SOIL SCIENCE ANNUAL
2021, 72(4), 143900

https://doi.org/10.37501/soilsa/143900

BY-NC-ND

Różnorodność typologiczna i fizykochemiczna gleb rdzawych Puszczy Białowieskiej

Cezary Kabała[1]*, Marek Ksepko[2], Przemysław Musiał[3]

[1] Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, ul. Grunwaldzka 53, 50-375 Wrocław
[2] Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Odział w Białymstoku, ul. Lipowa 51, 15-424 Białystok
[3] Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej w Warszawie, Sękocin Stary, ul. Leśników 21, 05-090 Raszyn

* prof. dr hab. Cezary Kabała, email: cezary.kabala@upwr.edu.pl. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9796-3716

Received: 04.09.2021
Accepted: 12.11.2021
Associated editor: E. Błońska

Słowa kluczowe

Gleby rdzawe
Klasyfikacja gleb
Siedliska leśne
Piaski zwałowe
Piaski wodnolodowcowe
Piaski eoliczne

Streszczenie

Puszcza Białowieska uważana jest za jeden z najcenniejszych kompleksów leśnych w Europie, a tymczasem opublikowane informacje o jej pokrywie glebowej pochodzą z lat 60-tych i to wyłącznie z obszaru Parku Narodowego. Celem artykułu jest analiza właściwości i zróżnicowania gleb rdzawych na podstawie wyników prac siedliskowych przeprowadzonych w nadleśnictwach Białowieża, Hajnówka i Browsk, tworzących Leśny Kompleks Promocyjny Puszcza Białowieska otaczający Białowieski Park Narodowy. Dominacja piaszczystych utworów macierzystych (zlodowacenia Warty) sprzyja powszechnemu występowaniu gleb rdzawych, zajmujących ok. 39% powierzchni. Przestrzenna różnorodność tych utworów (piaski zwałowe, wodnolodowcowe, eoliczne i wydmowe, piaski pokrywowe na glinach i in.), a także częsta obecność przewarstwień oraz podłoży drobno- i gruboziarnistych, sprzyjają wykształceniu gleb rdzawych we wszystkich podtypach (brunatnych, właściwych i bielicowych). Choć gleby rdzawe badanego obszaru odznaczają się silnym zakwaszeniem profilu, niską zawartością kationów wymiennych i niskim wysyceniem kationami, właściwości te wyraźnie różnicują się pomiędzy podtypami, skutkując najwyższą troficznością gleb rdzawych brunatnych i najniższą – rdzawych bielicowych. Na zróżnicowanie właściwości fizykochemicznych w profilach oraz pomiędzy podtypami gleb rdzawych oddziałuje nie tylko rodzaj utworu macierzystego (wpływ na uziarnienie i suma kationów), ale też – bezpośrednio lub pośrednio - porastająca roślinność/drzewostan (wpływ na zawartość węgla organicznego i azotu, kwasowość hydrolityczną, pH, wysycenia kationami zasadowymi). Oznacza to, że skład gatunkowy lasu, lub szerzej, gospodarka leśna może znacząco wpływać na kierunek i intensywność transformacji gleb. Zróżnicowaniu troficznemu podtypów gleb rdzawych odpowiada zróżnicowanie dominujących na tych podtypach kategorii żyzności siedlisk: lasu/lasu mieszanego na glebach rdzawych brunatnych, lasu mieszanego na rdzawych właściwych oraz boru mieszanego na glebach rdzawych bielicowych. Podtypy gleb rdzawych wyróżnione według Klasyfikacji gleb leśnych Polski korelują z ich analogami w Systematyce gleb Polski (wydanie 6), tj. glebom rdzawym brunatnym, właściwym i bielicowym odpowiadają odpowiednio gleby rdzawo-brunatne, rdzawe typowe i rdzawe zbielicowane. Zastosowanie Systematyki umożliwiłoby jednoznaczną klasyfikację gleb o cechach przejściowych (np. gleb rdzawo-brunatnych zbielicowanych) oraz podniosło rangę klasyfikacyjną niektórych gleb z oglejeniem gruntowym, węglanami oraz gleb porolnych.

1. Wstęp

Wyróżnianie piaszczystych gleb z poziomem pedogenicznego przeobrażenia in situ (rdzawym) w randze typu jest specyfiką polskich klasyfikacji gleboznawczych od lat 70-tych (Uggla i Roszko, 1974; Kowalkowski, 1977). Ustalenie tak wysokiej rangi klasyfikacyjnej było (i jest) odzwierciedleniem znaczącego udziału gleb rdzawych w pokrywie glebowej Polski, ale także uznaniem ich specyficznej wartości siedliskowej i produkcyjnej, pośredniej między gliniastymi glebami brunatnymi a piaszczystymi glebami bielicowymi (Prusinkiewicz, 1997). Rozróżnienie to jest szczególnie istotne, gdy hodowla lasu, przede wszystkim ustalanie składu gatunkowego drzewostanu, opiera się na podstawach przyrodniczych, co jest przesłaniem siedliskoznawstwa leśnego (Lasota i Błońska, 2013; Szymański, 1985). Mimo względnie dobrego rozpoznania właściwości fizykochemicznych gleb rdzawych (Bednarek, 1991; Chudecka i Tomaszewicz, 2014; Czubaszek i Banaszuk, 2004; Janowska, 2001), nadal szereg aspektów ich genezy, klasyfikacji oraz właściwego zagospodarowania jest przedmiotem dyskusji (Konecka-Betley i Janowska, 1996;

© 2021 by the authors. Licensee Soil Science Society of Poland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND 4.0) license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Kowalkowski i Degórski, 2005; Systematyka gleb Polski, wydanie 6, 2019 – dalej jako SGP6), co legło u podstaw uznania przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze gleby rdzawej Glebą Roku 2021. Uderza w szczególności niewielka liczba prac naukowych opublikowanych w ciągu ostatnich dwóch dekad, omawiających właściwości gleb rdzawych w kontekście obowiązujących obecnie systemów klasyfikacji gleb (Andrzejczyk i Sewerniak, 2016; Bieniek, 2013; Brożek et al., 2008; Brożek i Zwydak, 2010; Gałka et al., 2016; Jankowski, 2014; Jonczak, 2012; Jonczak et al., 2013; Marzec i Kabała, 2008).

Jednym z podstawowych źródeł poszerzania wiedzy o przyczynach i przejawach zróżnicowania gleb, obok badań w celowo dobranych (topo-, lito-, fito-, chrono- itd.) sekwencjach, są wielkoobszarowe opracowania glebowo-kartograficzne, gromadzące dane z dużej liczby profili glebowych, mające dzięki temu wartość statystyczną (Rutkowski et al., 2021). Tego rodzaju zbiorów danych dostarczają opracowania (glebowo-) siedliskowe wykonywane w nadleśnictwach PGL Lasy Państwowe w oparciu o Instrukcję Urządzania Lasu (2012). W latach 2018-2020, prace siedliskowe zostały wykonane w zespole Nadleśnictw Białowieża, Hajnówka i Browsk, dostarczając aktualnego i spójnego obrazu pokrywy glebowej i siedlisk obszaru Leśnego Kompleksu Promocyjnego Puszcza Białowieska (LKP PB). Obszar leśne Puszczy uważane są za stosunkowo słabo lub niedawno przekształcone przez człowieka, co pozwala oczekiwać, że gleby leśne Puszczy będą odznaczały się wysokim stopniem naturalności, właściwie odzwierciedlając związki między morfologią i właściwościami gleb a czynnikami glebotwórczymi (Prusinkiewicz i Kowalkowski, 1964). Jak dotąd nie opublikowano jednak charakterystyki gleb kompleksu leśnego Puszczy Białowieskiej, oprócz obszaru parku narodowego.

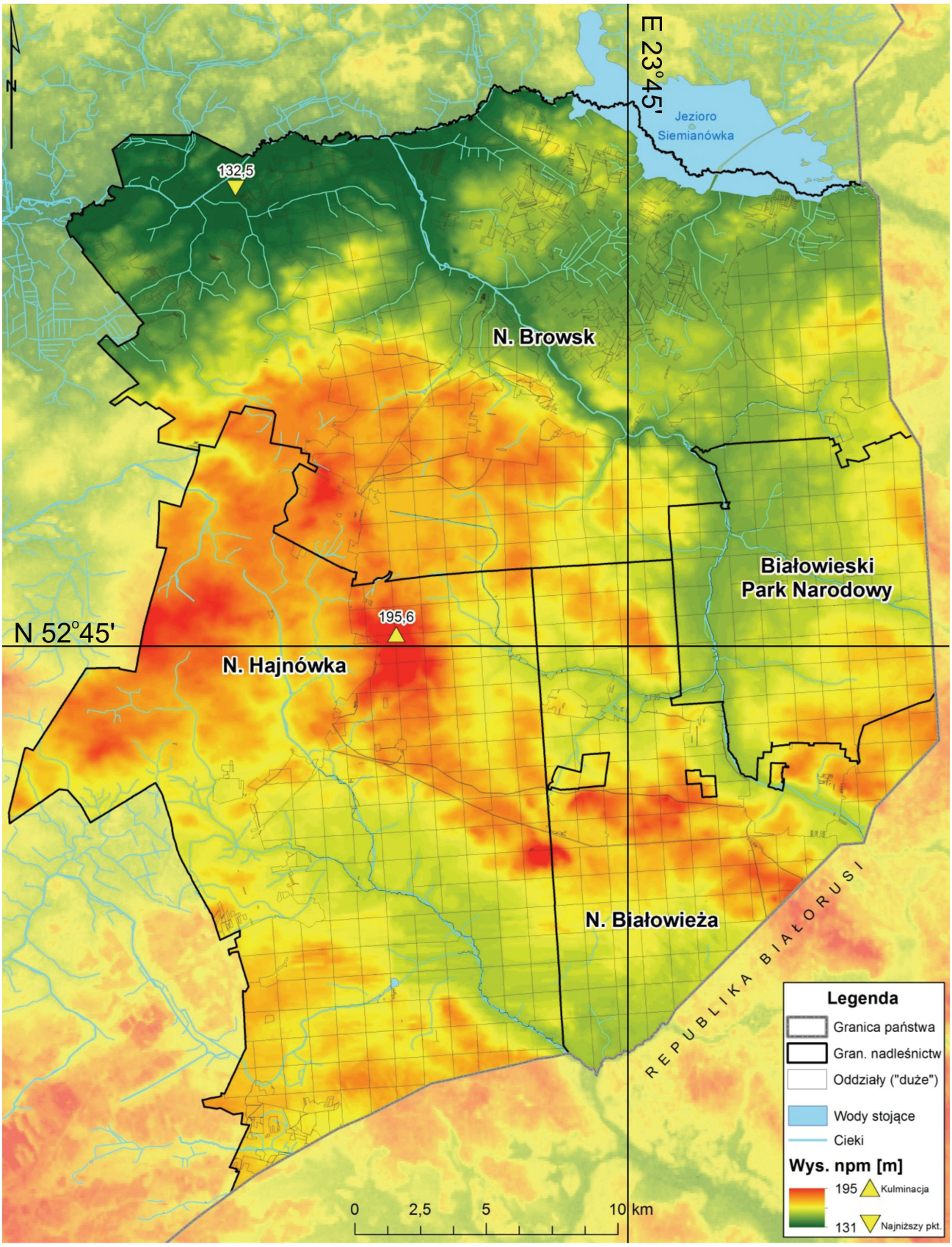
Celem pracy była analiza różnorodności właściwości gleb rdzawych nadleśnictw LKP Puszcza Białowieska w kontekście (a) czynników wpływających na genezę i transformację gleb, oraz (b) klasyfikacji typologicznej oraz wartości siedliskowej gleb rdzawych.

