

PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE GLEB I SIEDLISK PARKU NARODOWEGO GÓR STOŁOWYCH

SPATIAL VARIABILITY OF SOILS AND HABITATS IN THE STOŁOWE MOUNTAINS NATIONAL PARK

C. KABAŁA¹, T. CHODAK², A. BOGACZ³, B. ŁABAZ⁴, P. JEZERSKI⁵, B. GAŁKA⁶,
J. KASZUBKIEWICZ⁷, B. GLINA⁸

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

e-mail: ¹cezary.kabala@up.wroc.pl, ²tadeusz.chodak@up.wroc.pl, ³adam.bogacz@up.wroc.pl, ⁴beata.labaz@up.wroc.pl,
⁵pawel.jezierski@up.wroc.pl, ⁶bernard.galka@up.wroc.pl, ⁷jaroslaw.kaszubkiewicz@up.wroc.pl, ⁸bartekglina@gmail.com

Słowa kluczowe: MAPA GLEB, UZIARNIENIE GLEB, ŻYŻNOŚĆ, KWASOWOŚĆ GLEB, ZASOBY WĘGLA ORGANICZNEGO, ZANIECZYSZCZENIE GLEB, MONITORING, SIEDLISKA LEŚNE

Keywords: SOIL MAP, SOIL TEXTURE, FERTILITY, SOIL ACIDITY, ORGANIC CARBON POOLS, SOIL CONTAMINATION, MONITORING, FOREST HABITATS

STRESZCZENIE:

W ramach grantu badawczego "Geoekologiczne warunki środowiska przyrodniczego Parku Narodowego Gór Stołowych" przeprowadzono rozpoznanie struktury pokrywy glebowej w Górach Stołowych z uwzględnieniem aktualnego stanu wiedzy geologicznej i siedliskowej. Na tej podstawie wykonano cyfrową szczegółową mapę gleb Gór Stołowych, uwzględniającą najnowsze wersje Klasyfikacji Uziarnienia Gleb (2006), Systematyki Gleb Polski (2011) oraz międzynarodowej klasyfikacji gleb FAO-WRB (2006/2007). W celu integracji danych, wydzielenia glebowe wrysowano w siatkę pododdziałów wyodrębnianych w strukturze gospodarczej parku narodowego. Na mapie wyróżniono nie wykazywane dotychczas gleby płowe, które zajmują duże obszary w centralnej części PNGS, a także wilgotnych stagnobielic. Przeprowadzone badania pozwoliły określić rolę warstwowanych pokryw stokowych na morfologię i właściwości bielicy wytworzonych ze zwietrzelin piaskowców. Wpływ warstwowania pokryw na innych podłożach geologicznych okazał się zdecydowanie mniejszy. Przeprowadzona weryfikacja zgodności gleb i siedlisk wykazała lokalne zgeneralizowanie danych siedliskowych w pododdziałach leśnych wyznaczonych na progach morfologicznych. W ramach grantu przeprowadzono również pierwszą serię badań właściwości fizykochemicznych, zasobności i zanieczyszczenia gleb na 402 stałych kołowych powierzchniach monitoringowych. Badania te pozwoliły na statystyczne opracowanie i graficzne przedstawienie przestrzennych zależności między budową geologiczną a właściwościami i żyznością gleb i siedlisk w Górach Stołowych, określenie zasobów materii organicznej w glebach PNGS, a także wpływu przebudowy drzewostanów na zmiany zasobów węgla. Najwyższe stężenia ołowiu stwierdzono w ściółkach leśnych na wierzchołku Skalniaka, którego masyw okazał się poważną barierą orograficzną zatrzymującą zanieczyszczone masy powietrza.

ABSTRACT:

The research grant "Geo-ecological conditions of the environment in the Stołowe Mountains National Park" enabled a new diagnosis of the soil cover structure in the mountains, in line with the present state of geological and ecological knowledge. On this basis, a detailed digital soil map was performed, taking into account the latest versions of the soil texture classification (2006), Polish Soil Taxonomy (2011) and international soil classification FAO-WRB (2006/2007). In order to integrate data, contours of soil units were drawn within the forest spatial sub-units (allotments) distinguished in the territorial structure of the national park. New soil units - Luvisols, Albeluvisols, and moist Stagnic Podzols, not distinguished before, were drawn on the soil map on larger areas in the central part of the SMNP. The research allowed to determine the role of stratified slope covers on the morphology and properties of Podzols developed from sandstone. The effect of cover stratification on other geological substrates proved to be significantly smaller. A verification of soil and forest habitat consistency showed general compatibility of the data, with some overall generalization of forest habitats in the allotments on steep morphological edges (above and on sandstone cliffs). The project allowed also a recognition of spatial variability of soil environment, including physicochemical properties, fertility and contamination of soils based on 402 permanent circle monitoring sites. These studies provided data for statistical analysis and graphical visualization of the spatial relationships between geology (distribution of parent rocks) and the characteristics and fertility of soils and habitats in the Stołowe Mountains, of the stocks of organic matter in soils, and the impact of forest stand reconstruction on carbon stocks changes. The highest concentrations of lead were found in the forest litter on the plateau of Skalniak massif, which turned out to be a major orographic barrier retaining polluted air masses. Other areas

Pozostałe obszary parku narodowego zawierają niskie lub bardzo niskie ilości pierwiastków śladowych. Na podstawie przeprowadzonych badań, i z uwzględnieniem uwarunkowań środowiskowych oraz planów gospodarczych można prognozować, że w glebach Gór Stołowych nie będzie zwiększać się w najbliższej dekadzie zakwaszenie oraz zanieczyszczenie metali ciężkimi, natomiast mogą zmaleć zasoby glebowej materii organicznej.

WPROWADZENIE

Gleby przejmują wiele podstawowych właściwości od skał - utworów macierzystych z których powstają, ale budowa geologiczna jest tylko jednym z czynników glebotwórczych, obok morfologii terenu, klimatu, wpływu organizmów żywych – zarówno roślin, zwierząt, jak i ludzi. Od nasilenia i wzajemnego oddziaływania poszczególnych czynników glebotwórczych zależy, jaką morfologię, właściwości i żyzność posiada gleba w danym miejscu i czasie. Gleby tworzą się i przeobrażają pod wpływem poszczególnych elementów środowiska, ale mogą też na nie oddziaływać (na przykład na skład drzewostanów i runi łąkowej, na jakość wód powierzchniowych i podziemnych, na klimat lokalny itp.) tworząc rodzaj środowiskowego sprzężenia zwrotnego. Pokrywa glebowa jest więc zwornikiem który łączy nieożywione komponenty przyrody z elementamiżywionymi - nieodłącznym komponentem niemal każdego ekosystemu lądowego.

Gleby wypełniają szereg funkcji przyrodniczych i gospodarczych. Na pierwszym miejscu na ogół wymienia się funkcję produkcyjną, w której gleba jest podłożem dla uprawy roślin konsumpcyjnych, paszowych i przemysłowych, albo dla plantacji leśnych. Gleba zawiera określoną rezerwę makro- i mikrośladników (w formach mineralnych i organicznych), które wykorzystywane są przez rośliny. Posiada także zdolności magazynowania wody niezbędnej dla wszystkich organizmów. Nie mniej istotne są hydrologiczne funkcje gleb, szczególnie na obszarach górskich, gdzie zdolności retencyjne gleb regulują przepływ wody na stokach, w rzekach, mogą zapobiegać powodziom i tworzyć rezerwuuar wód pitnych. W glebach górskich następuje też transformacja wody opadowej w wodę gruntową wzbogacaną w składniki mineralne. Gleby spełniają też funkcję sanitarną, która polega na zatrzymywaniu i czasowym lub trwałym wiązaniu zanieczyszczeń w postaci niedostępnej dla roślin, albo hamowaniu (buforowaniu) niekorzystnych dla środowiska reakcji chemicznych – na przykład zakwaszenia albo alkalizacji. Funkcję taką gleba może wypełniać dzięki dużym zdolnościom sorpcyjnym i buforowym minerałów ilastych oraz substancji humusowych. Podkreślić ponadto należy przyrodnicze funkcje gleb. Gleba jest bowiem siedliskiem mikro- i makroorganizmów, które z jednej strony korzystają z zasobności gleby, ale równocześnie są motorem wszystkich procesów biochemicznych, na przykład wietrzenia skał i minerałów, rozkładu materii organicznej, obiegu węgla, azotu, siarki, fosforu itp. Gleba stale podlega transformacji, a wraz z nią zmienia się ekosystem, którego jest podłożem. Gleba jest więc bazą bioróżnorodności środowiska. Gleba, w której procesy fizykochemiczne i biologiczne przebiegają

of the national park contain low amounts of trace elements. Based on the survey, and taking into account environmental considerations and economic plans, it is predicted that in the soils of the Stołowe Mountains will not increase acidification and heavy metal contamination in the next decade, but the soil organic matter stock can decrease.

w sposób naturalny, jest tak samo cennym zasobem przyrodniczym, jak unikalne zbiorowisko roślin – i tak samo zasługuje na ochronę. Realizując zasady zrównoważonej gospodarki rolniczej lub leśnej trzeba w pierwszej kolejności wyeliminować czynniki antropogeniczne, które prowadzą do fizycznej destrukcji pokrywy glebowej, albo osłabiają regulacyjne właściwości gleb.

Do czasu powstania parku narodowego, Góry Stołowe i otaczające je obszary w Kotlinie Kłodzkiej były rzadko eksplorowane przez gleboznawców, toteż posiadały ubogą dokumentację gleboznawczą, na którą składały się charakterystyki pojedynczych profili, albo analizy wybranych właściwości gleb. Przeglądowe mapy gleb Polski przedstawiały zróżnicowanie pokrywy glebowej tego obszaru w zbyt dużym uproszczeniu, a niekiedy z istotnymi błędami. Utworzenie Parku Narodowego Gór Stołowych dało impuls dla badań gleboznawczo-kartograficznych, które zaowocowały nowymi publikacjami dotyczącymi m. in. ogólnych cech struktury pokrywy glebowej Gór Stołowych, charakterystyk poszczególnych typów gleb, w tym gleb bielcowych i gleb organicznych, składu mineralogicznego oraz stopnia zanieczyszczenia gleb. Przegląd dotychczas prowadzonych prac gleboznawczych zamieszczony został w pierwszych opracowaniach monograficznych [Kabała, Szerszeń, Wicik 2002; Kabała, Chodak, Szerszeń 2008]. Zgromadzona dotąd wiedza tworzy wyjściową bazę dla studiów nad środowiskiem przyrodniczym Gór Stołowych i dla planowania gospodarki leśnej, zagospodarowania gruntów porolnych, ochrony zasobów wodnych itp. Prowadzone w poprzednich latach wstępne badania dostarczyły tylko fragmentarycznego obrazu i nie wyjaśniły wielu obserwowanych zjawisk. Nową próbą scalenia i upowszechnienia wiedzy o środowisku glebowym, jego funkcjonowaniu oraz wpływie na jakość i produktywność siedlisk w Górach Stołowych był grant rozwojowy „Geoekologiczne warunki środowiska przyrodniczego Parku Narodowego Gór Stołowych” realizowany w latach 2008-2011 przez interdyscyplinarny zespół naukowy pod kierownictwem prof. Tadeusza Chodaka.

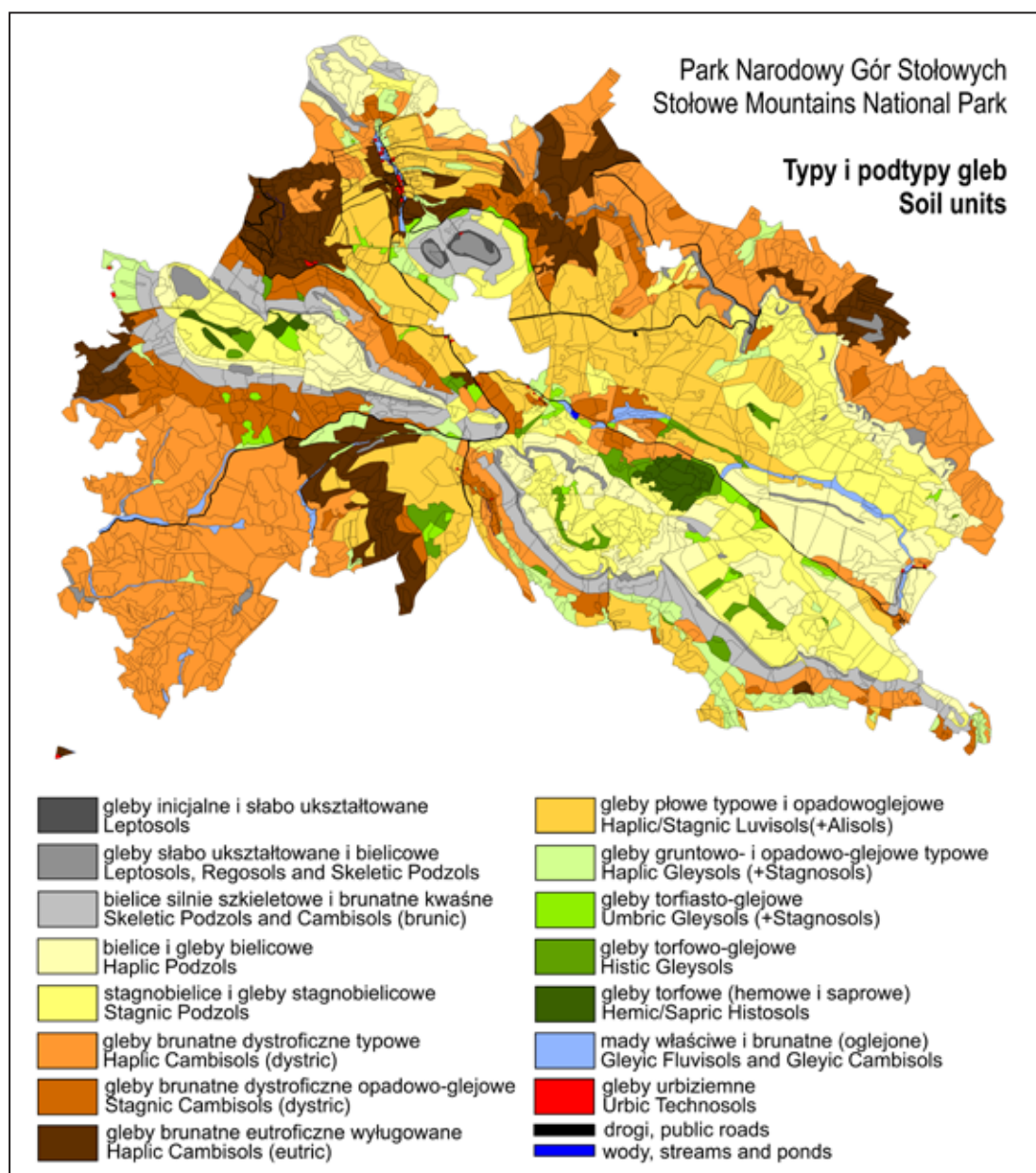
WŁAŚCIWOŚCI GLEB I PRZESTRZENNA STRUKTURA POKRYWY GLEBOWEJ

Najważniejszym czynnikiem środowiskowym decydującym w lokalnej skali Gór Stołowych o składzie chemicznym oraz uziarnieniu gleb jest budowa geologiczna. Jednak stopień wykształcenia i głębokość profilu glebowego w największym stopniu zależą od pozycji w krajobrazie i lokalnej rzeźby terenu, które decydują o intensywności zjawisk erozji i akumulacji zwietrzelin skalnych. Z ukształtowaniem

terenu powiązane są też czynniki mikroklimatyczne oraz hydrologiczne. W analizie przestrzennej struktury pokrywy glebowej na obszarze Gór Stołowych priorytet najczęściej przypisywany jest budowie geologicznej, ale obydwa czynniki - budowa geologiczna i rzeźba terenu mają w Górach Stołowych równorzędne znaczenie. Pod względem geochemicznym, na obszarze PNGS można zatem wyróżnić odrębne płaty gleb wytworzonych ze zwietrzelin granitoidów, piaskowców oraz margli/mułowców (ryc. 1). Zróżnicowanie rzeźby powoduje jednak, że w każdym z tych płatów reprezentowane są wszystkie stadia rozwojowe gleb – od gleb inicjalnych po głębokie gleby z dobrze ukształtowanymi poziomami genetycznymi w profilu glebowym. Pokrywa glebowa na obszarze Gór Stołowych ma więc układ pasowo-wyspowy, który jest skutkiem działających w przeszłości i współcześnie procesów nierównomiernego wypiętrzania albo obniżania fragmentów masywu skalnego i lokalnego

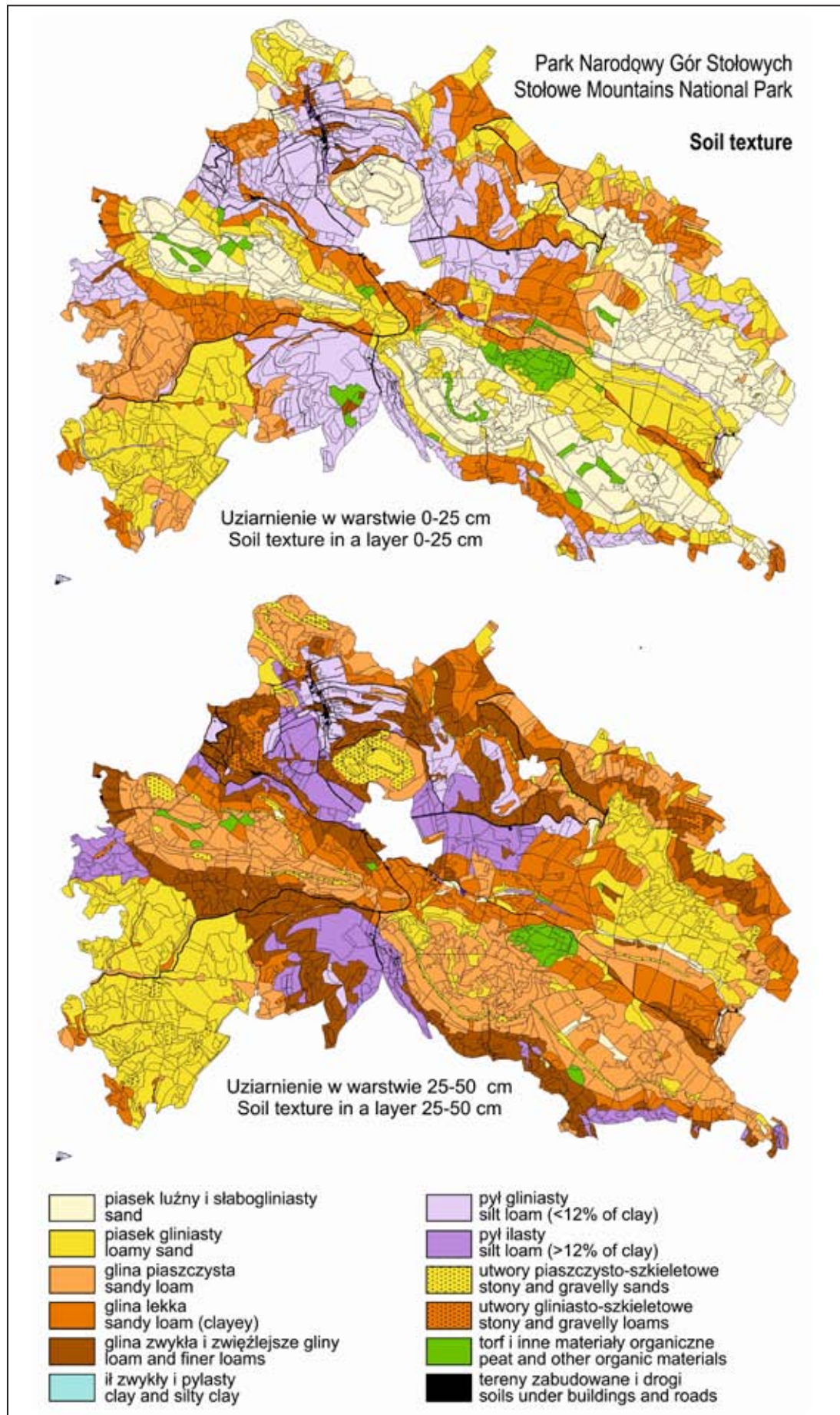
albo selektywnego niszczenia pokryw skalnych. Procesy te odsłoniły w południowej części Gór Stołowych masyw skał granitowych spod osłony osadów kredowych oraz - w centralnej części PNGS - szeroki pas margli/mułowców spod najmłodszej pokrywy górnokredowych piaskowców.

