50%. Gleby brunatne kwaśne są więc glebami oligotroficznymi, właściwymi dla drzewostanów iglastych (świerkowych i jodłowo-świerkowych) a także – w reglu dolnym – dla kwaśnych buczyn (Ryc. 23). Typowy (oligotroficzny) podtyp gleb brunatnych kwaśnych zaliczany jest do Haplic Cambisols (Dystric) w klasyfikacji FAO-WRB. W reglu górnym Karkonoszy (około 15% powierzchni KPN) dominuje jednak najuboższy (dystroficzny) podtyp – **gleby brunatne kwaśne bielcowe** z rozjaśnionym poziomem AE i z oznakami iluwacji próchnicy i żelaza w poziomie B (Ryc. 24). Pod względem chemicznym są to najkwaśniejsze gleby brunatne i najslabiej wysyczone kationami zasadowymi (poniżej 20% w poziomach A i B), a ponadto zawierające dużo glinu wymiennego. W klasyfikacji FAO-WRB należą do Haplic Cambisols (Alumic).

Na obszarze całych Karkonoszy, ale w rozproszeniu i na niewielkich powierzchniach (około 1% arealu) występują gleby brunatne kwaśne z przejawami nadmiernego uwilgotnienia. **Gleby brunatne kwaśne gruntowo-glejowe** (FAO-WRB: Gleyic Cambisols (Dystric)) występują w lokalnych śródstokowych wklęsłościach oraz na obrzeżach dolin. W ich profilu okresowo odnotować można wysoki poziom wody gruntowej, a stale widoczne jest oglejenie dolnej oraz środkowej części profilu. **Gleby brunatne kwaśne opadowo-glejowe** (FAO-WRB:

Stagnic Cambisols (Dystric) występują raczej na spłaszczeniach stoków, a ogłębienie górnej części profilu spowodowane jest stagnowaniem wód opadowych nad nieprzepuszczalnymi warstwami gleby (Ryc. 25 i 26). Jedne i drugie gleby, choć występują w odmiennych warunkach terenowych, tworzą wilgotniejsze siedliska leśne, które łatwo rozpoznać po bardziej urozmaiconym runie leśnym.

Ubogie podłoże geologiczne, a przede wszystkim brak węglanów w skałach macierzystych powoduje, że zasobniejsze **gleby brunatne właściwe** – tylko w podtypie **wyługowanym** (FAO-WRB: Haplic Cambisols (Eutric)) zajmują w KPN jedynie około 13 hektarów na Chojniku i w rejonie wodospadu Szklarki (0,2% powierzchni parku) i nie więcej niż 70 ha w całych Karkonoszach, na wysokości poniżej 750 m n.p.m., najczęściej na utworach deluwialnych lub koluwialnych. Mają gliniaste uziarnienie (głina piaszczysta lub gлина lekka), a szkieletowość zmienia się zarówno przestrzennie, jak i w profilach gleb, od 30 do 80%. Budowę morfologiczną mają typową dla gleb brunatnych: O-A-Bw-BC-C(-R), ale warstwa ściółki jest bardzo cienka (1-3 cm) lub brak jej zupełnie. Próchnica leśna ma charakter mull świeży, co przy wąskim stosunku C:N w zakresie 10-12 świadczy o dużej aktywności biologicznej gleb. Są mniej zasobne w materię organiczną w porównaniu z glebami brunatnymi kwaśnymi, ale też są zdecydowanie słabiej zakwaszone – pH w poziomie A wynosi 4,5-5,2 i rośnie w głąb profilu do 5,2-5,5 w poziomie BC. Wyższemu pH towarzyszy większa zawartość kationów zasadowych (nawet do 15-20 cmol(+)/kg w poziomie A i 4-6 cmol(+)/kg w poziomie BC), co przekłada się na wysokie wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi – do 55% w poziomie A i do 45% w poziomach Bw oraz BC. Tworzą najzasobniejsze (mezotroficzne) siedliska leśne w Karkonoszach, właściwe dla żyznej buczyny sudeckiej.

**Gleby płowe** (FAO-WRB: Haplic Luvisols oraz Albic Luvisols) występują w Karkonoszach na wysokości poniżej 750 m n.p.m., wyłącznie na terenach płaskich lub na stokach o niewielkim nachyleniu, o niewielkim nasileniu erozji wodnej (Ryc. 27). W otulinie KPN zajmują samodzielnie około 150 ha, natomiast w granicach parku zostały wyróżnione tylko w kompleksach z glebami brunatnymi w jego najniższych partiach – w rejonie Sobieszowa, Jagniątkowa i Karpacza – Wilczej Poręby. Mają profil o budowie A-E-Bt-BC-C (Ryc. 28), ukształtowany przez proces przemiany ilu koloidalnego (najdrobniejszych cząstek o średnicy <0,002 mm) w głąb profilu. Na ogół są to gleby rolne lub porolne, toteż posiadają głęboki na 20-25 cm poziom orno-próchniczny. W war-