2. Obszar i metodyka badań

Prace siedliskowe w LKP Puszcza Białowieska zostały wykonane w latach 2018-2020 przez Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Białymstoku na łącznej powierzchni 52674 ha, w tym nadleśnictwo Białowieża – 12586 ha, Hajnówka – 19464 ha i Browsk – 20441 ha (Ryc. 1). Opracowanie nie obejmowało obszaru Białowieskiego Parku Narodowego (BPN). LKP Puszcza Białowieska położony jest w północno-wschodniej części Polski, na Nizinie Północnopodlaskiej – głównie na Równinie Bielskiej i częściowo w Dolinie Górnej Narwi. Zgodnie z regionalizacją przyrodniczo-leśną (Zielony i Kliczkowska, 2012) LKP PB w zdecydowanej większości położony jest w Krainie Mazursko-Podlaskiej w Mezoregionie Puszczy Białowieskiej (II.16) i tylko jego obrzeża znajdują się w Mezoregionie Wysoczyzny Białostockiej (II.14) lub w Mezoregionie Zambrowsko-Bielskim (IV.7) Krainy Mazowiecko-Podlaskiej. Obszar badań ma charakter denudacyjnej równiny, lokalnie falistej lub wzgórzowej, z rozległymi płytkimi obniżeniami dolinnymi (Ryc. 1), w zakresie wysokości bezwzględnych od 132 m n.p.m. (dolina Narewki) do 196,2 m n.p.m. (wzgórze na wschód od wsi Lipiny). Na współczesne ukształtowanie powierzchni oraz budowę geologiczną utworów powierzchniowych największy wpływ miały zlodowacenia plejstoceńskie, w szczególności zlodowacenie Warty, ostatnie, które objęło obszar Puszczy Białowieskiej. W okresie zlodowacenia Wisły, obszar znajdował się strefie peryglacjalnej, co skutkowało silnym przemodelowaniem utworów powierzchniowych, w szczególności eolizacją osadów piaszczystych i wytworzeniem tzw. piasków pokrywowych na znacznych powierzchniach. Mapy geologiczne eksponują glacjalny charakter utworów, w tym znaczny udział glin zwałowych (Kwiatkowski et al., 2011), jednak terenowe rozpoznanie utworów budujących powierzchniowe warstwy opisanych profili glebowych wskazuje na bezwzględną dominację (ok. 53% powierzchni) głębokich piasków zwałowych, wodnolodowcowych, eolicznych i rzecznych (Tab. 1). Dalsze 12% zajmują piaski naglinowe, a jedynie 7 i 5% – „całkowite" gliny zwałowe i utwory zastoiskowe, odpowiednio. Należy zwrócić uwagę na bardzo zróżnicowany charakter utworów piaszczystych, w których często zdarzają się wkładki (przewarstwienia lub soczewki) utworów drobnoziarnistych (gliniastych lub pyłowych) albo gruboziarnistych (żwirowych). Zróżnicowanie piasków związane ze zmieniających się warunków transportu i sedymentacji osadów w okresie deglacjacji powoduje, że ich uproszczone zaliczenie do grupy piasków zwałowych lub wodnolodowcowych jest często dyskusyjne, a podane wartości procentowe należy traktować jako przybliżone. Udział glin i płytkich piasków naglinowych jest relatywnie największy w centralnej części obszaru, tj. w rejonie styku trzech nadleśnictw i BPN, natomiast na wysoczyznach w południowej i północnej części obszaru bezwzględnie dominują głębokie piaski.

Klimat Puszczy Białowieskiej określany jest jako umiarkowany przejściowy z zaznaczającymi się wpływami kontynentalnymi. Średnia roczna temperatura dla wielolecia 1950–2015 określana była na ok. 6,9°C, jednak biorąc pod uwagę wyraźny trend wzrostowy w ostatnich dekadach, właściwsze jest określanie średniorocznej temperatury powietrza na poziomie ok. 7,5°C (Boczoń et al., 2018). Średnia roczna suma opadów atmosferycznych waha się w przedziale 600–620 mm w różnych okresach pomiarowych, ale nie wykazuje tak jednoznacznego trendu wzrostowego lub spadkowego jak temperatura powietrza.

Przed przystąpieniem do prac terenowych zgromadzono i przeanalizowano dostępne opracowania inwentaryzacyjne dla danego obiektu z zakresu: geomorfologii i geologii, hydrologii, siedliskoznawstwa i fitosocjologii. Wykorzystano aktualne dane teledetekcyjne (2017), pozyskane przez Instytut Badawczy Leśnictwa w ramach Projektu ForBioSensing (IBL, 2014): ortofotomapy (kompozycje RGB i CIR) oraz numeryczne dane wysokościowe pozyskane za pomocą aktywnych technologii teledetekcyjnych – lotniczego skanowania laserowego i wygenerowany na ich podstawie Numeryczny Model Terenu (NMT) oraz Numeryczny Model Pokrycia Terenu (NMPT). Prace terenowe prowadzono w 2 etapach. W pierwszym etapie wytypowano powierzchnie typologiczne podstawowe/wzorcowe (1 powierzchnia na 50 ha) i pomocnicze (1 powierzchnia na 5 ha). Miejsca badań terenowych wybierano kierując się budową



Ryc. 1. Położenie i hipsometria obszaru badań. Białowieski Park Narodowy nie jest objęty opracowaniem
Fig. 1. Situation and hipsometry od the study area. Białowieża National Park is excluded from the present study

Explanation: granica państwa – state border, granica nadleśnictw – borders of forest administration units, oddziały – forest plots, wody stojące – lakes, cieki – rivers/streams, wys. n.p.m. – altitude above sea level, Białowieski Park Narodowy – Białowieża National Park.

Tabela 1
Utwory macierzyste gleb na obszarze LKP Puszcza Białowieska

Table 1
Parent materials of soils in the LKP Białowieża Forest

Utwory geologiczne / geological sediments	%
piaski zwałowe / glacial sands	29
piaski wodnolodowcowe / glacio-fluvial sands	16
piaski eoliczne / eolian sands	7
piaski rzeczne / river sands	2
piaski na glinach zwałowych / cover sands on tills	12
gliny zwałowe / gacial tills	7
utwory zastoiskowe / glacio-lacustrine sediments	5
torfy i mursze / organic sediments	22

Explanation: LKP – Leśny Kompleks Promocyjny (Forest Promotional Complex – a group of forest administration units: Hajnówka, Białowieża, and Browsk)

morfologiczną terenu, dotychczasowym rozpoznaniem siedlisk oraz składem gatunkowym drzewostanu i runa. Powierzchnie zakładano równomiernie, metodą z wyboru (powierzchnie typologiczne) oraz metodą siatki regularnej (powierzchnie pomocnicze). Prace terenowe przeprowadzono łącznie na 1055 powierzchniach podstawowych oraz na 10539 powierzchniach pomocniczych. Wielkość powierzchni typologicznej wynosiła 0,2–0,3 ha dla opisu drzewostanu i około 400 m^2 dla opisu runa. Odkrywkę glebową lokalizowano w centralnej części powierzchni typologicznej (lokalizację rejestrowano za pomocą urządzeń GPS w układzie współrzędnych PUWG-1992). Odkrywki glebowe miały głębokość 200 cm w utworach luźnych lub 150 cm w utworach zwięzłych. W uzasadnionych przypadkach (na przykład przy płytkim występowaniu wód gruntowych), odkrywka była kopana do mniejszej głębokości, a głębsze warstwy sondowano świdrem. W profilu glebowym identyfikowano typ i podtyp próchnicy, a w wyróżnionych poziomach genetycznych oraz warstwach rejestrowano ich głębokość, rodzaj przejścia do niższych poziomów, rodzaj utworu macierzystego i skład granulometryczny, barwę, obecność i natężenie oglejenia, pH, i uwilgotnienie. Na podstawie zidentyfikowanych poziomów diagnostycznych oraz właściwości gleb ustalono typ, podtyp oraz odmianę podtypu, w oparciu o Klasyfikację Gleb Leśnych Polski (2000) – dalej jako KGLP, obowiązującą w pracach siedliskowych w PGL Lasy Państwowe. Na etapie opracowania wyników do publikacji przeprowadzono klasyfikację profili gleb rdzawych zgodnie z kryteriami SGP6. Angielskie odpowiedniki nazw typów i podtypów podano za Kabała et al. (2019). Na potrzeby ustalenia typu siedliskowego, oprócz opisu gleby, wykonano również charakterystykę drzewostanu metodą pomiarowo-szacunkową oraz zdjęcie fitosocjologiczne jednorodnego płata roślinności, zgodnie z Instrukcją Urządzania Lasu (Zarządzenie nr 55, 2011). Zakres opisu powierzchni pomocniczych rozszerzono o ekspercką ocenę (wg skali dziesiętnej) stanu głównych składowych siedliska leśnego: gleby, runa i drzewostanu, wykonaną według metodyki opracowanej w białostockim Oddziale BULiGL w oparciu o wskaźniki uzyskane z podstawowych powierzchni typologicznych (metoda referencji). W drugim etapie prac terenowych prowadzono prace kartograficzne, w ramach których na powierzchniach pomocniczych wykonywano i opisywano wiercenia świdrem ręcznym (do głęb. 150–200 cm).