Wbrew potocznym opiniom, w Górach Stołowych dominują gleby głębokie i bardzo głębokie, o miąższości profilu ponad 100 (150) cm, których udział przekracza 48%. Gleby średniogłębokie, o miąższości 50-100 cm zajmują dalsze 41% powierzchni PNGS, natomiast gleby płytkie i bardzo płytkie występują na zaledwie 11% powierzchni. Ostatnie badania pokazały, że udział gleb głębokich jest prawdopodobnie jeszcze większy i może dochodzić do 60%. Ocenę głębokości profilu glebowego prowadzoną za pomocą świrdrów ręcznych utrudnia silna szkieletowość zwietrzelin. Dopiero wykonanie pełnowymiarowych odkrywek pozwala określić właściwą miąższość zwietrzliny i pionowy zasięg



Ryc. 1. Mapa gleb Parku Narodowego Gór Stołowych.

Fig. 1. Soil map of the Stołowe Mountains National Park.



Ryc. 2. Skład granulometryczny gleb PNGS – głębokościowe zróżnicowanie uziarnienia.

Fig. 2. Texture of soils in the SMNP – diversity with depth in soil prof

korzeni drzew. Największe przestrzenne zróżnicowanie miąższości gleb występuje na obszarach wychodni skał piaszczystych, gdzie gleby bardzo płytkie lub skałki pozbawione pokrywy zwietrzelinowej sąsiadują z glebami głębokimi i bardzo głębokimi w szczelinach między skałami albo w stożkach napływowych u wylotu szczelin. Zatem nawet na fragmentach terenu zdominowanych przez wychodnie skalne i gleby inicjalne (jak na wierzchołku Szczelińca Wielkiego i Małego, na obszarze Błędnych Skał, Skalnych Grzybów, na Narożniku, na progu Radkowa itd.), drzewa znajdują warunki dla ukorzenienia i wzrostu w rozproszonych glebach o większej miąższości. Gleby średniogłębokie dominują w środkowych i górnych partiach stoków oraz w przykrawędziowych strefach wierzchołków, najczęściej na podłożu marglistym/mułowcowym. Gleby głębokie i bardzo głębokie występują z jednakową częstością na wszystkich podłożach geologicznych. Dominują na rozległych zrównaniach w środkowej części PNGS od Pasterki po Batorów, ale też na granitowych wzniesieniach w południowej części PNGS oraz u podnóża Progu Radkowa (na utworach perm-

skich) w północnej części masywu. Dużą miąższością profilu (ponad 150 cm) charakteryzują się też gleby wytworzone z osadów koluwalnych i aluwialnych zdeponowanych w stożkach napływowych (na przykład w Progu Radkowa) lub dolinach niektórych potoków (szczególnie Czerwonej Wody, Kudowskiego Potoku i Dańczówki).

Uziarnienie gleb ściśle koreluje na terenie PNGS z rodzajem skały macierzystej, ale różnorodne procesy morfologiczne doprowadziły do powstania serii pokryw stokowych o lokalnie mocno zróżnicowanej litologii. W trakcie prac terenowych stwierdzono występowanie kilkunastu gatunków gleb, a jeśli wziąć pod uwagę zmienność w profilu glebowym, liczba odmian uziarnienia gleb na terenie PNGS przekracza 40 (tab. 2). Nazewnictwo grup granulometrycznych w niniejszym opracowaniu i na mapach podawane jest zgodnie z najnowszą klasyfikacją uziarnienia gleb PTG [2009]. Gleby wytworzone z granitoidów posiadają zazwyczaj uziarnienie piasków gliniastych lub glin piaszczystych. W zachodniej części masywu granitowego gleby są nieco bardziej zwięzłe i pylaste (ryc. 2). Wraz

Tabela 1. Struktura pokrywy glebowej Parku Narodowego Gór Stołowych - typy i podtypy gleb (kursywą podano odpowiedniki grup gleb w klasyfikacji międzynarodowej FAO-WRB)

Table 1. Soil cover structure in the Stołowe Mountains National Park – soil types and subtypes (equivalent soil groups of an international classification FAO-WRB are given in italics).

Dominujący typ i podtyp gleby Dominant soil group	Gleby towarzyszące Associate soil groups	Powierzchnia Area [ha]	Udział Percentage [%]
Gleby inicjalne <i>Lithic Leptosols</i>	Gleby słabo ukształtowane <i>Haplic/Folic Leptosols</i>	8,8	0,14
Gleby słabo ukształtowane <i>Haplic/Hyperskeletal Leptosols</i>	Bielice właściwe <i>Albic Podzols</i> Stagnobielice <i>Stagnic Albic Podzols</i> Gleby brunatne dystroficzne <i>Dystric Cambisols</i>	243,5	3,85
Bielice i gleby bielcowe właściwe <i>Albic/Haplic Podzols</i>	Stagnobielice <i>Stagnic/Histic Albic Podzols</i>	1593,0	25,17
Kompleks szkieletowych gleb bielcowych i brunatnych kwaśnych <i>Stagnic Albic Podzols (Skeletal)</i> + <i>Stagnic Cambisols (Skeletal, Dystric)</i>	Gleby opadowo-glejowe <i>Folic Stagnosols</i>	295,5	4,67
Gleby brunatne dystroficzne typowe <i>Haplic Cambisols (Skeletal, Dystric)</i>	Gleby brunatne dystroficzne zbielicowane <i>Folic Cambisols (Skeletal, Dystric)</i>	1630,0	25,75
Gleby brunatne dystroficzne opadowo-glejowe <i>Stagnic Cambisols (Dystric)</i>	Gleby płowe opadowo-glejowe <i>Stagnic Luvisols</i>	435,0	6,87
Gleby brunatne eutroficzne wylugowane <i>Haplic Cambisols (Eutric)</i>	-	578,0	9,13
Gleby płowe opadowo-glejowe <i>Stagnic Luvisols</i>	Gleby płowe zaciekowe <i>Stagnic Albeluvisols</i> Gleby płowe typowe <i>Cutanic Luvisols</i> Gleby płowe zbielicowane <i>Albic Luvisols</i>	951,5	15,0
Gleby glejowe i opadowo-glejowe typowe <i>Haplic Gleysols + Haplic Stagnosols</i>	Gleby torfiasto-glejowe <i>Mollic Gleysols (Humic)</i>	309,0	4,87
Gleby torfowe <i>Histosols</i>	Gleby torfowo-glejowe <i>Histic Gleysols</i>	158,2	2,50
Mady właściwe i brunatne <i>Gleyic Fluvisols + Gleyic Cambisols</i>	Gleby torfiasto-glejowe <i>Mollic Gleysols (Humic)</i>	66,4	1,05
Gleby antropogeniczne (urbiziemne) <i>Urbic Technosols</i>	Gleby pod drogami Ekranic Technosols	56,6	0,89

z głębokością rośnie w tych glebach zawartość zwirowatego szkieletu, który stopniowo przechodzi w zwietrzelinę zwirowo-kamienistą. Gleby wytworzone z piaskowców mają na ogół uziarnienie piasku słabogliniastego (rzadziej luźnego lub gliniastego) o dość stałej proporcji piasków gruboziarnistych do średnioziarnistych i drobnoziarnistych. W rozpadlinach skalnych oraz na stokach stromych, silnie kamienistych, profile gleb uformowane są w młodej pokrywie wietrzeniowej o piaskowym uziarnieniu w całym profilu. Na powierzchniach słabo nachylonych lub płaskich, pod warstwą piaszczystą (o grubości 20-40 cm) występuje warstwa wyraźnie zwięźlejsza, o uziarnieniu piasku gliniastego lub - najczęściej - gliny piaszczystej. Przewaga gliniastego uziarnienia środkowej części profili glebowych jest wyraźnie widoczna na mapach glebowych (**ryc. 2**). Głębsze partie gleb na powrót mają uziarnienie piasków luźnych lub słabogliniastych. Wydaje się, że wśród gleb wytworzonych z piaskowców turonu górnego częściej występuje uziarnienie piaskowe w całym profilu, natomiast w glebach wytworzonych z piaskowców turonu środkowego niemal regułą jest dwudzielne (piaskowo-gliniaste) uziarnienie profilu.

Zwietrzliny mułowców (margli) tworzą najbardziej zwięzłe i nieprzepuszczalne gleby o uziarnieniu pyłowo-gliniastym. Powierzchniowa warstwa tych gleb ma bardzo często uziarnienie pyłu gliniastego, który z głębokością przechodzi w pył ilasty albo glinę zwykłą (**ryc. 2**). Płytsze gleby wytworzone z mułowców mają gliniasto-kamieniste uziarnienie w całym profilu. Specyficzne uziarnienie mają gleby, występujące na stokach poniżej wychodni lub ścian piaskowców. Gleby te wytworzone są ze zwietrzliny mułowców, a więc ich skład granulometryczny jest gliniasto-pyłowy, ale odgórnie zasypane są one zwietrzeliną piaskowców, która tworzy warstwę piaszczysto-gruzową na powierzchni tych gleb i wzbogaca w szkielet piaskowcowy głębiej leżącą zwietrzelinę mułowców.

Na obszarze Parku Narodowego Gór Stołowych stwierdzono występowanie gleb należących do niemal wszystkich rzędów według najnowszej Systematyki Gleb Polski [2011].

GLEBY INICJALNE oraz **GLEBY SŁABO UKSZTAŁTOWANE** reprezentują początkową fazę formowania profilu glebowego. Są to gleby stale niszczone („odmładzane”) przez procesy erozyjne i w Górach Stołowych występują tylko na niewielkich i izolowanych powierzchniach w obrębie wychodni skalnych oraz w wyższych partiach urwistych stoków. Gleby te na ogół występują w kompleksach z glebami lepiej ukształtowanymi i o większej miąższości, dlatego trudno jest oszacować ich udział w pokrywie glebowej PNGS. Gleby inicjalne bezwzględnie dominują na powierzchni około 9 ha, co stanowi zaledwie 0,14% obszaru PNGS. Z kolei dominacja gleb słabo ukształtowanych (rankerów), ale w kompleksach z glebami bielcowymi lub brunatnymi, została wykartowana na ok. 244 hektarach, to jest 3,85% obszaru PNGS (**tab. 1**).

Gleby inicjalne oraz rankery wytworzone z granitoidów o budowie profilu O-AC-R i O-A-BC-R występują na wschodnich stokach Kruczej Kopy i na izolowanych małych powierzchniach w innych częściach masywu granitowego. Buduje je kwaśna zwietrzlina o uziarnieniu piasku gliniastego, bardzo silnie szkieletowa („kaszowata”), o miąższości od 10 do 50 cm. Rankery „granitowe” o głębokości profilu ponad 20 cm zawsze wykazują cechy zbrunatnienia (SQbr).

Gleby inicjalne i słabo ukształtowane (rankery) z górnokredowych piaskowców występują w strefach krawędziowych i w labiryntach Szczelińca Małego i Wielkiego, Błędnych Skał, Skalniaka, Narożnika, progu Batorowa i Radkowa, Dziczego Grzbietu oraz Białych Skał (**ryc. 1**). Gleby inicjalne mają luźną zwietrzelinę o miąższości kilku centymetrów na podłożu skalnym, na ogół silnie próchniczną (**fol. 1**). W szczelinach i załomach skalnych występują gleby o szkieletowości ponad 60% (nierzadko nawet >90%) i miąższości najczęściej 30-40 cm, ale sięgającej 100 i więcej centymetrów (**fol. 2**). Gleby te posiadają uziarnienie (w częściach ziemistych) piasków luźnych lub słabogliniastych, odczyn kwaśny i silnie kwaśny, szczególnie w warstwie powierzchniowej (pH_{KCl} 2.8-3.0 w poziomie AE). Rankery wytworzone ze skał piaskowcowych z reguły mają cechy zbielicowania



Fot. 1. Bujna roślinność na próchnicznych glebach inicjalnych na Skalnych Grzybach.

Photo 1. Rich vegetation on humus initial soils (Leptosols) on sandstone rocks. (Fot. C. Kabała)

(SQbi). Występują najczęściej w kompleksach z glebami bielcowymi tworzącymi się w szczelinach między blokami piaskowca. Cechą charakterystyczną tych gleb jest obecność grubej warstwy materii organicznej (nawet ponad 20 cm), słabo rozłożonej, często storfiałej lub zmurszałej. Gleby takie należą do biellic (LBt) lub stagnobielic (LBog), ale niekiedy spełniają kryteria gleb organicznych ściółkowych (OSt).

Na niewielkich powierzchniach na urwistych północnych stokach progów Radkowa, a także na północnym stoku Rogowej Kopy występują rankery wytworzone z górnokredowych mułowców/margli, charakteryzujące się małą miąższością (20-50 cm), silną szkieletowością, oraz - w odróżnieniu od rankerów wytworzonych z innych skał macierzystych - zwięzłym, kamienisto-gliniastym lub kamienisto-pyłowym uziarnieniem. Rankery te wykazują oznaki zbrunatnienia (SQbr) i występują w kompleksach z glebami brunatnymi. Rankery brunatne na maglach (szczególnie na Rogowej Kopie) odróżniają się też odczynem zbliżonym do obojętnego i wysoką zasobnością w wapń i inne kationy zasadowe.

W międzynarodowej klasyfikacji gleb FAO-WRB (IUSS 2006) gleby inicjalne skaliste zaliczane są do leptosoli, najczęściej do Lithic Leptosols. Silnie szkieletowe, płytkie rankery odpowiadają Haplic (lub) Hyperskeletal Leptosols. Rankery brunatne przeważnie spełniają kryteria dla Cambic Leptosols, a rankery bielcowane - wymagania dla Leptic Podzols. Ściółkowe gleby organiczne w szczelinach między głazami zaliczane są do Hyperskeletal Histosols.



Fot. 2. Głębokie gleby w szczelinach między skałami piaskowca lub na stożkach napływowych u wylotu szczelin.

Photo 2. Deep soils in crevices on sandstone rocks and in accumulation cones at crevice mouth. (Fot. C. Kabala)

GLEBY BRUNATNOZIEMNE na obszarze Gór Stołowych wytworzyły się ze wszystkich rodzajów występujących tu skał macierzystych i posiadają całe spektrum właściwości fizykochemicznych. W profilach tych gleb występuje sekwencja poziomów genetycznych: Olf-A-Bw-BC-C(R), przy czym stopień rozwoju i miąższość poszczególnych poziomów zależy od szeregu lokalnych czynników.

Gleby brunatne eutroficzne (dawniej zwane brunatnymi właściwymi), najczęściej w podtypie wylugowanym (BEwy) zajmują około 9% powierzchni PNGS. Są to najżyźniejsze gleby na obszarze Gór Stołowych. Występują na stokach Rogowej Kopy, w rejonie Pstrężnej, Ostrej Góry, Pasterki a także na fragmentach progów Radkowa. Gleby te wytworzyły się z margli/mułowców, po których dziedziczą zwięzłe uziarnienie - najczęściej pyłów lub glin zwykłych, z wyraźnie wysoką zawartością frakcji pyłowej. Mimo położenia na stokach o dużym nachyleniu są to gleby głębokie, ale silnie lub bardzo silnie szkieletowe w całym profilu, za to w bardzo małym stopniu pokryte głazami na powierzchni. W szkielecie występują płytkowe odłamki margli (fot. 3a). Odczyn tych gleb jest obojętny lub słabo kwaśny, przy czym pH rośnie w głąb profilu, aż do pH_{H_2O} 6,4-7,4 na głębokości 60-80 cm. Wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi jest bardzo wysokie, nawet do 98%, nie spadając poniżej 50-60%. Wylugowanie tych gleb widoczne jest w poziomach powierzchniowych, gdzie wysycenie zasadami osiąga jedynie 20-40%. Gleby brunatne eutroficzne słabo wylugowane tworzą najlepsze w Górach Stołowych siedliska lasu górskiego świeżego (LGśw), natomiast gleby nieco silniej i głębiej wylugowane tworzą siedliska lasu górskiego mieszanego (LMGśw). Obecnie najczęściej porośnięte są drzewostanami bukowymi lub mieszanymi, ale nadal na znacznych ich połaciach występują drzewostany świerkowe, które przyspieszają lęgowanie składników alkalicznych, a więc przyczyniają się do degradacji tych najwartościowszych siedlisk leśnych. W systematyce gleb FAO-WRB (IUSS 2006) gleby brunatne eutroficzne wylugowane należą do Haplic Cambisols (eutric, skeletal).

Gleby brunatne dystroficzne (dawniej zwane brunatnymi kwaśnymi) są najbardziej rozprzestrzenionym typem gleb, zajmującym niemal 33% powierzchni Parku Narodowego Gór Stołowych. Występują w trzech podtypach: **gleby brunatne dystroficzne typowe (BDt)**, **zbielicowane (BDbi)** i **opadowo-glejowe (BDog)**. Jednak gleby te występują w wielu odmianach nawiązujących do zróżnicowania skał macierzystych.