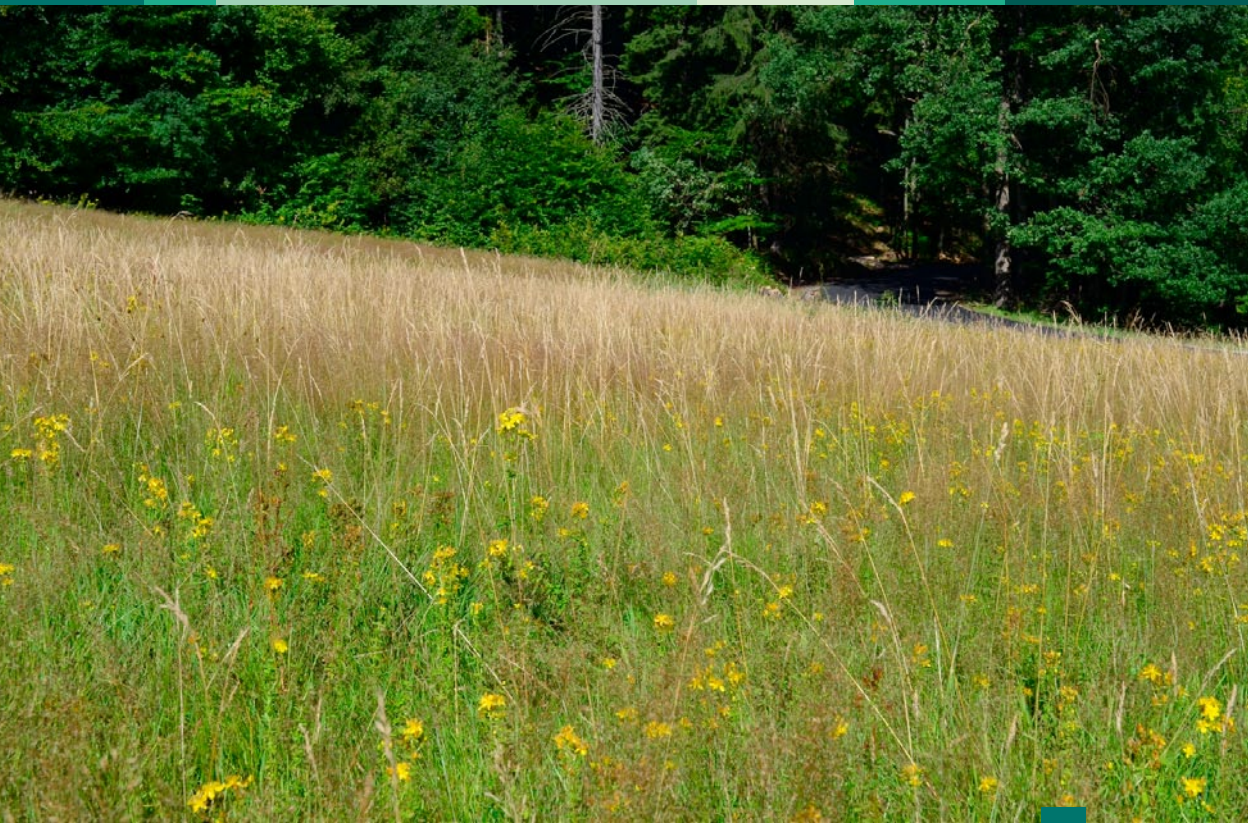


Ryc. 25. Gleba brunatna kwaśna opadowoglejowa, Kamiennik (fot. J. Waroszewski).



Ryc. 26. Gleba brunatna kwaśna opadowoglejowa, Kamiennik (fot. J. Waroszewski).

Wiele gleb Karkonoszy wytworzyło się z warstwowanych pokryw stokowych. Na zdjęciu pulchna zbrunatniała warstwa bioturbacyjna odcięta jest zbitą i ogłębioną warstwą gliniasto-gruzową od luźnych osadów zwirowo-piaszczystych.



Ryc. 27. Gleby płowe występują w otoczeniu KPN na łagodnych stokach, dawniej zajmowanych pod uprawę płużną, dziś użytkowanych łąkowo lub odłogowanych, Borowice (fot. C. Kabała).



Ryc. 28. Gleba płowa opadowo-glejowa, Borowice (fot. C. Kabała).

stwach powierzchniowych mają uziarnienie gliny piaszczystej lub gliny lekkiej, rzadziej pyłu gliniastego, natomiast w poziomie Bt – gliny zwykłej lub pyłu ilastego. Przeważnie są słabo szkieletowe, przynajmniej do głębokości 100 cm. Wmycie ilu do poziomu Bt przejawia się obecnością pyłowo-ilastych otoczek na powierzchniach agregatów glebowych oraz większą zwięzłością tego poziomu, niekiedy również odgórnym oglejeniem. Gleby płowe są niezbyt zasobne w próchnicę; jej ilość w poziomie Ap rzadko przekracza 2% i maleje w profilu z głębokością. Odczyn tych gleb jest kwaśny, ale wskutek wapnowania warstwa orna ma pH około 5,2-5,5, niekiedy nawet osiąga 6,0. W warstwach głębszych pH z reguły nie spada poniżej 5,0. Wysycenie kationami zasadowymi oscyluje w granicach 30-50%, to jest w zakresie podobnym do gleb brunatnych wylugowanych. Gleby płowe odznaczają się niską do średniej zawartością fosforu, a także średnią do wysokiej zawartością potasu i magnezu, co w dużym stopniu jest efektem nawożenia. W warunkach Karkonoszy, gleby te tworzą mezotroficzne siedliska właściwe dla zasobniejszych zbiorowisk kwaśnej buczyny sudeckiej, uboższych form żyźnej buczyny, a w piętrze pogórza również zbiorowisk grądowych.



Ryc. 29. Gleba opadowo-glejowa, Szrenica – Lolobrygida (fot. C. Kabala).

Gleby glejowe powstają w wyniku długotrwałego lub stałego nasycenia wodą, gdy warunki redukcyjne prowadzą do wytworzenia mozaiki plam glejowych lub całkowitego oglejenia w części profilu glebowego. W niższych położeniach górskich i podgórskich, w strefach źródliskowych oraz w dolinach rzek dominują **gleby gruntowo-glejowe** (FAO-WRB: Dystric Gleysols) o budowie profilu O-A-G. Z reguły już na głębokości 50-60 cm występuje zwierciadło wody gruntowej, a cechy glejowe rozpoznawalne są niekiedy tuż pod powierzchnią. **Gleby opadowo-glejowe** (FAO-WRB: Dystric Stagnosols) o budowie profilu O-Ag-G-Cg występują na stokach o łagodniejszych spadkach lub o bardzo urozmaiconym reliefie. Zwierciadło wody gruntowej, jeśli występuje, to jest zawieszane tuż pod powierzchnią gleby, a ponad zbitą warstwą podpowierzchniową (Ryc. 29 i 30). Występowanie gleb opadowo-glejowych w Karkonoszach uwarunkowane jest wilgotnym klimatem oraz obecnością warstwowanych pokryw stokowych. Gleby glejowe tworzą – w kolejnych piętrach wysokościowych – siedliska lasów, lasów mieszanych i borów wilgotnych, tylko w reglu dolnym wyróżniające się obecnością wodolubnych gatunków liściastych w drzewostanie. We wszystkich strefach gleby glejowe można jednak łatwo rozpoznać po bogatej i róż-



Ryc. 30. Gleby opadowo-glejowe murszaste (a i b), Szrenica (fot. C. Kabala).



Ryc. 31. Gleby gruntowo-glejowe torfowe w obrębie młak tworzą specyficzne siedliska dla hydrofilnych zbiorowisk roślinnych (fot. A. Bogacz).



a



b

Ryc. 32. Gleby gruntowo-glejowe torfiaste (a i b), Karpacz (fot. A. Bogacz).



nicowanej roślinności runa, w tym przede wszystkim po obfitszej obecności paproci, sitów, a w wyższych partiach gór – również mchów z rodzaju *Sphagnum*. Gleby glejowe Karkonoszy są silnie kwaśne, podobnie jak towarzyszące im gleby bielcowe lub gleby brunatne kwaśne. Wyróżniają się podwyższoną akumulacją materii organicznej, niekiedy nawet obecnością warstwy torfowej lub murszowej na powierzchni. Zgodnie z obowiązującymi klasyfikacjami, dopóki miąższość warstwy organicznej nie przekracza 40 cm, gleba należy do **gleb torfowo-glejowych** lub **murszowo-glejowych** (FAO-WRB: Histic Gleysols oraz Histic Stagnosols). Gleby takie w Karkonoszach tworzą młaki (Ryc. 31) i najpłytsze torfowiska (niekiedy zdegradowane) w najwyższych partiach Mumlawskiego Wierchu i na stokach Szrenicy, występują ponadto w otoczeniu głębszych torfowisk, gdzie stopniowo przechodzą we właściwe gleby torfowe (Ryc. 32). Areal gleb glejowych w Karkonoszach szacowany jest na około 760 ha, z czego ok. 180 ha w KPN, to jest 3,3% powierzchni.