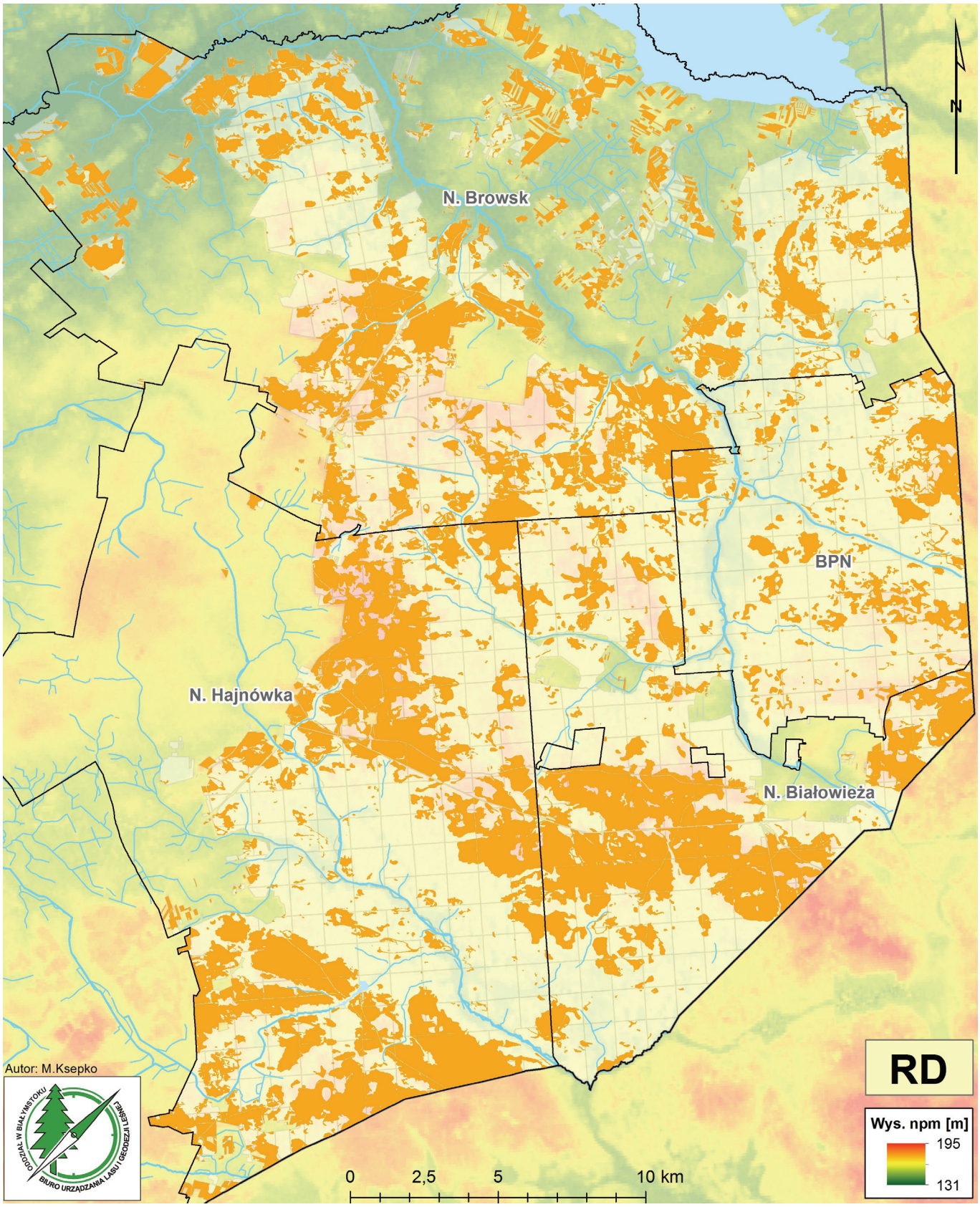
Próbki glebowe pobrano z poziomów genetycznych i niektórych poziomów przejściowych w profilach na powierzchniach typologicznych. Prace laboratoryjne wykonane zostały przez certyfikowane laboratorium BULiGL Oddział w Krakowie. W próbkach oznaczono: skład granulometryczny metodą areometryczno-sitową (zgodnie z normą PN-R-04032: 1998), pH gleby w wodzie destylowanej i 1M KCl metodą potencjometryczną (PN-ISO 10390: 1997), węgiel organiczny (Corg) metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją IR (PN-ISO 10694:2002), całkowitą zawartość azotu metodą Kjeldahla (PN-ISO 11261: 2002), zawartość węglanów (ekwiwalent $CaCO_3$) metodą Scheiblera, kwasowość hydrolityczną (Hh) metodą miareczkową, zasadowe kationy wymienne metodą płomieniowej atomowej absorbcji atomowej, po ekstrakcji 1M octanem amonu. Stopień wysycenia kationami wymiennymi obliczono ze wzoru V = S*100/TH, gdzie S oznacza sumę zasadowych kationów wymiennych i TH oznacza całkowitą pojemność sorpcyjną (TH = Hh + S).

Mapy glebowe i siedliskowe wykonano w aplikacji ArcMap (ESRI), natomiast do obliczeń statystycznych i wygenerowania wykresów użyto pakietów R i Statistica. Zasięgi gleb rdzawych na obszarze Białowieskiego Parku Narodowego zaczerpnięto z archiwalnego Operatu glebowo-siedliskowego dla BPN (1990) oraz wyników kartowania gleb i siedlisk w ramach sporządzania aktualizacji planu ochrony BPN po jego powiększeniu (BULiGL, 2001). Ze względu na długi okres, który minął od ich sporządzenia, zmiany metodyki prac i zasad klasyfikacji gleb i siedlisk oraz bogaty zasób dostępnych i aktualnych danych teledetekcyjnych z obszaru BPN, na potrzeby niniejszego opracowania dokonano aktualizacji nazewnictwa typologicznego. Nie korygowano delimitacji płatów gleb i siedlisk.

3. Wyniki badań i dyskusja

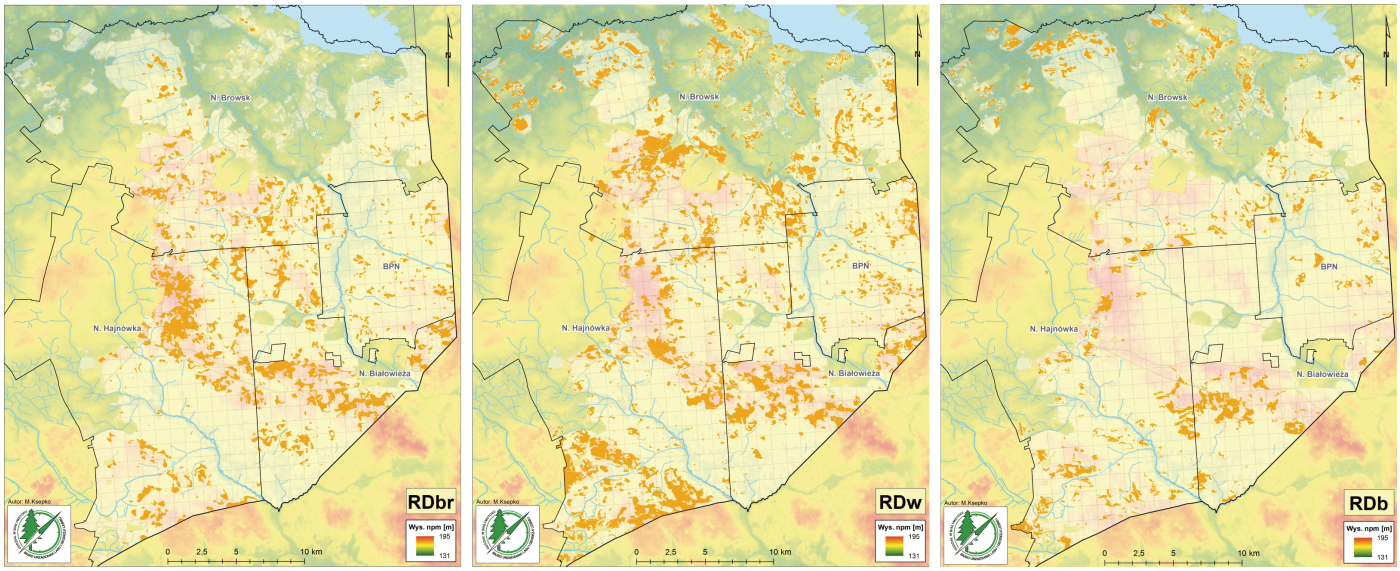
3.1. Zróżnicowanie morfologiczne i fizykochemiczne gleb rdzawych

Przewaga utworów piaszczystych, w szczególności piasków zwałowych i wodnolodowcowych, sprzyja powszechnemu występowaniu gleb rdzawych stwierdzonych na ok. 39% obszaru LKP PB (Ryc. 2). Udział gleb rdzawych w otoczeniu BPN jest zatem wyraźnie większy niż w samym Parku, gdzie szacowany jest na ok. 19,4%. Różnica ta wynika prawdopodobnie z większego udziału glin, płytkich piasków naglinowych oraz utworów organicznych w BPN (Prusinkiewicz i Kowalkowski, 1964). Gleby rdzawe bezwzględnie dominują na obszarach wysoczyznowych LKP PB (poza obniżeniami dolinnymi), a inne typy gleb, w tym brunatne, płowe i bielicowe, występują na ogół w rozproszeniu, w mozaice przestrzennej z glebami rdzawymi, przeważnie odzwierciedlającymi zróżnicowanie utworów macierzystych i form morfologicznych. Należy zaznaczyć, że metodyka kartograficznych i siedliskowych prac gleboznawczych wymusza generalizację treści konturów (poprzez wymuszenie minimalnej



Ryc. 2. Występowanie gleb rdzawych na obszarze Puszczy Białowieskiej
Fig. 2. Spatial distribution of Brunic Arenosols in the Białowieża Forest

Objaśnienia/Explanation: dane o rozmieszczeniu gleb rdzawych w BPN (jaśniejszy odcień) zaczerpnięto z Operatu (1990); distribution of Brunic Arenosols in the Białowieża National Park (lighter hue) based on Operat (1990).



Ryc. 3. Występowanie podtypów gleb rdzawych na obszarze Puszczy Białowieskiej
Fig. 3. Spatial distribution of subtypes of Brunic Arenosols in the Białowieża Forest

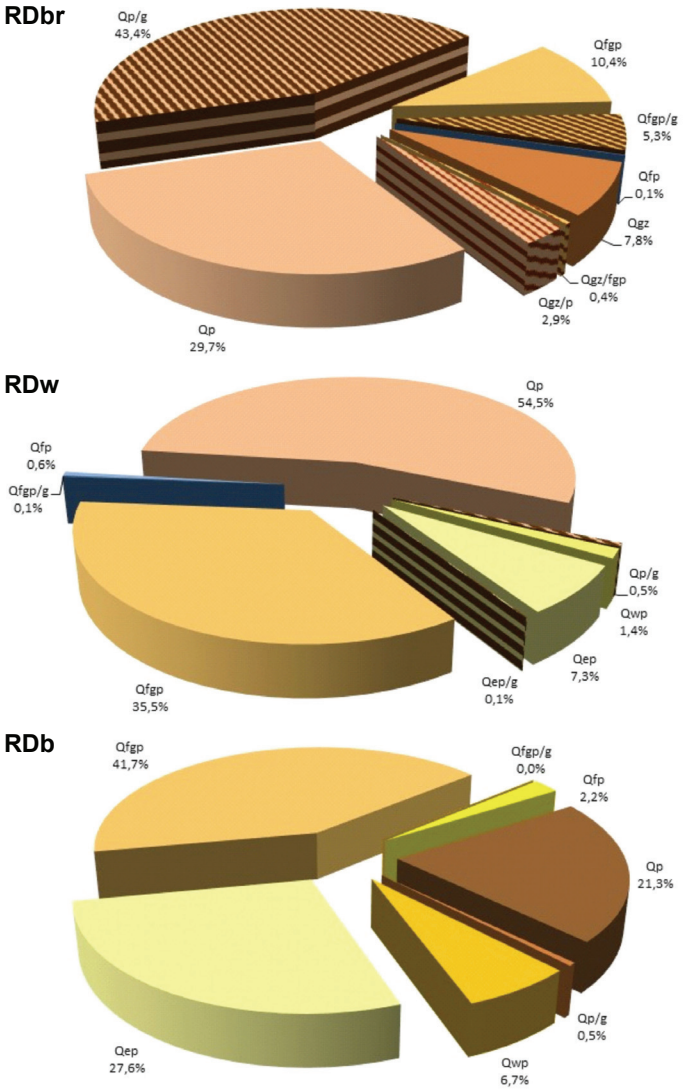
Objaśnienia/Explanation: RDbr – gleby rdzawe brunatne (KGLP) – gleby rdzawo-brunatne (SGP6) – brown-rusty soils – Dystric Brunic Arenosols; RDw – gleby rdzawe właściwe (KGLP) – gleby rdzawe typowe (SGP6) – typical rusty soils – Dystric Brunic Arenosols; RDb – gleby rdzawe bielicowe (KGLP) – gleby rdzawe zbielicowane (SGP6) – podzolic rusty soils – Dystric Albic Brunic Arenosols; zasięg gleb rdzawych w BPN nie uwzględnia podziału podtypów – distribution of Brunic Arenosols in the Białowieża National Park does not consider subdivision into subtypes.

wielkości wydzielenia), co oznacza, że rzeczywiste mikro-przestrzenne zróżnicowanie pokrywy glebowej (mozaikowatość) może być większe niż wykazane na mapach i spotęgowane licznymi formami przejściowymi.