Gleby brunatne dystroficzne wytworzone z granitoidów kudowskich występują w masywach Kruczej i Czarnej Kopy oraz Lelkowej Góry w południowo-zachodniej części PNGS. Gleby te wykazują małe zróżnicowanie typologiczne i w większości należą do gleb brunatnych dystroficznych typowych (BDt). Tylko lokalnie, i wyłącznie pod drzewostanami świerkowymi lub modrzewiowymi obserwowano słabe zbielicowanie górnej części profilu, upoważniające do wyróżnienia gleb brunatnych dystroficznych zbielicowanych (BDbi). Są to gleby głębokie, nawet na stokach o dużym nachyleniu, ale silnie szkieletowe (fot. 3b). W szkielecie dominuje drobny ostrokrawędzisty żwir („kasza granitowa”) i dopiero poniżej 80-100 cm pojawia się większy odsetek grubszych odłamków skalnych. Jedynie w wierzchołkowych

Tabela 2. Uziarnienie gleb Parku Narodowego Gór Stołowych (*kursywą podano odpowiedniki grup granulometrycznych w klasyfikacji międzynarodowej USDA*)Table 2. Texture of soils in the Stołowe Mountains National Park (*equivalent textural classes of an international classification USDA are given in italics*)

Grupa granulometryczna Textural class according to: - PTG 2009 - USDA	Warstwa 0-25 cm Soil layer 0-25 cm		Warstwa 25-50 cm Soil layer 25-50 cm	
	Powierzchnia Area [ha]	Udział Percentage [%]	Powierzchnia Area [ha]	Udział Percentage [%]
piasek luźny <i>sand</i>	16	0,3	27	0,4
piasek słabogliniasty <i>sand</i>	1557	24,5	19	0,3
piasek gliniasty <i>loamy sand</i>	1560	24,5	1324	21,0
glina piaszczysta <i>sandy loam</i>	636	10,0	1558	25,0
glina lekka <i>sandy loam</i>	1041	16,5	1062	17,0
glina zwykła <i>loam</i>	27	0,5	1142	18,0
ił zwykły <i>clay</i>	0	0,0	1	0,02
pył gliniasty i ilasty <i>silt loam</i>	1270	20,0	845	13,5
utwory kamienisto-piaszczyste/gliniaste <i>extremely stony sand/loam</i>	10	0,2	217	3,5
utwory organiczne <i>organic materials</i>	165	2,6	105	1,8

partiach wzniesień dominują gleby o miąższości 60-100 cm. Gleby wytworzone z granitoidów mają uziarnienie piasków gliniastych lub glin piaszczystych, o niskiej zawartości iłu. Płytsze gleby mają uziarnienie piasków słabogliniastych. Odczyn gleb brunatnych wytworzonych z granitów jest kwaśny lub silnie kwaśny, i od wartości $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 3,2-3,6 w warstwach powierzchniowych rośnie w głąb profilu do $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,2-4,7. Suma kationów zasadowych jest w tych glebach bardzo niska, przeważnie poniżej $1 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ (wyjątkowo rzadko do $3,7 \text{ cmol}$), co przy silnym zakwaszeniu skutkuje niskim wysyceniem kompleksu sorpcyjnego zasadami, z reguły poniżej 10% w warstwach powierzchniowych. Mimo zakwaszenia i wylugowania warstw powierzchniowych gleby te tworzą dobre siedliska lasu górskiego mieszanego (LMGśw) lub nawet lasu górskiego (LGśw), a tylko w nie-sprzyjających warunkach topograficznych - boru mieszanego górskiego (BMGśw). W klasyfikacji FAO-WRB (IUSS 2006) gleby brunatne dystroficzne wytworzone z granitów należą do Haplic Cambisols (dystric, skeletic).

Gleby brunatne dystroficzne typowe wytworzone z piaskowców permskich występują na północnych obrzeżach Parku Narodowego u podnóży stoków oraz na stokach do wysokości 480-500 m n.p.m. Są łatwe do wyodrębnienia w terenie ze względu na unikalną czerwono-ochrową barwę odzwierciedlającą obecność silnie zdyspergowanych tlenków żelaza (**foto. 3e**). Są to gleby bardzo głębokie, słabo szkieletowe i w niewielkim stopniu pokryte blokami piaskowca zrzuconymi z wyżej leżących urwisk. Posiadają uziarnienie piasków gliniastych lub glin piaszczystych, na ogół niecałkowite, z przewarstwieniami materiałów

drobniejszych lub grubszych (szkieletowych). Odczyn tych gleb jest kwaśny, co przejawia się w wartościach $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 3,7-3,8 w warstwach powierzchniowych, rosnących do 4,2-4,7 w dolnych partiach profilu. Od innych gleb brunatnych dystroficznych odróżnia je wyższa zawartość zasadowych kationów wymiennych (nawet do $12 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ gleby) i wyższy stopień wysycenia zasadami – w granicach 10-30%. Gleby te położone są w korzystnych warunkach topograficznych i mikroklimatycznych, toteż tworzą dobre siedliska lasu górskiego świeżego (LGśw). Przy większej domieszce zwietrzliny piaskowcowej i silniejszym wylugowaniu są to nieco uboższe siedliska lasu mieszanego górskiego (LMGśw). W klasyfikacji FAO-WRB (IUSS 2006) gleby brunatne dystroficzne wytworzone z piaskowców permskich należą do kambisoli, najczęściej do Haplic Cambisols (dystric), niekiedy również z przyrostkiem *chromic* (od czerwonego zabarwienia).

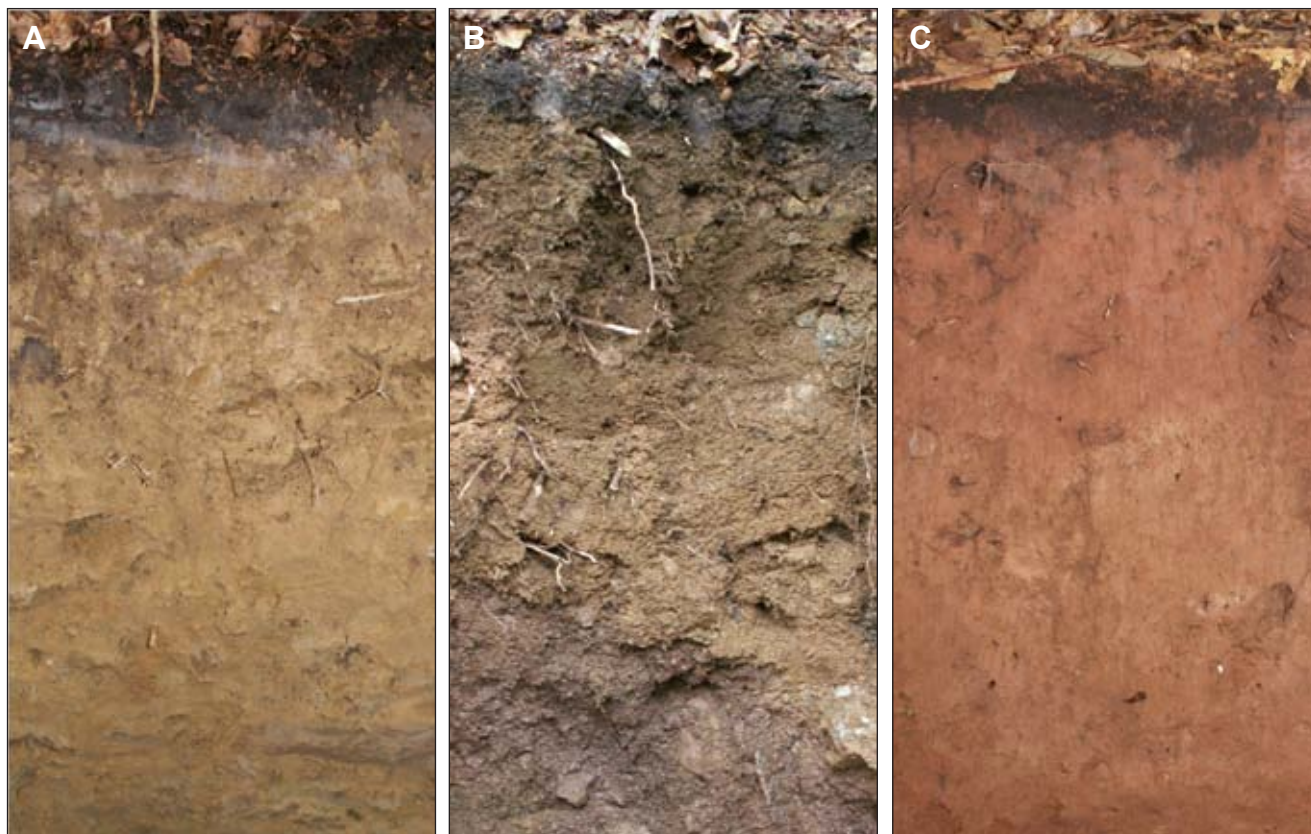
Gleby brunatne kwaśne (zbielicowane) wytworzone z piaskowców kredowych zajmują nieduże powierzchnie w centralnej i wschodniej części PNGS. Wytworzone są z piaskowców „środkowych” o większej zawartości minerałów ilastych w spoiwie, toteż tworzących zwięźlejsze zwietrzliny. Są to gleby głębokie, posiadające uziarnienie piasków gliniastych i glin piaszczystych, niekiedy nawet glin lekkich w głębi profilu. Mają odczyn silnie kwaśny w całym profilu. Suma kationów zasadowych jest dość niska i waha się w szerokich granicach od $0,7$ do $2,5 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ gleby. Również stopień wysycenia kationami zasadowymi jest niski, w zakresie 8-26%. Gleby te, ze względu na zwięźlejsze uziarnienie oraz korzystniejsze właściwości fizykochemicz-

ne, odznaczają się większą żyznością niż sąsiadujące z nimi gleby bielcowe wytworzone z piaskowców ciosowych. Jednak w zdecydowanej większości obecnie gleby te pokryte są drzewostanami świerkowymi, to być może jest przyczyną ich wyraźnego zbielicowania. Potencjalnie tworzą siedlisko boru mieszanego górskiego (BMGśw) lub nawet lasu mieszanego górskiego (LMGśw).

Gleby brunatne dystroficzne wytworzone z mułowców (margli) dominują na stokach progów Radkowa oraz w dolnych partiach stoków poniżej progów Skalniaka, Narożnika i Góry Świętej Anny. Są to najczęściej gleby głębokie lub bardzo głębokie, w górnych warstwach zawierające odłamki piaskowca, a w dolnych – dużo łupkowatych i kruchych odłamków margli. Części ziemiste mają uziarnienie gliny zwykłej lub pyłu, ale w warstwie powierzchniowej może być luźniejsze - gliny lekkiej lub piaszczystej. Odczyn gleb brunatnych dystroficznych wytworzonych z mułowców jest silnie kwaśny i zmienia się wraz z głębokością: przy powierzchni pH_{H_2O} wynosi 3,4-4,1, a w poziomie skały macierzystej – 4,0-4,4. Suma kationów wymiennych jest wyższa niż w innych glebach brunatnych dystroficznych, do 8 cmol(+) kg^{-1} gleby, co powoduje, że i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi jest wyższy, choć nawet w głębi profilu nie przekracza 50%. Gleby brunatne dystroficzne z mułowców/margli występują jako typowe (BDt) lub opadowo-glejowe (BDog). Gleby te niekiedy tworzą słabsze siedliska lasu górskiego świeżego (LGśw) lub wilgotnego (LGw), ale najczęściej - lasu mieszanego górskiego (LMGśw i LMGw). W klasyfikacji FAO-

WRB (IUSS 2006) gleby brunatne dystroficzne wytworzone z mułowców/margli należą do kambisoli, w większości do Stagnic Cambisols (dystric, skeletal).

W myśl nowej Systematyki Gleb Polski [2011] do rzędu gleb brunatnoziemnych zaliczane są także **mady brunatne**, dotychczas włączane do rzędu gleb napływowych. Mady, wytworzone z holocenijskich osadów aluwialnych, rozmieszczone są na obszarze Parku Narodowego Gór Stołowych nierównomiernie, co wynika z przestrzennego rozkładu dolin rzecznych. Ponadto, tylko w niektórych dolinach lub w niektórych odcinkach dolin występują osady aluwialne z madami. Najbardziej rozległe powierzchnie mady zajmują w dolinie Czerwonej Wody. Znacznie mniejsze (węższe) kontury mad (z domieszką materiału deluwialnego oraz dużych otoczek) występują w dolinkach Dańczówki, Kudowskiego Potoku i innych potoków. W trakcie prac terenowych wyróżniono obydwie podtypy mad brunatnych - typowe (BFt) i oglejone (BFgg). Trzeba dodać, że na obszarze PNGS wyróżniono też mady właściwe (SF) będące osobnym typem gleb. Powierzchnie zajmowane przez te gleby są jednak na tyle niewielkie, że podawane są łącznie z madami brunatnymi. Łączna powierzchnia **mad właściwych i brunatnych** wynosi zatem około 66 ha, co stanowi niewiele ponad 1% obszaru PNGS. Uziarnienie mad jest zróżnicowane tak w ujęciu profilowym, jak i przestrzennym. W większości dobrze wykształconych profili warstwa powierzchniowa zbudowana jest zazwyczaj z osadów pyłowych o miąższości od 35 do 50 cm, podścielonych piaskami, poniżej których naprzemian występują osady ilaste, żwirowe lub mieszane,

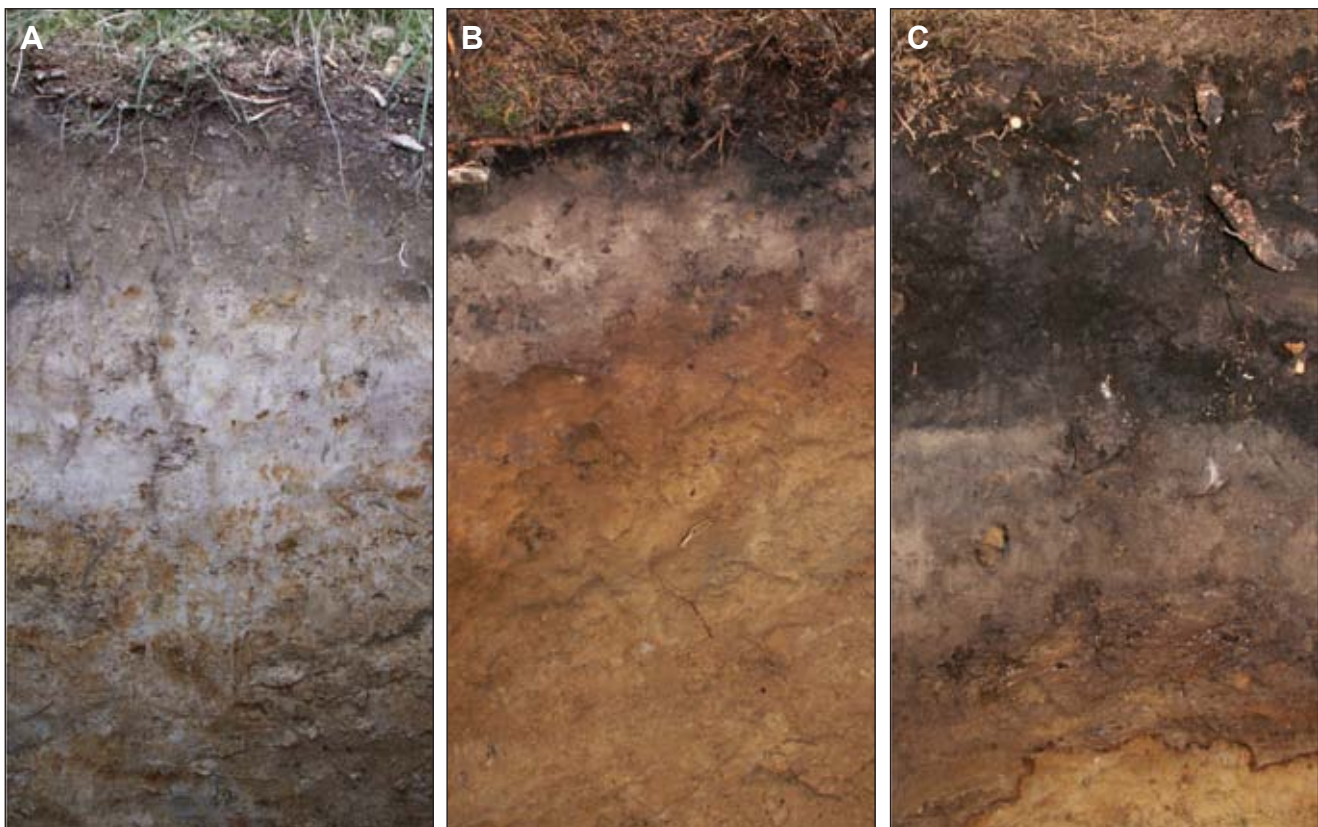


Fot. 3. Gleby Gór Stołowych: gleby brunatne eutroficzne wytworzone z mułowców (a), brunatne dystroficzne wytworzone z granitoidów (b) i piaskowców permskich (c).
Photo 3. Soil of the Stołowe Mountains: Eutric Cambisols developed of marl/mudstone (a), Dystric Cambisols developed of granite (b) and permian sandstone (c).
 (Fot. C. Kabala)

gliniaste. Odczyn mady, choć bywa zróżnicowany, nigdy nie jest tak kwaśny jak w gleb brunatnych czy bielcowych położonych na otaczających stokach. Widoczne są jednak różnice między aluwiami w poszczególnych dolinach, na przykład w dolinie Dańczówki $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ gleb wynosi 5,4-6,6 a w dolinie Czerwonej Wody $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,2-5,0. Różnice te wynikają nie tylko odmiennej budowy geologicznej zlewni, ale też z obecności torfowisk w zlewni Czerwonej Wody. Gleby te są zasobne w wymienne kationy zasadowe, których suma waha się w granicach 2,5-16,6 $\text{cmol}(+)/\text{kg}$, co przekłada się na wysoki stopień wysycenia zasadami, na ogół ponad 40%, w niektórych glebach sięgający nawet 90%. Mady właściwe i brunatne tworzą żyzne, a zarazem wilgotne siedliska typowe dla lasów łęgowych górskich (LIG), lasów górskich wilgotnych (LGw) oraz lasów mieszanych górskich wilgotnych (LMGw). Jednak z niewiadomych przyczyn, większość tych gleb została zalesiona świerkiem (po zaniechaniu użytkowania rolniczego). W klasyfikacji FAO-WRB (IUSS 2006) mady brunatne Gór Stołowych odpowiadają najczęściej grupie Endogleyic Fluvisols Cambisols (eutric), natomiast mady właściwe mogą spełniać kryteria Gleyic Fluvisols (eutric), rzadziej Fluvisols Gleysols (eutric).

GLEBY PŁOWOZIEMNE na obszarze Gór Stołowych nie były dotychczas wyróżniane ze względu na wątpliwości co do przyczyn zróżnicowania zawartości iłu w profilach tych gleb (iluwalne versus litogeniczne). W wyniku przeprowadzonych ostatnio badań terenowych i analiz laboratoryjnych jednoznacznie potwierdzono iluwalną genezę nagromadzenia iłu w poziomach B, które spełniają wszystkie wymagania poziomów diagnostycznych argic/argilic.

Gleby płowe występujące w Górach Stołowych należą do dwóch typów: **gleby płowe typowe (PW)** oraz **gleby płowe zaciekowe (PA)**. Gleby te występują przede wszystkim w podtypie opadowo-glejowym, ale występują też podtypy spiaszczone i zbielicowane. Gleby płowe zajmują na terenie PNGS znaczący areal - przynajmniej 950 ha, to jest 15% powierzchni. Dominują w środkowej części parku, w rejonie Pasterki i Karłowa, rozciągając się szerokim pasem w kierunku wschodnim. Duży płat tych gleb występuje też na Sawannie Łężyckiej, a izolowane fragmenty stwierdzono na spłaszczeniach stoków Rogowej Kopy oraz na południowych obrzeżach PNGS. Gleby płowe wytworzyły się z pyłowo-gliniastych zwietrzelin mułowców/margli na stokach niewielkim nachyleniu i przechodzą w gleby brunatne na stokach o większym spadku, albo w gleby bielcowe w przypadku zmiany podłoża skalnego na piaskowcowe. Położenie na zrównaniach, spłaszczeniach śródstokowych, siodłach i u podnóży stoków sprzyja dłuższemu zatrzymaniu wód opadowych i roztopowych, a także stagnowaniu wód śródpokrywowych, co potęguje efekt oglejenia (**fol. 4a**). Budowa profilu tych gleb jest następująca: (O)-A(g)-Etg-BCg-C-(R). Głębokość opisywanych gleb, zależna od mikroreliefu jest zróżnicowana, od płytkich do bardzo głębokich. Powierzchnia gleb z reguły wolna jest od głazów. Słynne piaskowcowe bloki skalne występują pojedynczo jedynie na Sawannie Łężyckiej oraz między Karłowem a Pasterką. Obecność warstwy organicznej oraz miąższość i charakter poziomu próchnicznego zależą od sposobu użytkowania gleb płowych. Mniej więcej połowa z nich znajduje się pod roślinnością łąkową i ma dobrze ukształtowany poziom



Fot. 4. Gleby Gór Stołowych: gleby płowe opadowo-glejowe (a), gleby bielcowe i bielice typowe (b), stagnielice (c).