Surowy, chłodny i wilgotny klimat Karkonoszy nie sprzyja bujnej wegetacji roślin, ale jeszcze bardziej nie sprzyja rozkładowi martwych szczątków organicznych, szczególnie w miejscach najwilgotniejszych. Tam też ma miejsce akumulacja materii organicznej w postaci warstw torfu. Jej nasilenie zmieniało się w czasie w ślad za zmianami klimatycznymi, a ostatnio również w efekcie działalności człowieka. Wydaje się, że obecnie **gleby organiczne** Karkonoszy znajdują się w fazie stagnacji lub nawet recesji, co przejawia się murszeniem warstw torfowych. Do „właściwych” gleb organicznych są zaliczane gleby posiadające warstwę torfową lub murszową o miąższości ponad 40 cm. W hierarchii wilgotności, gleby organiczne tworzą siedliska najwilgotniejsze – bagienne, odróżniające się zarówno składem gatunkowym porastających (i tworzących) je zbiorowisk roślinnych, jak też składem i bonitacją drzewostanu. W reglu górnym i w piętrze subalpejskim, na torfowiskach wysokich i przejściowych dominują **gleby fibrowo-torfowe** (FAO-WRB: Fibric Histosols), w których włókniste tkanki nierozłożonych roślin dominują w masie torfowej. Są to gleby bardzo silnie kwaśne (pH 2,5-4,0) i oligotroficzne. W piętrze pogórza i regła dolnego dominują **gleby saporowo-torfowe** oraz **gleby murszowe** na torfowiskach niskich i przejściowych, odznaczające się silnym stopniem rozkładu masy organicznej (FAO-WRB: Sapric Histosols). Ich odczyn jest nieco mniej kwaśny niż gleb torfowych w strefie subalpejskiej (pH 4,0-5,0), są też zasobniejsze w makroskładniki, dzięki czemu przeważnie tworzą siedliska mezotroficzne. Areal gleb organicznych (o miąższości warstwy organicznej >40 cm) w Karkonoszach szacowany jest na 153 hektary, z czego w granicach KPN – jedynie 62 hektary (ok. 1,2% powierzchni), przede wszystkim na Równi pod Śnieżką, pod Małym Szyszakiem, Sokolnikiem, Kamiennikiem i Mumlawskim Wierchem. Największy obszar występowania gleb torfowych poza granicami Parku wyznaczono w dolinie Kamiennej w rejonie Jakuszczy. Gleby organiczne mogą się też tworzyć z materiału ściółkowego akumulującego się w szczelinach między głazami. Materiał ten z czasem ulega humifikacji, upodabniając się do murszu. Gleby takie występują w reglu górnym Karkonoszy, na pokrywach gruzowych lub blokowych, tworząc specyficzne twory rumoszowo-ściółkowo-murszowe (Ryc. 33), wyróżniane w najnowszej SYSTEMATYCE GLEB POLSKI (2011) jako **gleby organiczne ściółkowe** (FAO-WRB: Follic Histosols), gdy miąższość zakumulowanej materii organicznej przekracza 40 cm.



Ryc. 33. Gleby organiczne ściółkowe (a i b), Czarna Kopa (fot. C. Kabąta). W szczelinach pokryw gruzowych gromadzi się materia organiczna, niekiedy do głębokości 40-70 cm, tworząc specyficzne gleby ściółkowo-murszowo-rumoszowe.



Ryc. 34. Otoczaki i gązły przykrywające drobnoziarniste osady aluwialne w dnach dolin większości potoków karkonoskich tworzą specyficzny materiał macierzysty dla górskich łąk, Dolina Łomniczki (fot. R. Knapik).

Dna dolin rzecznych (Ryc. 34), w obrębie współczesnych teras zalewowych zajmują mady. Cechą charakterystyczną mad jest warstwowanie materiału glebowego, a często również ogłeglenie pochodzące od płytko zalegającego i wahającego się zwierciadła wody gruntowej (Ryc. 35 i 36). Właściwości fizykochemiczne mad i zawartość makro- oraz mikrośladników zależą oczywiście od składu gleb w otoczeniu doliny (w strefie zasilania), ale z reguły mady odznaczają się umiarkowaniem kwaśnym odczynem i dość wysokim wysyceniem kationami zasadowymi, dzięki czemu tworzą mezotroficzne lub nawet eutroficzne siedliska lasów łęgowych albo średnioprodukcyjnych łąk i pastwisk. W otulinie KPN mady zajmują około 100 ha, najczęściej jako podtyp **mady brunatne**, to jest mające dobrze ukształtowany poziom A (orno-próchniczny) i płytki poziom brunatnienia, w których pierwotne warstwowanie aluwiołów jest już zatarte przez aktywność mikro- i mezofauny glebowej. Na obszarze KPN mady rzadko były dotąd wyróżniane, gdyż osady deponowane na dnie dolin górskich są silnie kamieniste, co zaburza lub maskuje ich stratyfikację. Osady aluwialne – podobnie jak górskie rzeki – odznaczają się dużą dynamiką. Fragmenty teras mogą w ciągu zaledwie jednego roku całkowicie zanikać lub tworzyć się w innym miejscu. Ponadto, w wielu fragmentach dolin osady drobnoziarniste są intensywnie wypłukiwane, toteż w dnie doliny dominuje niekiedy utwór



Ryc. 35. Mada rzeczna właściwa, Dolina Łomniczki (fot. O. Bojko). Cechą charakterystyczną mad jest warstwowanie osadów i przejawy wielokrotnego odnawiania procesów glebotwórczych, w tym akumulacji próchnicy.



Ryc. 36. Mada rzeczna próchniczno-glejowa, Wilczy Potok (fot. C. Kabała).

ekstremalnie szkieletowy, który nie jest właściwym tworzywem dla mad. Kontury mad z reguły są bardzo wąskie (szerokości niekiedy tylko kilku-kilkunastu metrów), co utrudnia lub uniemożliwia ich wykreślanie na mapach glebowych i glebowo-siedliskowych. Zatem ze względów technicznych mady były dotąd włączane do sąsiednich konturów i rzeczywista powierzchnia zajmowana przez mady w KPN nadal nie jest ustalona.