Na obszarze LKP PB występują wszystkie trzy podtypy gleb rdzawych wyróżniane przez KGLP: rdzawe właściwe, które zajmują ok. 18,7% powierzchni LKP PB, rdzawe brunatne (ok. 11,6%) oraz rdzawe bielicowe (ok. 8,5%). Gleby rdzawe właściwe mają poziom próchniczny o przeciętnej miąższości 13,5 cm oraz o ciemno szarym zabarwieniu w stanie wilgotnym, najczęściej 10YR 3/2 (przy rozrzucie jasności/nasycenia w zakresie 3-4/1-3). Podpowierzchniowy poziom rdzawienia Bv ma rdzawo-brunatne zabarwienie, w stanie wilgotnym najczęściej 10YR 4/6 lub 5/8 (przy rozrzucie jasności/nasycenia w zakresie 4-6/4-8) oraz przeciętną miąższość ok. 36 cm (bez poziomów przejściowych do skały macierzystej). Gleby rdzawe brunatne mają poziom próchniczny o podobnej średniej miąższości (ok. 13 cm), ale nieco ciemniejszy – 10YR 3/1–2, przy podobnym całkowitym zakresie barw jak w glebach rdzawych właściwych. Poziom rdzawo-brunatny osiąga podobna średnią miąższość (ok. 34 cm), lecz i on odznacza się częstszym występowaniem ciemniejszych i mniej nasyconych barw – najczęściej 10YR 4/6 przy takim samym całkowitym zakresie barw jak w glebach rdzawych właściwych. Z kolei w glebach rdzawych bielicowych poziom próchniczny z cechami przemywania jest wyraźnie jaśniejszy i mniej nasycony niż w pozostałych podtypach – najczęstszą barwą jest 10YR 4/1 (w stanie wilgotnym). Choć poziom podpowierzchniowy nie różni się barwą znacząco od poziomów Bv innych podtypów, gdyż najczęstszą jego barwą było 10YR 4/6, to kontrast między poziomem AE i Bv w tym podtypie gleb był najwyraźniejszy, co potwierdzało pewne zaawansowanie procesów bielicowania. We wszystkich profilach stwierdzono obecność poziomu diagnostycznego sideric, a brak poziomów spodic albo cambic (w myśl kryteriów KGLP), co było podstawą zaliczenia do typu gleb rdzawych. Jest prawdopodobne, że część poziomów AE gleb rdzawych bielicowych spełnia wymogi dla poziomu diagnostycznego albic, lecz nie oznaczano barwy tych poziomów w stanie suchym.

Wśród podtypów gleb rdzawych stwierdzono również zróżnicowanie typów próchnic. O ile w glebach rdzawych brunatnych dominują próchnice typu moder świeży i moder-mul świeży (rzadziej mul świeży i moder-mor świeży), to w glebach rdzawych właściwych dominują, a w rdzawych bielicowych – zdecydowanie dominują próchnice typu mor świeży. Jeszcze wyraźniej różnice te odzwierciedlone są w miąższości poziomów organicznych (suma podpoziomów Ol, Of, Oh, Ofh, o ile występują), osiągającej średnio 4,1 cm, 10,3 cm i 13,5 cm, odpowiednio w glebach rdzawych brunatnych, właściwych i bielicowych (przy zakresie wyników, odpowiednio, 1–10 cm, 5–16 cm i 5–23 cm). Duże zróżnicowanie miąższości poziomów organicznych (ściółkowych) w poszczególnych podtypach z całą pewnością nawiązuje nie tylko do właściwości gleby mineralnej, ale również do struktury drzewostanu oraz roślinności runa i odzwierciedla tzw. zniekształcenie siedlisk leśnych, będące skutkiem niekorzystnego niedopasowania zbiorowiska leśnego do warunków siedliskowych.

Przynależność do podtypów nawiązuje do rodzaju utworów macierzystych, co w pewnym stopniu przekłada się na rozmieszczenie przestrzenne podtypów gleb rdzawych (Ryc. 2). Gleby rdzawe brunatne wyróżniano najczęściej na piaskach zwałowych i piaskach naglinowych (łącznie ok. 73% powierzchni), rdzawe właściwe – przede wszystkim na piaskach zwałowych



Ryc. 4. Utwory macierzyste podtypów gleb rdzawych w LKP Puszcza Białowieska

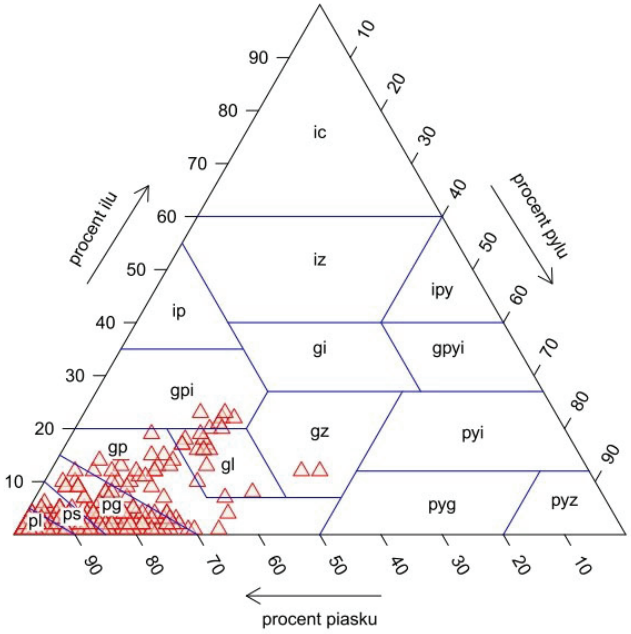
Fig. 4. Parent materials of Brunic Arenosols subtypes in the LKP Białowieża Forest

Objaśnienia/Explanation: symbole podtypów – jak na ryc. 3, subtype symbols – as in Fig. 3; utwory geologiczne – geology (all sediments of Quaternary age): Qep – piaski eoliczne (eolian sands), Qfgp – piaski wodnolodowcowe (glacio-fluvial sands), Qfgp/g – piaski wodnolodowcowe na glinach (glacio-fluvial sands on tills), Qfp – piaski rzeczne tarasów plejstoceńskich (Pleistocene terrace sands), Qgz – gliny zwałowe (tills), Qgz/fgp – gliny zwałowe na piaskach wodnolodowcowych (tills on glacio-fluvial sands), Qgz/fgp – gliny zwałowe na piaskach (tills on sands), Qp – piaski zwałowe (glacial sands), Qp/g – piaski zwałowe na glinach (glacial sands on tills), Qwp – piaski wydmowe (dune sands).

oraz wodnolodowcowych (łącznie ok. 90%), natomiast rdzawe bielicowe – na piaskach wodnolodowcowych i eolicznych (łącznie ok. 76%). Choć rysująca się zależność między genezą piasków (rodzajem ich transportu i stopniem wysortowania) a kształtującymi się na nich podtypami gleb rdzawych jest zgodna z oczekiwaniami, to zwraca uwagę dość duże zróżnicowanie utworów macierzystych w poszczególnych podtypach. W glebach rdzawych brunatnych zwraca uwagę wysoki udział piasków wodnolodowcowych, co może potwierdzać dość częste występowanie przewarstwień drobnoziarnistych w generalnie dobrze wysortowanych (a przez to uboższych i suchszych) piaskach wodnolodowcowych. Wśród utworów macierzystych gleb rdzawych właściwych zaskakuje wysoki odsetek (ok. 7,5%) piasków eolicznych, co potwierdza ich nadal różnicowany skład mineralogiczny (obecność minerałów wietrzejących) oraz znaczenie innych czynników glebo- i siedliskotwórczych, jak ukształtowanie terenu i wilgotność podłoża. Utwory macierzyste gleb rdzawych bielicowych są najbardziej zróżnicowane, a jednocześnie jest wśród nich aż ok. 21% piasków zwałowych. Potwierdza to, że zbielicowaniu mogą ulegać gleby rdzawe wytworzone z zasobnych utworów macierzystych (Rutkowski et al., 2021), jeśli zaistnieją naturalnie lub zostaną spowodowane przez człowieka warunki sprzyjające procesowi bielicowania, w szczególności długotrwała obecność monokulturowych drzewostanów iglastych (zarówno świerkowych, jak i sosnowych).