Photo 4. Soil of the Stolowe Mountains: Stagnic Luvisols (a), Albic Podzols (b), and Stagnic Podzols (c). (Fot. C. Kabała)

próchniczny Ap, będący śladem niedawnej orki. Właściwości fizykochemiczne gleb płowych zbliżone są do właściwości gleb brunatnych wytworzonych z podobnych skał macierzystych (margli). Dominuje uziarnienie pyłu gliniastego, który w poziomie Bt przechodzi w pył ilasty lub glinę zwykłą o wyższej zawartości ilu. W poziomach powierzchniowych gleby te niemal bez wyjątku wykazują odczyn silnie kwaśny - wartość pH_{H_2O} wynosi najczęściej 3,5-4,0 i rośnie wraz z głębokością do pH_{H_2O} 4,0-5,4. Suma kationów wymiennych waha się w bardzo szerokim przedziale od szerokim zakresie od 2 (w glebach płowych spiaszczonych) do 15 cmol(+) kg^{-1} gleby. Podobnie wysycenie kationami zasadowymi waha się w zakresie od kilkunastu procent w warstwie powierzchniowej do 60-70% w poziomach Bt. Gleby płowe Gór Stołowych w porównaniu z glebami brunatnymi eutroficznymi odznaczają się zubożeniem wskutek ługowania składników alkalicznych, to jednak stanowią żyzne i zaopatrzone w wodę podłoże odpowiednie dla wymagających zbiorowisk leśnych, szczególnie dla kwaśnej buczyny sudeckiej. W typologii leśnej, gleby płowe Gór Stołowych tworzą siedliska lasu mieszanego górskiego (LMGśw i LMGw), a często również lasu górskiego (LGśw i LGw). W klasyfikacji gleb FAO-WRB (IUSS 2006) gleby płowe Gór Stołowych należą do szeregu grup, w tym przynajmniej trzech grup głównych: luvisoli, albeluvisoli oraz alisoli. Gleby o wyższym wysyceniu kationami zasadowymi (żyźniejsze) należą w większości do Stagnic Luvisols oraz Stagnic Albeluvisols, natomiast gleby silnie wylugowane (silnie kwaśne w poziomie iluwialnym Bt) – do Stagnic Alisols.

GLEBY BIELICOZIEMNE wytworzyły się na obszarze Gór Stołowych głównie ze zwietrzelin piaszczystych, są więc uważane za najbardziej typowe gleby dla tego masywu górskiego, choć powierzchniowo ustępują glebom brunatnym dystroficznym (zajmują prawie 1600 ha czyli około 25% powierzchni PNGS). Dominują w strefach wychodni piaszczystych, a więc w pasie od Błędnich Skał na zachodzie, przez wierzchołki Skalniaka, Narożnika, aż do Batorowa na wschodzie, na Dzikim Grzbiecie, w rejonie Skalnych Grzybów. Gleby bielice i bielice występują też w kompleksie z rankerami w górnych partiach Szczelińca Małego i Wielkiego oraz w rejonie kamieniołomu Radków. Izolowaną zwartą powierzchnię zajmują też na północ od Pasterki aż do granicy państwowej. Gleby te odznaczają się ogromną różnorodnością morfologiczną, zmiennością uziarnienia oraz właściwościami fizykochemicznymi. Między innymi z tego powodu w opracowaniach kartograficznych z Gór Stołowych nie oddzielano gleb bielcowych od bielicy. Gleby te występują w dwóch podstawowych odmianach. Pierwszą z nich tworzą gleby o uziarnieniu piasku luźnego lub słabogliniastego, mało zróżnicowanego w całym profilu, silnie szkieletowego (kamienistego). Gleby te wytworzyły się z piaszczystych „górných” na wierzchołkach pagórków wznoszących się ponad poziom zrównania wierzchołkowego Skalniaka i Narożnika oraz w partiach brzeżnych (krawędziowych). W profilu tych gleb wyraźnie zaznacza się jasnoszary poziom eluwialny oraz rdzawobrunatny poziom iluwialny nagromadzenia związków humusowych oraz żelaza i glinu: O-(A)-Es-Bh-Bs-CR (**fol. 4b**). Drugą odmianę bielicy i gleb bielcowych, występujących przede wszystkim na rozległych zrównaniach, łagodnych

stokach oraz w „kotlinach” między wzniesieniami, charakteryzuje wyraźnie dwuczłonowa budowa profilu. Warstwy powierzchniowe, na które składają się poziomy A, Ee oraz na ogół również Bh mają luźniejsze uziarnienie (najczęściej piasku słabogliniastego) zalegają ponad warstwami o wyraźnie zwięźlejszym uziarnieniu piasku gliniastego lub gliny piaszczystej, w których występuje obecnie poziom Bs i BsC. Nieciągłość litologiczna powoduje stagnowanie wody opadowej i roztopowej w górnych warstwach profilu, okresowe utrzymywanie się warunków redukcyjnych i oglejenie, a także zahamowanie rozkładu materii organicznej i wzrost miąższości próchnicy nadkładowej. Znaczna część gleb bielcowych i bielicy Gór Stołowych to w istocie **stagnobielice (fol. 4c)**. Z kolei w otoczeniu Wielkiego Torfowiska Batorowskiego, a podrzędnie również innych mniejszych torfowisk, występują nieduże kontury **glejobielicy**, których nadmierne uwilgotnienie wynika z wysokiego poziomu wody gruntowej. Zróżnicowanie budowy profilowej oraz uziarnienia jest wynikiem odmiennej genezy piaszczystych pokryw stokowych na terenie Gór Stołowych. Odczyn gleb bielcowych i bielicy jest silnie lub bardzo silnie kwaśny w całym profilu. Poziomy powierzchniowy posiadają pH_{H_2O} najczęściej w granicach 3,3-3,8, natomiast w głębi profilu jest to najczęściej pH_{H_2O} 4,0-4,3. Zawartość wymiennych kationów zasadowych jest niska, na ogół nie przekracza 1 cmol(+) kg^{-1} gleby, a wpływ procesu bielcowania objawia się dość wyraźnie w zubożeniu poziomów eluwialnych. Wysycenie gleb kationami zasadowymi nie przekracza 20%, jedynie w poziomach bielcowania wzrasta ponad 50%. Ten pozorny paradoks nie wynika ze wzbogacenia poziomów eluwialnych w kationy zasadowe, ale z bardzo niskiej kwasowości tych poziomów, będącej skutkiem wymycia związków humusowych.

W zależności od położenia (nachylenia stoku, wysokości bezwzględnej, ekspozycji stoku), uziarnienia oraz warunków wilgotnościowych, gleby bielicoziemne tworzą różnorodne siedliska leśne. Najuboższe siedliska - boru górskiego świeżego (BGśw) występują na bielicach piaszczystych w całym profilu, okresowo przesuszonych, położonych w szczytowych partiach wzniesień lub w strefach krawędziowych. Siedliska boru górskiego wilgotnego lub nawet bagiennego (BGw, BGb) tworzą glejobielice z silnymi przejawami procesu bagiennego w postaci oglejenia dużej części profilu, a także akumulacji materii organicznej w formie próchnicy higromor torfiasty. Z kolei głębokie gleby bielcowe i bielice wytworzone z piasków luźnych lub słabogliniastych na piaskach gliniastych, tworzą - w korzystnych warunkach topograficznych - siedliska boru mieszanego górskiego świeżego (BMGśw), lub w warunkach stagnowania wody (stagnobielice) - boru mieszanego wilgotnego (BMGw). Najżyźniejsze siedliska lasu mieszanego górskiego (LMGśw) tworzą się na glebach bielcowych i bielicach niecałkowitych, wytworzonych z piasków słabogliniastych na glinach piaszczystych i lekkich, z wyraźnie wysoką domieszką pyłu. Gleby te mają nie tylko duże zdolności retencji wody (choć równocześnie nie są podmokłe), ale dzięki zwięźlejszemu uziarnieniu mają też większą zasobność w makroskładniki. Siedliska boru górskiego i boru mieszanego górskiego na bielicach i glebach bielcowych występują głównie na wierzchołkach Skalniaka i narożnika oraz w rejonie Skalnych

Grzybów, natomiast siedliska lasu mieszanego górskiego dominują na glebach bielcowych Dziejego Grzbietu, w rejonie Batorowa-Batorówka oraz w rejonie Pasterki.

W klasyfikacji FAO-WRB (IUSS 2006) gleby bielcowe i bielice Gór Stołowych należą generalnie do typowych Albic Podzols. Najwłaściwszym odpowiednikiem stagnobielic są Stagnic Albic Podzols, natomiast odpowiednikiem glejobielic są Gleyic Albic Podzols lub Gleyic Histic Podzols.

Specyficzne gleby, wyróżnione na mapie gleb jako **kompleks szkieletowych gleb bielcowych i brunatnych dystroficznych**, występują na stokach zbudowanych ze skał drobnziarnistych poniżej urwisk piaskowcowych. Na średniozwięzłą lub zwięzłą zwietrzelinę mułowców/margli nakłada się zwietrzelina piaskowo-gruzowa z wietrzenia piaskowców ciosowych „górných”. Warstwa gruzowo-piaszczysta osiąga nawet ponad 100 cm u podnóży urwisk a jej miąższość maleje w miarę oddalania się od urwiska. W dolnych partiach stoku warstwa piaszczystej zwietrzeliny zanika całkowicie i na powierzchni gleby gliniastej pozostają jedynie izolowane głązy piaskowca. W ujęciu przekrojowym pokrywa glebowa układa się pasowo, równoległe do urwiska, od gruzowo-piaszczystych bieliec, poprzez dwuczłonowe stagnobielicie (z piasków naglinowych), do gleb brunatnych dystroficznych, opadowo-glejowych. Wskutek zróżnicowania rzeźby terenu nie jest to jednak regularny układ pasowy, lecz raczej mozaikowy, zaburzany obecnością blokowisk piaskowcowych oraz stref źródłiskowych z torfowiskami. Omawiane gleby tworzą skomplikowaną mozaikę siedlisk leśnych od boru górskiego świeżego i wilgotnego, przez bór mieszany górski do lasu mieszanego górskiego. Gleby te dominują na południowych stokach poniżej krawędzi Skalniaka, Narożnika i Góry Świętej Anny, ale występują też na północnych stokach Narożnika oraz na stokach Szczelińca Wielkiego i Małego. Powierzchnię tych gleb oszacowano na co najmniej 295 ha (czyli 4,7% obszaru PNGS).

GLEBY GLEJOZIEMNE. Zjawisko oglejenia, uwarunkowane okresowymi warunkami redukcyjnymi w profilu glebowym, występuje powszechnie i z różnym nasileniem w glebach bielcowych, płowych i brunatnych, obok innych cech diagnostycznych tych typów gleb. We właściwych glebach glejowych oznaki procesów redukcji (głównie plamy glejowe i akumulacja materii organicznej) są dominującymi cechami charakterystycznymi w profilu glebowym, i w dużym nasileniu występują bezpośrednio od powierzchni gleby lub płytko pod powierzchnią.

Gleby glejowe (w poprzedniej wersji Systematyki nazywane glebami gruntowo-glejowymi) wyodrębniono w kilkudziesięciu konturach o niewielkich na ogół powierzchniach kilku - kilkunastu hektarów. Gleby te występują w dolinach niektórych potoków, w niekawatych obniżeniach na wierzchołkach oraz na stokach poniżej urwisk skał piaskowcowych, w strefach źródłiskowych. Obok zasadniczych cech wspólnych, takich jak: stałe nadmierne uwilgotnienie, duża miąższość gleby i mała jej szkieletowość, wydzielone podtypy gleb gruntowo-glejowych różnią się od siebie uziarnieniem i nagromadzeniem materii organicznej. Gleby glejowe typowe (GWt), o układzie poziomów genetycznych (O)-Ac-G, nie mają torfowej lub mułowej warstwy organicznej, a jedynie poziom próchniczny wyraźnie wzbogacony w substancję organiczną i silne oglejenie w całym profilu.

Największe powierzchnie tych gleb stwierdzono na południowym obrzeżu Parku, poniżej Urwisk Batorowskich. W glebach torfiasto-glejowych (GWtfg) również brak warstwy torfowej (lub jest minimalnej miąższości), ale poziom powierzchniowy jest wyraźnie mazisty i zawiera od 10 do 20% materii organicznej, przez co ma „torfiasty charakter”. Gleby takie występują w warunkach stałego podtapiania przez wody gruntowe (na przykład w dolinie Czerwonej Wody i dolinkach innych potoków) lub intensywnego dopływu wody źródłiskowej (podnóży Szczelińca). W glebach torfowo-glejowych (GWtog) i murszowo-glejowych (GWmrg) występuje warstwa organiczna o miąższości 10-40(60) cm. Układ poziomów genetycznych w tych glebach jest następujący: Oa(e)-AG-G lub M-Cg-G. Najnowsza Systematyka Gleb Polski (2011), wzorem klasyfikacji międzynarodowych zwiększyła wymaganą miąższość warstwy organicznej dla gleb torfowych do 40 cm (torfy rozłożone) lub nawet 60 cm (torfy gąbczaste i włókniste, np. przykład torfowcowe). Wskutek tej zmiany znacznie poszerzył się zasięg gleb zaliczanych do torfowo-glejowych i murszowo-glejowych o zasięgi dawnych płytkich gleb torfowych i murszowo-torfowych. Obecnie większość takich gleb na wierzchołkach Skalniaka, Narożnika, na Rogowej Kopie, poniżej Urwisk Batorowskich i w innych lokalizacjach należy do gleb torfowo-glejowych. Gleby glejowe nie są na ogół tak silnie kwaśne, jak sąsiednie gleby bielcowe, chyba, że na powierzchni występują warstwy torfowe lub murszowo-torfowe, wówczas odczyn podłoża mineralnego jest silnie kwaśny. Suma zasadowych kationów wymiennych jest w glebach glejowych typowych z reguły bardzo wysoka – nawet do 20 cmol(+) kg⁻¹. Podobnie wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami jest wysokie – na ogół ponad 80%, jedynie w warstwach powierzchniowych niższe, lecz nie spada poniżej 50%. Zarówno suma kationów, jak i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego są zdecydowanie niższe w glebach torfowo-glejowych i murszowo-glejowych, szczególnie przy większym udziale mchów torfowców w masie glebowej. Gleby glejowe typowe oraz torfiasto-glejowe tworzą jedne z najwilgotniejszych i najżyźniejszych siedlisk leśnych i łąkowych na terenie PNGS. Mogą być podłożem lasów górskich wilgotnych (LGw), rzadziej lasów mieszanych wilgotnych (LMGw). Gleby torfowo-glejowe i murszowo-glejowe tworzą siedliska wilgotne i bagienne, ale zdecydowanie mniej żyzne, typowe dla borów mieszanych górskich wilgotnych (BMGw) oraz nawet borów górskich bagiennych (BGB). W klasyfikacji FAO-WRB (IUSS 2006) gleby glejowe typowe oraz torfiasto-glejowe należą do Haplic Gleysols (humic, eutric), natomiast gleby torfowo- i murszowo-glejowe spełniają kryteria Histic Gleysols (dystric/eutric).

Gleby opadowo-glejowe (pseudoglejowe) nie są obecnie oficjalnie wyróżniane w Systematyce Gleb Polski, ale są uznawane zarówno przez Klasyfikację Gleb Leśnych Polski [2001], jak przez klasyfikacje międzynarodowe. Dlatego na mapie gleb zdecydowano się na wyodrębnienie konturów tych gleb. Od właściwych gleb glejowych różnią się na ogół zwięzłym uziarnieniem gliniastym lub ilastym oraz brakiem zwierciadła wody gruntowej w profilu. Oglejenie górnych partii profilu wynika z okresowego nasycenia masy glebowej wodami zawieszonymi (opadowymi, roztopowymi, wysięko-

wymi itp.). Gleby te występują w kilkunastu rozproszonych wydzieleniach na wklęsłych fragmentach łagodnych stoków. Budowa tych gleb przedstawia się następująco: O-Ag-Cg-CR, z oglejeniem zazwyczaj plamistym lub strefowym. Są to na ogół gleby głębokie, o uziarnieniu gliny zwykłej, gliny ilastej oraz iłu zwykłego albo pylastego. Gleby te przeważnie nie są pokryte glazami i nie zawierają szkieletu w warstwach powierzchniowych, natomiast silnie szkieletowa (odłamki mułowca/margla) jest dolna część profilu. Odczyn poziomów mineralnych jest kwaśny i rośnie w głąb profilu w zakresie pH_{H_2O} od 3,6 do 5,8. Wysycenie kationami zasadowymi jest z reguły wysokie, waha się w zakresie od 62 do 86% w warstwach podpowierzchniowych oraz od 11 do 60% w powierzchniowych. Gleby opadowo-glejowe tworzą wilgotne i żyzne siedliska lasów mieszanych górskich wilgotnych (LMGw) oraz lasów górskich wilgotnych (LGw). W klasyfikacji FAO-WRB (IUSS 2006) gleby opadowo-glejowe Gór Stołowych należą do Haplic Stagnosols (humic, eutric).

Gleby glejoziemne zajmują na terenie Parku Narodowego Gór Stołowych około 310 ha to jest około 5% powierzchni.

GLEBY ORGANICZNE powstają na drodze akumulacji nierozłożonej materii organicznej w warunkach nadmiernego uwilgotnienia. Ich geneza i właściwości nie są zatem związane z rodzajem podłoża geologicznego, ale raczej z fizjografią terenu oraz czynnikami hydrologiczno-klimatycznymi. Występujące lokalnie gleby organiczne ściółkowe omówiono łącznie z glebami słabo ukształtowanymi, w tej części scharakteryzowane zostaną gleby o charakterze torfowym i murszowym.

Gleby torfowe w najnowszym wydaniu Systematyki Gleb Polski [2011] obejmują trzy zupełnie na nowo zdefiniowane typy w miejsce jednego. **Gleby torfowe fibrowe (OTi)** są w ogólnym zarysie utożsamiane z dawnymi glebami torfowisk wysokich, ale minimalna wymagana miąższość torfu włóknistego wynosi obecnie 60 cm. **Gleby torfowe hemowe (OTe)** mogą być utożsamiane z torfami przejści-

wymi oraz pewnymi fazami degradacji gleb torfowisk wysokich. **Gleby torfowe saprowe (OTa)** to gleby zbudowane z materiałów silnie rozłożonych, zarówno dawnych torfów niskich, jak i przejściowych. Łączna powierzchnia gleb organicznych na obszarze PNGS jest obecnie szacowana na 158 ha, czyli około 2,5% areалу parku. Torfowiska Gór Stołowych występują w kilku wariantach, różniących się warunkami zasilania oraz żyznością wód i całego siedliska: (a) torfowiska położone na terenach wododziałowych, (b) torfowiska stokowe na terenach źródłiskowych związanych z kontaktem piaskowców i margli, (c) torfowiska położone w dolinach potoków. Najliczniejszą grupę stanowią niewielkie torfowiska należące do pierwszej kategorii, szczególnie na wierzcholinie Skalniaka, gdzie odnaleziono co najmniej siedem kompleksów torfowiskowych. Torfowiska związane z obszarami źródłiskowymi stwierdzono na stokach Skalniaka poniżej urwisk skalnych (zarówno od strony południowej, jak i północnej), na stokach Narożnika i Kopy Śmierci (poniżej Urwisk Batorowskich) oraz na stokach Szczelińca. Niektóre z wymienionych powyżej konturów, lub ich fragmenty, mają miąższość warstwy organicznej poniżej 40 cm, co spowodowało ich przeklasyfikowanie do gleb glejowo-torfowych, towarzyszących glebom organicznym. Torfowiska ostatniego typu stwierdzono m.in. w dolinie Czerwonej Wody i Moszczenicy. Na szczególną uwagę zasługuje Wielkie Torfowisko Batorowskie, największy jednolity obszar torfowiskowy w Górach Stołowych i jeden z największych w całych Sudetach. Torfowisko to zajmuje generalnie położenie wododziałowe, ale jest też zasilane przez wody spływające z sąsiednich stoków oraz przez wody źródłiskowe na obrzeżach torfowiska. Wskutek przeprowadzonego na początku XX wieku osuszenia, częściowo zahamowane zostały procesy bagienne oraz wyparta naturalna roślinność. Obecnie prowadzi się ostrożne działania mające na celu zatrzymanie wody na obszarze torfowiska i stymulowanie naturalnej jego renaturalizacji (**fol. 5**).