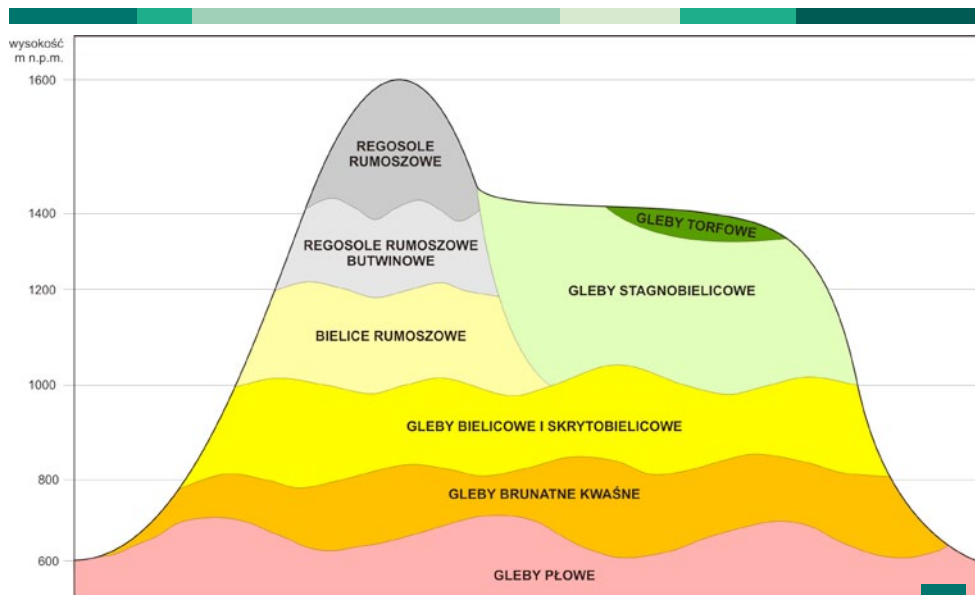
Coraz więcej uwagi w ostatnich latach poświęca się **glebom antropogenicznym**, to jest silnie przekształconym przez człowieka lub powstających z materiału zdeponowanego przez człowieka. Na obszarze Parku są to przede wszystkim tzw. **ekranosole** – gleby niekompletne i pokryte nieprzepuszczalną warstwą ubitego kruszywa, brukiem lub asfaltem (FAO-WRB: Ekranic Technosols) na głównych ciągach komunikacyjnych oraz wokół schronisk (Ryc. 37). Te pozornie „bezglebowe” powierzchnie tworzą podłoża dość szybko zajmowane przez roślinność po zmniejszeniu lub ustaniu antropopresji (na przykład udeptywania lub konserwacji drogi). Liczne przykłady, również z Karkonoszy, pokazują w jak krótkim czasie rozpadają się i zarastają opuszczone drogi, place, a nawet zabudowania, tworząc specyficzne antropogeniczne siedliska. W otulinie Parku większe powierzchnie zajmują **gleby urbizienne** (FAO-WRB: Urbic Technosols), związane z terenami zabudowanymi, mające zaburzony naturalny profil oraz zawierające domieszki odpadów budowlanych i bytowych (kamienia, cegły, betonu, zaprawy wapiennej, popiołu, żużla, ceramiki itd.). Odnaczają się odczynem bliskim obojętnego, podwyższoną zasobnością w fosfor, wapń i magnez, niekiedy obecnością węglanów oraz podwyższonym stężeniem pierwiastków śladowych. Do gleb antropogenicznych najmniej różniących się od gleb w naturalnym otoczeniu należą gleby na zwałowiskach odpadów górniczych (FAO-WRB: Spolic Technosols). W Karkonoszach są to najczęściej odpady kamieniołomów granitu, a gleby tworzące się z nich podobne są najpierw do regosoli, a z czasem ewoluują w kierunku gleb brunatnych. Gleby antropogeniczne zajmują w Karkonoszach łącznie około 85 ha, z czego na terenie KPN 7-8 ha (<0,2% powierzchni).



Ryc. 37. Gleby antropogeniczne „uszczelnione” (Ekranic Technosols), źródła Łaby (fot. C. Kabała).

## Wyjątkowość gleb Karkonoszy

Karkonosze są jedynym fragmentem Sudetów z wyraźną piętrowością wysokościowo-roślinną (Ryc. 38) będącą odpowiednikiem strefowości klimatyczno-roślinnej półkuli północnej. Piętrowość klimatyczno-roślinno-glebova występuje również w Tatrzańskim i Babiogórskim Parku Narodowym, ale na każdym z tych ob-



Ryc. 38. Schemat piętrowości gleb Karkonoszy. Lewa strona rysunku ilustruje układ pięter na stokach wzniesień z pokrywami blokowymi i gruzowymi, prawa strona – na stokach i grzbietach wolnych od pokryw gruzowych.

szarów sposób wykształcenia i zasięg wysokościowy pięter jest inny, co podyktowane jest nie tylko czynnikami klimatycznymi, ale też geologicznymi i morfologicznymi.

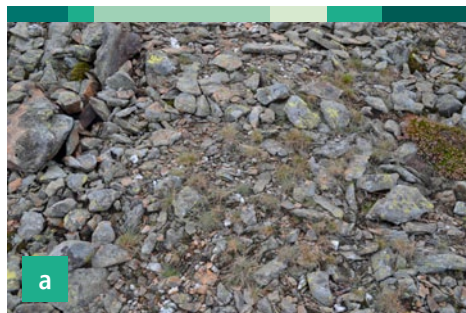
Gleby płowe, charakterystyczne dla strefy leśnej klimatu umiarkowanego wilgotnego i bardzo rozpowszechnione na Przedgórzu Sudeckim oraz na Nizinie Śląskiej zaledwie dotykają granic Karkonoszy, gdzie występują na niewielkich powierzchniach w otulinie KPN do wysokości około 750 m n.p.m. W pasie pogórza oraz regła dolnego Karkonoszy, w zakresie wysokości 500-800 m n.p.m. dominują gleby brunatne kwaśne, miejscami zbielicowane. Przejściowy charakter tego piętra wynika przynajmniej z trzech przyczyn: zmieniającej się budowy geologicznej (zanik pokryw lessowych i pojawienie się ubogich we frakcję ilastą zwietrzelin skał magmowych i metamorficznych), ukształtowania terenu (większe nachylenie stoków sprzyja powierzchniowemu spływowi wód, co hamuje przemywanie iltu, a potęguje erozję wodną) oraz umiarkowanego klimatu, zbyt ciepłego dla dominacji świerka i za mało wilgotnego dla intensyfikacji procesu bielicowania. W piętrze regła górnego, szczególnie w strefie 800-1000 m n.p.m. dominują gleby bielicowe i bielice właściwe, a także gleby skrytobielicowe, na ogół o świeżym uwilgotnieniu. Powyżej wysokości 1000-1100 m n.p.m. dominujące gleby zbielicowane nabierają wyraźnych oznak opadowego oglejenia i akumulacji materii organicznej. W strefie tej dominują zatem stagnobelice murszaste i torfiaste oraz gleby opadowo-glejowe wykształcone w różnych formach (właściwe, murszaste, torfiaste, torfowe). Na spłaszczeniach wierzchowinowych, w strefie wysokości 1200-1400 m n.p.m., obok bielic właściwych większe powierzchnie zajmują stagnobelice torfowe przechodzące w głębokie gleby organiczne subalpejskich torfowisk. Również w tej strefie najlepiej zachowały się gleby z cechami krioturbacji, czyli przeobrażeń mrozowych – tzw. grunty strukturalne. W najwyższym piętrze, powyżej 1400 m n.p.m. występują wyłącznie gleby inicjalne rumoszowe na rozległych plejstocenijskich rumowiskach skalnych.