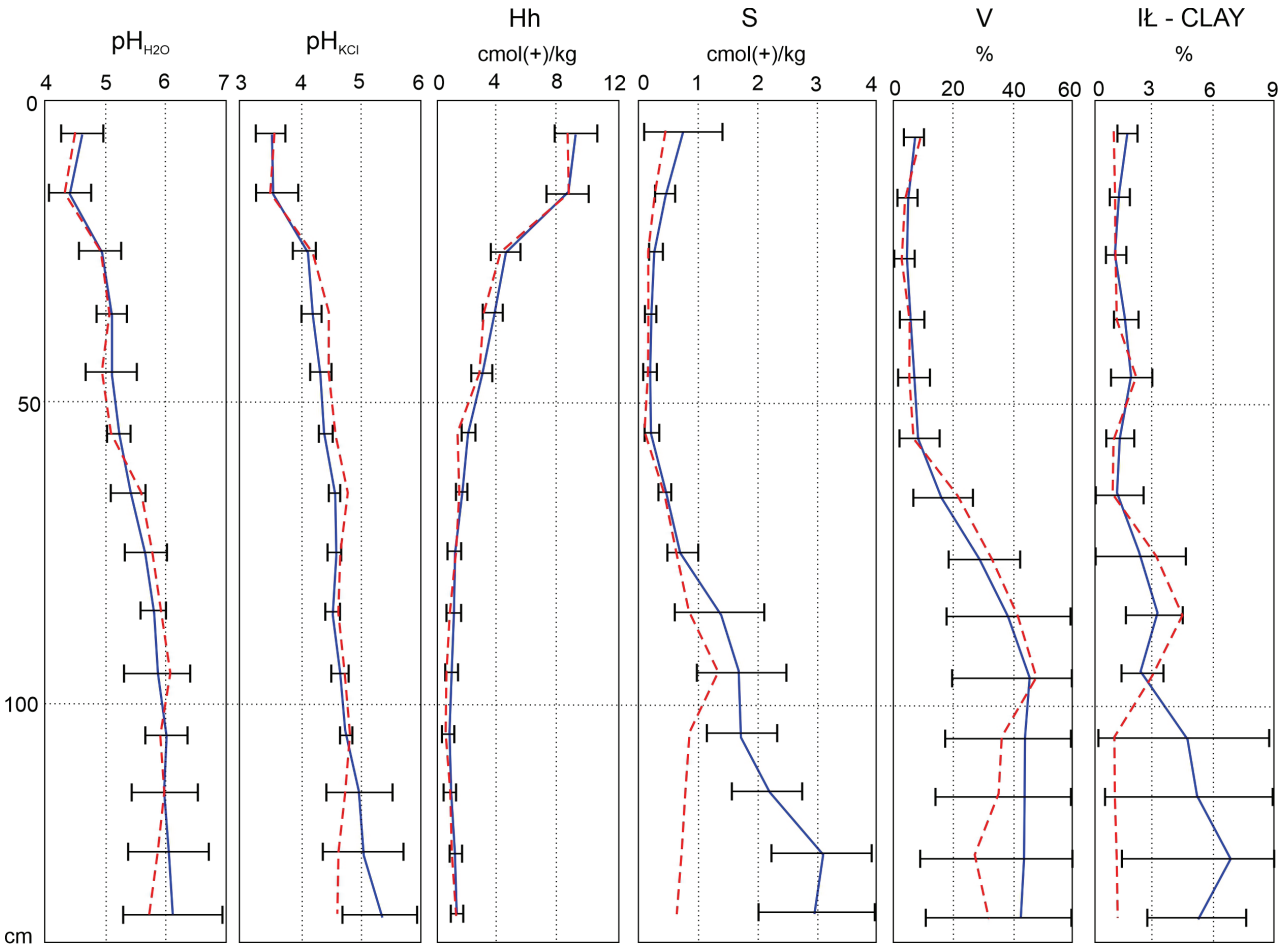
Zróżnicowanie utworów macierzystych w LKP PB istotnie wpływa na profilowe zróżnicowanie uziarnienia gleb rdzawych. Choć w analizowanych próbkach z wyróżnionych poziomy genetycznych dominują piaski słabogliniaste (ps) i luźne (pl) (Ryc. 5), o niskiej zawartości frakcji iłowej (Ryc. 6), to udział piasków gliniastych, a także glin piaszczystych jest znacznie większy niż oczekiwany w typie gleb rdzawych. W pojedynczych próbkach pojawiała się nawet glina lekka, glina zwykła oraz glina piaszczysto-ilasta. Znaczny udział próbek o uziarnieniu drobniejszym niż ps i pl potwierdza zasadność wyróżniania gleb rdzawych brunatnych, które dzięki zwięźlejszemu uziarnieniu (choćby w pojedynczych poziomach/warstwach) nabierają cech morfologicznych i fizykochemicznych przejściowych do gleb brunatnych. Gliniaste uziarnienie obecne w głębszym podłożu (pod miąższymi piaskami pokrywowymi) nadaje z kolei niektórym glebom rdzawym charakter przejściowy do gleb płowych „spiaszczonych", w SGP6 nazywanych obecnie płowymi dwudzielnymi. Obecność gliniastych przewarstwień lub gliniastego podłoża bez wątpienia wpływa na zaopatrzenie w wodę i składniki, a więc wartość troficzno-siedliskową gleb rdzawych (Lasota i Błońska, 2014).

Gleby rdzawe LKP PB odznaczają się na ogół silnie kwaśnym odczynem warstw powierzchniowych, wysoką kwasowością hydrolityczną oraz bardzo niską sumą wymiennych kationów zasadowych (Ryc. 6), przy czym zaznaczały się wyraźne różnice między podtypami. Wartość pH rośnie w profilach gleb rdzawych brunatnych i właściwych z pH_{H2O} 4,5 (średnia arytmetyczna) w poziomie A, poprzez pH_{H2O} 5 w poziomie B do pH_{H2O} 6 w skale macierzystej (Tabele 2 i 3). Podobnie w profilach gleb rdzawych bielicowych pH_{H2O} rośnie z głębokością (Tabela 4), ale przy niższych wartościach średnich (pH_{H2O} 4,2 – 4,9 – 5,5, odpowiednio w poziomach AE – B – C). Interesująco układa się relacja pH w poziomach O i A w poszczególnych podtypach (zarówno pH_{H2O} jak i pH_{KCl}). O ile w glebach rdzawych brunatnych pH w poziomie O jest znacząco wyższe, w rdzawych właściwych – nieco wyższe niż w poziomie A, to w glebach rdzawych bielicowych pH w poziomach O jest na ogół niższe niż w poziomach A,



Ryc. 5. Uziarnienie gleb rdzawych w LKP Puszcza Białowieska (próbki ze wszystkich poziomów/warstw)
Fig. 5. Texture of the Brunic Arenosols in the LKP Białowieża Forest (samples from all horizons/layers)

Objaśnienia/Explanation: procent iłu – clay percentage, procent pyłu – silt percentage, procent piasku – sand percentage; gl – glina lekka (sandy loam – finer), gp – glina piaszczysta (sandy loam coarser), gpi – glina piaszczysto-ilasta (sandy-clay loam), gz – glina zwykła (loam), pg – piasek gliniasty (loamy sand), pl – piasek luźny (sand – coarser), ps – piasek słabogliniasty (sand – finer).



Ryc. 6. Zawartość iłu oraz właściwości fizykochemiczne gleb rdzawych w LKP Puszcza Białowieska (bez rozdzielenia na podtypy)
Fig. 6. Clay content and physicochemical properties of the Brunic Arenosols in the LKP Białowieża Forest (without dividing into subtypes)

Objaśnienia/Explanation: Hh – kwasowość hydrolityczna (hydrolytic/total acidity), S – suma wymiennych kationów zasadowych (sum of base cations), V – wysycenie kationami zasadowymi (base saturation); niebieska ciągła linia – średnia (blue line – mean), czarne "wąsy" – odchylenie standardowe (black whiskers – standard deviation), and czerwona linia przerywana – średnia (red scattered line – median).

Tabela 2
Właściwości fizykochemiczne gleb rdzawych brunatnych w LKP Puszcza Białowieska (wartości średnie i zakresy wartości)

Table 2
Physicochemical properties of brown-rusty soils in the LKP Puszcza Białowieska (mean values and range of results)

Poziom Horizon	pH_{H2O}	pH_{KCl}	Corg	N	C:N	Hh	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	S	V
			%	%		cmol(+) kg^{-1}						%
O	5,3 4,6–5,9	4,7 4,0–5,5	32,3 17–46	1,5 0,8–1,9	22 18–27	34,1 18–52	19,7 14–30	4,43 1,96–9,27	2,01 0,86–5,39	0,18 0,02–1,55	26,4 17,6–42,5	44 27–60
A	4,6 4,0–5,8	3,7 3,2–4,6	2,5 0,9–7,7	0,13 0,04–0,43	20 12–28	8,8 4,7–22	0,63 0,15–2,3	0,14 0,04–0,65	0,10 0,01–0,35	0,05 0,01–0,38	0,92 0,26–3,68	9 4–15
Bvbr	5,2 4,5–6,1	4,3 3,7–4,9	n.o.	n.o.	–	4,1 2,4–12	0,24 0,09–0,76	0,04 0,02–0,09	0,04 0,01–0,12	0,02 <0,01–0,06	0,34 0,16–0,88	9 3–26
Bv	5,9 5,5–6,3	4,6 4,4–4,6	n.o.	n.o.	–	1,6 1,4–1,7	0,38 0,36–0,39	0,05 0,04–0,07	0,04 0,04–0,05	0,02 <0,01–0,03	0,49 0,47–0,51	24 22–27
C	6,0 4,7–8,6	4,6 3,6–8,3	n.o.	n.o.	–	1,6 0,3–3,1	4,01 0,07–13	0,48 0,02–1,67	0,10 0,02–0,28	0,04 <0,01–0,11	4,64 0,12–13,8	63 8–97

Objaśnienia/Explanation: Corg – węgiel organiczny (total organic carbon), N – azot całkowity (total nitrogen), Hh – kwasowość hydrolityczna (hydrolytic/total acidity), Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+} – zasadowe kationy wymienne (exchangeable base cations), S – suma wymiennych kationów zasadowych (sum of base cations), V – wysycenie kationami zasadowymi (base saturation); w tabeli pominięto zawartość węglanów, które stwierdzono tylko w poziomach C w ilości 0,1–13,4% (średnio 4,6%) – the carbonate content was omitted in the table, but they were detected in C horizon at 0,1–13,4% (mean 4,6%).

Tabela 3
Właściwości fizykochemiczne gleb rdzawych właściwych w LKP Puszcza Białowieska (wartości średnie i zakresy wartości)

Table 3
Physicochemical properties of typical rusty soils in the LKP Puszcza Białowieska (mean values and range of results)

Poziom Horizon	pH_{H2O}	pH_{KCl}	Corg	N	C:N	Hh	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	S	V
			%	%		cmol(+) kg^{-1}						%
O	4,9 4,2–5,6	4,1 3,2–5,0	32,9 11–46	1,4 0,56–1,8	23 19–28	45,6 28–71	13,8 3,1–21,0	2,31 0,37–5,28	1,31 0,40–2,0	0,13 0,03–0,22	17,6 4,1–28,7	28 12–47
A	4,5 4,0–5,2	3,7 3,1–4,4	2,5 1,4–5,1	0,11 0,07–0,16	23 15–30	10,0 7,0–14	0,32 0,09–0,70	0,09 0,05–0,17	0,06 0,04–0,09	0,03 0,01–0,06	0,50 0,20–0,96	5 2–10
Bv	5,1 4,3–6,0	4,4 3,8–4,9	n.o.	n.o.	–	4,3 2,8–7,0	0,18 0,03–0,68	0,03 0,01–0,07	0,02 0,01–0,05	0,02 <0,01–0,04	0,26 0,08–0,82	6 3–15
C	5,9 4,5–8,6	4,7 3,7–8,2	n.o.	n.o.	–	1,2 0,4–2,1	0,75 0,06–5,03	0,08 0,02–0,26	0,03 <0,01–0,14	0,02 <0,01–0,06	0,89 0,10–5,48	29 6–83

Objaśnienia/Explanation: jak w tab. 2 – as in tab. 2; w tabeli pominięto zawartość węglanów, których nie stwierdzono w glebach tego podtypu – the carbonate content was omitted in the table, as they were not detected in soils of this subtype

Tabela 4
Właściwości fizykochemiczne gleb rdzawych bielicowych w LKP Puszcza Białowieska (wartości średnie i zakresy wartości)

Table 4
Physicochemical properties of podzolic rusty soils in the LKP Puszcza Białowieska (mean values and range of results)