Fot. 5. PNGS podejmuje próby zatrzymania wody na torfowisku w przeszłości osuszonym i zalesionym świerkiem.

Photo 5. Administration of the national park tries to hold the water on a peatbog, previously drained and afforested with spruce. (Fot. A. Bogacz)

Najbardziej obecnie rozpowszechnione na obszarze PNGS są **gleby torfowe hemowe**. **Gleby torfowe saprowe** dominują na torfowiskach źródłiskowych oraz na niektórych torfowiskach dolinnych. Wskutek melioracji większości złóż torfowych przyspieszony został rozkład gleb organicznych, toteż **gleby torfowe fibrowe** zachowały się jedynie fragmentarycznie. Cechą charakterystyczną wielu złóż gleb torfowych jest naprzemienne występowanie różnych rodzajów torfu - sfagnowego, turzycowego, drzewnego i innych, zmienność stopnia rozkładu torfu, a także przewarstwienia mineralne, szczególnie piaskowe. Zawartość substancji organicznej waha się od 68% w torfach zamulonych do około 91% w słabo rozłożonych i nie zamulonych torfach fibrowych. Miąższość gleb torfowych na obszarze parku jest bardzo zróżnicowana, lecz zwykle nie przekracza 1 m, z wyjątkiem Wielkiego Torfowiska Batorowskiego, gdzie torf zalega do głębokości ponad 5 m.

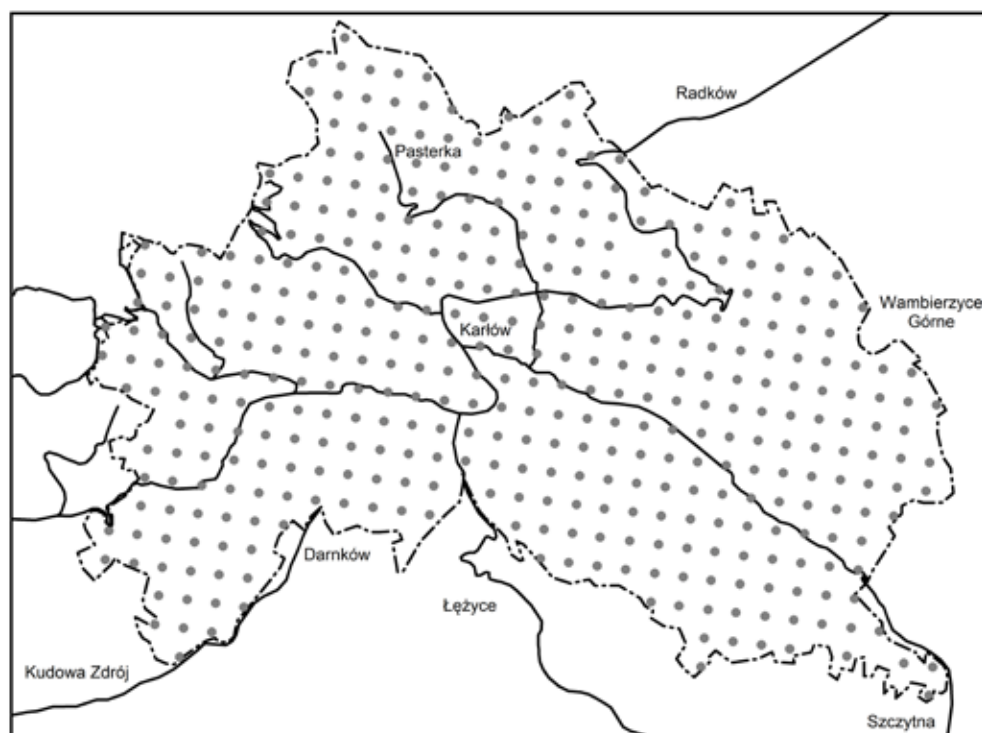
Odczyn torfów jest na ogół silnie kwaśny i rzadko $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ wzrasta ponad wartość 3,5. Odczyn torfów w strefach źródłiskowych, jest słabo kwaśny, a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ niektórych warstw sięga nawet wartości 6,6. Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleb torfowych kationami zasadowymi waha się zatem od 2-20% w torfach fibrowych i fibrowo-hemowych, do 60-85% w torfach hemowych dolinnych, i nawet do 99% w torfach źródłiskowych.

Gleby torfowe tworzą najwilgotniejsze siedliska borów górskich bagiennych (BGb) oraz borów mieszanych górskich bagiennych (BMGb). Na torfowiskach źródłiskowych mogą tworzyć się siedliska lasu górskiego wilgotnego (LGw).

Zgodnie z klasyfikacją FAO-WRB (IUSS 2006), wszystkie gleby torfowe Gór Stołowych należą do histosoli. Najliczniej reprezentowane są Hemic Histosols. Gleby zbudowane z włóknistych torów sfagnowych kwalifikują się niekiedy do Fibric Histosols (dystic), a gleby torfowisk źródłiskowych z silnie rozłożonym torfem – do Sapric Histosols (eutric).

Gleby murszowe (OM) powstają z gleb torfowych po ich odwodnieniu przerywającym proces akumulacji materii organicznej i inicjującym fazę decesji torfowiska. Większość gleb organicznych PNGS przeszła lub nadal przechodzi fazę degradacji spowodowaną obniżeniem poziomu wód gruntowych lub drenażem wód opadowych przez systemy rowów melioracyjnych. Jednak w chwili obecnej, po zaniechaniu konserwacji rowów lub celowej ich likwidacji, w wielu miejscach proces murszenia został powstrzymany, a odnawianie się naturalnych zbiorowisk roślinności bagiennej świadczy o możliwości odrodzenia się torfowiska. Miąższość warstwy organicznej w glebach murszowych sięga niekiedy 100 cm, z tego warstwa zmurszała stanowi przeciętnie 25-50%, resztę torf w różnych stadiach rozkładu. Najczęściej spotykanym podtypem gleb murszowych są gleby hemowo-murszowo (OMe). Mineralne podłoże budują warstwowane osady aluwialne lub deluwialna gliniasta zwietrzelina margli. Warstwy mineralne znajdują się z reguły w zasięgu oddziaływania wód gruntowych lub śródpokrywowych, co przejawia się ich silnym oglejeniem. Gleby murszowe tworzą razem z glebami torfowymi najwilgotniejsze siedliska borów górskich bagiennych (BGb) oraz borów mieszanych górskich bagiennych (BMGb). Według klasyfikacji FAO-WRB (IUSS 2006) gleby organiczne murszowe należą do Hemic lub Sapric Histosols.

GLEBY ANTROPOGENICZNE tworzą się wskutek działalności człowieka powodującej silne przeobrażenie istniejących gleb naturalnych albo stworzenie całkowicie nowego substratu glebowego. Na terenie Gór Stołowych występują **gleby industrioziemne**, związane z wydobywaniem surowców skalnych, oraz **gleby urbiziemne**, związane z zabudową komunalną. Powstanie i rozmieszczenie gleb industrioziemnych związane jest z funkcjonowaniem kamieniołomów granitu i piaskowca, przy których pozostały stare hałdy odpadów górniczych. Na ogół są to obiekty małe i „zasymilowane” z otoczeniem, niekiedy na tyle stare, że można



Ryc. 3. Schemat sieci monitoringu środowiska leśnego i glebowego PNGS.

Fig. 3. The scheme of forest and soil monitoring sites in the SMNP.

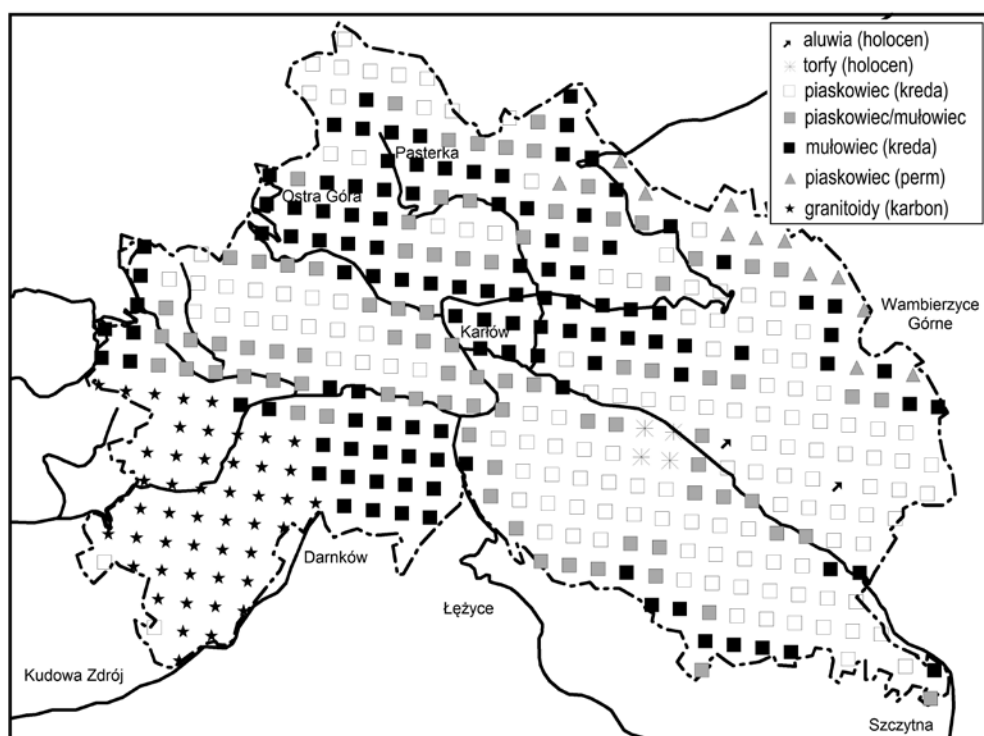
już obserwować proces brunatnienia w zdeponowanych odpadach skalnych. Wyjątkiem są zwałowiska w pobliżu kamieniołomu Radków, na których występują gleby industrioziemne inicjalne. Do konturu gleb industrioziemnych inicjalnych włączono również teren samego kamieniołomu, którego dno budują gruzowo-piaszczyste odpady powydobywcze. Jednakże obszar kamieniołomu i przylegających zwałowisk jest wyłączony z obszaru PNGS, i nie obejmują ich obliczenia powierzchni grup gleb zamieszczone w tym opracowaniu. Gleby antropogeniczne na hałdach przy wyrobiskach piaskowca przypominają pod wieloma względami rankery wytworzone ze skał piaskowcowych. Są to gleby silnie szkieletowe, z licznymi odłamkami gruzu skalnego na powierzchni. Uziarnienie części ziemistych jest najczęściej piaszczyste, lecz spotyka się też gliny piaszczyste. Gleby te odznaczają się odczynem kwaśnym oraz niską zawartością wymiennych kationów zasadowych. W przyszłości należy oczekiwać ewolucji tych gleb w kierunku gleb brunatnych dystroficznych. Klasyfikacja FAO-WRB (IUSS 2006) zalicza gleby industrioziemne na hałdach do Spolic Technosols (Skeletal).

Do gleb antropogenicznych - urbiziemnych należy część gleb na terenach zabudowy wiejskiej w Pasterce, Ostrej Górze, Łężnie i na obrzeżach Karłowa. Są to głównie gleby w obrębie zagród, gdzie naturalny układ poziomów genetycznych jest zaburzony, gleby zawierają domieszki odpadów budowlanych i bytowych, a niekiedy są pokryte brukiem lub innymi materiałami skalnymi. W systemie FAO-WRB (IUSS 2006) gleby urbiziemne zaliczane są do Urbic Technosols. Łączna powierzchnia gleb antropogenicznych (z włączeniem dróg o powierzchni utwardzonej surowcami skalnymi) wynosi około 57 ha, co stanowi około 0,9% obszaru PNGS.

PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE ZASOBNOŚCI I ZANIECZYSZCZENIA GLEB PNGS

Naturalne ekosystemy podlegają ciągłym ewolucyjnym przemianom aż do osiągnięcia stanu względnej stabilizacji w określonych warunkach klimatycznych. Ekosystemy silnie przekształcone przez człowieka, choć pozornie stabilne, stale narażone są na zniszczenie antropogenicznie uformowanej struktury. Szczególnym przykładem są monokulturowe uprawy świerka wprowadzane od połowy XIX wieku na obszarach górskich, przede wszystkim w piętrze regla dolnego i pogórza. Jednogatunkowe i równowiekowe drzewostany mają obniżoną odporność na czynniki fizyczne – silne wiatry, susze, silne opady śniegu, na czynniki biologiczne – jak choroby grzybowe lub inwazje szkodników pierwotnych i wtórnych, a także na czynniki antropogeniczne – jak zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego związkami siarki i azotu. Ponadto, gradacje szkodników, rozprzestrzeniające się w monokulturowych drzewostanach pogórza i regla dolnego zwiększają zagrożenie dla naturalnych lasów świerkowych występujących w strefie regla górnego. Zastąpienie naturalnych mieszanych lub liściastych drzewostanów na monokultury iglaste spowodowało zmiany składu i ilości biomasy docierającej do dna lasu oraz zmiany aktywności biologicznej ściółek leśnych i ryzosfery. W glebach zmiany te prowadzą do zakwaszenia, przyspieszenia ługowania związków humusowych, makro- i mikroelementów, co w morfologii profilu glebowego przejawia się nasileniem zbielicowania warstw powierzchniowych.

Gradacje szkodników, huraganowe wiatry, silne opady śniegu i inne zjawiska katastrofalne powodują destrukcję monokultur świerkowych i uruchomienie sukcesji roślinności następczej. Również planowa przebudowa drzewostanów ukierunkowana na zmniejszenie dominacji świerka i zwiększenie udziału gatunków liściastych powoduje zmiany



Ryc. 4. Skały macierzyste gleb występujące na powierzchniach monitoringowych.

Fig. 4. Parent materials of soils observed on monitoring sites.

w składzie gatunkowym zbiorowisk roślinnych oraz w składzie chemicznym biomasy ściółki leśnej. Wszystkie te zjawiska, samodzielnie oraz w kombinacjach, powodują poważne zmiany w funkcjonowaniu ekosystemów, w tym środowiska glebowego. W celu uchwycenia istoty i tempa tych zjawisk oraz przewidywania ich dalekosiężnych skutków środowiskowych zakłada się stałe powierzchnie obserwacyjne – pojedyncze lub zgrupowane w regularne sieci monitoringowe. Pierwsza wielkoobszarowa sieć monitoringu środowiska leśnego i glebowego w Polsce południowo-zachodniej założona została w Karkonoskim Parku Narodowym. W skład sieci weszło ponad 630 kołowych powierzchni monitoringowych, których centroidy rozmieszczono w siatce 200 x 300 metrów. Wdrażanie podobnych systemów monitoringu środowiska rozpoczęto w innych parkach narodowych, gdyż to właśnie parki narodowe posiadają najlepsze warunki dla uruchamiania wielopunktowych, długoterminowych i interdyscyplinarnych programów i sieci monitoringowych. Tym bardziej, że zasady ochrony przyrody w parkach wykluczają niektóre zabiegi normalnie wykonywane w komercyjnej gospodarce leśnej. Eliminacja zabiegów zachowujących status quo w ekosystemach leśnych przyspiesza ich przemiany i uruchamia procesy samoregulacji. Wiedza o ich skutkach pomaga kształtować politykę „naturalizacji” również w lasach gospodarczych.

Potrzebę stworzenia sieci obserwacyjnej, która umożliwiałaby określenie struktury, stanu i dynamiki zasobów leśnych w PNGS jeszcze w latach 90-tych zgłaszał S. Miścicki z SGGW w Warszawie [Jędryszczak, Miścicki 2001]. Sieć została wyznaczona w terenie w latach 2005-2006. Składają się na nią 403 powierzchnie kołowe, których centroidy rozmieszczone są w regularnej więźbie 400 x 400 metrów (ryc. 3). Lokalizacja powierzchni oparta została na układzie odniesienia PUWG 1992 i „wpasowana” w siatkę wielkoobszarowej inwentaryzacji lasów w Polsce. Badania gleboznawcze (terenowe i laboratoryjne) prowadzono w latach 2008-2011. Dla prawidłowej oceny dynamiki zmian chemizmu gleb pobierano osobne próby z trzech poziomów: ektopróchnicy, z warstwy mineralnej 0-10 i 10-20 cm. Dla zminimalizowania wpływu zmienności glebowej w obrębie powierzchni badawczej, co ma kluczowe znaczenie dla

powtarzalności i porównywalności wyników obserwacji, reprezentatywną próbę średnią do analiz laboratoryjnych tworzono z przynajmniej 5 lub nawet 10 próbek podstawowych. Próbkę gleb pobierano próbnikiem żłobkowym (fot. 6-7).



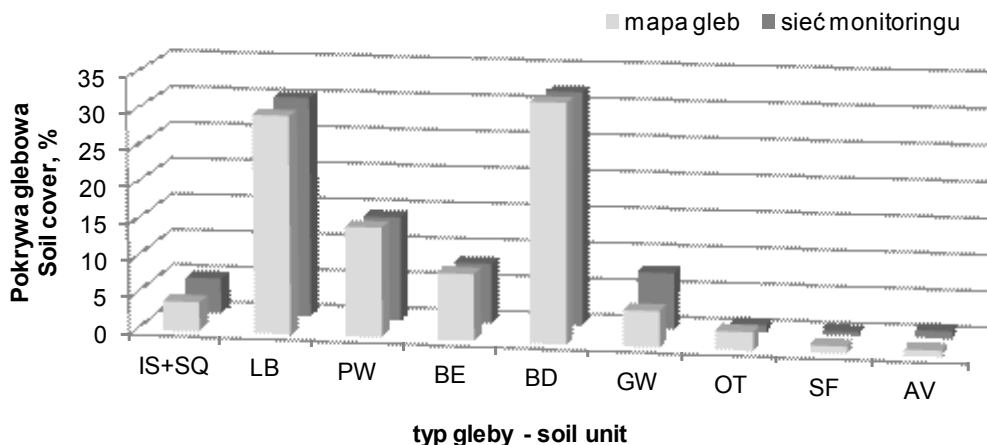
Fot. 6. Studenci Koła Naukowego Gleboznawców z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu uczestniczyli w poborze prób gleb na powierzchniach monitoringowych.

Photo 6. Students of the Wrocław University of Environmental and Life Sciences at soil sampling on a monitoring site. (Fot. C. Kabala)



Fot. 7. Próbnik żłobkowy do prób gleb.

Photo 7. Rill sampler for collecting of soil samples. (Fot. C. Kabala)



Ryc. 5. Reprezentatywność sieci monitoringu względem struktury pokrywy glebowej PNGS.

Fig. 5. Representativeness of the soil cover in the monitoring system.