Unikatowe w skali regionalnej są przede wszystkim gleby najwyższych pięter wysokościowych Karkonoszy, a więc stagnobelice, gleby opadowo-glejowe torfiaste i murszaste, gleby torfowe subalpejskich torfowisk, gleby inicjalne rumoszowe, a przede wszystkim gleby ze stale zachowanymi strukturami peryglacialnego sortowania mrozowego (Ryc. 39). Na tle innych pasm górskich Polski południowej Karkonosze wyróżniają się relatywnie dużym obszarem występowania gruntów strukturalnych, co do których aktywności stale trwa dyskusja (TRACZYK 1992; KRIŽEK i in. 2010; LUKEŠOVÁ i in. 2010). Są to nie tylko wieńce gruzowe w obrębie pokryw gruzowych Czarnego Grzbietu, słabo sortowane grunty strukturalne na Lučni horze, ale też niespotykane w Polsce poza Karkonoszami (m.in. pod Smogornią) silnie zbielicowane pagórki darniowe. Rozległe spłaszczenie Równi pod Śnieżką jest również miejscem występowania unikatowych wysokogórskich torfowisk, lecz z gleboznawczego

punktu widzenia nie mniej interesujący jest kontakt gleb torfowych z otaczającymi bielicami. Są to stagnobelice z licznymi cienkimi warstewkami żelazystymi, zwanymi placik (Ryc. 12), całkowicie nieprzepuszczalnymi dla wody, co umożliwia jej zawieszenie w górnej części profilu gleby o dość przepuszczalnym, piaszczysto-żwirowym uziarnieniu. Choć wydaje się, że stagnowanie wody w powierzchniowych warstwach profilu uwarunkowane przez wilgotny klimat oraz warstwową budowę pokryw stokowych jest cechą charakterystyczną dla bielic górskich, to stagnobelice nie były dotąd w Polsce opisywane i wyróżniane, a do SYSTEMATYKI GLEB POLSKI (2011) zostały wprowadzone na podstawie badań prowadzonych w Karkonoszach (KABAŁA i in. 2012).

Do taksonów nieznanymi SYSTEMATYCE GLEB POLSKI (2011) należą również ekstremalnie szkieletowe gleby, które w Karkonoszach nazwano bielicami rumoszowymi, o morfologii i właściwościach pośrednich między glebami inicjalnymi, rankerami a bielicami. Różnorodność siedlisk na pozornie jałowych rumowiskach skalnych skłania również do wyodrębnienia gleb inicjalnych rumoszowych butwinowych, które są formą przejściową do unikatowych gleb organicznych rumoszowo-ściółkowych. Obserwacje ewolucji gleb bielicowych piętra reglowego Karkonoszy skłoniły ponadto do wyodrębnienia podtypu gleb skrytobelicowych, a więc gleb o niepełnym wykształceniu profilu, które dotąd błędnie były rozpoznawane jako gleby brunatne kwaśne, a które tylko przejściowo utraciły swoje charakterystyczne cechy morfologiczne.

Jest niemal pewne, że stagnobelice, bielice rumoszowe i skrytobelice występują również w innych pasmach górskich Polski południowej (na przykład na Babiej Górze i w Tatrach), jednak jak dotąd informacje o nich pochodzą wyłącznie z Karkonoszy.



Ryc. 39. Grunty strukturalne, Czarny Grzbiet (a, b). Nawet niewielkie wysortowanie frakcji drobniejszych (b) sprzyja zasiedlaniu inicjalnych gleb rumoszowych przez rośliny (fot. C. Kabała)

## Przekształcenia i zagrożenia gleb Karkonoszy

Pokrywa glebowa Karkonoszy kształtuje, a więc i nieustannie zmienia się pod wpływem naturalnych czynników środowiskowych, przede wszystkim klimatu i roślinności, oraz wskutek działalności człowieka. Podstawowe i pierwotne znaczenie mają czynniki klimatyczne związane z termiką i wilgotnością, które bezpośrednio lub w sprzężeniu z szatą roślinną sterują intensywnością zjawisk wietrzenia, procesów morfodynamicznych oraz procesów glebowych.

W okresie plejstoceniowym, wskutek lokalnych zlodowaceń albo w zimnych i na ogół suchych warunkach peryglacjalnych, uformowały się odsłonięte ściany skalne oraz rumowiska gruzowe i blokowe, na których do dziś procesy glebotwórcze pozostają w fazie inicjalnej. Na stokach górskich, warunki peryglacjalne sprzyjały soliflukcyjnemu przemieszczaniu zwietrzliny gliniasto-szkieletowej, co doprowadziło do uformowania pokryw stokowych, różniących się od wyjściowej zwietrzliny głównie pod względem uziarnienia i przepuszczalności wodnej. W najwyższych partiach Karkonoszy wskutek pęcznienia i sortowania mrozowego w warunkach pustyni arktycznej tworzyły się grunty strukturalne. Aktywność tych zjawisk ustala wskutek holoceniowego ocieplenia klimatu, ale uważa się, że niektóre ich przejawy występują do dziś, albo występowały jeszcze niedawno, w czasie tzw. małej epoki lodowej (XVI-XIX w.). Jednak pokrywy stokowe i formy rzeźby wytworzone w okresie plejstoceniowym do dziś oddziałują na morfologię i właściwości fizykochemiczne oraz wodne gleb Karkonoszy.

Pod pionierską roślinnością w początkowej fazie holocenu tworzyły się na stokach górskich gleby brunatne, w miejscach wilgotniejszych – gleby glejowe, a w najwilgotniejszych – gleby torfowe. W miarę wkraczania

gatunków iglastych zaistniały sprzyjające warunki dla procesu bielcowania, który do dziś jest głównym i najważniejszym procesem glebotwórczym w Karkonoszach. Bielcowanie jest uwarunkowane granitowym podłożem geologicznym, chłodnym i wilgotnym klimatem, a także dominacją drzewostanów lub zadrzewień iglastych – sprzężonych z klimatem. Gleby brunatne oraz część gleb opadowo-glejowych przeobraziła się zatem w różne formy gleb bielcowych. Pewną zagadką są biellice piętra subalpejskiego (na przykład na Równi pod Śnieżką), które obecnie pokryte są zbiorowiskami trawiastymi lub trawiasto-krzewinkowymi. Wydaje się, że gleby te nie mogły powstać pod tymi zbiorowiskami, a więc należy założyć, że przynajmniej przejściowo również i te tereny pokryte były roślinnością iglastą, choćby w niewielkim zwarciu. Bielcowanie gleb rozpoczęło się jeszcze w okresie borealnym, a najpóźniej w początkach okresu atlantyckiego, na co wskazuje wiek torfów zdeponowanych na istniejących już bielicach. Okresowe zwilgotnienie i ochłodzenie klimatu Karkonoszy w późniejszych fazach holocenu powodowało silniejsze nasycenie gleb wodami roztopowymi i opadowymi oraz powszechne tworzenie się gleb glejowych oraz torfowo-glejowych. Wiele starszych biellic przeobraziło się wówczas w stagnobielice przykryte warstwą próchnicy typu mor torfiasty lub torfowy (Ryc. 11 i 12). JAHN (1963) sugerował nawet, że tzw. blanket bogs, czyli płytkie stokowe torfowiska mogły przejściowo pokrywać znaczne obszary w reglu górnym i piętrze subalpejskim. Postępujące współcześnie przesuszenie gleb, w części naturalne, w części spowodowane melioracjami leśnymi, prowadzi do murszenia pokryw torfowych. Nadal jednak, przede wszystkim w piętrze regla górnego, utrzymuje się nadmierne uwilgotnienie gleb objawiające się ich odgórnym oglejeniem.