Poziom Horizon	pH_{H2O}	pH_{KCl}	Corg	N	C:N	Hh	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	S	V
			%	%		cmol(+) kg^{-1}						%
O	4,1 3,4–4,8	3,0 2,6–3,8	37,7 28–46	1,40 1,14–1,79	22 18–27	80,9 49–115	6,61 1,52–15,5	1,10 0,52–2,14	0,86 0,59–1,11	0,17 0,05–0,26	8,73 2,88–19,0	10 2–23
AE	4,2 3,7–5,1	3,4 2,9–4,4	2,44 0,61–4,95	0,09 0,03–0,18	20 12–28	9,7 2,8–15	0,11 0,04–0,23	0,06 0,04–0,09	0,05 0,02–0,10	0,03 0,01–0,06	0,26 0,15–0,44	3 1–7
Bvhfe	4,9 4,0–5,6	4,3 3,3–4,6	n.o.	n.o.	–	4,3 1,7–7,3	0,07 0,02–0,23	0,03 0,02–0,04	0,02 0,01–0,04	0,03 <0,01–0,06	0,15 0,05–0,32	4 1–10
Bv	5,1 4,6–5,7	4,5 4,3–4,6	n.o.	n.o.	–	2,2 1,4–3,2	0,05 0,03–0,07	0,02 0,01–0,03	0,02 0,01–0,03	0,03 <0,01–0,09	0,12 0,06–0,21	5 4–7
C	5,5 4,5–6,4	4,6 4,0–5,0	n.o.	n.o.	–	1,0 0,7–1,5	0,11 0,01–0,48	0,04 0,01–0,15	0,02 0,01–0,04	0,02 <0,01–0,05	0,20 0,07–0,70	16 5–48

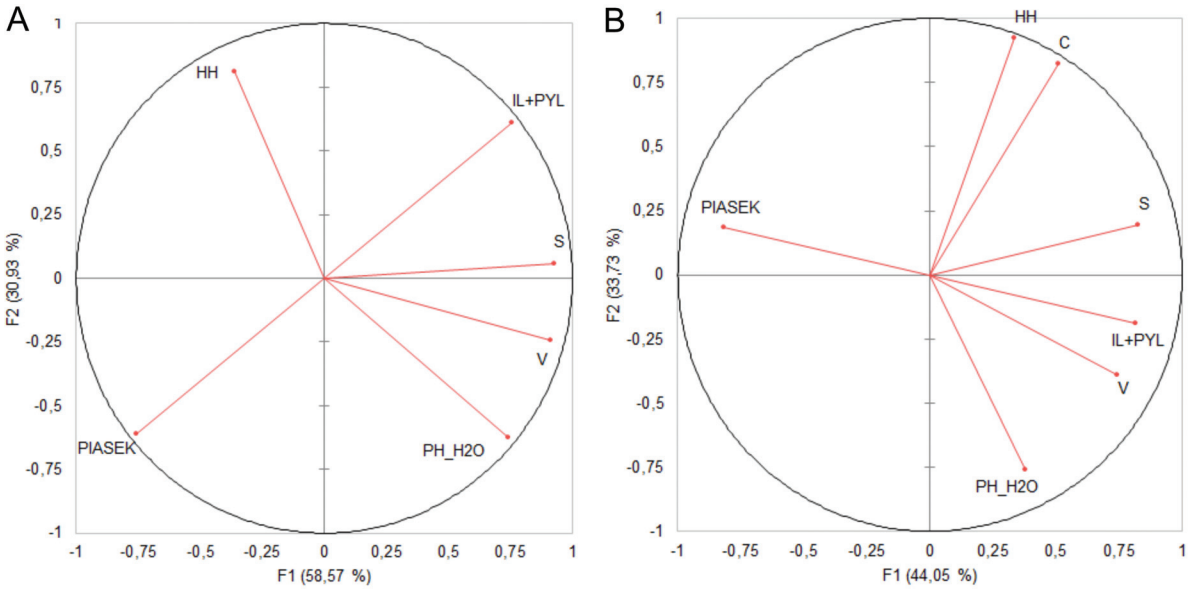
Objaśnienia/Explanation: jak w tab. 2 – as in tab. 2

co potwierdza ługujący charakter ektopróchnic w tym podtypie gleb.

Kwasowość hydrolityczna we wszystkich glebach rdzawych szybko zmniejsza z głębokością (Ryc. 6), przy czym kwasowość w poziomach O jest około 4-krotnie (w glebach rdzawych właściwych i brunatnych) i ok. 8-krotnie (w glebach rdzawych bielicowych) wyższa niż w poziomach A (Tabele 2-4).

Suma kationów wymiennych istotnie różnicowała się z głębokością w obrębie profilu (Ryc. 6) oraz pomiędzy podtypami. Suma kationów była wyraźnie najniższa w glebach rdzawych bielicowych, gdzie jej średnie wartości w poziomach mineralnych nie przekraczały 0,26 cmol(+) kg^{-1}. Średnie sumy kationów wymiennych w glebach rdzawych właściwych były w przybliżeniu 2-krotnie (w analogicznych poziomach A i B) lub nawet 4–krotnie wyższe (w poziomach C) niż w rdzawych bielicowych, lecz nadal nie przekraczały niskiej wartości 1 cmol(+) kg^{-1}. O relatywnie największej zasobności gleb rdzawych brunatnych świadczyły nie tylko 2-krotnie wyższe wartości sumy kationów wymiennych w poziomach A i B (w porównaniu z rdzawymi właściwymi), ale przede wszystkim osiągająca 4,6 cmol(+) kg^{-1} średnia suma kationów w poziomie C (maksymalnie nawet do 13,8 cmol(+) kg^{-1}), niewątpliwie związana z obecnością gliniastych wkładek lub glin zwałowych w podłożu (Lasota i Błońska, 2014). Stwierdzone w glebach rdzawych LKP PB sumy kationów są w zakresie wartości podawanych przez innych autorów, uwzględniając leśne użytkowanie i podtyp gleby (Bednarek, 1991; Bieniek, 2013; Brożek i Zwydak, 2010; Czubaszek i Banaszuk, 2004; Rutkowski et al., 2021). Wysycenie kationami zasadowymi, będące wypadkową sumy kationów i kwasowości hydrolitycznej, co prawda generalnie rosło z głębokością w profilach gleb rdzawych (Ryc. 6), lecz w górnej i środkowej części profilu (poziomy A i B) utrzymywało się na bardzo niskim poziomie <10%, szczególnie w glebach rdzawych bielicowych, w których nie tylko średnie wartości, ale nawet maksymalne nie osiągały pułapu 10% (Tabele 2–4). Przy interpretacji bardzo niskich wartości stopnia wysycenia kationami zasadowymi w analizowanych glebach warto przypomnieć, że na świecie rozpowszechniony jest nieco inny sposób wyliczania wysycenia kompleksu sorpcyjnego, wykorzystujący kwasowość wymienną (lub glin wymienny) zamiast kwasowości hydrolitycznej (Kabała i Łabaz, 2018), który może skutkować nawet 2-krotnie wyższymi wynikami (szczególnie przy niższych wartościach pH). Niestety w ramach niniejszego opracowania nie oznaczano kwasowości wymiennej i glinu wymiennego, toteż porównawcze ustalenie stopnia wysycenia zasadami według metodyki zalecanej przez klasyfikację WRB (IUSS Working Group WRB, 2015) nie jest możliwe.

Zastosowanie analizy składowych głównych (PCA) potwierdziło (Ryc. 7), że stopień wysycenia wymiennymi kationami zasadowymi najsilniej zależy od sumy tych kationów, która z kolei nawiązuje wyraźnie do zawartości frakcji drobnych (w obliczeniach ujętej jako suma frakcji iłu i pyłu). W poziomach próchnicznych, w których oznaczano również zawartość węgla organicznego, suma kationów zasadowych nawiązuje zarówno do zawartości frakcji iłu i pyłu, jak i zawartości węgla organicznego (Ryc. 7B). Jednocześnie potwierdzony został związek między kwasowością hydrolityczną a zawartością węgla organicznego. Analiza PCA potwierdza, że głównymi czynnikami kształtującymi fizykochemiczne właściwości gleb rdzawych jest rodzaj materiału macierzystego (wpływający na jego uziarnienie oraz zasobność w minerały wietrzejące i węglany) oraz długofalowe



Ryc. 7. Zależności między właściwości fizykochemicznymi gleb rdzawych w LKP Puszcza Białowieska w świetle analizy składowych głównych (PCA): (A) próbki ze wszystkich mineralnych poziomów genetycznych, (B) próbki z poziomów A

Fig. 7. Interrelations between physicochemical properties of the Brunic Arenosols in the LKP Białowieża Forest interpreted by principal component analysis (PCA): (A) samples from all mineral genetic horizons, (B) samples from A horizons

Objaśnienia/Explanation: HH – kwasowość hydrolityczna (hydrolytic/total acidity), S – suma wymiennych kationów zasadowych (sum of base cations), V – wysycenie kationami zasadowymi (base saturation), C – węgiel organiczny (total organic carbon), PIASEK (sand), IL+PYL (clay+silt).

oddziaływanie roślinności, decydującej o zawartości materii organicznej i kwasowości/wyługowaniu gleb.

Porównywane podtypy gleb rdzawych zawierały podobne ilości węgla organicznego w poziomach próchnicznych (średnio 2,5%), ale różniły się zawartością azotu, która wahała się (wartości średnie dla podtypów) od 0,09% do 0,13%, odpowiednio w glebach rdzawych bielicowych i rdzawych brunatnych (Tab. 2–4). Przekładało się to na wartości wskaźnika C:N, kształtujące się na poziomie (średnie wartości dla podtypów) 20 – 23 – 27, odpowiednio w glebach rdzawych brunatnych, właściwych i bielicowych. Trend taki potwierdza niższą sprawność biologiczną gleb rdzawych bielicowych wynikającą zarówno z właściwości fizykochemicznych gleb, jak i charakteru biomasy pochodzącej z roślinności porastającej te gleby i zasilającej warstwę ściółki (Olszowska, 2018).

3.2. Korelacja podtypów gleb rdzawych wyróżnianych według KGLP i SGP6

Analiza opisów morfologii profili glebowych oraz ich właściwości fizykochemicznych pozwoliła ustalić wysoki poziom zgodności (>80%) między podtypami gleb rdzawych wyróżnionymi według kryteriów KGLP i ich oczekiwanymi analogami w SGP6 (gleby rdzawe właściwe=gleby rdzawe typowe, gleby rdzawe brunatne=gleby rdzawo-brunatne i gleby rdzawe bielicowe=gleby rdzawe zbielicowane). Odmienne przyporządkowanie niektórych profili może być skutkiem bardziej precyzyjnego sformułowania kryteriów klasyfikacyjnych w SGP6, a zatem skutkiem nie tyle różnic między klasyfikacjami, co subiektywności decyzji podejmowanych w oparciu o mniej lub bardziej precyzyjnie sformułowane kryteria klasyfikacyjne. Stwierdzone różnice wynikały na przykład z nieuwzględnienia obecności wkładek materiałów drobnoziarnistych (co skutkowało zaliczeniem do podtypu gleb rdzawych właściwych zamiast brunatnych) lub uznaniem poziomu Bv za Bvbr mimo jego gruboziarnistego uziarnienia (pl lub ps), co z kolei skutkowało zaliczeniem do rdzawych brunatnych zamiast właściwych i przekładało się na odmienne zaszeregowanie do podtypu według SGP6. Ponadto, dzięki opcji łączenia podtypów (według określonych reguł), SGP6 umożliwia poprawną klasyfikację gleb rdzawych mających jednocześnie cechy podtypu brunatnego i bielicowego (jako gleby rdzawo-brunatne zbielicowane), które w niniejszym opracowaniu zostały zgodnie z KGLP zaliczone do gleb rdzawych bielicowych, choć szereg ich cech (rodzaj skały macierzystej, uziarnienie itd.) sugerowałyby wyższą ich wartość siedliskową niż oczekiwana w tym podtypie.

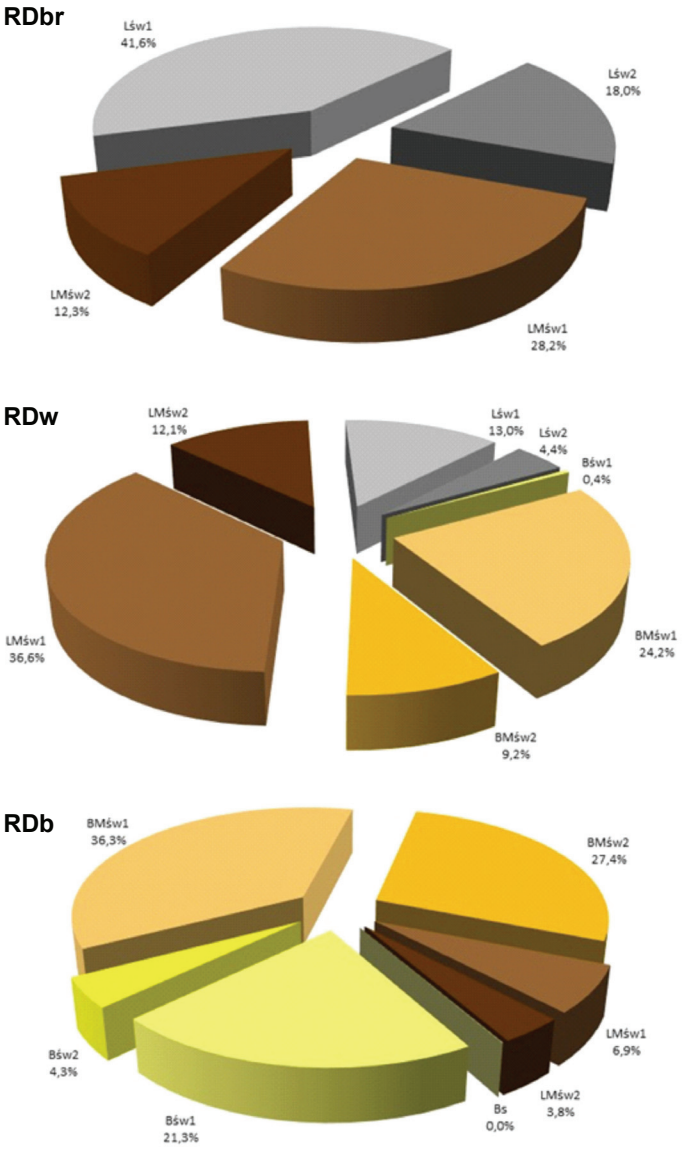
W północnej części LKP Puszcza Białowieska (Nadleśnictwo Browsk) rozpowszechnione są gleby rdzawe z cechami porolności, identyfikowanej w morfologii profilu przez obecność miąższego (17–38 cm, średnio w glebach rdzawych 26 cm) poziomu orno-próchnicznego, ostro odcinającego się od poziomu B. W około 40% analizowanych gleb rdzawych porolnych zidentyfikowano przesłanki do zaliczenia ich do podtypu próchnicznego (według SGP6), to jest miąższość minimum 30 cm lub barwę o jasności/nasyceniu ≤3/≤3 (w poziomie o miąższości minimum 20 cm). Zaliczenie do podtypu próchnicznego nie koliduje z podkreśleniem faktu porolności tych gleb w randze odmiany (w obydwu klasyfikacjach). Porolność gleb jest istotną cechą pokrywy glebowej, mogącą przez dłuższy czas wpływać na właściwości gleby i troficzność siedliska (Chudecka i Tomaszewicz, 2014; Czubaszek i Banaszuk, 2004; Łabaz et al., 2016), dlatego jej identyfikacja ma istotne znaczenie dla hodowli lasu oraz ochrony przyrody (Sewerniak et al., 2014).

SGP6 wyróżnia w randze podtypu gleby rdzawe gruntowo-glejowe (jeśli warstwa z właściwościami gruntowo-glejowymi rozpoczyna się nie głębiej niż 80 cm), co KGLP dostrzega w randze odmiany podtypu. W znacznej części opisanych profili gleb rdzawych ustalono silnie świeży wariant wilgotności siedliska (we wszystkich wyróżnionych typach siedliskowych), przy głębokości występowania cech glejowych od 38 do 135 cm, średnio 91 cm. Analiza opisów profili wskazuje, że w ok. 30% gleb rdzawych w wariancie silnie świeżym cechy glejowe zidentyfikowano płycej niż na 80 cm. Potencjalnie, w glebach tych możliwe byłoby wyróżnienie podtypu gruntowo-glejowego. W pozostałych glebach, gdzie oglejenie obecne jest na głębokości 80–130 cm, odnotowane byłoby w randze odmiany „średnio głęboko gruntowo-glejowe". Należy jednak odnotować, że nagromadzenia redox w niektórych profilach miały charakter reliktowy. Może to sugerować, że generalne (regionalne) obniżenie poziomu zwierciadła wód gruntowych na wysoczyznach skutkuje znacznie mniejszym udziałem siedlisk wilgotnych w stosunku do stanu opisywanego w latach 50-tych ubiegłego wieku (Prusinkiewicz i Kowalkowski, 1964), choć już wówczas uważano, że regulacje rzek (Narewki i Hwoźny), wykonywane stopniowo od XVIII wieku, doprowadziły nie tylko do trwałego obniżenia zwierciadła wód w dolinach, ale i do nasilonego drenażu wysoczyzn.

Ponadto, zastosowanie SGP6 umożliwiłoby odzwierciedlenie w nazwie klasyfikowanych gleb rdzawych innych cech, wpływających na ich wartość siedliskową lub rekonstrukcję genezy, np. obecności węglanów, odwodnienia, przykrycia młodymi osadami, obecności gleb pogrzebanych i in.

3.3. Typy siedliskowe lasu na glebach rdzawych LKP Puszcza Białowieska

Choć nie można mówić o jednoznacznym przyporządkowaniu typów siedliskowych lasu (TSL) do konkretnych typów i podtypów gleb (Lasota i Błońska, 2014; SGP6), to w glebach LKP Puszcza Białowieska dostrzega się wyraźne zróżnicowanie częstości występowania określonych TSL na poszczególnych podtypach gleb rdzawych (Ryc. 8), odzwierciedlające oczekiwaną troficzność gleb. Na glebach rdzawych brunatnych dominuje siedlisko lasu świeżego (60%) i lasu mieszanego świeżego (40%), podczas gdy siedlisk borowych nie zdiagnozowano. Na glebach rdzawych właściwych zidentyfikowano wszystkie cztery podstawowe typy siedliskowe, z przewagą lasu mieszanego (49%) i boru mieszanego (33%). Z kolei na glebach rdzawych bielicowych nie stwierdzono lasu świeżego, a zdecydowanie dominuje siedlisko boru mieszanego (64%). Wyniki opracowania w pełni potwierdzają współczesne poglądy na temat siedliskotwórczej roli gleb rdzawych, akcentujące wyższą niż dotychczas sądzono ich troficzność (Andrzejczyk i Sewerniak, 2016; Brożek et al., 2008; Lasota i Błońska, 2014; Rutkowski



Ryc. 8. Typy siedliskowe lasu na podtypach gleb rdzawych w LKP Puszcza Białowieska
Fig. 8. Forest habitats on the Brunic Arenosols subtypes in the LKP Białowieża Forest

Objaśnienia/Explanation: symbole podtypów – jak na ryc. 3, subtype symbols – as in Fig. 3; typy siedlisk leśnych – forest habitats: L – lasy (broadleaf forests), LM – lasy mieszane (mixed broadleaf forests), BM – bory mieszane (mixed coniferous forests), B – bory (coniferous forests), św1 – siedliska świeże (well-drained habitats), św2 – siedliska silnie świeże (somewhat imperfectly drained habitats), s – suche (excessively drained/dry)

i Maciejewska-Rutkowska, 2007; Sewerniak, 2013). W szczególności wskazują, że gleby rdzawe brunatne, a w dużym stopniu również rdzawe właściwe, powinny być traktowane jako eutroficzne lub mezotroficzne siedliska, odpowiednie dla niektórych odmian grądów oraz dąbrów (Lasota et al., 2011a, 2011b). Do kategorii tej z pewnością należy zaliczyć również niektóre gleby rdzawe wytworzone z utworów o zwięźlejszym uziarnieniu i obecnie wyraźnie zbielicowane pod wpływem drzewostanów iglastych, które, choć obecnie zaliczone do podtypu rdzawych bielicowych (wg KGLP), to w istocie są glebami rdzawo-brunatnymi zbielicowanymi (wg SGP6).

Wnioski

Prace siedliskowe na obszarze nadleśnictw tworzących Leśny Kompleks Promocyjny Puszcza Białowieska, w otoczeniu Białowieskiego Parku Narodowego, wykazały, że dominacja piaszczystych utworów macierzystych sprzyja powszechnemu występowaniu gleb rdzawych, zajmujących ok. 39% powierzchni. Z kolei różnorodność tych utworów (piaski zwałowe, wodnolodowcowe, eoliczne i wydmowe, piaski pokrywowe na glinach i in.), a także częsta obecność przewarstwień drobno- i gruboziarnistych w piaskach, sprzyjają wykształceniu gleb rdzawych we wszystkich podtypach (brunatnych, właściwych i bielicowych). Choć w większości gleby rdzawe badanego obszaru odznaczają się silnym zakwaszeniem profilu, niską zawartością i niskim wysyceniem zasadowymi kationami wymiennymi, właściwości te wyraźnie różnicują się pomiędzy podtypami, skutkując najwyższą troficznością gleb rdzawych brunatnych i najniższą – rdzawych bielicowych. Na zróżnicowanie właściwości fizykochemiczne w profilach oraz pomiędzy podtypami gleb rdzawych oddziałuje nie tylko rodzaj utworu macierzystego (wpływ na uziarnienie i suma kationów), ale też – bezpośrednio lub pośrednio – porastająca roślinność/drzewostan (wpływ na zawartość węgla organicznego i azotu, kwasowość hydrolityczną, pH, wysycenia kationami zasadowymi). Zróżnicowaniu troficznemu podtypów gleb rdzawych odpowiada zróżnicowanie diagnozowanych typów siedliskowych lasu: na rdzawych brunatnych – wyłącznie lasu i lasu mieszanego świeżego, na rdzawych właściwych – głównie lasu mieszanego (świeżego), oraz na rdzawych bielicowych – głównie boru mieszanego (świeżego). Podtypy gleb rdzawych wyróżnione według Klasyfikacji gleb leśny Polski korelują na wysokim poziomie z ich analogami w Systematyce gleb Polski (wydanie 6), ale zastosowanie Systematyki umożliwiłoby rejestrację gleb o cechach przejściowych (np. gleb rdzawo-brunatne zbielicowanych) oraz niektórych gleb z oglejeniem gruntowym i porolnych w randze podtypów.