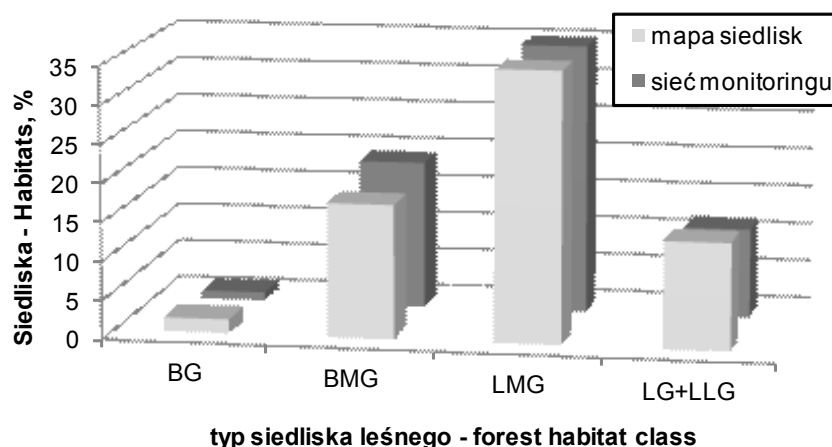
IS+SQ - gleby inicjalne i słabo ukształtowane (Leptosols), LB - bielice i gleby bielcowe (Podzols), PW - gleby płowe (Luvisols+Albeluvisols), BE - gleby brunatne eutroficzne (Eutric Cambisols), BD - gleby brunatne dystroficzne (Dystric Cambisols), GW - gleby glejowe i opadowo-glejowe (Gleysols-Stagnosols), OT - gleby organiczne (Histosols), SF - mady (Fluvisols+Fluvisols Cambisols), AV - gleby antropogeniczne (Technosols). Compared data from the map of habitats (mapa siedlisk) and monitoring sites (sieć monitoringu).

Rozmieszczenie powierzchni monitoringowych dobrze odzwierciedla przestrzenne zróżnicowanie struktury pokrywy glebowej PNGS (ryc. 5). Dotyczy to w szczególności najważniejszych typów gleb, to jest gleb bielcowych i bieliec, gleb brunatnych eutroficznych i dystroficznych oraz gleb płowych. Mniejszą zgodność stwierdzono w przypadku gleb zajmujących niewielkie i rozproszone kontury, na przykład gleb glejowych, organicznych i antropogenicznych. Podobnie przypadkowe „trafienia” centroidów powierzchni monitoringowych zdarzały się na glebach występujących w formie długich ale wąskich pasów - jak mady w dolinach rzecznych. Na powierzchniach monitoringowych występują wszystkie rodzaje skał istotne jako skały macierzyste gleb (ryc. 4). Na ocenę reprezentatywności sieci w stosunku do budowy geologicznej wpływają dwa założenia metodyczne przyjęte w trakcie prac gleboznawczych. Na powierzchni monitoringowej wykazywano ten rodzaj skały, którego zwietrzelnina budowała profil glebowy, co nie zawsze było zgodne z mapą geologiczną, pomijającą utwory pokrywowe o miąższości do 2 m - uważanie za nieistotne z geologicznego punktu widzenia. Tymczasem w Górach Stołowych zwietrzeliny piaskowców dość często na stokach przykrywają podłoże mułowcowe, zwietrzeliny mułowców przykrywają zwietrzeliny permskie itd. Szczególnym przypadkiem są stoki poniżej urwisk piaskowcowych, zbudowane ze zwietrzeliny mułowców, ale przykryte warstwą zwietrzeliny piaskowca osypującej się lub wymywanej z obszaru wychodni. Miąższość pokrywowej warstwy piaskowo-gruzowej nie przekracza 0,5-1 m, ale jest to wystarczająco dużo by istotnie wpływać na warunki glebowe i siedliskowe. Na takich powierzchniach wyróżniano osobną kategorię geologiczną „piaskowiec na mułowcu”. Sieć monitoringowa jest również reprezentatywna pod kątem struktury siedlisk leśnych (rys. 6). Najlepsza zgodność na poziomie typu siedliskowego występuje w przypadku lasu mieszanego górskiego oraz boru górskiego. Słabsza reprezentatywność siedlisk łągowych wynika z tych samych przyczyn, które decydują o niedoszacowaniu udziału mad rzecznych. Z kolei „nadreprezentacja” boru mieszanego górskiego może wynikać z nadmiernej generalizacji opisów siedliskowych

w wydzieleniach leśnych (pododdziałach), co często ma miejsce na krawędziach morfologicznych i długich stokach.

Wśród wskaźników charakteryzujących stan chemiczny gleb, w tym ich żyzność i stopień zanieczyszczenia, analizowano między innymi skład granulometryczny, zawartość materii organicznej, odczyn, kwasowość wymienną, wymienne kationy zasadowe (wapń, magnez, potas i sód), zawartość przyswajalnych dla roślin form magnezu, potasu i sodu, a także całkowitą zawartość ołowiu, cynku i miedzi (tab. 3). Przeciętna, dość wysoka, zawartość frakcji ilu i pyłu potwierdza, że w skali parku narodowego dominują gleby o gliniastym uziarnieniu warstw powierzchniowych. Uziarnienie gleb na powierzchniach monitoringowych z reguły zgodne jest z uziarnieniem wykazywanym na mapie glebowej.

Suma wymiennych kationów zasadowych jest jednym z uniwersalnych wskaźników informujących 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 fizykochemicznych skutków zmian użytkowania gleb lub zmian składu gatunkowego zbiorowisk leśnych. Najważniejszym kationem w kompleksie sorpcyjnym gleb jest wapń, którego proporcja do magnezu, potasu i wapnia kształtuje się przeciętnie jak 25:7:2:1 (tab. 3). Suma kationów przyjmuje w Górach Stołowych wartości najczęściej bardzo niskie i niskie, co odzwierciedlają wartości średnie 3,5 i 3,2 cmol(+) kg⁻¹, odpowiednio w warstwie 0-10 i 10-20 cm. Równocześnie, suma kationów zasadowych jest bardzo zróżnicowana na obszarze PNGS (ryc. 7). Wyraźnie najzasobniejsze są gleby wytworzone z mułowców, w tym gleby brunatne eutroficzne, płowe, glejowe i opadowo-glejowe w rejonie Pasterki - Pośny, Ostrej Góry, Karłowa, Pstrążnej, na Sawannie Łężyckiej oraz na południowych obrzeżach PNGS w granicach Szczytnej. W glebach tych suma kationów na ogół przekracza 10 cmol(+) kg⁻¹, maksymalnie osiągając nawet 66 cmol(+) kg⁻¹. Z kolei najniższe ilości kationów zasadowych występują w glebach bielcowych wytworzonych z piaskowców oraz w glebach brunatnych



Ryc. 6. Reprezentatywność sieci monitoringu względem struktury siedlisk leśnych PNGS.

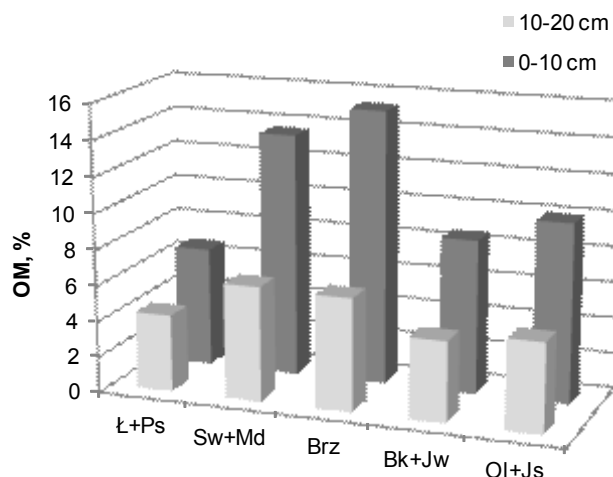
Fig. 6. Representativeness of the forest habitats structure in the monitoring system.

BG - bór górski (mountain coniferous forest), BMG - bór mieszany górski (mountain mixed-coniferous forest), LMG - las mieszany górski (mountain mixed-broadleaf forest), LG+LLG - las górski, włącznie z lasem łągowym górskim (mountain broadleaf forest). Compared data from the map of habitats (mapa siedlisk) and monitoring sites (sieć monitoringu).

dystroficznych wytworzonych z granitów, co dobrze ilustruje **ryc. 7**. Z sumą zasadowych kationów wymiennych powiązany jest wskaźnik wysycenia kompleksu sorpcyjnego, mający duże znaczenie w diagnostyce troficznej i typologicznej gleb. Przeciętne wartości tego wskaźnika oscylujące wokół 33% (**tab. 3**) wskazują na średnio dystroficzny charakter większości gleb i siedlisk Gór Stołowych. W glebach dystroficznych, jak bielice wytworzone z piaskowców lub gleby brunatne wytworzone z granitoidów, wysycenie zasadami często spada poniżej 10-20% (w warstwie powierzchniowej). Z kolei w glebach eutroficznych, których zasięg ilustruje **ryc. 7**, wysycenie zasadami wynosi ponad 50%, maksymalnie sięgając do 99%, co jest wówczas jednoznaczne z niemal całkowitym zbuforowaniem czynników zakwaszających, jak glin wymienne.

Słabo powiązana z rodzajem podłoża geologicznego, a raczej z rodzajem użytkowania terenu, składem gatunkowym roślinności, warunkami klimatycznymi i wodnymi - jest zawartość materii organicznej. Generalnie można stwierdzić, że jej ilość w glebach PNGS jest wysoka, podobnie jak na innych obszarach leśnych w górach, co jest uwarunkowane klimatycznie. Najwyższe zawartości w PNGS stwierdzono w glebach pod drzewostanami świerkowymi, modrzewiowymi i brzozowymi, zdecydowanie mniejsze pod drzewostanami bukowymi, jaworowymi i łągowymi, a najmniejsze w glebach nieleśnych - łąkowych i pastwiskowych (**ryc. 8**). Różnice między rodzajami użytkowania lub składem drzewostanów maleją w profilu glebowym z głębokością, ale zawsze najwyższa zawartość substancji organicznej jest pod drzewostanami iglastymi. Stwierdzone zróżnicowanie wynika z odmiennego tempa rozkładu biomasy opadu organicznego (liści/igieł) docierającego do dna lasu, co w pierwszej kolejności przejawia się różną grubością ektopróchnic (**ryc. 9**). Największe tempo rozkładu biomasy, a więc i tempo obiegu węgla organicznego wystę-

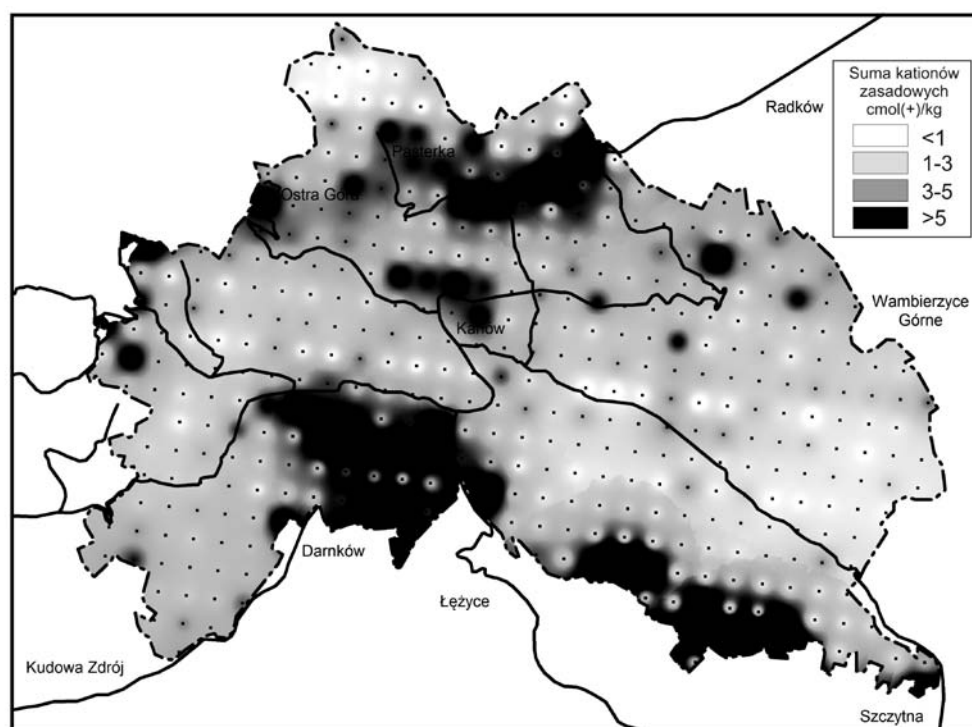
puje w żyzniejszych glebach pod buczynami, jaworzynami oraz lasami łągowymi. Tam miąższość ektopróchnic oraz zawartość materii organicznej w poziomach mineralnych są najmniejsze. Szybkość rozkładu igliwia świerkowego, jodłowego lub modrzewiowego jest zdecydowanie mniejsza, co w powiązaniu z zakwaszającym działaniem produktów rozkładu prowadzi do nagromadzenia materii organicznej w grubych ektopróchnicach i w mineralnych poziomach gleb. Szczególne miejsce drzewostanów brzozowych (najczęściej brzozowo-świerkowych i brzozowo-sosnowych) w zestawieniu wynika głównie stąd, że występują one na wysoko położonych stanowiskach borowych na wierz-



Ryc. 8. Zawartość materii organicznej (OM) w glebach łąkowych i pod różnymi drzewostanami.

Fig. 8. Organic matter (OM) content in soils on meadows and under various forest vegetation.

Ł+PS - łąki i pastwiska (madows and pastures), Sw+Md - świerk i modrzew (spruce and larch), Brz - brzoza (birch), Bk+Jw - buk i jawor (beech and sycamore), Ol+Js - olsza i jesion (alder and ash). Warstwy gleby: 0-10 i 10-20 cm (Soil layers: 0-10 and 10-20 cm)



Ryc. 7. Przestrzenne zróżnicowanie zawartości zasadowych kationów wymiennych w glebach PNGS.
Fig. 7. Spatial variability of exchangeable base cations in soils of the SMNP.

Tabela 3. Stan chemiczny gleb PNGS - wyniki z 402 kołowych powierzchni monitoringowych (wartości średnie)

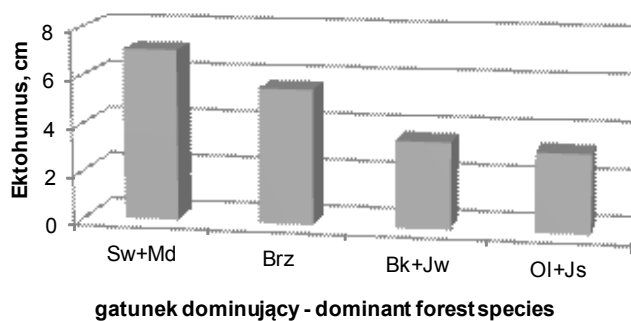
Table 3. Chemical properties of soils in the Stołowe Mountains National Park – result from 402 circle monitoring surfaces (mean values)

Parametr Soil properties	Warstwa gleby / Soil Layer		
	Ektopróchnica (ściółka) Forest litter	Warstwa Layer 0-10 cm	Warstwa Layer 10-20 cm
Materia organiczna, Organic matter, %	78,4	12,5	6,0
pH - 1M KCl	3,4	3,2	3,4
pH - H ₂ O _{dest.}	4,2	4,0	4,2
Kwasowość wymienna, Exchangeable acidity, cmol(+) kg ⁻¹	-	6,4	5,2
Al wymienny, Exchangeable Al, cmol(+) kg ⁻¹	-	5,8	5,1
Ca wymienny, Exchangeable Ca, cmol(+) kg ⁻¹	-	2,5	2,3
Mg wymienny, Exchangeable Mg, cmol(+) kg ⁻¹	-	0,7	0,6
K wymienny, Exchangeable K, cmol(+) kg ⁻¹	-	0,2	0,1
Na wymienny, Exchangeable Na, cmol(+) kg ⁻¹	-	0,1	0,1
Wymienne kationy zasadowe, Sum of exchangeable cations, cmol(+) kg ⁻¹	-	3,5	3,2
Wysycenie kationami zasadowymi, Base saturation, %	-	32,3	33,5
Ołów, Total Pb, mg kg ⁻¹	91,4	47,2	28,2
Cynk, Total Zn, mg kg ⁻¹	60,5	31,9	29,1
Miedź, Total Cu, mg kg ⁻¹	16,5	6,9	5,0
Mg przyswajalny, Available Mg, mg _{MgO} kg ⁻¹	-	79,4	
K przyswajalny, Available K, mg _{K₂O} kg ⁻¹	-	71,5	
P przyswajalny, Available P, mg _{P₂O₅} kg ⁻¹	-	40,2	
Fracja piasku, Sand fraction, %	-	66	
Fracja pyłu, Silt fraction, %	-	27	
Fracja łu, Clay fraction, %	-	7	

chołkach wzniesień i wychodniach skalnych, gdzie mała aktywność mikrobiologiczna i powolny rozkład biomasy są uwarunkowane ostrym klimatem. Wstępne wyniki badań monitoringowych prowadzą do wniosku, że przebudowa drzewostanów świerkowych na liściaste spowoduje w dłuższej perspektywie czasowej zmniejszenie zasobów materii organicznej w glebach i uwolnienie części związanego dwutlenku węgla.