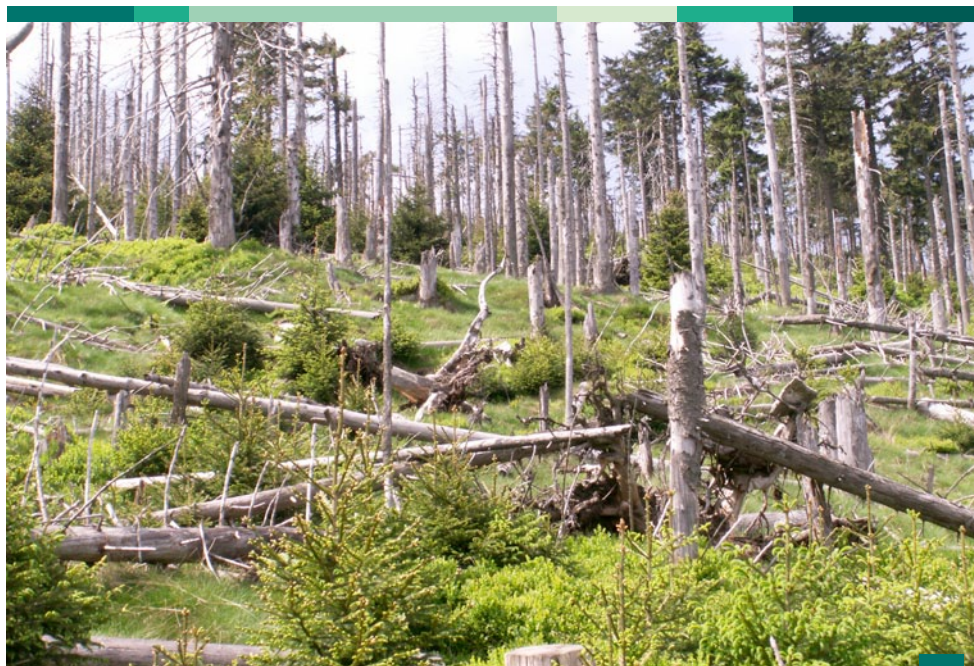
Obecna przestrzenna struktura pokrywy glebowej jest więc odzwierciedleniem piętrowości klimatu i roślinności, ale zmieniającej się przez cały okres holoceni. Najważniejszymi cechami gleb Karkonoszy są zatem: ich zbielcowanie, odgórne oglejenie oraz wzbogacenie w materię organiczną, narastające wraz z wysokością bezwzględna aż do 1400 m n.p.m. Rozpowszechniona jest jednak opinia, że nie gleby bielcowe, ale brunatne są typem przeważającym w Karkonoszach i w całych Sudetach (BORKOWSKI 1966, BORKOWSKI i in. 2005). Brunatnienie jest naturalną fazą rozwojową gleb, związaną z wietrzeniem chemicznym substratu skalnego oraz z rosnącą aktywnością biologiczną gleby. Jednak gleby brunatne utrzymują się w pokrywie glebowej obszarów górskich naszej strefy klimatycznej tylko w warunkach niesprzyjających bielcowaniu, a więc na stokach o zbyt dużym nachyleniu lub w klimacie eliminującym „bielicujące” gatunki iglaste lub wrzosowate (zbyt zimnym – albo odwrotnie – nazbyt łagodnym). W równowiekowych drzewostanach świerkowych rozpowszechnionych w reglu górnym występuje jednak problem obalania drzew przez huraganowe wiatry (wiatrowały), czemu towarzyszy usunięcie gleby na powierzchni kilku-kilkunastu metrów kwadratowych (Ryc. 19). Zerwane zostają przede wszystkim ściółka i zbielcowana część profilu glebowego, które po wymieszaniu tworzą szary, niejednorodny poziom próchniczny osadzający się na odsłoniętych pozostałościach poziomów B. Powstała gleba morfologicznie przypomina glebę brunatną kwaśną i tylko intensywne brunatnordzawe zabarwienie górnej części poziomu B sugeruje jego iluwalną genezę (Ryc. 15, 16 i 17). Takie „pobielcowe” (albo „skrytobielcowe”) gleby, jeśli choć w części zachował się lub szybko odtworzył poziom wmycia związków próchnicy i żelaza, nadal należą do typu gleb bielcowych. Wiatrowały zaburzają nie tylko morfologię gleb bielcowych, ale też zmieniają mikrorelief powierzchni: w miejscu zerwanej warstwy gleby tworzy się płytkie zagłębienie, podczas gdy materiał osypujący się z karpny korzeniowej tworzy niewielki pagórek. Relief wykotowy tworzy mozaikę wilgotnych i suchych mikrosiedlisk, w których procesy glebowe przebiegają z innym nasileniem, a niekiedy w innym kierunku. Powoli erozja zrównuje wykroty i dopiero wówczas na całej powierzchni odtwarzają się właściwe gleby bielcowe.

Z kolei na pogórzach i reglu dolnym długotrwałe preferowanie świerka w gospodarce leśnej doprowadziło do częściowego zbielcowania gleb brunatnych kwaśnych tam, gdzie klimatycznie uzasadniona jest przewaga drzewostanów liściastych oraz typowych gleb brunatnych i gleb płowych. Obecna przebudowa lasów polegająca na zwiększaniu udziału buka i innych gatunków liściastych zwiększa aktywność biologiczną gleb i zatrzymuje proces ich bielcowania.

Postępujące zmiany klimatyczne, przede wszystkim stopniowe ocieplenie (GŁOWICKI 2005), skorelowane z przeobrażeniami szaty roślinnej, mogą znacząco wpłynąć na pokrywę glebową Karkonoszy. Wzrost temperatury i zmiana klimatycznego bilansu wodnego spowodują przesuszenie torfowisk oraz płytkich pokryw torfiastych i zwiększy tempo mineralizacji materii organicznej. Oznaczać to będzie stopniowy zanik gleb torfowo-glejowych oraz stagnobielic torfowych poprzez ich ewolucję w kierunku gleb murszowych, a następnie gleb całkowicie mineralnych. Ocieplenie klimatu przyczyni się do przesuwania zasięgu pięter roślinnych, w tym podniesienia górnej granicy lasu oraz ekspansji gatunków liściastych w reglu górnym (Ryc. 40). Pierwsza zmiana może



Ryc. 40. Skutki zmian klimatycznych są dostrzegalne przede wszystkim w strefach ekotonowych. Styk gleb inicjalnych rumoszowych, regosoli butwinowych i gleb bielcowych rumoszowych na północnym stoku Śnieżki (fot. C. Kabała).



Ryc. 41. Gleby Karkonoszy są kwaśne i ubogie w makroskładniki, ale nie są zanieczyszczone, toteż bór wysokogórski samorzutnie odnawia się na obszarach pokłeskowych (fot. C. Kabała).



spowodować (na styku regła górnego i piętra subalpejskiego) przeobrażenie gleb inicjalnych rumoszowych w gleby rumoszowe butwinowe, uruchomić procesy bielcowania płytkich pokryw rumoszowych na podłożu gliniastym, a także odnowić procesy bielcowania gleb obecnie pokrytych zbiorowiskami trawiastymi. Z kolei ekspansja gatunków liściastych spowoduje zmniejszenie intensywności bielcowania gleb oraz „zakonserwuje” gleby skrytobielicowe na obecnym etapie ich rozwoju. Nie należy również lekceważyć gwałtownych zjawisk pogodowych, bezpośrednio wpływających na intensywność i skalę zjawisk morfologicznych, takich jak osuwiska, sploty gruzowe i gruzowo-ziemne lub erozja wodna, albo pośrednio – poprzez zwielokrotnienie liczby wiatrowałów. W jednym i drugim przypadku najbardziej widocznym skutkiem będzie zmniejszenie arealu typowych bielc.