Literatura

Andrzejczyk, T., Sewerniak, P., 2016. Gleby i siedliska drzewostanów nasiennych dębu szypułkowego (*Quercus robur*) i dębu bezszypułkowego (*Q. petraea*) w Polsce. Sylwan 160(8), 674–683.

Bednarek, R., 1991. Wiek, geneza i stanowisko systematyczne gleb rdzawych w świetle badań paleopedologicznych w okolicach Osia (Bory Tucholskie). Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń.

Bieniek, A., 2013. Gleby sandrów wewnętrznych Polski północno-wschodniej. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn.

Boczoń, A., Kowalska, A., Ksepko, M., Sokołowski, K., 2018. Climate warming and drought in the Bialowieza Forest from 1950–2015 and their impact on the dieback of Norway spruce stands. Water 10, 1502. https://doi.org/10.3390/w10111502

Brożek, S., Zwydak, M., 2010. Atlas gleb leśnych Polski. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.

Brożek, S., Zwydak, M., Lasota, J., 2008. Liczbowy indeks troficznych odmian podtypów gleb bielicowych i rdzawych. Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual 62(4), 7–17.

BULiGL Oddział w Białymstoku, 2001, Charakterystyka gleb, siedlisk i leśnych zbiorowisk roślinnych Obrębu Ochronnego Hwoźna, Projekt Planu Ochrony Białowieskiego Parku Narodowego.

Chudecka, J., Tomaszewicz, T., 2014. Ocena porolnych gleb rdzawych jako siedliska leśnego na podstawie indeksu trofizmu gleb leśnych (ITGL) i siedliskowego indeksu glebowego (SIG). Zeszyty Naukowe Inżynieria Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski 156, 48–57.

Czubaszek, R., Banaszuk, H., 2004. Wybrane właściwości gleb rdzawych na wydmach śródtorfowych w bagiennych dolinach Biebrzy i Narwi. Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual 55(1), 87–98.

Gałka, B., Kabała, C., Karczewska, A., Sowiński, J., Jakubiec, J., 2016. Variability of soil properties in an intensively cultivated experimental field. Soil Science Annual 67(1), 10–16.

IBL, 2014, Projekt „Kompleksowy monitoring dynamiki drzewostanów Puszczy Białowieskiej z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych", LIFE13 ENV/PL/000048.

Instrukcja Urządzania Lasu, 2012. Instrukcja Urządzania Lasu, część II: Instrukcja wyróżniania i kartowania w Lasach Państwowych typów siedliskowych lasu oraz zbiorowisk roślinnych. Załącznik do Zarządzenia nr 55 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 21 listopada 2011 r. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.

IUSS Working Group WRB, 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. World Soil Resources Reports 106, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Jankowski, M., 2014. Bielicowanie jako wtórny proces w glebach rdzawych Brodnickiego Parku Krajobrazowego. [W:] Świtoniak M., Jankowski M., Bednarek R. (Red.), Antropogeniczne przekształcenia pokrywy glebowej Brodnickiego Parku Krajobrazowego. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, 9–24.

Janowska, E., 2001. Geneza i właściwości gleb rdzawych na obszarze zlodowacenia środkowopolskiego. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.

Jonczak, J., 2012. Wpływ domieszki sosny w drzewostanie bukowym na intensywność wypłukiwania węgla, żelaza i glinu z poziomu organicznego i próchnicznego gleb bielicowo-rdzawych. Leśne Prace Badawcze, 73(2), 143–151.

Jonczak, J., Olszak, I., Łazarczyk, A., 2013. Geneza, ewolucja i właściwości gleb niższej terasy nadzalewowej Słupi w południowej części Słupska. [W:] Jonczak, J., Kowalkowski, A., Środowisko glebotwórcze i gleby dolin rzecznych, Słupsk, 57–66.

Kabała, C., Charzyński, P., Chodorowski, J., Drewnik, M., Glina, B., Greinert, A., Hulisz, P, Jankowski, M., Jonczak, J., Łabaz, B., Łachacz, A., Marzec, M., Mendyk, Ł., Musiał, P., Musielok, Ł., Smreczak, B., Sowiński, P., Świtoniak, M., Uzarowicz, Ł., Waroszewski, J., 2019. Polish Soil Classification, 6th edition – principles, classification scheme and correlations. Soil Science Annual 70(2), 71–97.

Kabała, C., Łabaz, B., 2018. Relationships between soil pH and base saturation–conclusions for Polish and international soil classifications. Soil Science Annual, 69(4), 206–214.

Klasyfikacja gleb leśnych Polski. 2000. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.

Konecka-Betley, K., Janowska, E., 1996. Wiek i pochodzenie osadów a niektóre procesy glebotwórcze. Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual 47 (suplement), 113–123.

Kowalkowski, A., 1977. Wpływ różnej głębokości wody gruntowej na wilgotność i zasobność gleb rdzawych bielicowanych pod drzewostanami sosnowymi. Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual 28(3-4), 127–135.

Kowalkowski, A., Degórski, M., 2005. Biogeomorfogeniczna odrębność górskich strukturalnych gleb rdzawych bielicowych. Problemy Zagospodarowania Ziem Górskich 52, 7–16.

Kwiatkowski, W., Bałuk, A., Stepaniuk, M., 2011. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1: 50 000. Arkusz Hajnówka. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

Lasota, J., Błońska, E., 2013. Siedliskoznawstwo leśne: na nizinach i wyżynach Polski. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego, Kraków.

Lasota, J., Błońska, E., 2014. Wartość siedliskotwórcza leśnych gleb niecałkowitych. Sylwan 158(1), 10–17.

Lasota, J., Brożek, S., Zwydak, M., Wanic, T., 2011a. Różnorodność gleb acydofilnych lasów liściastych, świetlistej dąbrowy subkontynentalnej oraz ubogich postaci grądów. Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual 62(4), 73–92.

Lasota, J., Brożek, S., Zwydak, M., Wanic, T., 2011b. Różnorodność gleb żyznych buczyn i grądów. Roczniki Gleboznawcze Gleboznawcze – Soil Science Annual 62(4), 93–108.

Łabaz, B., Kabała, C., Bogacz, A., 2016. Problemy diagnozy troficzności siedlisk leśnych na porolnych glebach aluwialnych. Sylwan 160(8), 684–695.

Marzec, M., Kabała, C., 2008. Gleby rdzawe i brunatne kwaśne wytworzone ze zwietrzelin granitów w Sudetach – morfologia, właściwości i systematyka. Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual 59(3–4), 206–214.

Olszowska, G., 2018. Określenie intensywności przemian biochemicznych gleb w zależności od składu gatunkowego drzewostanu. Leśne Prace Badawcze 79(4), 327–334.

Operat glebowo-siedliskowy dla Białowieskiego Parku Narodowego. 1990. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Białymstoku, maszynopis.

Prusinkiewicz, Z., 1997. Ekologiczna systematyka gleb leśnych polski. Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual 48, 125–132.

Prusinkiewicz, Z., Kowalkowski, A., 1964. Studia gleboznawcze w Białowieskim Parku Narodowym. Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual 14(2), 161–304.

Rutkowski, P., Konatowska, M., Ilek, A., Turczański, K., Nowiński, M., Loffler, J., 2021. Występowanie gleb rdzawych na terenach leśnych zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe. Soil Science Annual 72 (in press)

Rutkowski, P., Maciejewska-Rutkowska, I., 2007. Zróżnicowanie siedliskowe lasów dębowych w Nadleśnictwie Doświadczalnym Zielonka. [W:] Rutkowski P. (Red.) Hodowla dębów w Polsce–wybrane zagadnienia. Idee Ekologiczne 16, 121–133.

Sewerniak, P., 2013. Bonitacja drzewostanów sosnowych w południowo-zachodniej Polsce w odniesieniu do typów siedliskowych lasu i taksonów gleb. Sylwan 157(7), 516–525.

Sewerniak, P., Sylwestrzak, K., Bednarek, R., Gonet, S., 2014. Gleby porolne w lasach. [W:] Świtoniak M., Jankowski M., Bednarek R. (Red.), Antropogeniczne przekształcenia pokrywy glebowej Brodnickiego Parku Krajobrazowego. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, 43–56.

Systematyka gleb Polski, wydanie 6. 2019. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego, Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Wrocław-Warszawa.

Szymański, S., 1985. Siedlisko jako podstawa planowania hodowlanego. Sylwan 129(10–11), 13–21.

Uggla, H., Roszko, H., 1974. Wstępne badania gleb rdzawych w borach okolic Szczytna. Sylwan 118(10), 25–35.

Zielony, R., Kliczkowska, A., 2012. Regionalizacja przyrodniczoleśna Polski 2010. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.

Typological and physicochemical variability of rusty soils (Brunic Arenosols) in the Bialowieża Forests, eastern Poland

Keywords

Rusty soils
Soil classification
Forest habitats
Glacial sands
Glaciofluvial sands
Eolian sands

Abstract

Although the Białowieża Forest is considered one of the most important forest complexes in Europe, the only data about its soil cover were published in 1960s and from the core national park only. The aim of the present paper was an analysis of properties and variability of rusty soils (Brunic Arenosols) based on the results of soil-habitat investigation carried out in forest administration units of Białowieża, Hajnówka, and Browsk, which form the Forest Promotional Complex "Puszcza Białowieska" surrounding the Białowieża National Park. The prevalence of sandy parent materials (Warta/Saalian II glaciation) allowed the widespread development of rusty soils, which cover ca. 39% of the area. Spatial differentiation of these materials (glacial, glacio-fluvial, eolian, and dune sands, cover sand on loams, etc.), as well as common, fine- or coarse- textured interbeddings, supported the differentiation of rusty soils into three subtypes (typical, rusty-brown, and podzolic ones). Although the rusty soils are in general featured by strong acidification of the profile, low base cations content and low base saturation, the properties clearly differentiate among sub-types and result in relatively best trophic status of brown-rusty soils, why the worst trophic status – of the rusty podzolic soils. The variability of physicochemical properties in the soil profiles and among the subtypes of rusty soils resulted not only from the kind of parent material (which affected the texture and base cations), but also – directly or indirectly – the vegetation (which affects the organic carbon and nitrogen, acidity, pH, and base saturation). Forest species composition and forest management may have, therefore, impact on the direction and intensity of pedogenic soil transformation. The differentiation of soil subtypes was accompanied by different dominant forest habitats: broadleaf/mixed broadleaf forests, broadleaf mixed forests, and mixed coniferous forests on rusty-brown, rusty typical and rusty podzolic soil, respectively. The subtypes of rusty soils distinguished according to Classification of forest soils of Poland (2000) correlated well their analogues of the Polish soil classification (6th edition, 2019). However, an application of the latter classification would result in a clear reflection of transitional soils (e.g. rusty-brown podzolic soils) and raised the classification level of soils having gleyic properties or containing carbonates, as well as some post-arable soils.