Gleby Gór Stołowych odznaczają się na ogół kwaśnym lub nawet silnie kwaśnym odczynem i wartościami pH_{H₂O} przeciętnie około 4,0-4,2 oraz pH_{KCl} 3,2-3,4 w warstwach mineralnych (**tab. 3**). W poziomach mineralnych gleby wartość pH jest odwrotnie skorelowana z zawartością substancji organicznej, dlatego warstwy powierzchniowe (0-10 cm) z reguły odznaczają się niższym pH niż warstwy głębsze (10-20 cm), mniej zasobne w próchnicę (**ryc. 10**). Jednakże istotny jest również stopień rozkładu materii organicznej, co powoduje, że pH warstw powierzchniowych (0-10 cm) jest niższe niż ektopróchnicy - zawierającej kilka razy więcej materii organicznej, ale słabiej zhumifikowanej. W ujęciu przestrzennym, zauważono wyraźną ujemną korelację między wysokością n.p.m. a pH gleb, zarówno powierzchniowych warstw mineralnych, jak i ektopróchnicy (**ryc. 11-A**). Jednocześnie stwierdzono wyraźny związek między składem drzewostanów a pH gleb, szczególnie ektopróchnicy. Zdecydowanie najniższe pH mają gleby pod drzewostanami świerkowymi w porównaniu z bukowymi i jaworowymi

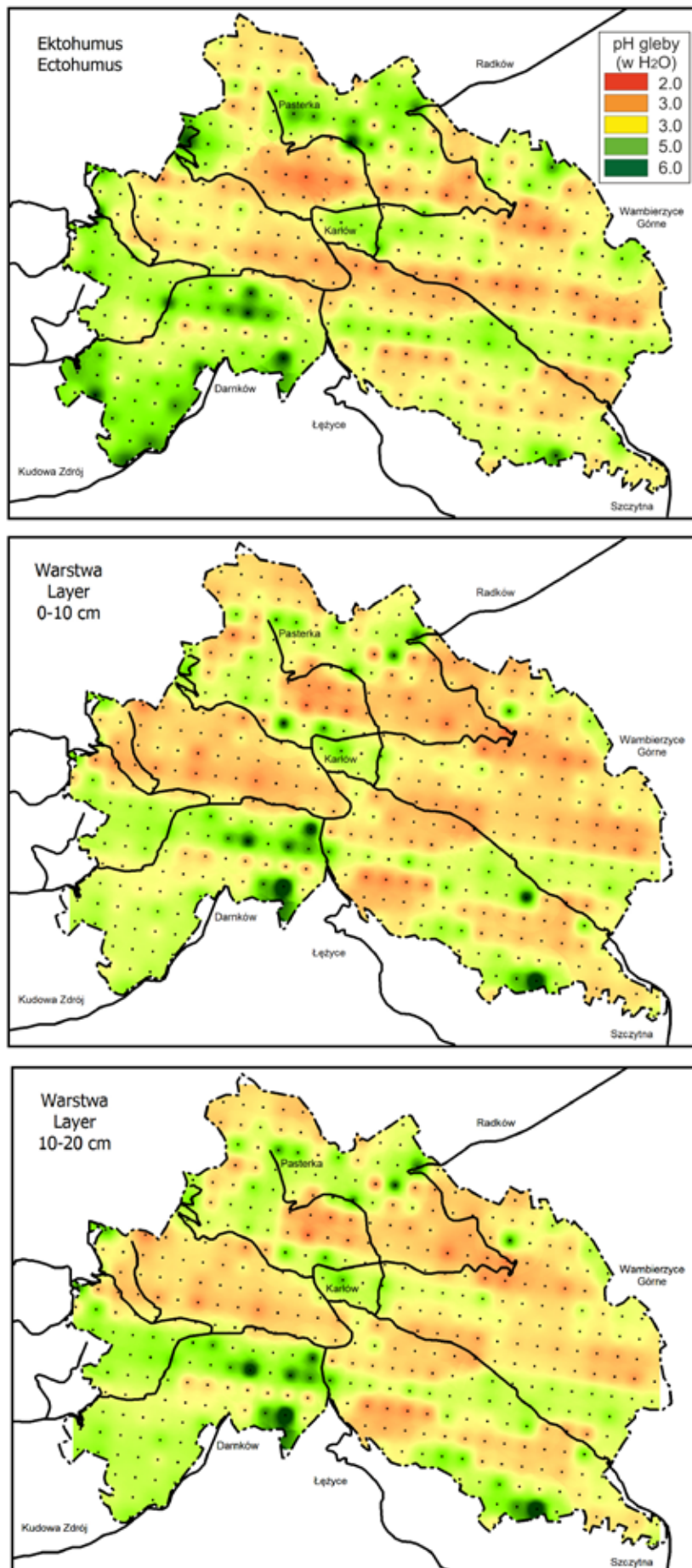
(**ryc. 11-B**). Wykazano też, że gleby wytworzone z piaskowców górnokredowych posiadają pH nieco niższe niż gleby wytworzone z piaskowców permskich, ale znacznie niższe od gleb wytworzonych z mułowców i granitoidów (**ryc. 11-C**). Najogólniej rzecz ujmując można stwierdzić, że kwaśny odczyn gleb w Górach Stołowych jest efektem dominacji skał macierzystych nie zawierających węgla wapnia i ubogich w inne składniki alkaliczne, a także efektem długotrwałego ługującego działania wilgotnego klimatu



Ryc. 9. Grubość ektopróchnicy pod różnymi drzewostanami w PNGS.

Fig. 9. Thickness of an ectohumus layer under various forest vegetation.

Sw+Md - świerk i modrzew (spruce and larch), Brz - brzoza (birch), Bk+Jw - buk i jawor (beech and sycamore), Ol+Js - ołsa i jesion (alder and ash).

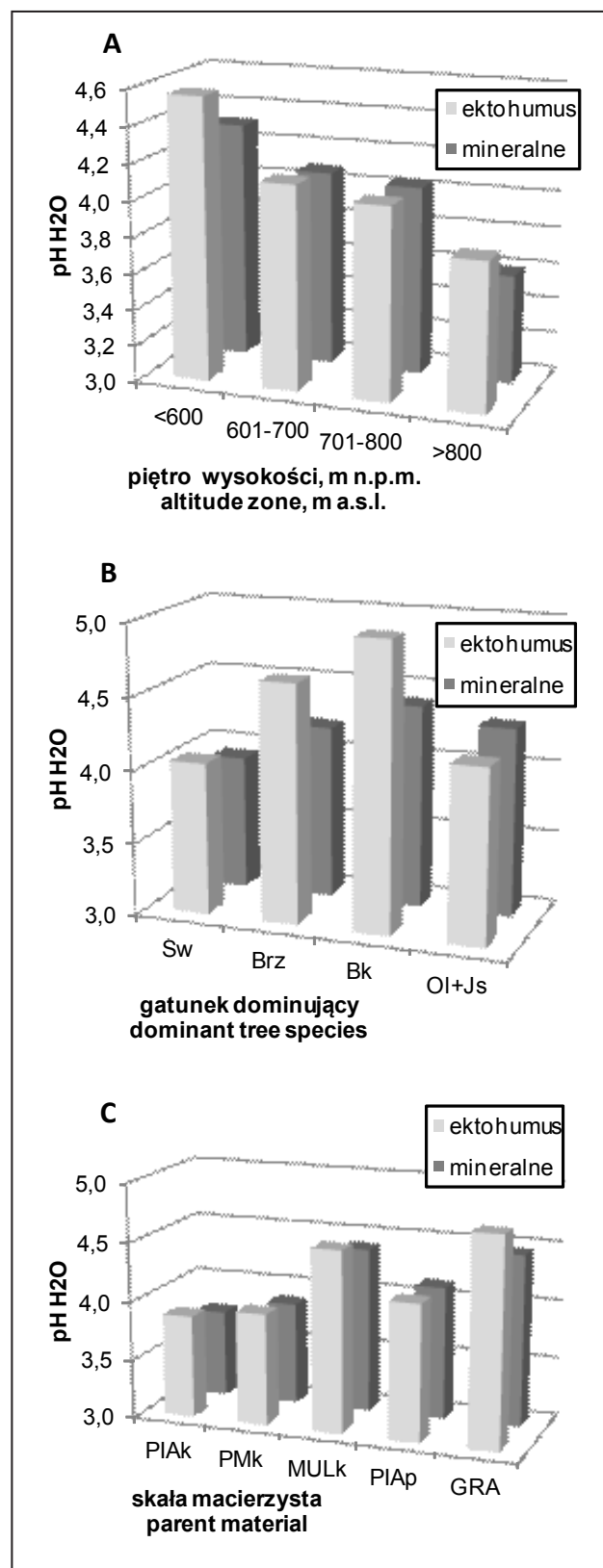


Ryc. 10. Przestrzenne zróżnicowanie odczynu (pH_{H2O}) w glebach PNGS.
Fig. 10. Spatial variability of soil reaction (pH measured in distilled water).

oraz borowej roślinności. Dlatego - w układzie przestrzennie -wysokościowym - najniższe pH mają gleby wysoko położone na wierzchołkach Skalniaka, Szczelińca i Narożnika, wytworzone z piaskowców górnokredowych i porośnięte borami świerkowymi (ryc. 10). Te same czynniki, co już wcześniej wykazano, sprzyjają ługowaniu wymiennych kationów zasadowych i zubożeniu gleb, ale także akumulacji materii organicznej. Należy jednocześnie stwierdzić, że silne i pogłębiające się zakwaszenie części tych gleb jest ich cechą naturalną, w niewielkim stopniu związaną z działalnością człowieka. Jednak w niższych położeniach, gdzie warunki klimatyczne nie eliminują gatunków liściastych, eliminacja nadmiernego udziału świerka w drzewostanach z całą pewnością zahamuje proces zakwaszenia gleb - oczywiście w dłuższej perspektywie czasowej i w powiązaniu ze zmianami w obiegu węgla.

Zasobność gleb w składniki przyswajalne dla roślin jest jednym ze wskaźników ich żyzności. Generalnie gleby leśne Gór Stołowych zawierają niewielkie ilości przyswajalnego magnezu, potasu i fosforu - niedoborowe z punktu widzenia komercyjnej gospodarki leśnej. Wyższe stężenia wymienionych składników w glebach z reguły są śladem użytkowania rolniczego i nawożenia. Jest to szczególnie widoczne w przypadku fosforu, którego zawartość nie zależy od rodzaju skały macierzystej, uziarnienia gleby czy składu drzewostanu. Podwyższone zawartości tego składnika stwierdzono w glebach łąkowych (poornych) na Sawannie Łężyckiej i w Karłowiu, ale też w wzdłuż ruchliwej szosy do Radkowa (ryc. 12). Wysokie zawartości fosforu również w tych leśnych glebach należy wiązać z wpływami antropogenicznymi. Zawartość przyswajalnego magnezu i potasu, choć również nawiązuje do sposobu użytkowania terenu, wyraźnie związana jest z rodzajem skały macierzystej. Najniższe ilości P i Mg występują w glebach wytworzonych z piaskowców, natomiast najwyższe w glebach wytworzonych z mułowców, co skorelowane jest z ilością tych pierwiastków w formach wymiennych w kompleksie sorpcyjnym. Wysokie zawartości potasu przyswajalnego stwierdzono ponadto w części gleb wytworzonych z granitów, co było zauważone również na innych obszarach granitowych i związane jest z podwyższoną zawartością potasu w tych skałach. Gleby pod drzewostanami świerkowymi i bukowymi różnią się zawartością potasu i magnezu przyswajalnego - na korzyść gleb pod zbiorowiskami liściastymi. Różnicy tej nie stwierdzono w przypadku fosforu, co potwierdza, że ten deficytowy składnik może ograniczać produktywność drzewostanów bukowych.

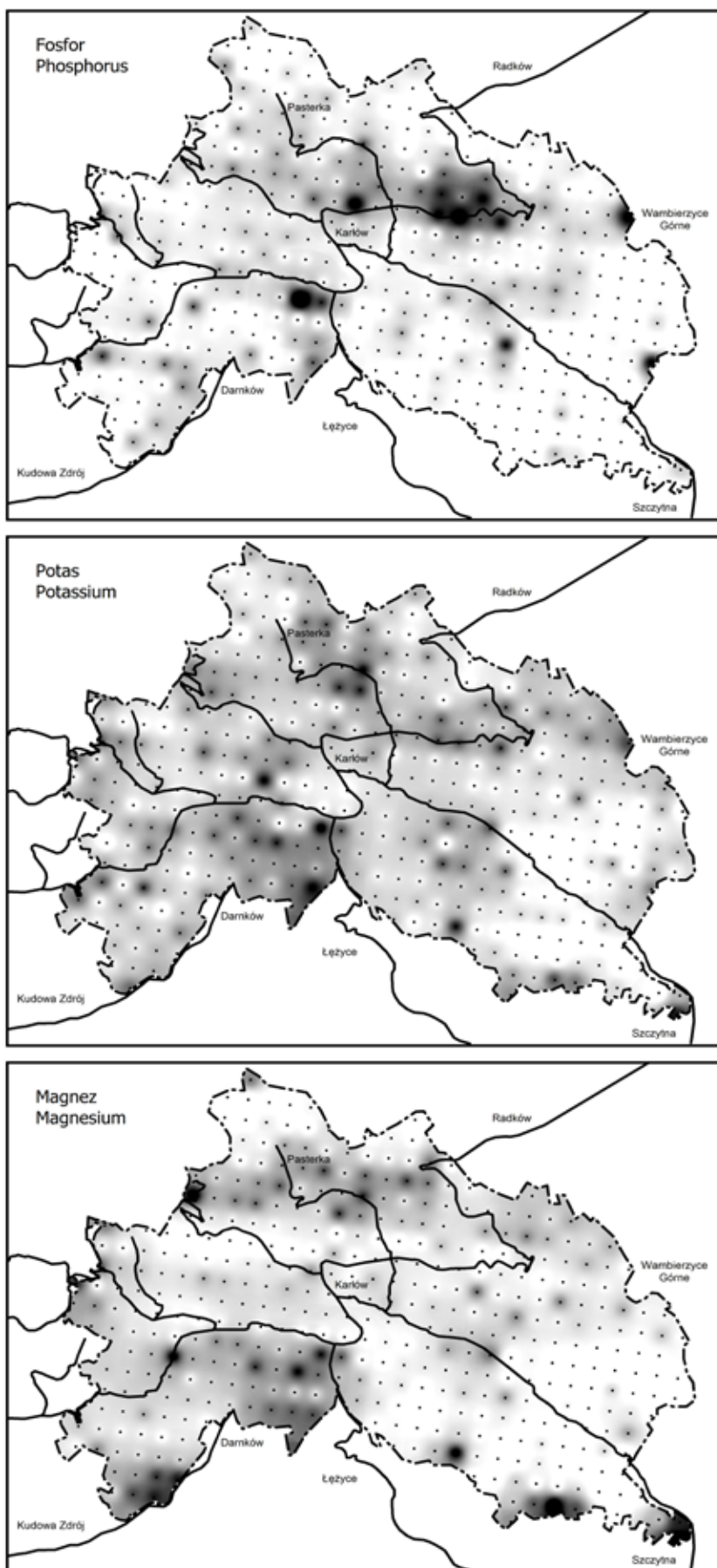
Metale ciężkie są powszechnie wykorzystywanymi wskaźnikami jakości środowiska, gdyż wszelkie formy gospodarczej aktywności człowieka były w przeszłości powiązane z emisją metali ciężkich do atmosfery. W programie monitoringu środowiska glebowego PNGS zdecydowano się na oznaczenie zawartości miedzi, cynku i ołowiu, jako pierwiastków, których związek z aktywnością człowieka jest dobrze udokumentowany i dla których istnieje najobszerniejszy materiał porównawczy na obszarze Sudetów i Polski. Miedź i cynk są pierwiastkami zaliczanymi do mikroelementów niezbędnych dla właściwego wzrostu roślin - w śladowych ilościach. Przy nadmiernych koncentracjach w środowisku mogą oddziaływać toksycznie na organizmy żywe. Ołów nie



Ryc. 11. Zróżnicowanie pH gleb PNGS: (A) w kolejnych piętrach wysokości, (B) pod różnymi drzewostanami (wymieniono gatunki dominujące) i (C) na różnych podłożach.

Fig. 11. Comparison of soil pH: (A) in subsequent altitude zones, (B) under dominant forest tree species, and (C) on various parent materials.

PIA - piaskowiec kredowy (Cretaceous sandstone), MULk = mułowiec/margiel kredowy (Cretaceous marl/mudstone), PMk - piaskowiec na mułowcu (sandstone on mudstone), PIAp - piaskowiec permski (Permian sandstone), GRA - granitoidy (granite). Data shown separately for ectohumus and mineral soil layers.



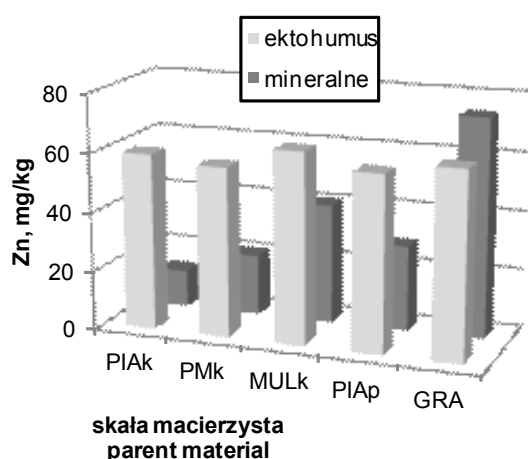
Ryc. 12. Przestrzenne zróżnicowanie zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w glebach PNGS. Zawartość makroskładników roślinie z natężeniem ciemnej barwy.

Fig. 12. Spatial distribution of plant -available phosphorus, potassium, and magnesium contents in soils. Darker colour means higher content of macronutrient.

należy do mikroelementów, a każda jego ilość w środowisku uważana jest za niepożądaną. Niestety, badania gleb na powierzchniach monitoringowych w PNGS wykazały, że to właśnie ołów występuje w największych ilościach, natomiast stężenia cynku i miedzi są na ogół niskie (tab. 3).

Stężenie metali ciężkich w glebach w pierwszej kolejności zależy od rodzaju skały macierzystej i uziarnienia gleby. Związek ten widoczny jest najsilniej w przypadku cynku (ryc. 13), słabiej w przypadku miedzi (ryc. 14), a najsłabiej w przypadku ołowiu (ryc. 15). Najmniejsze ilości metali występują w glebach wytworzonych z piaskowców górnokredowych oraz permskich, większe w glebach z mułowców, natomiast największe - w glebach na podłożu granitowym. Różnica między zawartością cynku w glebach wytworzonych z granitów i piaskowców jest prawie czterokrotna. Różnice zawartości cynku stwierdzone w warstwach mineralnych, podobnie jak lokalizacja/wysokość położenia n.p.m. nie przekładają się na zróżnicowanie cynku w ekto próchnicy. Jedynie rodzaj ekto próchnicy wpływa na stężenie cynku - wyraźnie większe jest w ekto próchnicach mull, tworzących się pod drzewostanami liściastymi głównie na podłożu marglistym, a mniejsze w ekto próchnicach mor, tworzących się pod świerkiem, przede wszystkim na podłożu piaskowcowym (ryc. 16). Można zatem stwierdzić, że niskie zawartości cynku w glebach Gór Stołowych są zbliżone do naturalnych, i naturalne czynniki - jak skała macierzysta i bioakumulacja - decydują o przestrzennej i profilowej dystrybucji pierwiastka. Jedynie w kilku punktach wykazano lokalnie podwyższone zawartości cynku, z całą pewnością genety antropogenicznej - w rejonie Karłowa, pasterki, Dańczowa i przy Szosie 100 Zakrętów (ryc. 17).

Na zawartość miedzi w glebach, podobnie jak cynku, wpływa przede wszystkim rodzaj skały macierzystej. To powoduje, że na mapie stężeń tego pierwiastka (warstwach mineralnych gleb) wyraźnie odróżnić można strefy niższej koncentracji - w glebach wytworzonych z piaskowca, oraz obszary wyższej koncentracji - na podłożu mułowcowym,

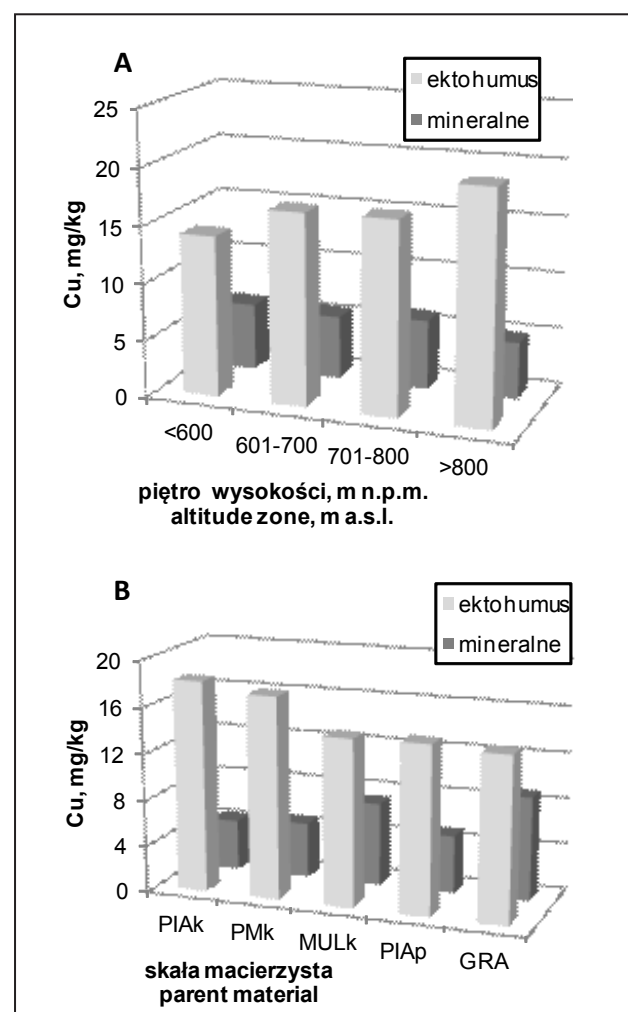


Ryc. 13. Zawartość cynku w glebach PNGS w zależności od podłoża geologicznego.

Fig. 13. Zinc content in soils of the SMNP as influenced by parent materials.

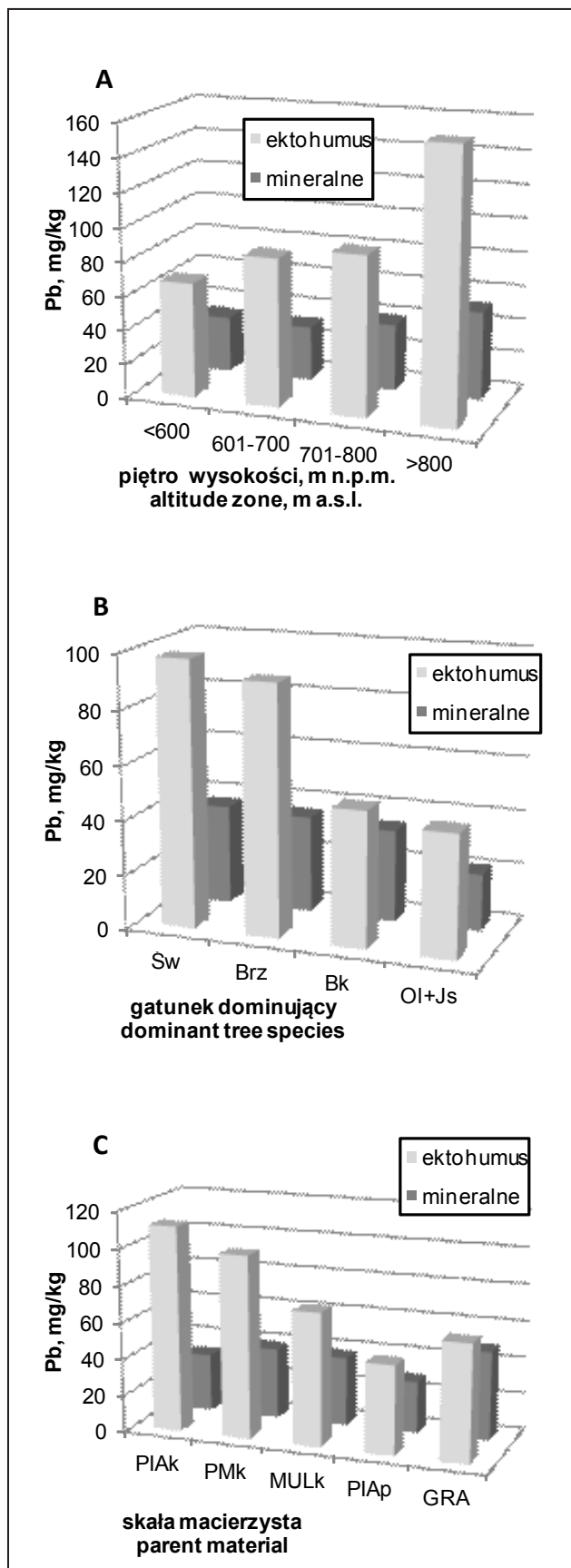
PIA - piaskowiec kredowy (Cretaceous sandstone), MULk - mułowiec/margiel kredowy (Cretaceous marl/mudstone), PMk - piaskowiec na mułowcu (sandstone on mudstone), PIAp - piaskowiec permski (Permian sandstone), GRA - granitoidy (granite). Data shown separately for ektohumus and mineral soil layers.

a szczególnie granitowym (ryc. 17). Przeciętne zawartości miedzi w warstwach mineralnych - rzędu 5-7 mg/kg gleby są niskie, i nie wskazują na antropogeniczne zanieczyszczenie, które stwierdzono tylko w trzech izolowanych punktach wzdłuż dróg w Karłowie i Pasterce. Jednakże w ekto próchnicach gleb leśnych zauważono jednoznaczną zależność nagromadzenia miedzi od wysokości n.p.m. (ryc. 14), przy czym nie stwierdzono związku między składem gatunkowym drzewostanu albo rodzajem i miąższością ekto próchnicy (ryc. 16), które na ogół skorelowane są z wysokością n.p.m. Podwyższone koncentracje miedzi w ekto próchnicach leśnych występują głównie na wierzcholinie Skalniaka, w zachodniej części Szczelińca oraz na wzniesieniach otaczających Pasterkę (ryc. 17). Obiekty te tworzą rodzaj „barier orograficznych” najbardziej narażonych na kontakt z masami powietrza napływającymi z kierunku zachodniego i południowo-zachodniego. W przeszłości z tymi masami powietrza napływały zanieczyszczenia pyłowe z obszarów przemysłowych Czech i pogranicza niemiecko-czeskiego. Podwyższone zawartości miedzi w ekto próchnicach niektórych gleb są więc skutkiem transgranicznego zanieczyszczenia powietrza. Można przypuszczać, że w przyszłości



Ryc. 14. Zawartość miedzi w glebach PNGS: (A) w kolejnych piętrach wysokości i (B) na różnych podłożach geologicznych.

Fig. 14. Copper content in soils of the SMNP as influenced by: (A) altitude and (B) parent materials. Data shown separately for ektohumus and mineral soil layers.

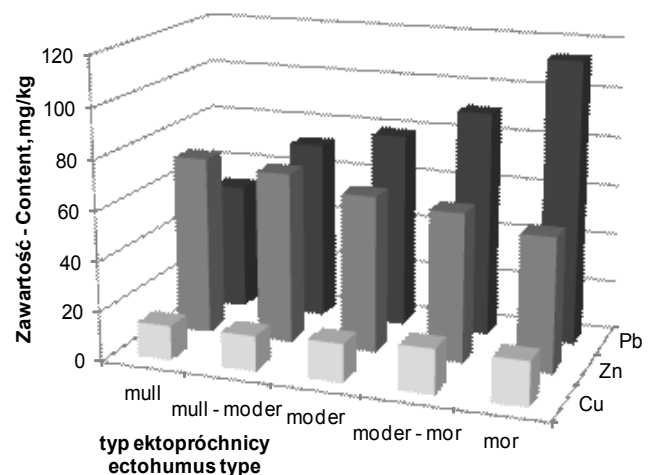


Ryc. 15. Zawartość ołowiu w glebach PNGS: (A) w kolejnych piętrach wysokości, (B) pod różnymi drzewostanami (wymieniono gatunki dominujące) i (C) na różnych podłożach

Fig. 15. Lead content in soils of the SMNP as influenced by: (A) altitude, (B) dominant forest tree species, and (C) parent materials. Data shown separately for ectohumus and mineral soil layers.

podwyższone stężenia powinny zanikać w odpowiedzi na zasadnicze zmniejszenie emisji zanieczyszczeń i poprawę jakości powietrza napływającego na teren Sudetów.

Zróźnicowanie zawartości ołowiu zdecydowanie silniej odzwierciedla zjawiska opisane w przypadku miedzi. Zawartość ołowiu w warstwach mineralnych gleb słabo koreluje z rodzajem skały macierzystej (ryc. 18) a znacznie silniej z nagromadzeniem substancji organicznej i składem drzewostanu (ryc. 15-B). Pod drzewostanami świerkowymi, nawet na różnych podłożach geologicznych, zawartość ołowiu jest z reguły nieco większa niż pod drzewostanami liściastymi, szczególnie na wyższych wysokościach n.p.m. (ryc. 15-A). Różnice te spotęgowane są w poziomie ekto-próchnicy: zawartość ołowiu jest zdecydowanie najwyższa w grubych ekto-próchnicach mor (ryc. 16) tworzących się pod świerkiem, szczególnie na podłożu piaszczawym i w warunkach osłabienia aktywności mikroorganizmów przez ostrzejsze warunki klimatyczne na większych wysokościach n.p.m. (ryc. 15-A-B-C). Nie jest możliwe w tej sytuacji jednoznaczne rozstrzygnięcie, czy wysokie zawartości ołowiu w ekto-próchnicach gleb na wierzcholinie Skalniaka są efektem zanieczyszczenia powstałego w kontakcie lasu z zanieczyszczonymi masami powietrza zatrzymanymi na barierze orograficznej, czy są efektem szczególnego powinowactwa ołowiu do substancji organicznej, manifestującego się w silnej i trwałej koncentracji pierwiastka w ekto-próchnicach. Jednakże znacznie niższe stężenia ołowiu w podobnych ekto-próchnicach na „cofniętej” wierzcholinie Narożnika i w głębi masywu pozwalają wnioskować, że wysokie stężenia ołowiu w ekto-próchnicach gleb leśnych PNGS są skutkiem dopływu transgranicznych zanieczyszczeń atmosfery. I podobnie jak w przypadku miedzi należy oczekiwać, że w dłuższej perspektywie czasowej stężenia te zmniejszą się w miarę poprawy jakości powietrza napływającego na teren Gór Stołowych. Dodatkowym czynnikiem zmniejszającym współczesną akumulację metali na wierzcholinie Skalniaka jest destrukcja drzewostanów świerkowych. Wpływ Szosy 100 Zakrętów na zawartość ołowiu w ekto-próchnicach i glebach był zdecydowanie mniejszy niż wpływ zanieczyszczeń transgranicznych.

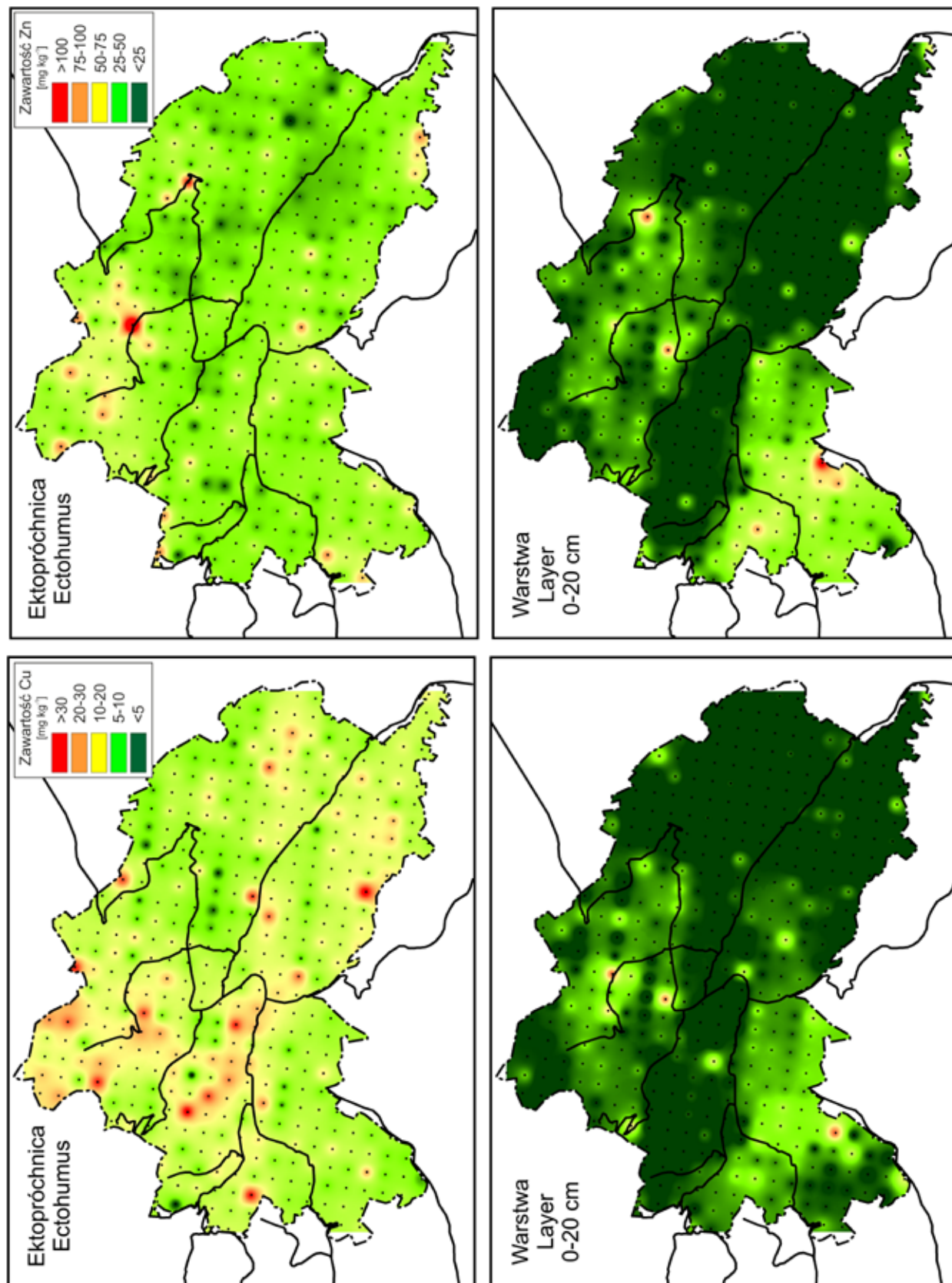


Ryc. 16. Zawartość metali ciężkich w różnych typach ekto-próchnic leśnych

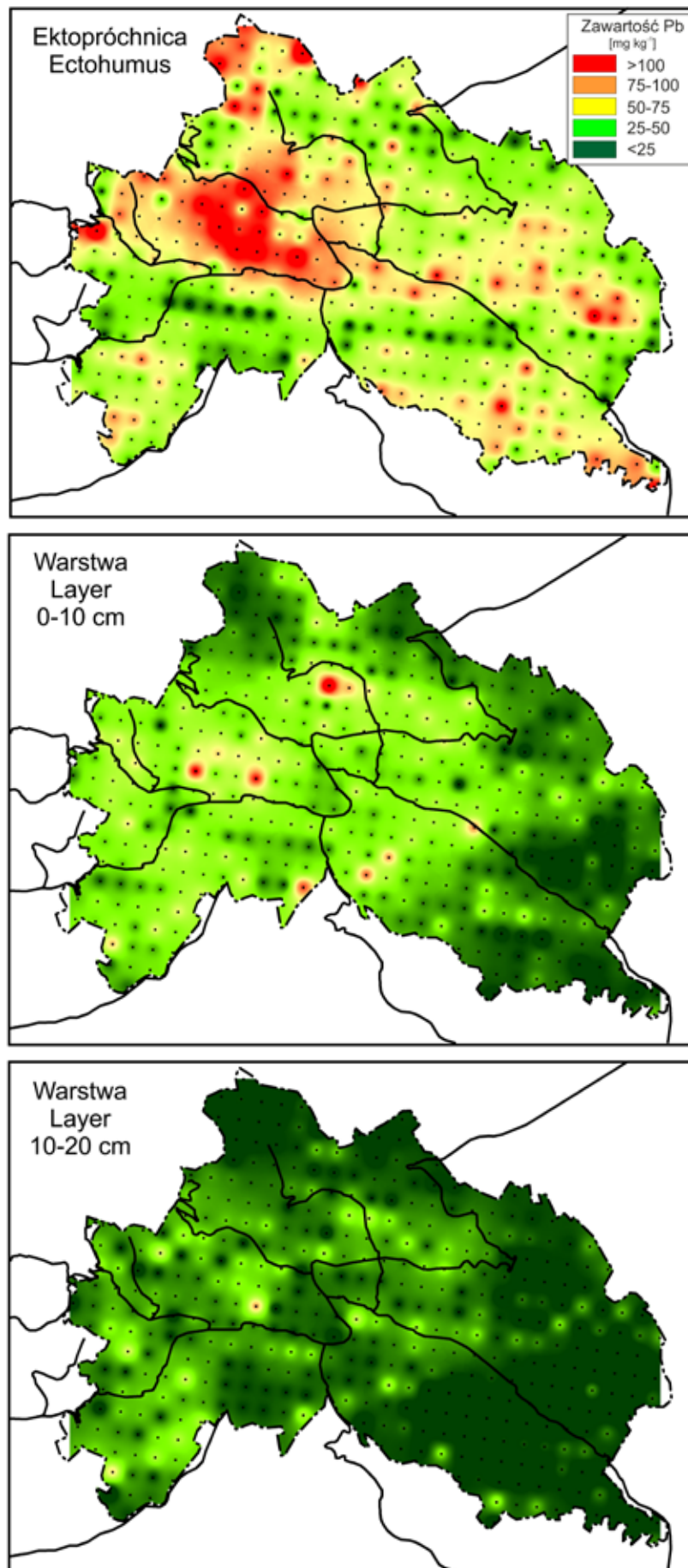
Fig. 16. Heavy metal content in various types of forest ectohumus

Pierwsza seria badań monitoringowych miała rzecz jasna charakter inwentaryzacyjny i dopiero powtórzenie prac, planowane w odstępach 10-letnich będzie miało walor rzeczywistych badań monitoringowych i pokaże, czy zaproponowane wyjaśnienia zjawisk zachodzących w ekosystemach Gór Stołowych oraz prognozy przekształceń były prawidłowe.

Jednak już obecnie, na podstawie przeprowadzonych badań i z uwzględnieniem uwarunkowań środowiskowych oraz planów gospodarczych można prognozować, że w glebach Gór Stołowych nie będzie zwiększać się w najbliższej dekadzie zakwaszenie oraz zanieczyszczenie metali ciężkimi, natomiast mogą zmaleć zasoby glebowej materii organicznej.



Ryc. 17. Przestrzenne zróżnicowanie zawartości miedzi i cynku w ektopróchnicach i poziomach mineralnych gleb PNGS.
Fig. 17. Spatial distribution of copper and zinc contents in ectohumus and mineral soil horizons.



Ryc. 18. Przestrzenne zróżnicowanie zawartości ołowiu w ektopróchnicach i poziomach mineralnych gleb PNGS.

Fig. 18. Spatial distribution of lead content in ectohumus and mineral soil horizons.

LITERATURA

- IUSS Working Group WRB, 2006.** World Reference Base for Soil Resources 2006. 2nd edition, World Soil Resources Reports 103, FAO, Rome, pp. 1-122.
- Jędruszczak E., Miścicki S., 2001.** Lasy Parku Narodowego Gór Stołowych. *Szczeliniec* 5, 79-104.
- Kabala C., Haase T. 2004.** Przejawy poligenezy gleb biellicowych utworzonych z piaskowców kredowych Gór Stołowych. *Rocz. Glebozn.* 55, 4, pp. 39-49.
- Kabala C., Szerszeń L., Wicik B. 2002.** Geneza, właściwości i systematyka gleb Parku Narodowe Gór Stołowych. *Szczeliniec*, 6, pp. 21-94.
- Klasyfikacja Zasobów Glebowych Świata 2006**, aktualizacja 2007 [2009]. World Reference Base for Soil Resources 2006, update 2007. FAO, ISRIC, ISSS. Edycja polska: (tłum. i red.) Bednarek R., Charzyński P., Kabala C., Wyd. Nauk. UMK, Toruń, pp. 1-145.
- Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, 2009.** Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. *Roczniki Gleboznawcze*, 60, 2, pp. 5-16.
- Systematyka Gleb Polski, 1989.** *Roczniki Gleboznawcze*, 40, 3/4, pp. 1-150.
- Systematyka Gleb Polski, 2011.** *Roczniki Gleboznawcze*, 62, 3, pp. 1-178.