Trudny do przewidzenia jest wpływ zmian klimatycznych na chemizm gleb w skali masywu górskiego, gdyż w różnych jego częściach mogą występować tendencje przeciwstawne. Przyspieszona mineralizacja torfów oraz ekspansja gatunków liściastych spowodują zmniejszenie ogólnych zasobów materii organicznej w glebach Karkonoszy, częściowo rekompensowane jej przyrostem w strefie ekotonowej. Długofalowo, zwiększenie tempa wietrzenia chemicznego oraz ekspansja głębiej korzeniących się gatunków drzew liściastych doprowadzą do wzrostu zasobności w niektóre makroskładniki (z wyjątkiem fosforu) oraz do zmniejszenia zakwaszenia powierzchniowej warstwy gleb.

„Klęska ekologiczna” lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku zwróciła też uwagę na problem zanieczyszczenia środowiska, w tym gleb Karkonoszy (Ryc. 41). Dzięki zakrojonemu na szeroka skalę programowi monitoringu (KARCZEWSKA i in. 2006) wykazano zwiększoną ekspozycję masywu górskiego na pierwiastki śladowe, m.in. ołów i rtęć, ale też potwierdzono ogólnie niewielki stopień zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi (SZOPKA i in. 2011, 2013). Nie wykazano też jednoznacznie, by emisje przemysłowe zwiększyły zakwaszenie gleb Karkonoszy albo podniosły stężenie siarki lub azotanów w glebach (BORKOWSKI i in. 1993, SKIBA 1993). Można oczekiwać, że wobec zasadniczej poprawy jakości powietrza dopływającego do Karkonoszy w ostatnich latach, już wkrótce zniknie problem transgranicznych zanieczyszczeń i zagrożeń środowiskowych.



Ryc. 42. Erozyjne rozcięcie drogi w rejonie Jakuszyc (fot. C. Kabala).



Ryc. 43. Erozja głębna może przekształcić szlak zrywkowy w prostoliniowy rów wcinający się w skały podłoża, Suszyca (fot. J. Waroszewski).



Ryc. 44. Gleby tras narciarskich mają sztucznie wyrównaną powierzchnię i zagęszczone górne warstwy, co skutkuje stagnowaniem wody (fot. C. Kabala).

W gestii Parku, PGL Lasy Państwowe oraz władz miejscowych pozostaje natomiast ochrona gleb przed zagrożeniami lokalnymi, do których należy przede wszystkim:

- erozja na sztucznie odsłoniętych powierzchniach – ścieżkach turystycznych, drogach leśnych i na szlakach zrywkowych (Ryc. 42 i 43), niszczonej przez urządzenia i transport leśny albo rozdeptywanych w miejscach niekontrolowanego ruchu turystycznego;
- nieodwracalne mechaniczne przekształcenie i zagęszczenie gleb na narciarskich trasach zjazdowych, zmieniające naturalną morfologię gleby oraz jej reżim wodny (Ryc. 29 i 44);
- eutrofizacja gleb i wód gruntowych (wzrost zawartości azotu i fosforu) w rejonie schronisk górskich, która wpływa na szatę roślinną i mikroflorę glebową oraz całkowicie odmienia kierunek procesów glebotwórczych;
- zanieczyszczenie substancjami ropopochodnymi, w tym węglowodorami aromatycznymi wzdłuż szlaków komunikacyjnych – na terenie KPN i w jego otoczeniu.

Wszystkie te zagrożenia mają na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego relatywnie niewielkie nasilenie, między innymi dzięki długoletnim i skutecznym działaniom zapobiegawczym oraz naprawczym.

## Literatura

- ADAMCZYK B., BARAN S., BORKOWSKI J., KOMORNICKI T., KOWALIŃSKI S., SZERSZEŃ L. & TOKAJ J. 1985: Gleby. W: JAHN A. (red), Karkonosze polskie. Wyd. PAN Zakł. Narod. im. Ossolińskich, Wrocław: 77-86.
- BEHLEN S. 1835: Über den Einfluss der Gebirgs- und Bodenarten auf den Feld- und Waldbau. Allgem. Forst- und Jagdzeitung, 18-20, Sauerlaender, Frankfurt am Mein.
- BERNADZI E. 1958: Charakterystyka siedlisk leśnych w Sudetach. Sylwan, 102: 50-62.
- BOGDA A. 1981: Skład mineralny i niektóre właściwości gleb brunatnych wytworzonych z granitoidów sudeckich. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rozprawy, 26: ss. 98.
- BORKOWSKI J. 1966: Gleby brunatne Sudetów. Probl. Zagosp. Ziemi Górskich 12: 29-93.
- BORKOWSKI J., BRALEWSKI D., PARADOWSKI A. & SZMIT T. 1993: Skład i właściwości gleb Karkonoskiego Parku Narodowego. Geokol. Probl. Karkonoszy, Wyd. UW, Wrocław: 125-130.
- BORKOWSKI J., SZERSZEŃ L. & KOCOWICZ A. 2005: Gleby Karkonoszy. W: MIERZEJEWSKI M. P. (red), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wyd. UW, Wrocław: 353-379.
- DROZD J., LICZAR S.E. & LICZAR M. 1993: Formy próchnicy w pionowych strefach klimatyczno – glebowych Karkonoszy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 411: 149-156.
- DROZD J., LICZAR M., WEBER J., LICZAR S. E., JAMROZ E., DRADRACH A., MASTALSKA-CETERA B. & ZAWERNY T. 1998: Degradacja gleb w niszczonej ekosystemach Karkonoszy i możliwości jej zapobiegania. PTSH, Wrocław, ss. 125.
- DUMANOWSKI B. 1961: Cover deposits of the Karkonosze Mountains. Zesz. Nauk. UW, Nauka o Ziemi 5: 31-55.
- DÜCKER A. 1937: Über Strukturböden im Riesengebirge. Ein Beitrag zum Bodenfrost- und Lößproblem. Zeitschr. der Deutschen Geolog. Gesellsch. 89: 113-129.
- ELSMER M. 1837: Flora von Hirschberg und dem angrenzenden Riesengebirge. Aderholz, Breslau, ss. 210.
- GELLERT J. F. & SCHÜLLER A. 1930: Eiszeitböden im Riesengebirge. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 81: 444-449.
- GLÓWICKI B. 2005. Klimat Karkonoszy. W: MIERZEJEWSKI M. P. (red), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wyd. UW, Wrocław: 381-398.
- HOSER J. K. E. 1807: Das Riesengebirge in einer Statistisch-Topographischen und Pittoresken Übersicht. Verlag Joseph Geistinger, Wien, Baden, Triest, ss. 142.
- IUSS. 2006: World Reference Base for Soil Resources 2006. 2nd edition, World Soil Resources Reports 103, FAO, Rome, ss. 122.
- JAHN A. 1963: Gleby strukturalne Czarnego Grzbietu i problem utworów pylastych w Karkonoszach. Acta Univ. Wratislav. 9: 55-65.
- JAHN A. 1968: Peryglacialne pokrywy stokowe Karkonoszy i Gór Izerskich. Opera Corcontica 5: 9-25.
- KABAŁA C. 1995: Glin wymienny i odczyn gleb Gór Izerskich na obszarze kłęski ekologicznej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 361-368.
- KABAŁA C. 2011: Gleby Karkonoszy – historia i stan poznania oraz przyszłe wyzwania badawcze. W: KNAPIK R., PRZEWOŹNIK L. & RAJ A. (red.), 50 lat badań naukowych w Karkonoskim Parku Narodowym. Jelenia Góra: 105-126.
- KABAŁA C., BOGACZ A., WAROSZEWSKI J. & OCHYRA S. 2008: Wpływ pokryw stokowych na morfologię i właściwości bielic subalpejskiego piętra Karkonoszy. Roczn. Gleb. 49, 1: 90-99.
- KABAŁA C., WAROSZEWSKI J., BOGACZ A., ŁABAZ B. 2012: O specyfice bielic górskich. Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual 63, 2: 55-64.
- KARCZEWSKA A., BOGACZ A., KABAŁA C., SZÓPKA K. & DUSZYŃSKA D. 2006: Methodology of soil monitoring in a forested zone of the Karkonosze National Park with reference to the diversity of soil properties. Pol. J. Soil Sci. 39, 2: 117-129.
- KOCOWICZ A. 1998a: Zawartość fosforu w glebach Karkonoskiego Parku Narodowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 464: 231-239.
- KOCOWICZ A. 1998b: Stan zakwaszenia gleb na tle wysokości ich występowania i sposobu użytkowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456: 299-304.
- KOWALIŃSKI S. 1969: Interdependence between micromorphological and chemical properties in some zonal soils of the Karkonosze Mountains (Poland). Geoderma 3: 89-115.
- KŘÍŽEK M., TREML V., ENGEL Z. 2010: Czy najwyższe partie Sudetów powyżej górnej granicy lasu są domeną periglacialną? Czasopismo Geograficzne 81: 75-102.
- ŁASKOWSKI S. 1978: Skład frakcyjny połączeń próchnicznych niektórych kategorii gleb górskich Sudetów. Roczn. Gleb. 24: 57-101.

- LICZNAR S. E., MASTALSKA-CETERA B., LICZNAR M. 1998: Wpływ zbiorowisk roślinnych kosodrzewiny i kostrzewy niskiej na właściwości i skład frakcyjny związków próchnicznych biellic Karkonoskiego Parku Narodowego. *Geoekol. probl. Karkonoszy*. Acarus, Poznań: 217-223.
- LUKEŠOVÁ A., KOCIÁNOVÁ M., VAŇA J., ŠTURSOVÁ H., ELSTER J., HARČARIK J., HALDA J., KOCOURKOVÁ J., JANKOVSKÁ V. 2010: Vyvažované pôdy tundry Krkonoš a Abisko Mts – předběžná srovnávací studie. *Opera Corcontica* 47: 55–82
- MIGOŃ P. 2005: Karkonosze – rozwój rzeźby terenu. W: MIERZEJEWSKI M. P. (red), *Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek*. Wyd. UW, Wrocław: 323-351.
- SKIBA S. 1995: Ocena wpływu emisji przemysłowych na gleby Karkonoszy. *Probl. ekol. wysokogórskiej części Karkonoszy*, IE PAN, Dziekanów Leśny: 97-111.
- SZERSZEŃ L. 1974: Wpływ czynników bioklimatycznych na procesy zachodzące w glebach Sudetów i Spitsbergenu. *Rocz. Gleb.* 25: 53-99.
- SZOPKA K., KARCZEWSKA A., JEZIERSKI P., KABAŁA C. 2013: Spatial distribution of lead in the surface layers of mountain forest soils, an example from the Karkonosze National Park, Poland. *Geoderma* 192: 259-268
- SZOPKA K., KARCZEWSKA A., KABAŁA C. 2011: Mercury accumulation in the surface layers of mountain soils: A case study from the Karkonosze Mountains, Poland. *Chemosphere* 83, 11: 1507–1512.
- SYSTEMATYKA GLEB POLSKI. 2011: *Roczniki Gleboznawcze*, 62, 3: 1-193.
- SZOPKA K., KABAŁA C., KARCZEWSKA A., BOGACZ A., JEZIERSKI P. 2010. Pools of available nutrients in soils from different altitudinal forest zones located in a monitoring system of the Karkonosze Mountains National Park, Poland. *Polish Journal of Soil Science*, 43, 2: 173-188.
- TOŁPA S. 1949: Torfowiska Karkonoszy i Gór Izerskich, *Rocz. Nauk Rolniczych* 1: 4-52.
- TOMASZEWSKI J., BORKOWSKI J. & SZERSZEŃ L. 1963: Pokrywa glebowa Kotliny Jeleniogórskiej. *Probl. Zagosp. Ziem Górskich* 5: 3-33.
- TRACZYK A. 1992: Formy współczesnego sortowania mrozowego w Karkonoszach i klimatyczne uwarunkowania ich rozwoju. *Czasopismo Geograficzne* 63: 351-359.
- TRACZYK A. 1996: Geneza i znaczenie stratygraficzne rytmicznie warstwowanych osadów stokowych. *Acta Universit. Wratislav.* 1808, *Prace Instytutu Geografii* A8: 93-104.
- TRACZYK A. 2009: Złodowacenie Śnieżnych Kotłów w Karkonoszach Zachodnich w świetle analizy morfometrycznej oraz GIS. *Opera Corcontica* 46: 41-56.
- WALCZAK W. 1948: Gleby strukturalne w Karkonoszach. *Przegląd Geograficzny* 21: 227-241.
- WAROSZEWSKI J., KABAŁA C., TURSKA A. 2010: Specyficzne właściwości gleb Kowarskiego Grzbietu w Karkonoszach. *Opera Corcontica*, 47, Supplement 1: 47-56.
- WAROSZEWSKI J., KALIŃSKI K., MALKIEWICZ M., GAŚIOREK 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* 103: 1-11.
- WEBER J., GARCIA-GONZALES T. & DRADRACH A. 1998: Skład mineralogiczny biellic wytworzonych z granitów w karkonoskim piętrze subalpejskim w rejonie występowania kłęski ekologicznej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 464: 251-259.

Dane adresowe autorów:

**Cezary Kabała**  
cezary.kabala@up.wroc.pl

**Adam Bogacz**  
adam.bogacz@up.wroc.pl,

**Beata Łabaz**  
beata.labaz@up.wroc.pl,

**Katarzyna Szopka**  
katarzyna.szopka@up.wroc.pl,

**Jarosław Waroszewski**  
jaroslaw.waroszewski@up.wroc.pl

Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław