

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Przyrodniczo-Technologiczny



mgr inż. Roman Pieprzka

**Skład mineralogiczny oraz właściwości gleb
wytworzonych z różnych skał macierzystych
na obszarze Parku Narodowego Gór Stołowych**

Praca doktorska
wykonana
w Instytucie Nauk
o Glebie i Ochrony Środowiska
pod kierunkiem
prof. dr. hab. Tadeusza Chodaka

Wrocław, rok 2012

W szczególny sposób chciałbym podziękować mojemu Promotorowi - prof. dr. hab. Tadeuszowi Chodakowi za życzliwość, cierpliwość oraz cenne uwagi w trakcie pisania niniejszej pracy doktorskiej, dr. Czesławowi Augustowi z Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego za pomoc przy analizie termicznej, pracownikom Instytutu Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu za czteroletnią współpracę oraz swoim najbliższym za dobre słowo i wsparcie.

Badania do niniejszej rozprawy doktorskiej zostały częściowo sfinansowane w ramach projektu badawczo-rozwojowego „Geoekologiczne warunki środowiska przyrodniczego Parku Narodowego Gór Stołowych” o numerze 66/2-R/2008/GR oraz projektu systemowego pn. „Grant - wsparcie prac badawczych poprzez stypendia naukowe dla doktorantów”, realizowanego przez Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego w okresie od 1 lipca 2008 r. do 31 maja 2010 r., współfinansowanego ze środków budżetu państwa i Unii Europejskiej (Program Operacyjny - Kapitał Ludzki, Poddziałanie 8.2.2 Regionalne Strategie Innowacyjne).

Spis treści

1. WSTĘP I CEL PRACY.....	6
2. PRZEGLĄD LITERATURY.....	9
2.1. GLEBY GÓRSKIE.....	9
2.1.1. Specyfika właściwości gleb górskich	11
2.1.2. Dominujące typy gleb górskich w Polsce.....	12
2.2. SKAŁY MACIERZyste I ICH WPŁYW NA WŁAŚCIWOŚCI GLEB.....	13
2.3. WIETRZENIE I PRODUKTY WIETRZENIA SKAŁ.....	16
2.4. STAN BADAŃ NAD GLEBAMI PARKU NARODOWEGO GÓR STOŁOWYCH.....	21
3. CHARAKTERYSTYKA PARKU NARODOWEGO GÓR STOŁOWYCH.....	23
3.1. ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ ORAZ CHARAKTERYSTYKA RZEŻBY I SKAŁ MACIERZYSTYCH GLEB PNGS.....	25
3.2. POKRYWA ROŚLINNA PNGS.....	26
3.3. ZARYS WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH I WODNYCH.....	28
3.4. RÓŻNORODNOŚĆ GLEB PNGS.....	28
4. OBIEKT I METODY BADAŃ.....	32
4.1. PRACE TERENOWE.....	32
4.2. PRACE LABORATORYJNE.....	35
4.3. PRACE PORÓWNAWCZE I ANALIZA STATYSTYCZNA.....	39
5. WYNIKI BADAŃ.....	40
5.1. NAJWAŻNIEJSZE CECHY MORFOLOGICZNE.....	40
5.2. WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE.....	43
5.2.1. Skład granulometryczny.....	43
5.2.2. Gęstość właściwa.....	47
5.3. WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHemiczne I CHEMICZNE.....	48
5.3.1. Odczyn i właściwości sorpcyjne.....	48
5.3.2. Zawartość węgla i azotu.....	66
5.3.3. Zawartość metali ciężkich.....	70
5.3.4. Formy przyswajalne magnezu, potasu i fosforu.....	79
5.4. SKŁAD MINERALOGICZNY.....	84
5.4.1. Skład mineralogiczny frakcji ilastej.....	84
5.4.2. Powierzchnia właściwa badanych gleb oraz wydzielonych z nich	

frakcji <0,002 mm.....	107
5.4.3. Całkowity skład pierwiastkowy.....	111
5.5. ANALIZA STATYSTYCZNA WYNIKÓW.....	118
6. DYSKUSJA WYNIKÓW I PODSUMOWANIE.....	122
7. WNIOSKI.....	129
8. BIBLIOGRAFIA.....	132
9. DOKUMENTACJA BADAŃ.....	151
9.1. SPIS TABEL I RYSUNKÓW.....	152
9.2. CHARAKTERYSTYKA PROFILI GLEBOWYCH.....	157
9.3. TABELARYCZNE ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ.....	172

1. WSTĘP I CEL PRACY

Na obszarze Parku Narodowego Gór Stołowych występują zróżnicowane pod względem genezy skały macierzyste. Zaliczamy do nich między innymi zwietrzeliny granitów, margli oraz piaskowców o lepiszczu żelazistym i kwarcowym.

W budowie geologicznej Gór Stołowych możemy wyróżnić 4 strefy występowania tych skał:

1. strefa granitowa, występująca w zachodniej części Parku, w rejonie Kudowy Zdroju (stąd nazwa skał - granit kudowski),
2. strefa piaskowca o lepiszczu kwarcowym, zlokalizowana w środkowej części Parku,
3. strefa piaskowca o lepiszczu żelazistym, zwanego czerwonym spągowcem, zlokalizowana w północno-wschodniej części parku, w okolicach Radkowa,
4. strefa margli plenerskich, występująca na południowym wschodzie Parku.

Znaczne zróżnicowanie budowy geologicznej Parku decyduje o wyjątkowości tego miejsca. Jednakże rozpatrywany obszar badawczy jest nie tylko unikatowy z powodu zróżnicowania typologicznego gleb czy rodzajów skały macierzystej. Jest on niepowtarzalny również z racji przyczyny powołania parku narodowego. Za główny przedmiot ochrony nie uznano, bowiem walorów biotycznych, lecz specyficzne cechy przyrody nieożywionej, wynikające z jedyne w Polsce i nielicznego w Europie płytowego układu skał, a także morfologii form wietrzenia.

Wśród czynników glebotwórczych zasadniczą rolę odgrywa skała macierzysta. Jej budowa, skład mineralogiczny oraz właściwości fizyczne i fizykochemiczne wpływają na tempo przemian i przebieg procesów, które zachodzą w wierzchniej warstwie litosfery.

W wyniku działania procesów glebotwórczych i glebowych powstają gleby zaliczane do różnych jednostek systematycznych. Różnią się one cechami morfologicznymi, ale także właściwościami fizycznymi i chemicznymi, które wynikają z jakościowego i ilościowego zróżnicowania produktów wietrzenia skał macierzystych. Skała macierzysta dostarcza glebie składników mineralnych, których dostępność dla roślin jest istotnym elementem żyzności gleby. Decyduje o uziarnieniu, które wpływa na przepuszczalność oraz obecność w glebie powietrza i wody. Rodzaj skały macierzystej wpływa również na odczyn powstających z niej gleb. Przykładem mogą być tutaj skały węglanowe, z których powstają zasobne w węglany rędziny charakteryzujące się odczynem zasadowym.

W przypadku obszarów górskich skała macierzysta nabiera szczególnego znaczenia ze względu na to, iż często występuje ona w pierwotnym stadium procesu wietrzenia i ma znaczny wpływ na formowanie się pokrywy glebowej. Nie bez znaczenia pozostaje również fakt, że właśnie w górach największe powierzchnie stanowią gleby litogeniczne, czyli powstałe pod dominującym wpływem skały macierzystej. Poza glebami litogenicznymi znaczny obszar Parku Narodowego Gór Stołowych zajmują gleby autogeniczne (ok. 60%), do których zalicza się rząd gleb brunatnoziemnych oraz bielicoziemnych. Powstają one w wyniku oddziaływania wielu czynników glebotwórczych, w tym pod wpływem skały macierzystej [SYSTEMATYKA GLEB POLSKI 1989].

Jednym z głównych produktów wietrzenia skał macierzystych są minerały ilaste. Ze względu na swój specyficzny charakter, wpływają one znacznie na właściwości gleb. Zarówno stan ilościowy, jak i skład jakościowy minerałów ilastych są jednymi z głównych czynników kształtujących plastyczność, zwężłość, przepuszczalność gleb i przede wszystkim ich zdolności sorpcyjne oraz dostępność substancji odżywczych dla roślin [CHODAK I IN. 1990]. Rodzaj tworzących się minerałów ilastych zależy od wielu czynników, w tym od składu mineralogicznego wietrzącej skały.

Park Narodowy Gór Stołowych, ze względu na zróżnicowaną budowę geologiczną, warunki klimatyczne oraz występowanie gleb utworzonych z różnych rodzajów skał macierzystych, jest właściwym miejscem poboru materiału glebowego do badań składu jakościowego i ilościowego minerałów ilastych w glebach. Park Narodowy Gór Stołowych został utworzony w 1993 roku. Wcześniej, słabo przebadany obszar, stał się jednym z ważniejszych obiektów zainteresowania gleboznawców. Rozpoczęto wówczas szczegółowe prace badawcze w kierunku charakterystyki pokrywy glebowej Parku, a także wpływu warunków klimatycznych i czynników glebotwórczych na formowanie się gleb.

Rozpoznaniem pokrywy glebowej PNGS zajęli się m.in. SZERSZEŃ I IN. [1996]. Na podstawie swoich badań stwierdzili, że największe powierzchnie w Parku zajmują gleby zaliczane do działu gleb autogenicznych: gleby brunatne kwaśne (typowe i oglejone), brunatne właściwe, gleby bielcowe i bielice, natomiast w mniejszym stopniu występowały gleby początkowych stadiów rozwoju (tzw. inicjalne), a także bagienne i napływowe.

Produkty wietrzenia ważniejszych skał macierzystych PNGS badali m.in. CHODAK I IN. [1996]. Badaniami objęli oni gleby wytworzone z granitu monzonitowego piaskowca turońskiego, piaskowca permskiego oraz mułowca.

Jednocześnie BORKOWSKI I IN. [1996] dokonali kompleksowego opisu gleb brunatnych wytworzonych z granitoidów na obszarze Parku Narodowego Gór Stołowych.

Zagadnienie wpływu procesu wietrzenia na formowanie się gleb brunatnych wytworzonych z granitoidów sudeckich oraz obecności w nich minerałów ilastych przedstawił BOGDA [1981].

Właściwości gleb powstałych ze zwietrzelin piaskowców badała m.in. SZOPKA [1998, 2000a, 2000b], zwracając uwagę na ich niskie pH i niską zawartość kationów o charakterze zasadowym. Istniejące najczęściej fragmentaryczne opracowania dotyczące gleb wytworzonych z piaskowców, granitoidów oraz innych skał macierzystych na terenie Parku Narodowego Gór Stołowych wymagały uzupełnienia, a zarazem poszerzenia wiedzy w tym zakresie.

Poznanie pokrywy glebowej ma zasadnicze znaczenie dla prawidłowego kształtowania ekosystemów, zwłaszcza na obszarach chronionych, wcześniej przeobrażonych przez działalność człowieka [CHODAK I IN. 1998], stąd celem pracy była charakterystyka składu mineralogicznego oraz właściwości gleb Parku Narodowego Gór Stołowych wytworzonych z różnych utworów macierzystych oraz porównanie tych właściwości w odniesieniu do rodzaju skały macierzystej badanych gleb.

Skład mineralogiczny gleb, jako, że jest rezultatem zachodzących procesów glebotwórczych i glebowych, które powinny być scharakteryzowane na podstawie właściwości fizycznych, fizyko-chemicznych i chemicznych, został przedstawiony w niniejszej pracy po charakterystyce tych właściwości. Dobór gleb wytworzonych z różnorodnych skał macierzystych umożliwił określenie wpływu skały macierzystej na właściwości gleb, obecność oraz kierunek wietrzenia minerałów ilastych na badanym obszarze.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

2.1. GLEBY GÓRSKIE

Siedliska naturalne cechują się występowaniem strefy wpływu różnych czynników, z których jedne wyróżniają się większą trwałością, inne natomiast są zmienne. Do pierwszych z nich zalicza się skały macierzyste i rzeźbę, natomiast do drugich - klimat, stosunki wodne i biocenozę. Przewaga jednych czynników nad pozostałymi kształtuje środowisko przyrodnicze i ma wpływ na przebieg wielu procesów, w tym również glebotwórczych.

Do obserwacji zmian zachodzących w naturalnych siedliskach najodpowiedniejszymi obiektami są obszary górskie, gdyż w regionach górskich na pierwszy plan wysuwa się budowa geologiczna oraz urzeźbienie, które kształtują lokalne warunki klimatyczne, wodne, edaficzne i biotyczne i mają wpływ na formujące się gleby [NIEWIADOMSKI 1985].

Gleba, jako jeden z podstawowych elementów środowiska przyrodniczego, zapewniający rozwój wszelkich form życia [SZERSZEŃ I IN. 1995] jest przedmiotem zainteresowania wielu badaczy już od XIX wieku. Odgrywa ona szczególną rolę, ponieważ „stabilizuje środowisko pod względem obiegu biogeochemicznego” [DREWNIK 1998] oraz jest, zarówno źródłem, jak i magazynem, składników pokarmowych i wody dla roślin. Pełni także rolę buforu i filtru dla wszelkiego rodzaju składników środowiska przyrodniczego [KLIMOWICZ, BUZIAK 2001; PALUSZEK, SŁOWIŃSKA-JURKIEWICZ 2004], w tym dla zanieczyszczeń oraz decyduje o ilościach przemieszczanych z wodami pierwiastków, m.in. fosforu, potasu i magnezu [CHODAK, KASZUBKIEWICZ 2007, KASZUBKIEWICZ I IN. 2008, TASZ I IN. 2005].

Wdzięcznym obiektem badań gleboznawczych są gleby górskie. Ich specyficznym właściwościom poświęcono już wiele sympozjów i opracowań licznych autorów.

Za przykład może posłużyć m.in. ukazanie się w 1998 r. monografii „Gleby górskie – geneza, właściwości, zagrożenia” (Zesz. Probl. Nauk Roln. z. 464, 1998).

Właściwości gleb górskich Sudetów badali m.in. BOGDA [1978, 1981], BOGDA I IN. [1998] oraz CHODAK [2002], opisując skład mineralogiczny gleb brunatnych wytworzonych z granitoidów sudeckich, a także BORKOWSKI I SZERSZEŃ [1998] oraz KABAŁA [1998] i WALENDZIK [1994], którzy zwrócili uwagę na niebezpieczeństwo

degradacji gleb, zarówno Karkonoszy, jak i Gór Izerskich, oraz sposób ich ochrony. Znaczącymi publikacjami, dotyczącymi gleb Sudetów, były także te obejmujące charakterystykę problemu erozji i wielkości strat materiału glebowego [KASZUBKIEWICZ I IN. 2007, 2008] oraz zagrożeń gleb użytkowanych rolniczo m.in. zawartościami metali ciężkich na obszarze Sudetów i Przedgórze Sudeckiego [KASZUBKIEWICZ I IN. 2011].

Badaniami gleboznawczymi, poza obszarem Sudetów, objęto także gleby górskie Karpat. Ten region jest niezwykle istotny ze względu na występowanie różnych rodzajów skał macierzystych gleb. Są nimi m.in. piaskowce magurskie, które były obiektem badań ADAMCZYKA [1957], piaskowce istebniańskie, które opisywał LAZAR [1952] czy skały osadowe fliszu karpackiego, które pod kątem obecności metali ciężkich scharakteryzowali NIEMYSKA-ŁUKASZUK I IN. [1998A, 1998B].

Często opisywanym, z punktu widzenia gleboznawczego, są także Góry Świętokrzyskie. Gleby tego najstarszego, polskiego masywu górskiego, zbudowanego z dewońskich i triasowych piaskowców, były badane m.in. pod kątem zanieczyszczenia metalami ciężkimi [MACIEJEWSKA 1993A, 1993B], jak i wpływu skały macierzystej na właściwości gleb [SZAFRANEK 1989, 1990, 1992].

Gleby górskie budzą zainteresowanie badaczy ze względu na ważną rolę ekologiczną, jaką pełnią [ADAMCZYK 1984], ogromną różnorodność skał macierzystych występujących nieraz na bardzo małych obszarach, z których zostały wytworzone [SZOPKA 1998], co umożliwia porównanie ich właściwości, wartość użytkową, zaniżaną często przez szkieletowość gleb, natężenie procesów morfogenetycznych mających wpływ na morfologię profili glebowych [SKIBA 1998] oraz postępujący proces degradacji tego typu ekosystemów leśnych.

Obszary górskie zajmują nieznaczną powierzchnię (w Polsce obszary powyżej 300 m n.p.m. zajmują zaledwie 9% ogólnego terytorium kraju) i, ze względu na trudności w uprawie, są na ogół wyłączone z rolniczego użytkowania [CHODAK I IN. 1998]. Mimo to prowadzone są na tych obszarach kompleksowe badania, w oparciu o które zostaną opracowane sposoby właściwego ich zagospodarowania, zwłaszcza w przypadku gleb silnie przeobrażonych przez działalność człowieka.

Gleby górskie, zarówno w Sudetach, Karpatach, jak i w innych systemach górskich, cechują się przestrzennym zróżnicowaniem ze względu na zmienność warunków ekologicznych. Zaliczamy do nich m.in. budowę geologiczną, morfologię terenu, warunki klimatyczne i wodne oraz gospodarczą działalność człowieka [KABAŁA, SZERSZEŃ 1998; SZERSZEŃ I IN. 1995]. Cechuje je „ażurowość” [SKIBA 1998], gdyż,

ze względu na zróżnicowaną podatność skał na wietrzenie i nierównomiernie przebiegające procesy glebotwórcze, występują często, zarówno gleby o dobrze rozwiniętym profilu - od płytkich do głębokich, jak i utwory bezglebowe.

W przypadku polskich obszarów górskich, wiele z nich zostało objętych ochroną prawną, zarówno jako parki krajobrazowe, rezerваты czy parki narodowe. Dzięki temu wzrosło ogólne zainteresowanie nimi zarówno wśród turystów, jak i badaczy. W przypadku obszarów objętych granicami parków narodowych rozpoczęto szereg intensywnych prac badawczych na potrzeby opracowania Planów Ochrony. Wzmoczone prace badawcze na obszarach górskich, zaowocowały znaczną ilością publikacji oraz powstaniem nowych map, w tym map glebowych i inwentaryzacji gleb, w tym także na obszarze Parku Narodowego Gór Stołowych [SZERSZEŃ, KABAŁA 2002].

Poza pracami typowo inwentaryzacyjnymi, dużym zainteresowaniem gleboznawców cieszą się badania chemizmu gleb górskich. Na ich podstawie otrzymuje się informacje o zasobności środowiska glebowego w składniki pokarmowe i jego degradacji (obecność toksycznych związków, takich jak metale ciężkie czy węglowodory aromatyczne WWA) [CHODAK I IN. 1998, KARCZEWSKA, KABAŁA 2002, LASKOWSKI 1998].

Oprócz charakterystyki chemicznych parametrów gleb, szczególnie ważnym zagadnieniem podejmowanym przez badaczy gleb górskich jest określenie wpływu szeregu czynników na przebieg procesów glebotwórczych, w tym m.in. rodzaju skał macierzystych, na formujące się gleby. Tematem właściwości gleb zróżnicowanych gatunkowo i rodzajowo zajmowali się m.in. CHOJNICKI [1993] oraz KONIUCZAK I IN. [2003] (gleby wytworzone z lessów), a także ZASOŃSKI [1993] (gleby powstałe ze skał wapiennych) czy MACIEJEWSKA [1993A, 1993B] (gleby utworzone z piaskowców). Właściwości gleb występujących w różnych warunkach klimatycznych były charakteryzowane przez SZERSZENIA [1974], SZERSZENIA I CHODAKA [1985] oraz SAYED [1981].

2.1.1. Specyfika właściwości gleb górskich

Pod względem właściwości chemicznych i fizyko-chemicznych, gleby górskie obszarów Polski cechują się silnym zakwaszeniem, niską troficznością (głównie siedliska dystroficzne), znaczną szkieletowością i dominacją frakcji piaskowych oraz dużym zróżnicowaniem zawartości próchnicy w poszczególnych poziomach

genetycznych [DROZD I IN. 1993]. Właściwości gleb uzależnione są w dużym stopniu od składu mineralicznego skał macierzystych. W przypadku większości gleb „bezwęglanowych” cechują się one niską sumą wymiennych kationów zasadowych (BC) i niskim stopniem wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi (BS), a znacznym udziałem glinu wymiennego [BORKOWSKI 1993, KUŹNICKI I IN. 1973, SZERSZEŃ 1974]. Skała macierzysta ma także szczególny wpływ na skład granulometryczny gleb i odpowiada za zróżnicowanie właściwości gleb w obrębie określonej jednostki taksonomicznej.

Glebami wytworzonymi z kwaśnych skał magmowych zawierających znaczne ilości kwarcu są na ogół gleby bielcowe, podczas gdy ze skał zasadowych tworzą się zwykle gleby brunatne.

Z jednej strony warunki klimatyczne, a z drugiej monokultury sosnowe, bądź świerkowe, uznawane za silnie zakwaszające, sprzyjają procesom wymywania składników pokarmowych i bielcowaniu [KABAŁA 1995, KOCOWICZ 1998, POKOJSKA 1998].

2.1.2. Dominujące typy gleb górskich w Polsce

Na obszarach górskich Polski przeważają głównie gleby brunatne oraz bielcowe i bielice. Dominacja tych gleb, zaliczanych do działu gleb autogenicznych, oznacza, że na obszarach górskich, gleby, w głównej mierze, tworzą się pod wpływem wielu czynników glebotwórczych i trudne jest określenie przewagi, któregośkolwiek z nich. Fakt ten był podkreślany przez wielu autorów [KABAŁA I IN. 2002, KABAŁA I IN. 2003, SZOPKA 2000A, 2002], którzy formującą się glebę uznają za wypadkową wielu czynników, w tym warunków wodnych, klimatycznych, właściwości skał macierzystych, reliefu, wpływu świata roślin i zwierząt czy działalności gospodarczej człowieka. Dokonując, zatem charakterystyki dominujących typów gleb górskich należy wziąć pod uwagę warunki ich powstania.

Gleby brunatne (Cambisols) obszarów górskich występują częściej jako gleby brunatne kwaśne (Dystric Cambisols) i gleby brunatne wylugowane (Eutric Cambisols), niż gleby brunatne właściwe (Eutric Cambisols) [SKIBA 1998]. Jest to wynikiem przewagi bezwęglanowego podłoża w Karpatach i w Sudetach, cechującego się silnie kwaśnym odczynem i zubożeniem w makroelementy. Gleby brunatne na ogół

występują tu pod lasami mieszanymi bądź liściastymi i cechują się wyższą zasobnością w składniki pokarmowe od gleb bielcowych i biellic.

Gleby bielcowe i bielice (Podzols) są jednostką taksonomiczną także zajmującą znaczne powierzchnie w regionach górskich [SKIBA 1998]. Ich obecność jest spowodowana „sprzyjającymi uwarunkowaniami geologicznymi, topograficznymi, klimatycznymi i biologicznymi” [KABAŁA 2005]. W związku z ich silnie kwaśnym odczynem, niską zawartością kationów o charakterze zasadowym, a znaczną - toksycznych jonów glinu wymiennego oraz, na ogół, składem granulometrycznym piasków, są one często wykluczone z produkcji rolniczej i przeznaczone pod zalesienia. Występowanie gleb bielcowych i biellic na obszarach górskich jest ściśle związane z materiałem macierzystym, z którego się wytworzyły (głównie są to kwaśne skały magmowe i metamorficzne lub osadowe scementowane, ubogie w makroelementy, bezwęglanowe, o znacznych średnicach ziaren - piaskowce, zlepieńce, kwarcyty czy granity), silnie zakwaszającą roślinnością borową oraz warunkami klimatu humidowego (intensywne opady są przyczyną wypłukiwania składników pokarmowych) [BROŻEK 1999, POKOJSKA 1998].

Oprócz opisanych powyżej przeważających typów gleb obszarów górskich można jeszcze spotkać gleby innych jednostek systematycznych. Często są to gleby o początkowej fazie rozwoju, czyli gleby inicjalne, gleby wapniowcowe (rędziny) lub gleby obszarów bagiennych, takie jak mułowe czy torfowe, jakkolwiek zajmują one mniejsze powierzchnie i uważa się je za poboczne typy gleb [BOGACZ 2000, 2002a, 2002b].

2.2. SKAŁY MACIERZyste I ICH WPŁYW NA WŁAŚCIWOŚCI GLEB

Z obszarami góorskimi oraz glebami tych rejonów ściśle wiąże się skała macierzysta, którą JENNY [1994] definiuje jako „inicjalny stan systemu glebowego“.

Gleby górskie różnią się znacznie warunkami powstawania i rodzajem skały macierzystej od gleb obszarów wyżynnych i nizinnych. Gleby te kształtują się pod wpływem wielu czynników glebotwórczych, jakkolwiek przede wszystkim - pochodzenia utworów macierzystych [BOGDA 1981, CHESWORTH 1973, KAWAŁKO 2003, SZOPKA 1998, 2002].

Wśród czynników glebotwórczych gleb wietrzeniowych skała macierzysta odgrywa zasadniczą rolę. Jej budowa, skład mineralogiczny oraz właściwości fizyczne

i fizykochemiczne wpływają na przebieg procesów, które zachodzą w wierzchniej warstwie litosfery. Prowadzi to, w finalnym efekcie, do mniej lub bardziej widocznego zróżnicowania masy glebowej. Za przebieg tego procesu w głównej mierze odpowiadają chemiczne i fizyczne właściwości skały macierzystej, a także jej struktura, tekstura i skład mineralogiczny. Stąd gleba wytworzona z różnych formacji macierzystych zwykle wykazuje różne bio-fizyko-chemiczne i typologiczne właściwości [ADAMCZYK 1957, 1965, AZZAWI 1991, BOGDA 1981, BOGDA, KOWALIŃSKI 1972, BOGDA I IN. 1998, BORKOWSKI 1966].

Pochodzenie skały ma niezmiernie istotny wpływ na powstającą z niej glebę. W rejonach górskich jej wpływ jest bardziej zróżnicowany niż na terenach nizinnych, gdyż gleby mogą tu powstawać zarówno ze skał osadowych okruchowych jak również bardziej zróżnicowanych mineralogicznie zwietrzelin skał magmowych i metamorficznych.

Ze względu na skład chemiczny i mineralogiczny skał macierzystych, zwietrzeliny tych skał mogą wykazywać specyficzne właściwości wpływające na jakość koloidów glebowych.

Skała macierzysta wykazuje szczególnie wyraźny wpływ na rozmieszczenie typologiczne gleb na obszarach górskich [SZAFRANEK 1992]. Jednym z przykładów jest zmienność geologiczna w Górach Stołowych, gdzie na niewielkiej powierzchni obecność kilku rodzajów skały macierzystej sprzyja silnemu zróżnicowaniu jednostek glebowych pod względem morfologii i właściwości [KABAŁA, SZERSZEŃ 1998].

Podobną sytuację dostrzegł SZAFRANEK [1992] na obszarze Gór Świętokrzyskich, gdzie na stokach wklęsłych w zależności od pochodzenia utworu macierzystego i stopnia rozdrobnienia wytworzyły się: z piaskowca dewońskiego – gleby bielicowe i bielice oraz gleby brunatne bielicowane, natomiast z piaskowca triasowego powstały gleby bielicowe i bielice oraz gleby rdzawe bielicowane. Odmienna sytuacja występowała na stokach prostych i wypukłych, gdzie z piaskowca dewońskiego wytworzyły się gleby brunatne kwaśne, natomiast z piaskowca triasowego – gleby rdzawe właściwe [SZAFRANEK 1992]. Opisane oba przypadki związane były z migracją składników mineralnych w głąb profilu glebowego i ich rozmieszczeniem. W ten sposób powstają zwykle gleby bielicowe, z wyraźnie zaznaczonym poziomem wymywania. Zatem, jak wspomniano, skała macierzysta oddziałuje na typologię gleb, ale wraz z tym łączy się także wpływ na właściwości gleb. Typowymi przykładami wpływu skały macierzystej na właściwości wytworzonych z niej gleb są gleby wytworzone z lessów, które cechują

się często wysokim pH i ciężkim składem granulometrycznym [CHOJNICKI 1993] jak i gleby ze skał wapiennych, które poza wysoką zawartością węglanu wapnia, odznaczają się także wysokim wysyceniem kompleksu sorpcyjnego kationami i wysokim pH (ok. 7-8) [ZASOŃSKI 1993, 1995].

Skala macierzysta, z której wytworzyły się gleby, decyduje także w znacznym stopniu o naturalnej zawartości pierwiastków w glebie, w tym metali ciężkich [CZARNOWSKA 1996; KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993; MACIEJEWSKA 1993A, 1993B; KABAŁA, SZERSZEŃ 1999]. Ich rozkład w profilu glebowym w poszczególnych typach gleb zależy głównie od procesu glebotwórczego [ADAMCZYK 1965, 1969], jednakże stan ilościowy uzależniony jest od właściwości utworów macierzystych.

Jak wynika z badań DUTKI [1992], to skala macierzysta jako czynnik glebotwórczy objaśnia w 70% ogólną zmienność pierwiastków śladowych w glebach, a czynnik antropogeniczny w 9% [KONIUCZAK I IN. 2003]. Powszechnie wiadomo, że gleby średnie i ciężkie są bardziej zasobne w mikroelementy w odróżnieniu od innych gleb, co związane jest głównie z ich składem granulometrycznym, a w szczególności z zawartością frakcji ilastej.

Procesy glebotwórcze i glebowe wpływają na zróżnicowanie rozmieszczenia mikroskładników w poszczególnych poziomach genetycznych i mogą doprowadzić do ich nagromadzenia się lub też wyługowania [SKŁODOWSKI I IN. 1988].

Zatem skala macierzysta gleb, jako jeden z głównych czynników glebotwórczych, decyduje, wraz z innymi czynnikami, także o chemizmie nowotworzących się gleb. Dlatego interesujące jest także jak w warunkach górskich - w Sudetach - kształtuje się w profilu glebowym zawartość i rozmieszczenie ruchomych form pierwiastków lub związków, takich jak żelazo, glin i krzemionka. Obecność w glebie tych składników, zwłaszcza żelaza [KONECKA-BETLEY 1968] i glinu [ADAMCZYK I IN. 1968; MOSKAŁ 1955] świadczyć może o dynamizmie procesu glebotwórczego i glebowych procesów typologicznych [KOWALIŃSKI I IN. 1967B; KUŹNICKI, SKŁODOWSKI 1970; KUŹNICKI I IN. 1973].

Utwory macierzyste decydują także o tak istotnych elementach żyzności gleby, jak jej odczyn oraz zasobności w składniki pokarmowe [MOTOWICKA-TERELAK 1958]. Obie te cechy są w różnym stopniu uzależnione od właściwości utworów macierzystych. Za przykład mogą posłużyć gleby lekkie, które charakteryzują się najczęściej silnym zakwaszeniem i niską zawartością substancji organicznej oraz makro- i mikroskładników pokarmowych [BOWSZYS I IN. 2003] lub gleby

wytworzone ze skał węglanowych, o odczynie zbliżonym do zasadowego [SZERSZEŃ, CHODAK 1985].

Skały macierzyste wpływają na ilość i jakość minerałów ilastych, których powstawanie jest warunkowane przez przebieg procesów wietrzenia.

2.3. WIETRZENIE I PRODUKTY WIETRZENIA SKAŁ

Wietrzenie skały to proces jej fizycznej dezintegracji i chemicznego rozkładu, prowadzącym do zmniejszenia jej spoistości. Proces wietrzenia, w ten sposób, wywiera znaczny wpływ na wiele cech skał, w tym jej właściwości geomechaniczne [AREL, TUGRUL 2001, CERTINI I IN. 2003, CERYAN I IN. 2008B] i ewolucję gleb EGLI I IN. [2001]. Zachodzi pod wpływem wielu czynników, m.in. opadów i zakwaszenia środowiska [LEE I IN. 2008] oraz w kilku etapach opisywanych przez wielu badaczy [ARIKAN I IN. 2007, CERYAN I IN. 2008A].

Ma ono wielkie znaczenie, ponieważ występowanie wszystkich składników nieorganicznych w glebach, poza azotem, jest spowodowane tym procesem [LINDROOS I IN. 2003]. Jednym z przykładów jest wzbogacenie gleby w metale ciężkie w wyniku wietrzenia skały macierzystej, stanowiącej pierwotne, wewnętrzne źródło pierwiastków śladowych dla gleby [CZARNOWSKA 1983, KABATA-PENDIAS 1981, STARR I IN. 2003].

Zmiany spowodowane przez procesy wietrzenia w skale macierzystej można rozważać na dwa sposoby: pierwszy z nich to zmiana mineralogiczna (i bezpośrednio zmiana chemiczna) i drugi-zmiany fizyczne [CERYAN I IN. 2008A].

Zmiany, jakie zachodzą w skale, podczas procesu wietrzenia prowadzącego do powstania gleby klasyfikowane są w 6 etapach [ARIKAN I IN. 2007]. Ścieżka powstawania gleby rozpoczyna się od świeżej skały o niezmienionym stanie, w której brak widocznych śladów wietrzenia (brak rozjaśnień i nieciągłości). Wraz z postępującym w czasie procesem wietrzenia następuje zmiana struktury skały. Następuje osłabienie jej spoistości, rozpad na większe odłamki, następnie na mniejsze, zniszczenie jej pierwotnej tekstury, dezintegracja między ziarnami i formowanie się gleby.

Zmianom fizycznym w skałach często towarzyszy przekształcanie składu chemicznego skał przez wymywanie składników i powstawanie nowych [CERYAN I IN. 2008A]. Przebieg tego procesu zależy od wielu czynników, m.in. od skały macierzystej, topografii, warunków wymywania kationów i aktywności biologicznej [NESBITT I IN.

1980; CHEN I IN. 1997; KIRSCHBAUM I IN. 2005; GREEN I IN. 2006]. Skład chemiczny i mineralogiczny wykazuje charakterystyczne zmiany wraz z postępującym wietrzeniem chemicznym, prowadząc do powstawania określonych produktów, którymi, w głównej mierze, są minerały wtórne [LEE I IN. 2008, WILSON 2004].

Podczas wietrzenia chemicznego mają miejsce następujące przemiany [CERYAN I IN. 2008]:

- a) zawartość SiO_2 stopniowo maleje wraz z postępującym procesem dezintegracji skał. Pewne ilości wolnej krzemionki wędrują do roztworu, a część formuje minerały ilaste.
- b) Al_2O_3 ulega koncentracji w produktach wietrzenia, co tłumaczy się jego nieznaczną rozpuszczalnością.
- c) CaO , Na_2O i MgO , w związku ze swoją łatwą rozpuszczalnością, ulegają wymywaniu już we wstępnych etapach wietrzenia lub biorą udział w formowaniu nowych minerałów.
- d) zawartość FeO i MnO pozostaje relatywnie stała, chociaż może przekształcić się do innych tlenków.

Zawartość opisanych wyżej produktów wietrzenia ma znaczny wpływ na właściwości formującej się gleby. Krzem i glin stanowią źródło w tworzeniu koloidalnych minerałów ilastych, żelazo i mangan są ważnymi substratami w reakcjach utlenienia-redukcji i silnie wpływają na barwę gleby; potas i sód, w związku ze swoją łatwą rozpuszczalnością, ulegają ługowaniu, co sprzyja spadkowi wartości pH, od którego zależy kierunek formowania się minerałów ilastych, podczas gdy wapń i magnez łatwo się wytrącają i zapewniają stabilność frakcji koloidalnej gleby [JENNY 1994].

Zmiany w chemizmie skał podczas wietrzenia mają swoje odzwierciedlenie we właściwościach chemicznych utworzonych z nich gleb.

Literatura gleboznawcza szczególnie bogata jest w prace dotyczące produktów wietrzenia różnych skał macierzystych. Jest to spowodowane bezpośrednim związkiem utworów macierzystych oraz składu mineralogicznego na właściwości gleb. By kompleksowo scharakteryzować właściwości gleb należy wziąć pod uwagę ich pochodzenie, stąd tak wielu badaczy opisuje skład mineralogiczny gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych. Produkty wietrzenia niektórych magmowych skał macierzystych gleb występujących w Sudetach, w tym granitów i bazaltów, zostały scharakteryzowane m.in. przez [BOGDĘ 1973, 1978, 1981; KABATĘ-PENDIAS 1965,

KOWALIŃSKIEGO I IN. 1967A;]. Genezę i właściwości gleb wytworzonych z serpentynitów Dolnego Śląska opisał WEBER [1982], a skład minerałów ilastych gleb wytworzonych ze skał metamorficznych - CHODAK, BOGDA [1976], a ze skał osadowych, np. gliny zwałowej – CIEŚLA, DĄBKOWSKA-NASKRĘT [1983], DŁUGOSZ [1994, 2002] czy lessu - UZIAK I IN. [1987].

Powstało także wiele prac dotyczących budowy minerałów ilastych [NEMECZ 1981, NEWMAN 1987; STOCH 1974; WEAVER, POLLARD 1973] i samej natury ich powstawania [VELDE 1977, 1985, 1995; VELDE, MEUNIER 2008]. Duży wpływ na tworzenie się minerałów ilastych w glebach mają czynniki bioklimatyczne, m.in. temperatura i wysokość opadów [AMER 1986; BARSHAD 1966; SZERSZEŃ 1974]. Wiele trudności przysparza sama identyfikacja minerałów ilastych. Sposoby preparowania prób do oznaczeń mineralogicznych, jak i metody określania poszczególnych minerałów pierwotnych i wtórnych zostały zaproponowane w licznych publikacjach zagranicznych [ALEXIADES, JACKSON 1966; BRINDLEY, BROWN 1980; FRIPIAT 1982; MOORE, REYNOLDS 1989; STUCKI, BAMWARD 1979; ŚRODOŃ 1980, 1984; WILSON 1987].

Wietrzenie skał o podobnym składzie mineralogicznym nie zawsze prowadzi do powstawania podobnych produktów wtórnych. Tworzenie się minerałów ilastych kształtuje się bowiem pod wpływem różnorodnych czynników, wśród których do najważniejszych należą: rodzaj skały macierzystej, wpływ klimatu oraz oddziaływanie roślinności [WEBER I IN. 1998].

Minerały ilaste są jednymi z ważniejszych produktów wietrzenia skał macierzystych. Są to uwodnione glinokrzemiany, powstające w wyniku transformacji minerałów pierwotnych. Ich obecność w glebie ma wpływ na szereg jej właściwości, zarówno fizycznych, chemicznych, jak i fizyko-chemicznych, takich jak plastyczność, zdolności sorpcyjne, zwięzłość, pęcznienie czy dostępność substancji odżywczych dla roślin [BOGDA I IN. 1998, CHODAK 1980].

Zdolności sorpcyjne gleb wynikają z udziału minerałów ilastych i ich specyficznej budowy, odpowiedzialnych za ich znaczną powierzchnię właściwą i silne właściwości do sorbowania kationów. Zainteresowanie minerałami ilastymi, wynika nie tylko z ich znacznych zdolności do gromadzenia jonów, czy wpływu na funkcjonowanie gleby jako jej najaktywniejszy składnik, ale także - z potencjalnych możliwości wykorzystania w praktyce [BERGAYA, LAGALY 2001, CHURCHMAN I IN. 2006, GASCO, MENDEL 2005]. Pełnią one obecnie wyjątkowo dużą rolę w rolnictwie,

uprawie owoców czy w leśnictwie, gdyż są ważnym źródłem składników pokarmowych i wody [KONTA 1995], a także w geologii, budownictwie, inżynierii, procesach przemysłowych, w ochronie środowiska [CHODAK 1999], w medycynie i w wielu innych dziedzinach [BECH 1996, CARRETERO 2002, CARRETERO I IN. 2006, GALAN I IN. 1985, GOMES, SILVA 2007].

Właściwości powierzchni minerałów ilastych umożliwiają im redukcję zanieczyszczeń i zapobieganie migracji jonów metali ciężkich oraz organicznych zanieczyszczeń do sąsiadujących gleb, wód gruntowych czy wód powierzchniowych. Aplikacja minerałów ilastych służy także remediacji zanieczyszczonych środowisk, zwłaszcza wodnych, w których ma miejsce koncentracja zanieczyszczeń z osadów dennych [GOMES, SILVA 2007]. Minerały ilaste, z powodu ich wysokiej pojemności sorpcyjnej, zmiennej od 10 do 1500 mmol(+)·kg⁻¹ zależnie od struktury i składu, są używane do usuwania zanieczyszczeń z wody i gleby drogą wymiany jonowej.

Badania nad składem mineralogicznym gleb, w szczególności ocena ilościowa i jakościowa udziału poszczególnych minerałów frakcji koloidalnej, stanowią istotne źródło informacji o potencjalnych zdolnościach gleby do gromadzenia składników pokarmowych i wody.

Części spławialne gleby, których głównym składnikiem są minerały ilaste, odgrywają dużą rolę w chemizmie gleb. Stanowią one magazyn składników pokarmowych dla roślin. Decydują o żyzności i urodzajności gleb poprzez kształtowanie ich właściwości sorpcyjnych, buforowych czy wodnych [KĘPKA 1975].

Minerały ilaste rzadko występują w glebie w postaci form „czystych”. Na ogół obecne są w mieszaninie, często tworząc struktury mieszanopakietowe (interstratyfikowane) (m.in. minerały typu illitu z warstwami smektytowymi), trudnych do jednoznacznej identyfikacji [DĄBKOWSKA-NASKRĘT I IN. 1998; THOREZ 1976].

Zróżnicowanie ilościowe i jakościowe składu mineralogicznego gleb, ma wpływ na zdolność gleb do sorbowania kationów. Występowanie i wzajemne proporcje różnych grup minerałów ilastych (zarówno minerałów „czystych”, jak i ich kompleksów, tzw. minerałów mieszanopakietowych) względem siebie uzależnione są od rodzaju skały macierzystej oraz czynników glebotwórczych wpływających na przebieg procesu wietrzenia.

W ostatnich latach, mimo licznych badań nad minerałami ilastymi, wciąż brak jednolitych poglądów, co do natury ich powstawania. Najczęstszym poglądem w tym kierunku jest to, że decydującym czynnikiem wpływającym na jakość tych składników

jest skład mineralogiczny wietrzejącej skały macierzystej [BOGDA I IN. 1975, 1998; CHODAK I IN. 1975].

Według BOLEWSKIEGO I PARACHONIAKA [1982] powstawanie określonych grup minerałów ilastych, w głównej mierze, uzależnione jest od działania wody, która rozpuszcza minerały pierwotne, na skutek, czego składniki przechodzą do roztworu w postaci jonowej. Efektem hydrolizy jest rozkład struktury minerałów pierwotnych połączony z uwolnieniem kationów i krzemionki, odprowadzenie ze środowiska niektórych uwodnionych składników oraz powstanie nowych minerałów w wyniku reakcji między substratami [BOLEWSKI, PARACHONIAK 1982, GÖRLICH 1957, STOCH 1974]. W wyniku hydrolizy następuje rozkład minerałów pierwotnych i utworzenie się krzemianów (minerały ilaste), trwałych w nowych warunkach. Równocześnie hydrolizie towarzyszy wymywanie i odprowadzanie z krążącymi wodami rozpuszczalnych składników skał, jak sód, wapń, magnez. Nowo powstałe minerały ilaste często ulegają kolejnym przemianom. Przekształcenie jednych minerałów ilastych w drugie jest uzależnione głównie od stężenia jonów w roztworze, a w szczególności kationów K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , jonów glinu oraz rozpuszczonej krzemionki. Tym samym przemianom minerałów ilastych często towarzyszy wymiana jonów między substratami (minerałami pierwotnymi), a roztworem wodnym. Za przykład może posłużyć szereg wietrzenia minerałów: skaień potasowy-montmorillonit-kaolinit-gibbsyt. Wraz ze zmniejszeniem się stężenia jonów potasu w roztworze, następuje zmiana trwałości szeregu minerałów skaień-montmorillonit, a zmniejszeniu ilości rozpuszczonej krzemionki towarzyszy powstawanie kaolinitu-gibbsytu) [BOLEWSKI, PARACHONIAK 1982].

Tworzenie się określonych grup minerałów ilastych jest wypadkową działań wielu czynników, które często prowadzą do otrzymania, w zupełnie innych warunkach klimatycznych, tych samych produktów (głównie kaolinitu).

O kierunkach powstawania poszczególnych minerałów ilastych decydują m.in. skład chemiczny wody, a w szczególności pH, stężenie, rozpuszczonego w wodzie, CO_2 oraz kwasów nieorganicznych i organicznych, warunki klimatyczne (głównie suma opadów) oraz podatność minerałów pierwotnych na działanie czynników środowiskowych [EMBLETON, THORNES 1985].

2.4. STAN BADAŃ NAD GLEBAMI PARKU NARODOWEGO GÓR STOŁOWYCH

W długiej historii badań gleboznawczych w Sudetach większym zainteresowaniem cieszyły się gleby Sudetów Zachodnich, w szczególności Karkonoszy (objętych granicami Karkonoskiego Parku Narodowego), Gór Izerskich (jako miejsce występowania klęski ekologicznej, związanej z wymieraniem lasów, na skutek m.in. dopływu zanieczyszczeń atmosferycznych z Niemiec, Czech i Polski) i Masywu Śnieżnika [KABAŁA, SZERSZEŃ 1998; SZOPKA 1998].

Przełomowym momentem w badaniach Sudetów Środkowych i Wschodnich był rok 1993. Wówczas utworzono Park Narodowy Gór Stołowych. Powstanie drugiego parku narodowego w Sudetach zmieniło panujący dotychczas kierunek badań i większą uwagę zaczęto poświęcać badaniom gleboznawczym tego obszaru. Wcześniej badania w Górach Stołowych dotyczyły głównie warunków geologicznych [JERZYKIEWICZ 1966, 1968, 1971, 1975, JERZYKIEWICZ, WOJEWODA 1986, PULINOWA 1989, WOJEWODA 1986]. Do 1993 roku ukazały się nieliczne prace gleboznawcze z obszaru Parku Narodowego Gór Stołowych [ANDRUSZCZAK 1975, BOGDA 1973, 1978, 1981, AZZAWI 1991, BORKOWSKI 1966, BORKOWSKI, STRĄCZYŃSKA 1986, CHODAK, BOGDA 1976, SZERSZEŃ I IN. 1978]. Dopiero utworzenie parku narodowego i obowiązek stworzenia Planu Ochrony dla PNGS przyczynił się do intensyfikacji badań w tym regionie. W 1993 r. zespół gleboznawców z Akademii Rolniczej we Wrocławiu rozpoczął prace badawcze, a możliwością zaprezentowania wyników badań z tego obszaru było Sympozjum „Środowisko przyrodnicze Parku Narodowego Gór Stołowych”, które odbyło się w 1996 roku. Publikacja wydana przez Wydawnictwo PNGS „Szczeliniec” [1996], zawierała m.in. charakterystykę gleb Parku Narodowego Gór Stołowych [SZERSZEŃ I IN. 1996], z dokładniejszym opisem gleb brunatnych wytworzonych z granitoidów [BORKOWSKI I IN. 1996], gleb organicznych [KASZUBKIEWICZ I IN. 1996], produkty wietrzenia wybranych skał macierzystych regionu [CHODAK I IN. 1996], zawartość pierwiastków śladowych wzdłuż „Szosy 100 Zakrętów” oraz w profilach gleb torfowych wielkiego torfowiska Batorowskiego [KABAŁA I IN. 1996; 1997a, 1997b]. W latach 1998-2000 właściwości gleb wytworzonych ze stołowogórskich piaskowców, w tym ich genezę oraz szereg właściwości chemicznych, w tym zawartość siarki i form przyswajalnych fosforu, magnezu i potasu, przedstawiła SZOPKA [1998, 2000A, 2000b, 2000c]. Publikacje BOGACZA [2000, 2002A, 2002B] szczegółowo opisywały gleby organiczne Parku Narodowego Gór Stołowych. W 2002 r. powstała

nowa mapa zasięgów poszczególnych typów gleb oraz rozpoczęły się działania zmierzające do utworzenia sieci punktów monitoringowych, w których cyklicznie, do dnia dzisiejszego, badane są zmiany w parametrach fizycznych i chemicznych gleb omawianego obszaru [SZERSZEŃ, KABAŁA 2002]. W 2004 r. ukazała się publikacja KABAŁY, HAASEGO [2004], badających gleby bielcowe wytworzone z piaskowców na obszarze Gór Stołowych.

Dotychczas, w literaturze naukowej Gór Stołowych, a zwłaszcza ich części objętej granicami Parku Narodowego, badaniami obejmowano najczęściej gleby powstałe ze zwietrzliny jednej, określonej skały macierzystej, nie dokonując porównania mineralogicznego z zawartością minerałów ilastych w glebach o innym pochodzeniu skały macierzystej. Przed utworzeniem parku narodowego, uwzględniając pochodzenie gleb, charakterystyką gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych zajmowano się głównie poza obszarem PNGS. Szereg przeprowadzonych badań zwietrzelin i gleb powstających ze skał magmowych dotyczył głównie granitoidów sudeckich. Badania w tym zakresie prowadzili m.in. WEBER I IN. [1998], którzy zajęli się charakterystyką składu mineralogicznego gleb piętra subalpejskiego Karkonoszy. Gleby wytworzone z innych, niż skały magmowe, utworów macierzystych, między innymi z piaskowców, były obiektem badań prowadzonych głównie na obszarze Gór Świętokrzyskich, bądź Karpat [LAZAR 1952; MACIEJEWSKA 1993A, 1993B; ADAMCZYK 1957, SZAFRANEK 1989, 1990, 1992]. Wiedza na temat gleb i zwietrzelin wytworzonych z piaskowców wymaga, zatem uzupełnienia. W Polsce zagadnieniem gleb i zwietrzelin piaskowcowych zajmowali się ADAMCZYK [1965], a także KONECKA-BETLEY, KRÓŁOWA [1967], którzy scharakteryzowali podstawowe cechy gleb powstałych z piaskowców.

W polskiej literaturze niewiele istnieje opracowań dotyczących także gleb wytworzonych z margli. W literaturze zagranicznej temat gleb i zwietrzelin wytworzonych z margli lub piaskowców także wydaje się nie być obiektem szerszych badań. Charakterystykę właściwości gleb powstałych z margli przedstawili m.in. SHAW, RABENHORST [1999]. Obecnie literatura, dotycząca gleb i zwietrzelin powstających ze skał występujących na obszarze PNGS, obejmująca w sposób kompleksowy charakterystykę gleb wytworzonych z różnych rodzajów skał macierzystych tego obszaru, wymaga uzupełnień, przez co celowym wydaje się podjęcie badań środowiska glebowego tworzącego się w procesie wietrzenia tych skał.

3. CHARAKTERYSTYKA PARKU NARODOWEGO GÓR STOŁOWYCH

Góry Stołowe są jednym z najbardziej interesujących masywów górskich Polski. Ich nazwa doskonale opisuje krajobraz tego obszaru, którego rzeźba, wzbogacona jest dużym nagromadzeniem rozmaitych form skalnych, głównie piaskowcowych, powstałych w wyniku procesu wietrzenia.

Specyficzna rzeźba tego masywu górskiego jest odzwierciedleniem płytowej budowy geologicznej związanej z osadowym pochodzeniem skał tego obszaru. Góry typu płytowego są to obszary tektoniczne wyniesione ponad najbliższe otoczenie o zwykle horyzontalnym ułożeniu serii skalnych. Nie przechodziły one fazy fałdowań górotwórczych, lecz w wyniku poziomych i pionowych ucisków z podłoża, uległy różnym deformacjom [PULINOWA 1996].

Góry Stołowe należą do Sudetów Środkowych i znajdują się na pograniczu Polski i Czech, przy czym ich centralna część, największa, jako tzw. Broumovska Vrchovina i Broumovskie Steny, leży na terytorium Republiki Czeskiej, zaś część północno-zachodnia (z Kotliną Kamiennej Góry) i południowa-wschodnia (między Kudową Zdrój a Radkowem, objęta granicami parku narodowego) znajduje się na obszarze Rzeczypospolitej Polskiej.

Cały masyw Gór Stołowych ma przebieg równoleżnikowy [ZGORZELSKI 1999].

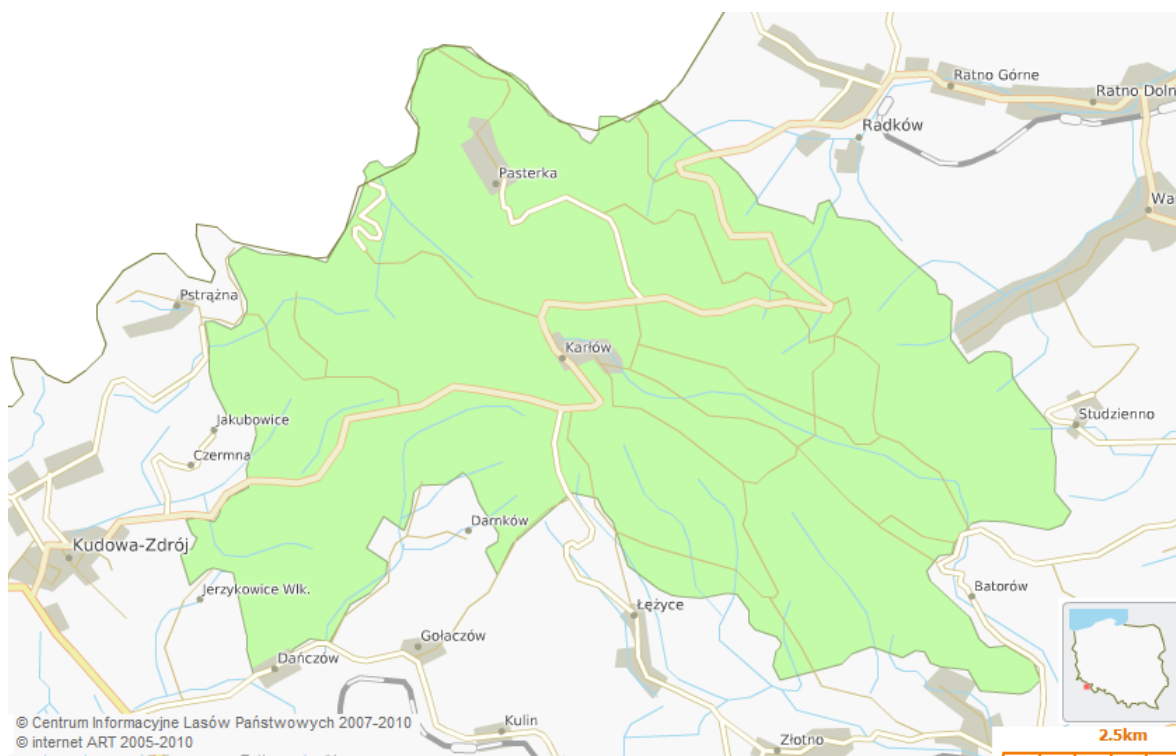
Najbardziej zróżnicowana pod względem geologicznym jest znajdująca się pomiędzy Kudową na zachodzie a Radkowem na północnym wschodzie część Gór Stołowych. Wyjątkowość tego miejsca została doceniona przez turystów, jak i przyrodników. To dzięki ich staraniom Góry Stołowe zostały objęte ochroną prawną.

Za główny cel ochrony podczas powoływania parku narodowego przyjęto charakterystyczne elementy rzeźby terenu, takie jak rozległe płaszczyzny zrównań czy skalne labirynty.

Utworzony decyzją Rady Ministrów w 1993 roku Park Narodowy Gór Stołowych objął swoim zasięgiem część wierzchowinową i centralne partie Gór Stołowych z popularnymi Błędnymi Skałami i Szczelińcami: Wielkim i Małym oraz północno-zachodnią część Wzgórz Lewińskich [ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW z dnia 16 września 1993 r. w sprawie utworzenia Parku Narodowego Gór Stołowych – Dz. U. 1993 nr 88 poz. 407].

Park Narodowy Gór Stołowych (rys. 1), jako jeden z 23 obecnie istniejących parków narodowych w Polsce i jeden z dwóch na obszarze województwa dolnośląskiego, został utworzony głównie ze względu na ochronę niespotykanych nigdzie indziej w naszym kraju zasobów przyrody nieożywionej (budowa geologiczna, rzeźba), przyrody ożywionej (cenne gatunki oraz mało przekształcone naturalne zespoły roślinne) i stworzenie podstaw do odnowień zniszczonych ekosystemów leśnych [KORYBO 2003].

Według kategorii ochrony Światowej Unii Ochrony Przyrody IUCN, zaliczany jest do kategorii II, gdyż został utworzony w celu ochrony całych ekosystemów, zapewnienia terenów do wypoczynku, a także w celach edukacyjnych i naukowych. Park zajmuje obszar 6340 ha i otoczony jest otuliną o powierzchni 10 115 ha.



Rys. 1. Mapa Parku Narodowego Gór Stołowych na tle mapy Polski

Obszar Parku Narodowego Gór Stołowych (PNGS) znajduje się na pograniczu trzech regionalnych jednostek geologicznych - synklinorium śródsudeckiego, basenu Nachodu i tzw. kopuły orlicko-śnieżnickiej [WOJEWODA 2008].

3.1. ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ ORAZ CHARAKTERYSTYKA RZEŻBY I SKAŁ MACIERZYSTYCH GLEB PNGS

W okresie górnej kredy (ok. 100 milionów lat temu) obszar obecnych Gór Stołowych stanowił fragment wielkiego morza, do którego spływały rzeki przenoszące materiał, który osadzał się na jego dnie [KOŹMIŃSKI 1975]. Nagromadzone okruchy z czasem uległy diagenecie i utworzyły ławice skał osadowych scementowanych. W ten sposób powstały poziome warstwy piaskowcowe (dolny, środkowy i górny), przedzielone utworami zwanymi „margłami plenerskimi”. Po ustąpieniu morza i wydzwignięciu gór podczas fałdowania alpejskiego rozpoczął się długotrwały proces wietrzenia i erozji materiału skalnego, który uformował aktualny wygląd regionu [MAZURSKI 1993].

Północno-wschodnie obrzeża Gór Stołowych zbudowane są ze skał powstałych w suchych, pustynnych warunkach, sprzyjających nagromadzeniu się związków żelaza, odpowiedzialnych za charakterystyczne rude zabarwienie. Jest to strefa tzw. czerwonego spągowca (piaskowców permskich), powstała w dolnym permie (260-285 mln lat temu), składająca się z arkoz i zlepieńców.

Zachodnie obrzeża Parku Narodowego Gór Stołowych są zbudowane z magmowych skał krystalicznych z górnego karbonu (310-285 mln lat temu) – granitów monzonitowych o różowo-czerwonej barwie.

Skomplikowana historia geologiczna Gór Stołowych ma swoje odzwierciedlenie w budowie geologicznej masywu. Pod względem geologicznym Park Narodowy Gór Stołowych zbudowany jest z różnorodnych skał. Zasadniczym elementem budowy Parku Narodowego Gór Stołowych są centralnie położone górnokredowe (turońskie) skały osadowe wykształcone w dwóch odmianach - w postaci piaskowców (tzw. ciosowych) oraz utworów zwanych „margłami plenerskimi” [ROTNIKA 1996]. Określenie „margle”, w tym przypadku, nie jest do końca słuszne, gdyż na obszarze PNGS są to de facto mułowce (krzemionkowe, piaszczyste, wapniste) lub droбноziarniste piaskowce, a rzadziej margle o typowej budowie, co potwierdzają badania wykluczające obecność węglanu wapnia, charakterystycznego składnika właściwych margli [ROTNIKA 1996, KABAŁA, SZERSZEŃ 1998] i właściwości gleb wytworzone z tych utworów, cechujące się znacznym zakwaszeniem, czego nie należy tłumaczyć wyłącznie wymywaniem składników o charakterze zasadowym.

Poza piaskowcami i „marglami”, w parku występują także piaskowce i zlepienie permskie (tzw. czerwony spągowiec) zajmujące północną części regionu [NIEMCZYK, 1999; PULINOWA 1989].

Zwietrzeliny wyżej wymienionych skał stanowią materiał macierzysty gleb Parku Narodowego Gór Stołowych.

Według PULINOWEJ [1989] jedna czwarta powierzchni Parku Narodowego Gór Stołowych to obszar położony w przedziale wysokości 500-600 m n.p.m., zaś blisko połowa to obszar w przedziale wysokości 400-600 m n.p.m. Procentowy udział poszczególnych zakresów wysokości przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Udział poszczególnych przedziałów wysokości w Górach Stołowych [PULINOWA 1989]

Wysokość n.p.m. [m]	Powierzchnia	
	[km ²]	[%]
<400	15,2	11,0
400-500	33,1	23,7
500-600	35,0	25,0
600-700	24,0	17,1
700-800	28,0	20,0
800-900	4,5	3,0
>900	0,2	0,2
Razem	140	100

3.2. POKRYWA ROŚLINNA PNGS

Park Narodowy Gór Stołowych ma typowy charakter leśny. Lasy zajmują w nim 91% powierzchni [MIŚCICKI 2008].

Współczesna szata leśna parku tylko w niewielkim stopniu odpowiada naturalnym warunkom siedliskowym. Pierwotne drzewostany mieszane, świerkowo-jodłowo-bukowe zostały wyparte przez uprawy świerkowe [JĘDRYSZCZAK 1999].

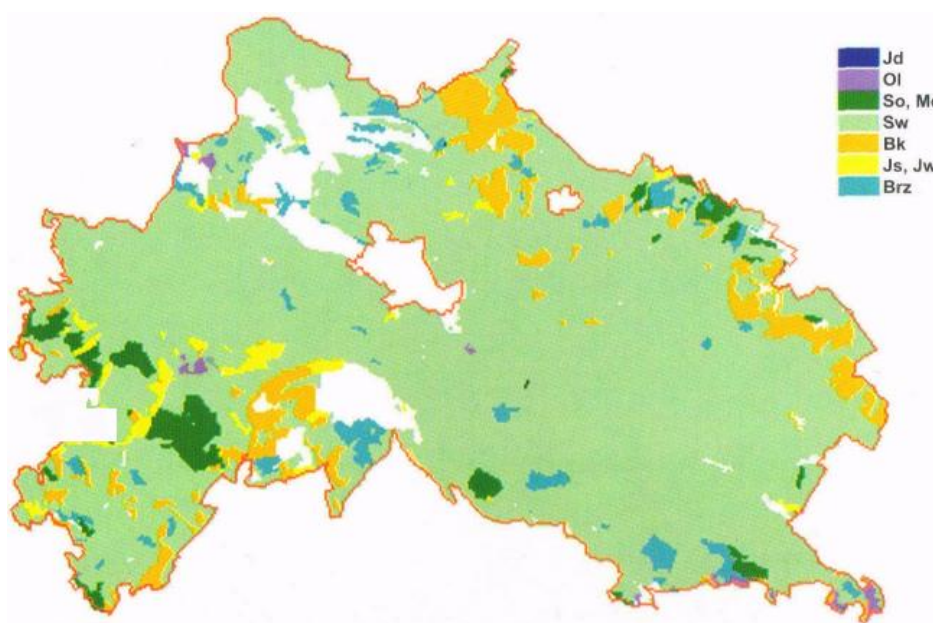
Obecnie większość powierzchni leśnej Parku zajmują zbiorowiska zastępcze ze znacznym udziałem świerka (około 4500 ha). Sytuacja ta dotyczy niemalże całości Sudetów, gdzie świerk występuje na 85% powierzchni leśnej. Jest to wynik gospodarki leśnej, prowadzonej na przełomie XIX i XX wieku, kiedy to w miejsce naturalnego, dolno-reglowego, mieszanego drzewostanu jodłowo-bukowo-świerkowego wprowadzono monokulturę obcego pochodzenia, nieprzystosowaną do lokalnych warunków przyrodniczych [DOBROWOLSKA 1995]. ZGORZELSKI [1999] podaje, że obecnie ok. 80% drzewostanu Gór Stołowych stanowią świerki, zaś pozostałe 20% buk, brzoza brodawkowata i sosna, a w domieszce nieliczne okazy jawora i jarzębiny.

Na terenie parku znajdują się cztery typy siedlisk leśnych w wariantach: typowym, wilgotnym i bagiennym: bór górski – BG; bór mieszany górski – BMG; las mieszany górski – LMG i las górski – LG [JĘDRYSZCZAK 1999].

W najnowszym podziale przyrodniczo-leśnym [TRAMPLER I IN. 1990] Góry Stołowe należą do VII Krainy Sudeckiej, a w jej obrębie do Dzielnicy Sudetów Środkowych (VII.2) i mezoregionu Gór Stołowych oraz Bystrzyckich (VII.2g). W mezoregionie tym największe powierzchnie zajmują typy siedliskowe lasu: BMG (ponad 53%) a także BG i LMG. W porównaniu z pozostałymi mezoregionami Dzielnicy Sudetów Środkowych mezoregion Gór Stołowych i Bystrzyckich charakteryzuje się najwyższą lesistością, wyraźnie uboższymi siedliskami, niższą potencjalną produktywnością siedlisk oraz wyraźnie wyższym udziałem drzewostanów świerkowych [ZGORZELSKI 1999].

Okolo 7,5% powierzchni parku narodowego (ok. 500 ha) zajmują łąki, które w przeważającej części są użytkami porolnymi [MIKOŁAJCZAK, CHODAK I IN. 2011].

Aktualną strukturę gatunkową drzewostanów Parku wg gatunków panujących, obrazuje rys. 2.



Rys. 2. Struktura drzewostanów w Parku Narodowym Gór Stołowych wg gatunków panujących [JĘDRYSZCZAK 1999]

3.3. ZARYS WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH I WODNYCH

Klimat Parku Narodowego Gór Stołowych zaliczany jest do umiarkowanie wilgotnego [MAZURSKI 1993].

Zarówno temperatura powietrza, jak i ilość opadów zależne są tu od wysokości n.p.m. i wzrastają wraz z wysokością. Roczne sumy opadów wynoszą 750-1000 mm, osiągając maksimum latem (w lipcu) i minimum w zimie (w styczniu).

Termiczna zima (temperatury poniżej 0°C) trwa około 14-16 tygodni, zaś lato jest krótsze (4-8 tygodni). Pierwszy śnieg spada w połowie października. W wyższych partiach górskich utrzymuje się on około 100 dni.

Na obszarze parku, podobnie jak w całej Polsce, dominują wiatry zachodnie, niosące wilgotne, morskie powietrze [MAZURSKI 1993].

Przez obszar PNGS przebiega europejski dział wodny, rozdzielający zlewnie Morza Północnego (do którego dociera Łaba, zasilana wodami Metuji, łączącej się z dopływami odwadniającymi zachodnią część regionu) i Morza Bałtyckiego (do którego uchodzą wody Odry, zasilane Nysą Kłodzką, której dopływy płyną w centralnej i wschodniej części PNGS). Do ważniejszych cieków PNGS należą: Pośna, Czerwona Woda, Kamienny Potok, Bystra, Dańczówka oraz Kudowski Potok [CIĘŻKOWSKI, KIELCZAWA 2008].

3.4. RÓŻNORODNOŚĆ GLEB PNGS

Różnorodność typologiczna gleb współczesnej pokrywy glebowej PNGS jest efektem kompleksowego działania wielu czynników glebotwórczych. Najważniejszymi z nich są: morfologia oraz rodzaj i właściwości skały macierzystej [KABAŁA I IN. 2002, SZOPKA 2002].

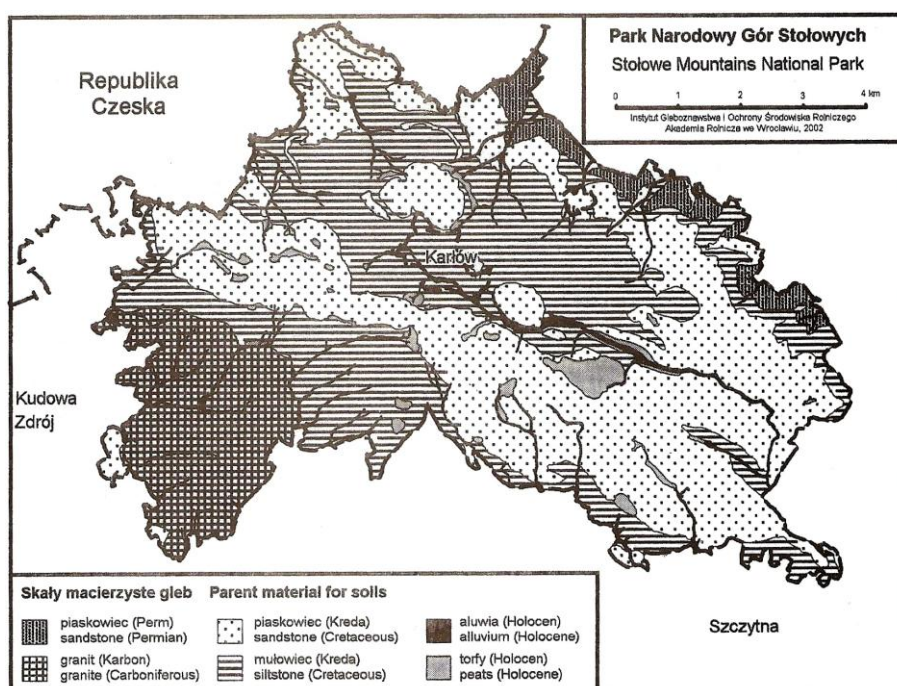
To właśnie tak duże zróżnicowanie czynników glebotwórczych, występujące na niewielkim obszarze PNGS, było i wciąż jest odpowiedzialne za obecność gleb o zupełnie odmiennych właściwościach fizycznych i chemicznych, zróżnicowanej miąższości profilu glebowego, innym uziarnieniu i odrębnej produktywności. Już samo zróżnicowanie rodzajów skały macierzystej ma istotne znaczenie na formowanie się pokrywy glebowej tego wyjątkowego regionu.

W związku ze zróżnicowaniem skał macierzystych obszaru PNGS (rys. 3) i ich znacznym wpływem na cechy morfologiczne gleb, miąższość profili glebowych,

właściwości chemiczne i fizykochemiczne oraz ich przestrzenne zróżnicowanie, podzielono obszar Parku na pięć głównych jednostek litologiczno-glebowych [KABAŁA I IN. 2002]:

- gleby utworzone z granitoidów karbońskich,
- gleby utworzone z piaskowców i zlepieńców permskich,
- gleby utworzone z piaskowców ciosowych turonu górnego
- gleby utworzone z piaskowców ciosowych turonu środkowego
- gleby utworzone z mułowców (margli) turońskich.

Wyróżniono także lokalnie występujące jednostki gleb z osadów aluwialnych i gleb organicznych.



Rys. 3. Skały macierzyste gleb Parku Narodowego Gór Stołowych [KABAŁA I IN. 2002]

W Parku Narodowym Gór Stołowych ze zwietrzelin piaskowców - zarówno tzw. górnych (z okresu koniak), jak i środkowych (z turonu) utworzyły się głównie gleby bielicoziemne: bielcowe właściwe oraz bielice [SZERSZEŃ 1996; SZERSZEŃ I IN. 1996]. Niewielką powierzchnię stanowią tu również gleby brunatne właściwe, utworzone z margli, jakkolwiek z powodu wymywania składników, często ulegają przekształceniu do gleb brunatnych wyługowanych.

Najbardziej rozpowszechnionym typem glebowym na obszarze PNGS są gleby brunatne kwaśne występujące w postaci dwóch podtypów: gleb brunatnych kwaśnych typowych i oglejonych [KABAŁA I IN. 2008]. Gleby brunatne kwaśne wykształciły się

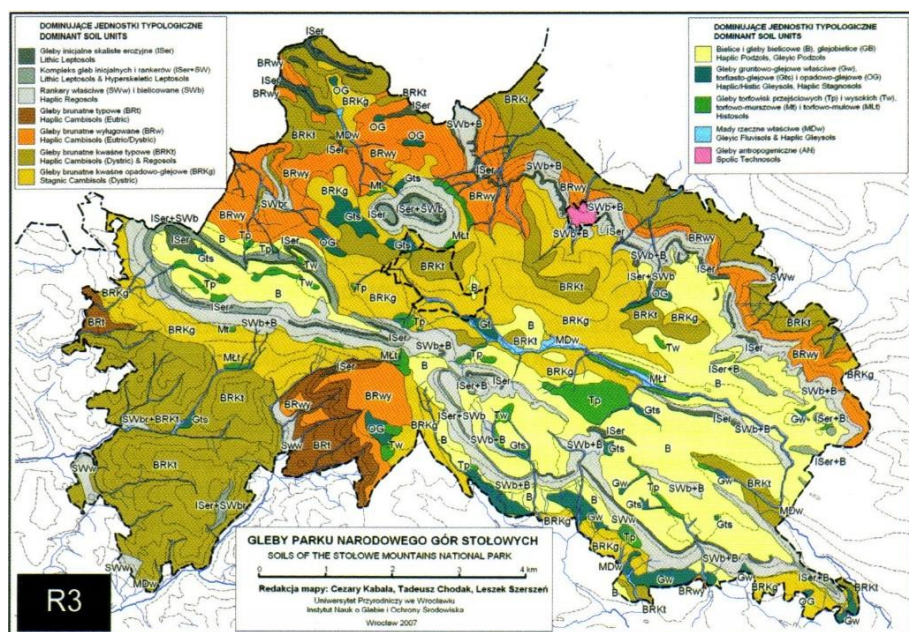
głównie z granitów kudowskich (okolice Kudowy) oraz piaskowców permskich (okolice Radkowa).

Pod względem właściwości chemicznych i fizyko-chemicznych poszczególne gleby różnią się między sobą. Gleby wytworzone z margli cechuje znaczne odwapnienie, są słabo wykształcone, silnie szkieletowe, o uziarnieniu zbliżonym do pylastego lub gliniastego i cechują się niewielką miąższością. Natomiast jednolitą barwą w całym profilu charakteryzują się gleby wytworzone z piaskowców i zlepieńców permskich. Ich cechą szczególną jest czerwone zabarwienie, które, jednocześnie, utrudnia dokonanie rozróżnienia poszczególnych poziomów genetycznych. Są to gleby na ogół bardzo głębokie, słabo szkieletowe, gdyż skałą macierzystą ich są utwory drobnoziarniste. Gleby wytworzone z piaskowców ciosowych cechują się jasnoszarą, bądź jasnożółtą barwą, występowaniem poziomu bielcowania, uziarnieniem głównie piasków i niewielką zasobnością w składniki pokarmowe. Gleby powstałe z granitu cechują się za to większą szkieletowością, uziarnieniem piasków gliniastych mocnych lub glin lekkich, brunatno-czerwoną barwą, pochodzącą od minerałów, budujących granit, wyższą zasobnością w składniki pokarmowe i wysyceniem kationami.

Podczas wyznaczania mapy zasięgów poszczególnych jednostek glebowych zespół gleboznawców pod kierownictwem prof. Szerszenia ustalił, że przestrzenne rozmieszczenie gleb ściśle jest powiązane z rozmieszczeniem skał macierzystych tego obszaru. Procentowy udział poszczególnych jednostek był następujący: gleby brunatnoziemne – 42,1% (w tym gleby brunatne kwaśne oglejone, wytworzone z mułowców – 16,6%, gleby brunatne kwaśne wykształcone z granitów – 11,5%, gleby brunatne wyługowane – 11,4%, gleby brunatne właściwe typowe – 2,6%), gleby bielicoziemne (gleby bielcowe i bielice) – 20,1%, gleby inicjalne i rankery (głównie wytworzone z piaskowców) – 18% i pozostałe jednostki – 19,8% [SZERSZEŃ, KABAŁA 2002].

Rozmieszczenie poszczególnych typów i podtypów gleb na obszarze PNGS przedstawia rys. 4.

Listę głównych i pobocznych typów i podtypów gleb Parku Narodowego Gór Stołowych zamieszczono w tab. 2.



Rys. 4. Typy i podtypy gleb Parku Narodowego Gór Stołowych [KABAŁA I IN. 2008]

Tab. 2. Lista głównych i pobocznych* typów i podtypów gleb PNGS [Karczevska, Kabała 2002]

Typ i podtyp gleby	Skąły macierzyste
Główny typy i podtypy gleb	
Bielicowe	Piaskowce ciosowe turonu górnego
	Piaskowce ciosowe turonu środkowego
Brunatne właściwe typowe i wylugowane	Mułowce kredowe
Brunatne kwaśne typowe i opadowo-glejowe	
Brunatne kwaśne typowe	Granity monzonitowe karbońskie
Poboczne typy i podtypy gleb	
Brunatne kwaśne	Piaskowce permskie
Deluwialne	Osady deluwialne
Mady rzeczne	Osady aluwialne
Opadowo-glejowe	Osady deluwialne
Słabo wykształcone bezwęglanowe	Różne
Torfowe	Torf

* Pojęcie głównych i pobocznych typów i podtypów gleb związane jest z ich zasięgiem terytorialnym w PNGS

4. OBIEKT I METODY BADAŃ

Badania do niniejszej pracy doktorskiej przeprowadzono w trzech etapach. Były nimi:

- prace terenowe, polegające na wykonaniu odkrywek glebowych, poborze próbek oraz charakterystyce cech morfologicznych profili glebowych i opisie siedlisk;
- prace laboratoryjne, mające na celu szczegółowy opis właściwości fizycznych, chemicznych i fizyko-chemicznych badanych gleb oraz składu mineralogicznego;
- prace porównawcze i analiza statystyczna, na które składały się badania statystyczne i interpretacja uzyskanych wyników, a także porównanie ich z aktualnymi, dostępnymi doniesieniami literaturowymi.

4.1. PRACE TERENOWE

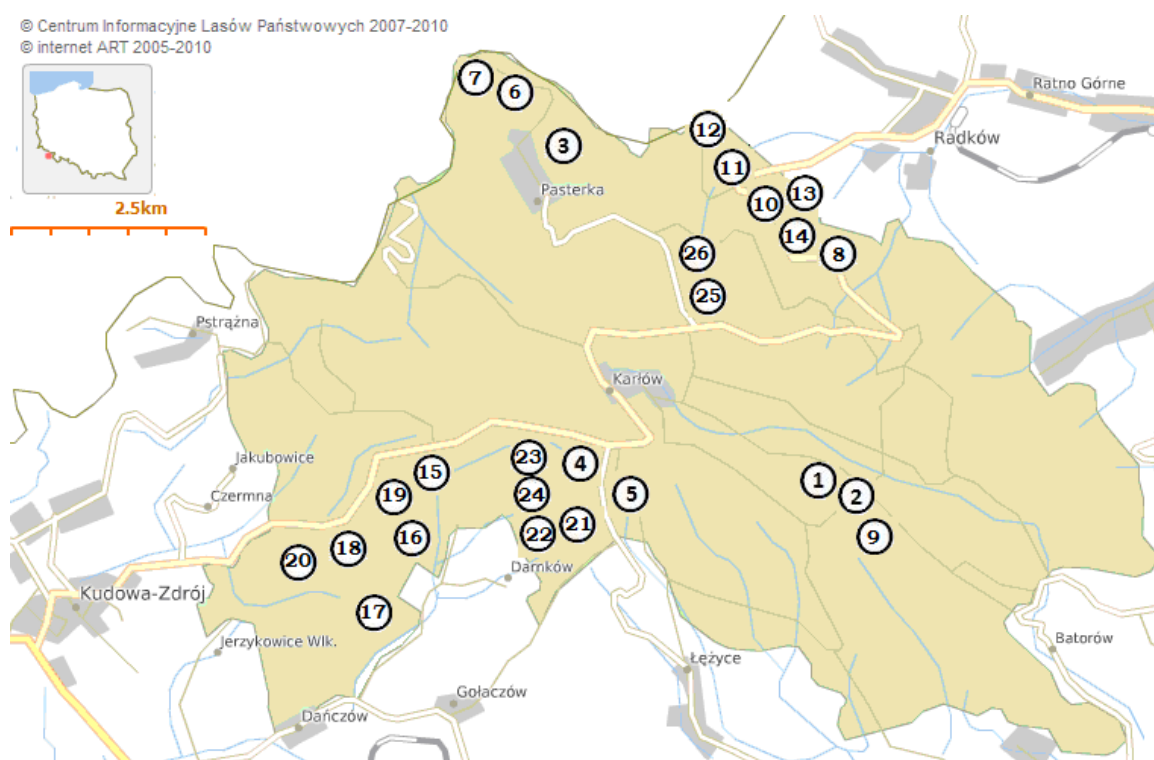
Odkrywki glebowe zlokalizowane zostały na terytorium Parku Narodowego Gór Stołowych, w miejscach o nieznacznym nachyleniu stoku. Taki dobór lokalizacji odkrywek, jak i poboru materiału glebowego do badań laboratoryjnych, był jak najbardziej uzasadniony. Wykonanie odkrywek glebowych na obszarach płaskich umożliwiło wyeliminowanie lub ograniczenie występowania procesów stokowych i spływów powierzchniowych, prowadzących do wymieszania pierwotnie jednorodnego materiału glebowego. Na obszarach wierzchowinowych regionów górskich, materiał nie jest tak silnie wymieszany, jak w przypadku miejsc o znacznych spadkach, gdzie na skutek działania sił grawitacji gromadzi się materiał glebowy lub zwietrzelina w postaci utworów deluwialnych. Przykładem takiego stanu rzeczy jest niejednorodny materiał skalny oraz glebowy występujący w okolicach najwyższego szczytu Gór Stołowych, Szczelińca Wielkiego, gdzie u podnóża wzniesienia można zaobserwować występowanie gleb wytworzonych ze zróżnicowanego, „wymieszanego” materiału: zarówno z piaskowców, jak i margli o różnym pochodzeniu.

Dobór lokalizacji odkrywek glebowych dokonano w oparciu o aktualne mapy geologiczne obszaru parku z uwzględnieniem wysokości nad poziomem morza, pokrywy roślinnej (ekosystemy leśne, głównie lasy iglaste, przeważnie monokultury świerkowe), wystawy i występowania skał macierzystych.

Profile glebowe do badań wybrano w taki sposób, by uwzględnić różne rodzaje skał macierzystych, co miało umożliwić porównanie ich budowy, cech morfologicznych oraz właściwości fizycznych, fizyko-chemicznych i chemicznych.

Łącznie opisano 26 profili gleb mineralnych, które powstały na obszarze w zakresie wysokości od 462 m n.p.m. do 810 m n.p.m., cechującym się zróżnicowaną rzeźbą. Większość z nich była zlokalizowana na terenach zrównań wierzchwinowych a nieliczne profile ukształtowane były na obszarach stokowych lub u ich podnóży.

Podstawowe informacje o lokalizacji badanych gleb, jak i dominującym typie roślinności, wysokości nad poziomem morza czy skale macierzystej zestawiono w tab. 3, a szczegółowe opisy profili glebowych z cechami morfologicznymi, jak i wynikami badań laboratoryjnych, umieszczono w postaci tabel i dokumentacji fotograficznej w końcowej części dysertacji. Rys. 5 przedstawia mapę Parku Narodowego Gór Stołowych wraz z lokalizacją odkrywek glebowych.



Rys. 5. Lokalizacja punktów wykonania odkrywek glebowych na mapie Parku Narodowego Gór Stołowych

Profile glebowe reprezentowały dział gleb autogenicznych, z typami głównie gleb bielcowych i brunatnych kwaśnych, o właściwej dla tych gleb sekwencji poziomów genetycznych [SYSTEMATYKA GLEB POLSKI 1989].

Tab. 3. Skrócony opis profili glebowych

Numer profilu	Typ gleby	Lokalizacja	Wysokość n.p.m.	Typ roślinności	Typ siedliskowy
Gleby wytworzone z piaskowców ciosowych					
1	Gleba bielkowa właściwa	E 16° 22' 18.3" N 50° 27' 47.8"	707 m	drzewostan bukowo-świerkowy	BMGśw
2	Gleba bielkowa właściwa	E 16° 22' 28.5" N 50° 27' 41.4"	705 m	drzewostan świerkowy	BGśw
3	Gleba płowa typowa	E 16° 20' 05.2" N 50° 29' 22.8"	758 m	drzewostan świerkowy	BGśw
4	Gleba bielkowa właściwa	E 16° 20' 46.6" N 50° 27' 36.1"	795 m	drzewostan świerkowy	BGśw
5	Gleba bielkowa właściwa	E 16° 20' 24.1" N 50° 27' 25.4"	777 m	drzewostan świerkowy	BGśw
6	Gleba bielkowa właściwa	E 16° 18' 59.7" N 50° 30' 14.3"	690 m	drzewostan świerkowy	BGśw
7	Gleba bielkowa właściwa	E 16° 19' 13.6" N 50° 30' 23.0"	670 m	drzewostan świerkowy	BGśw
8	Gleba brunatna kwaśna typowa	E 16° 22' 56.4" N 50° 29' 9.1"	620 m	drzewostan świerkowo-bukowy	LMGśw
9	Gleba bielkowa właściwa	E 16° 23' 51.9" N 50° 26' 58.7"	732 m	drzewostan świerkowy	BMGśw
Gleby wytworzone z piaskowców permskich					
10	Gleba brunatna kwaśna typowa	E 16° 21' 58.5" N 50° 29' 33.9"	520 m	drzewostan bukowo-sosnowy	LMGśw
11	Gleba brunatna kwaśna typowa	E 16° 22' 05.2" N 50° 22' 19.5"	810 m	drzewostan bukowy	LGśw
12	Gleba bielkowo-rdzawa	E 16° 22' 02.3" N 50° 22' 24.3"	790 m	drzewostan świerkowo-bukowy	BMGśw
13	Gleba bielkowo-rdzawa	E 16° 22' 00.7" N 50° 29' 23.4"	630 m	drzewostan modrzewiowo-świerkowy	LMGśw
14	Gleba bielkowo-rdzawa	E 16° 22' 04.3" N 50° 29' 20.6"	630 m	drzewostan modrzewiowo-bukowy	BGśw
Gleby wytworzone z granitów kudowskich					
15	Gleba brunatna kwaśna typowa	E 16° 17' 53.9" N 50° 25' 57.2"	500 m	drzewostan bukowy	LMGśw
16	Gleba brunatna kwaśna typowa	E 16° 18' 01.2" N 50° 26' 06.7"	462 m	drzewostan świerkowy	BMGśw
17	Gleba brunatna kwaśna typowa	E 16° 17' 58.3" N 50° 26' 05.7"	486 m	drzewostan bukowy	LGśw
18	Gleba brunatna kwaśna bielcowana	E 16° 17' 17.4" N 50° 26' 52.9"	660 m	drzewostan świerkowo-bukowy	BMGśw
19	Gleba brunatna kwaśna bielcowana	E 16° 17' 23.8" N 50° 26' 57.3"	600 m	drzewostan świerkowo-bukowy	BMGśw
20	Gleba brunatna kwaśna bielcowana	E 16° 17' 40.9" N 50° 27' 03.0"	550 m	drzewostan bukowo-świerkowy	LMGśw
Gleby wytworzone z margli plenerskich					
21	Gleba brunatna kwaśna typowa	E 16° 19' 30.1" N 50° 26' 28.8"	680 m	drzewostan bukowy	LGśw
22	Gleba brunatna kwaśna typowa	E 16° 19' 33.4" N 50° 26' 25.5"	682 m	drzewostan świerkowy	BMGśw
23	Gleba brunatna kwaśna typowa	E 16° 19' 37.0" N 50° 27' 38.2"	762 m	drzewostan świerkowy	BGśw
24	Gleba brunatna kwaśna typowa	E 16° 19' 50.2" N 50° 27' 43.0"	730 m	drzewostan bukowy	LGśw
25	Gleba brunatna kwaśna bielcowana	E 16° 22' 02.6" N 50° 29' 07.7"	705 m	drzewostan świerkowy	BGśw
26	Gleba brunatna kwaśna typowa	E 16° 22' 05.1" N 50° 29' 09.3"	692 m	drzewostan bukowy	LGśw

Do badań wytypowano gleby, o dobrze, na ogół, wykształconych profilach, powstałe ze zwietrzelin skał obecnych na obszarze parku. W części centralnej PNGS, w której powszechnie występują skały osadowe okruczowe scementowane w postaci piaskowców ciosowych, z lepszem bogatym w krystaliczną krzemionkę, wykonano odkrywki 1-9. W północno-wschodniej części parku, przy tzw. „Szosie 100 Zakrętów”, zlokalizowano odkrywki 10-14. Były to profile gleb wytworzone z czerwonego spągowca (piaskowca permskiego). W części zachodniej PNGS, w miejscu występowania granodiorytu (tzw. granitu monzonitowego lub kudowskiego) zlokalizowano profile 15-20. Na południe od Karłowa (południowa i południowo-wschodnia część parku) wytypowano profile 21-26, gleb, które powstały ze zwietrzelin margli plenerskich.

W rejonie profili 8, 10-14 oraz 25 i 26, mimo dużej zmienności geologicznej, żadne gleby nie nosiły znamion utworów deluwialnych.

Pod względem kategorii użytkowania wszystkie badane profile reprezentowały gleby leśne. Ubogi skład florystyczny, reprezentowany głównie przez drzewostan świerkowy lub świerkowo-sosnowy nie odpowiadał właściwym dla obszaru PNGS siedliskom leśnym.

4.2. PRACE LABORATORYJNE

Próbki glebowe do analiz laboratoryjnych pobrano ze wszystkich wydzielonych poziomów genetycznych, łącznie z podpoziomami próchnic leśnych (o ile występowały). W poziomach, które cechowały się znaczną miąższością, pobrano więcej próbek glebowych z różnych głębokości dzieląc poziom na mniejsze odcinki.

We frakcji o średnicy ziaren $<2\text{mm}$, wydzielonej z pobranego materiału glebowego, wykonano następujące oznaczenia:

- uziarnienie metodą areometryczno-sitową Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego [POLSKA NORMA 1998A], z rozdzieleniem na frakcje i nazewnictwem grup granulometrycznych zgodnym z POLSKĄ NORMĄ [1998B] dla prób mineralnych [PN-R-04033];
- gęstość właściwa - metodą piknometryczną;
- pH - metodą potencjometryczną w wodzie destylowanej, w 1 M KCl i 0,01 M CaCl_2 ;
- zawartość substancji organicznej - metodą strat żarowych w próbkach organicznych (bez wody higroskopowej);

- zawartość węgla organicznego w próbkach mineralnych - metodą Tiurina;
- zawartość azotu ogółem - metodą Kjeldahla w wybranych na podstawie zawartości węgla organicznego próbkach przy pomocy automatycznego analizatora azotu Büchi;
- kwasowość wymienna (K_w) i glin wymienny (Al_w) - metodą Sokołowa;
- zawartość kationów wymiennych Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ i Na^+ - w octanie amonu o pH 7,0, fotometrycznie lub techniką AAS w zależności od analizowanego kationu;
- zawartość przyswajalnych dla roślin form fosforu i potasu: K_2O i P_2O_5 - metodą Egnera-Riehma oraz zawartość przyswajalnych dla roślin form magnezu: MgO - metodą Schachtschabela;
- całkowita zawartość metali ciężkich – metodą AAS, po mineralizacji w stężonym roztworze kwasu nadchlorowego.

Na podstawie otrzymanych wyników kwasowości wymiennej, glinu wymiennego i zawartości kationów wymiennych wyliczono następujące parametry:

- sumę kationów o charakterze zasadowym (BC) ze wzoru: $BC = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [K^+] + [Na^+]$, gdzie $[Ca^{2+}]$, $[Mg^{2+}]$, $[K^+]$ i $[Na^+]$ oznaczają stężenia odpowiednio jonów wapnia, magnezu, potasu oraz sodu;
- pojemność sorpcyjną gleb (CECe) ze wzoru: $CECe = BC + K_w$, gdzie K_w to kwasowość wymienna;
- stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym (BS) ze wzoru: $BS = \frac{BC}{CECe} \cdot 100 \text{ [%]}$;
- stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego glinem wymiennym (V_{Al}) względem pojemności sorpcyjnej [KABAŁA 1995] ze wzoru: $V_{Al} = \frac{Al_w}{CECe} \cdot 100 \text{ [%]}$.

Pojemność sorpcyjna i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi zostały wyliczone w stosunku do kwasowości wymiennej ze względu na bardzo wysoką zawartość glinu wymiennego w kompleksie sorpcyjnym badanych gleb oraz trudności związane z oznaczeniem kwasowości hydrolitycznej powszechnie stosowanymi metodami miareczkowymi spowodowane ciemnym zabarwieniem roztworów ekstrakcyjnych.

Poza badaniami właściwości chemicznych, fizycznych i fizyko-chemicznych przeprowadzono badania mineralogiczne na wybranych profilach glebowych. W czterech profilach gleb brunatnych wytworzonych z piaskowca ciosowego, piaskowca permskiego, granitu monzonitowego i margla (mułowca) oznaczono skład

mineralogiczny frakcji ilastej ($<0,002$ mm) wydzielonej z poziomów genetycznych - metodą dyfraktometrii rentgenowskiej na aparacie DRON-2 z lampą miedziową przy parametrach roboczych 40 KV i 20 mA w orientowanych próbach proszkowych. Frakcję wydzielono metodą sedymentacji wymuszonej przy pomocy wirówki (czas wirowania 4 minuty, przy prędkości 1000 obr./min) po uprzedniej ultradźwiękowej dyspersji próbek glebowych. Substancję organiczną usunięto przez traktowanie próbek 30% roztworem perhydrolu (H_2O_2) na gorąco. Przygotowano serię preparatów bez usuwania związków żelaza i glinu. W celu ułatwienia identyfikacji minerałów pęczniejących oraz kaolinitu analizowano je:

- bez dodatkowego preparowania (na dyfraktogramach oznaczone symbolem N);
- nasycone magnezem (oznaczone symbolem Mg);
- nasycone magnezem i gliceryną (oznaczone symbolem Mg+GL);
- nasycone potasem (oznaczone symbolem K);
- nasycone potasem i prażone 4 godziny w temperaturze $550^{\circ}C$ (oznaczone symbolem K 550°).

Nasycanie próbek potasem i magnezem umożliwia identyfikację następujących minerałów: illitu, smektytu i wermikulitu. W przypadku smektytu, nasycanie preparatu potasem przyczynia się do pojawienia linii dyfrakcyjnej w pozycji 1,0 nm. W przypadku wermikulitu linia dyfrakcyjna przesuwana się z pozycji 1,43 nm do 1,01 nm, natomiast pozostaje na pozycji 1,43 nm przy nasycaniu magnezem i glikolowaniu.

Pomiar prowadzono w zakresie kąta 2θ (theta) $3-30^{\circ}$. Rejestrację sygnału dokonano dzięki zapisowi papierowemu, który posłużył do identyfikacji poszczególnych minerałów ilastych.

Dodatkowo wykonano oznaczenia na aparacie D2 Phaser formy Bruker przy następujących parametrach roboczych: lampka KFL Cu2K, przy napięciu 30 kV i natężeniu prądu 10mA, skoku $0,02^{\circ}$ z odczytem co 1s i kątem pomiaru w zakresie od 3 do 30° dla frakcji $<0,002$ mm z poziomów A z gleb wymienionych wyżej.

Frakcję $<0,002$ mm przeanalizowano w trzech wariantach:

- bez dodatkowego preparowania (na dyfraktogramach oznaczone symbolem N);
- nasycone gliceryną (oznaczone symbolem GL);
- prażone 4 godziny w temperaturze $550^{\circ}C$ (oznaczone symbolem 550°).

Do ilościowych oznaczeń składu mineralogicznego wykorzystano typowe linie analityczne z dyfraktogramów próbek nasyconych gliceryną [CHODAK 2000], dla kaolinitu linię dyfrakcyjną 0,7 nm ($7 \text{ \AA}$), dla illitu 1,0 nm ($10 \text{ \AA}$), dla smektytu linię

1,8 nm (18 Å). Mineralom o strukturach mieszanopakietowych illit-smektyt i smektyt-illit (I-S i S-I) podporządkowano linie dyfrakcyjne w granicach 1,4-1,8 nm (14-18 Å). Minerale przejściowe hydrobiotyt (H), wermikulit (V) identyfikowano na podstawie linii dyfrakcyjnych 1,0-1,4 nm (10-14 Å). Na podstawie linii dyfrakcyjnych określono jakościowo poszczególne minerały, które przeliczono na ich udział procentowy przy zastosowaniu współczynników intensywności minerałów (MIF): dla illitu (I) – 1,0, dla kaolinitu (K) – 0,24, dla wermikulitu (V) – 0,34, dla smektytu (S) – 0,22, a dla minerałów mieszanopakietowych z zakresu 1,0-1,4 nm (H/V) – 0,40 [KAHLE I IN. 2002].

Obliczone procentowe zawartości minerałów ilastych przy wykorzystaniu współczynników wynikających z czynnika strukturalnego minerału (z dokładnością do $\pm 5\%$) stanowią dobry wskaźnik ich ilościowej obecności we frakcji ilastej [BOGDA I IN. 1998].

Procentową zawartość poszczególnych minerałów ilastych w poziomach genetycznych badanych gleb podano w tab. 37, w nawiasach po symbolach minerałów.

W celu dokładniejszej identyfikacji składu mineralogicznego badanej frakcji <0,002 mm, wybranego materiału glebowego, wykonano badania termiczne metodą derywatograficzną. Pomiary analizy termicznej wykonano na Derywatografie 1500 Q w zakresie temperaturowym 25-960° C w atmosferze powietrza.

Analizowano próbki o masie w przedziale 300-320 mg przy prędkości przyrostu temperatury 10°C/min. Użyto tygli ceramicznych oraz odmiany polimorficznej tlenku glinu (III) γ -Al₂O₃, wyprażonej w temp. 1100°C, jako substancji termicznie obojętnej.

Otrzymane dyfraktogramy rentgenowskie (opisane w niniejszej pracy wartościami w nm) oraz derywatogramy frakcji <0,002 mm zamieszczono w niniejszej pracy, w podrozdziale 5.4.1: „Skład frakcji ilastej” (rys. 25-46).

Charakterystykę właściwości badanych gleb rozszerzono także o badania powierzchni właściwej - metodą sorpcji par gliceryny [PN-Z-19010-2: 1999]. Analiza została przeprowadzona dla próbek w całości (bez rozfrakcjonowania) oraz frakcji <0,002 mm wybranych poziomów glebowych.

Badania właściwości chemicznych gleb uzupełniono także o badania mikroskopowe frakcji <0,002 mm. Materiał poddano mikroanalizie pierwiastkowej używając analizatora rentgenowskiego Brucker AXS Quantax EDS. Następnie przygotowane próby napyłano złotem przy użyciu napyłarki Scancoat 6 (Edwards, Londyn, Anglia). Ultrastrukturę badanego materiału analizowano przy użyciu mikroskopu skaningowego EVO LS15 ZEISS.

Wymienione powyżej badania chemiczne oraz rentgenostrukturalne zostały wykonane w laboratoriach Instytutu Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska oraz w Centrum Analiz Jakości Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Badania mikroskopowe wykonano w Pracowni Mikroskopii Elektronowej Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, zaś badania termiczne wykonano w Pracowni Rentgenowskiej Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego.

4.3. PRACE PORÓWNAWCZE I ANALIZA STATYSTYCZNA

Trzeci etap prac obejmował interpretację uzyskanych wyników, porównanie z rezultatami, otrzymanymi przez innych autorów oraz analizy statystyczne.

Wyniki badań porównano z danymi literaturowymi i opracowano statystycznie przy pomocy pakietu Statistica 9, firmy StatSoft. Wyniki oceniono w kierunku zgodności z rozkładem przy pomocy testu W Shapiro-Wilka. Dla grup danych o rozkładzie normalnym ($p < 0,05$) wyliczono współczynniki korelacji w oparciu o test Pearsona, natomiast dla danych o rozkładzie innym niż normalny ($p > 0,05$) przy pomocy testu Spearmana.

Poziomy istotności oznaczono przy pomocy gwiazdek (*-istotność na poziomie $p < 0,1$, **-istotność na poziomie $p < 0,01$, ***-istotność na poziomie $p < 0,001$) lub kolorem czerwonym (istotność na poziomie $p < 0,05$) w tabelach, przy każdym współczynniku korelacji, którego dotyczyły.

W przypadku wyników wybranych parametrów, zilustrowano rozpiętości danych przy pomocy wykresów typu „ramka-wąsy”, na których przedstawiono wartości średnie, przedziały ufności, zakres niedostających i wyniki odstające, a pominięto wartości ekstremalne. Dla wyników wyznaczono także grupy jednorodne przy pomocy testu HSD Tukeya i tym samym testem określono dla nich istotne różnice. Kolorem czerwonym oznaczono istotne różnice ($p < 0,05$).

5. WYNIKI BADAŃ

5.1. NAJWAŻNIEJSZE CECHY MORFOLOGICZNE

Badaniom poddano 26 profili gleb (tab. 3). Ich powierzchniowy poziom organiczny występuje najczęściej jako poziom Ol (n=23). Miąższość tego poziomu wynosi od 1 do 5 cm (tab. 4). Przypowierzchniowy poziom próchniczny (A), który powstał na skutek akumulacji zhumifikowanej materii organicznej, cechuje się miąższością od kilku do kilkunastu centymetrów (3-23 cm). W analizowanych glebach w poziomie tym często obserwuje się nieznaczne, strefowe rozjaśnienie barwy, wskazujące na proces bielcowania i wówczas poziom ten wyodrębniano jako akumulacyjno-eluwialny (AE). W glebach, w których stwierdzono nałożenie się procesów akumulacji związków próchnicznych na cechy poziomu Bbr, wyróżniono poziom ABbr.

Poziom wymywania (eluwialny) (Ees), z charakterystyczną jaśniejszą barwą, w porównaniu do poziomów z nim sąsiadujących, jest zubożony w materię organiczną i inne składniki. Występuje on przede wszystkim w glebach bielcowych. Na ogół poziom ten jest jasnoszary lub jasnoszaro-brunatny (jasność barwy według skali Munsella różni się nawet o dwie jednostki) (tab. 5). Miąższość tego poziomu jest zmienna i w badanych glebach wynosi od 5 do 13 cm. Poziom Ees jest obecny tylko w glebach wytworzonych z piaskowca ciosowego, uznawanych za ubogie w składniki pokarmowe niezbędne dla wzrostu i rozwoju roślin.

Poziom wzbogacania (B) w analizowanych glebach występuje najczęściej jako poziom brunatnienia (Bbr) (głównie w glebach wytworzonych z margli oraz granitów), lub poziom rdzawy (Bv) czy iluwialny (Bhs i Bhfe) (w glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych i permskich).

W glebach bielcowych właściwych, poniżej poziomu eluwialnego (wymywania), występuje poziom iluwialny, oznaczany jako Bfe, o zmiennej miąższości. Obecność tego poziomu w glebach wytworzonych z piaskowców dowodzi o wpływie tych skał na przebieg procesów glebotwórczych. Poziom B cechuje się jednorodnością w uziarnieniu, jak i barwie w całej swej miąższości. W badanych profilach glebowych sięga do głębokości ponad 40 cm. Stwierdzono także wzbogacenie poziomu w materię organiczną.

Poniżej poziomu B, w profilu glebowym, występuje poziom skały macierzystej C. W kilku profilach na poziom skały macierzystej nakładają się cechy poziomu brunatnienia, stąd został on opisany jako poziom przejściowy BC.

W siedliskach borowych odnotowano powszechne występowanie procesu bielcowania gleb, związanego z oddziaływaniem szaty roślinnej, którą tworzą najczęściej monokultury świerkowe. Kwaśne oddziaływanie siedliska borowego powoduje przeważnie występowanie poziomu mieszanego AE, w wyniku nakładania się cech procesu bielcowania na pierwotny poziom próchniczny A.

Typowa sekwencja poziomów genetycznych dla gleb powstałych z poszczególnych rodzajów skał macierzystych, w uogólnieniu, jest następująca:

- gleby wytworzone z piaskowców ciosowych: Ol-Of-Oh-A-AEes-Ees-Bh-Bhs-Bs-C;
- gleby wytworzone z piaskowców permskich: Ol-Of-Ofh-A-AEes-Bv-BvC-C;
- gleby wytworzone z granitów kudowskich: Ol-Of-Ofh-A-AEes-Bbr-BbrC-C;
- gleby wytworzone z margli: Ol-Ofh-A-ABbr-Bbr-BbrC-C.

Po układzie poziomów genetycznych można dostrzec różnice w budowie poszczególnych profili glebowych. Gleby wytworzone z margli cechują się brakiem lub niewielkimi oznakami bielcowania, podczas gdy gleby z piaskowców są ubogie i cechują się wymyciem składników pokarmowych oraz minerałów ilastych i pojawieniem poziomów: eluwialnego i iluwialnego.

W badanych siedliskach borowych stwierdzono znaczny wpływ pokrywy roślinnej na rozkład poszczególnych poziomów glebowych (silne bielcowanie gleb może być spowodowane wysokim udziałem świerka w drzewostanie).

Mięszość badanych gleb jest zróżnicowana (tab. 4 i 45), od 25 cm do skały macierzystej (profil 9) do 110 cm (profil 15). Najmniejszą mięszością cechują się gleby powstałe z piaskowców ciosowych, a największą z granitów. Na podstawie mięszości większość gleb zakwalifikowano do gleb średnio głębokich i głębokich.

W badanych glebach leśnych, na powierzchniach gleb wykształcony jest poziom ściółki leśnej o zmiennej, często znacznej mięszości. Bez względu na pochodzenie geologiczne badanych gleb poziomy ściółki stanowią warstwę w zakresie od 1 do 7 cm (średnio 2-3 cm). Najpowszechniej występujący poziom próchnicy leśnej – poziom surowinowy (Ol) ma mięszość od 1 do 5 cm, osiągając średnie wartości mięszości od 1-2 cm (gleby wytworzone z piaskowców permskich, granitów i margli) do 3 cm (gleby ze zwietrzliny piaskowców ciosowych).

Mięszkość ektopróchnic jest w większym stopniu zależna od składu gatunkowego lasu (głównie bory świerkowe) niż od rodzaju skały macierzystej (tab. 4).

Tab. 4. Mięszkość [cm] poszczególnych poziomów genetycznych badanych gleb

Poziom glebowy	Gleby wytworzone z:			
	piaskowców ciosowych	piaskowców permskich	granitów monzonitowych	margli
Ol	3* 2-5**	1 1-2	2 1-4	2 1-2
Of	4 3-5	2 1-2	2 2-3	-
Oh	3 1-5	-	-	-
Ofh	-	4 3-7	2 2-3	3 2-4
A, Ah, AEes	8 3-23	5 3-11	11 5-35	8 1-20
ABbr	-	-	-	8 6-9
Ees	9 5-13	-	-	-
Bh	7 4-9	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	16 1-30	-	-	-
Bv, Bbr	-	18 15-26	29 20-35	15 4-23
BC, BvC, BbrC	-	29 15-38	23 20-29	25 15-35
solum	47 25-70	64 37-75	73 50-110	59 31-80

*Wartość średnia

**Zakres wartości (minimum – maksimum)

Tab. 5. Dominujące barwy poziomów genetycznych badanych gleb

Poziom glebowy	Gleby wytworzone z:			
	piaskowców ciosowych	piaskowców permskich	granitów monzonitowych	margli
A, Ah, AEes	10YR 4-5/1*	7,5YR 5/2-3	10YR 4/6	10YR 2-3/1-2
ABbr	-	-	-	10YR 6/4
Ees	10YR 6-7/2	-	-	-
Bh	7,5YR 3-4/4	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	10YR 5/4-6	-	-	-
Bv, Bbr	-	7,5YR 5/6	10YR 5/8	2,5YR 6/6
BC, BvC, BbrC	-	7,5YR 4-5/6	10YR 5/8	2,5YR 6-7/6
C, CR	10YR 5/6	7,5YR 5/4-6	10YR 5/8	2,5YR 7/5-6

*Opisy barw przedstawiono w jednostkach skali Munsella

Warto jednakże pamiętać, że gleby utworzone z piaskowców ciosowych, należą do najuboższych w składniki mineralne z badanych i są zajęte głównie przez roślinność borową, a ta sprzyja rozwojowi ściółki leśnej, w tym podpoziomu Ol.

Występującymi typami próchnic leśnych są typy: mull (n=9), mor (n=7), moder (n=6), mull-moder (n=4) (tab. 48).

5.2. WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE

5.2.1. Skład granulometryczny

Uziarnienie gleb, w głównej mierze, uzależnione jest od rodzaju skały macierzystej [ADAMCZYK 1965, AZZAWI 1991, GÓRECKI I MUSZER 1998, KAWAŁKO 2000, KONECKA-BETLEY, KRÓLOWA 1967, SZOPKA 1998, 2002]. Skład mineralogiczny skał i ich odporność na wietrzenie mają odzwierciedlenie w dominacji ziaren o określonych średnicach. Udział poszczególnych frakcji ma decydujący wpływ na szereg właściwości gleb m.in. na retencję wodną gleb, czy wymywanie lub sorbowanie składników pokarmowych.

Otrzymane wyniki (tab. 6 i tab. 45) wskazują, iż skład granulometryczny badanych gleb wykazuje istotne zróżnicowanie w ujęciu profilowym. Wraz z głębokością zmienia się procentowy udział poszczególnych frakcji, w kierunku wzrostu średnicy ziaren. Spadek zawartości frakcji ilastych na korzyść, głównie, piasków, jest nierównomierny w przypadku gleb utworzonych z różnych skał macierzystych. Charakterystyczną cechą badanych gleb jest bardzo mała zawartość frakcji ilastej, której udział średnio wynosi 5-6%. Jedynie gleby utworzone z margli cechują się większą zawartością iłu, co bezpośrednio było związane z właściwościami skały macierzystej, bogatej w cząstki o średnicach typowych dla tej frakcji. Frakcja o średnicy poniżej 0,002 mm stanowi tutaj średnio około 10% (od 4 do 21%). Natomiast najmniejszy udział frakcji poniżej 0,002 mm notowany jest w glebach, które powstały ze zwietrzliny piaskowców, zarówno ciosowych (od 0 do 23%), jak i permskich (od 1 do 16%). Skład granulometryczny gleb utworzonych ze zwietrzliny piaskowców jest ściśle uzależniony od składu granulometrycznego skał macierzystych, które w wyniku wietrzenia i rozpadu, ulegają przekształceniu ze skał osadowych scementowanych do luźnego materiału, jakim są piaski.

Wraz z głębokością profilu glebowego wzrasta także udział części szkieletowych. Najwyższym udziałem części szkieletowych cechują się gleby wytworzone z granitów (średnio ponad 35%), zaś najniższą szkieletowość zaobserwowano w glebach powstałych z piaskowców permских (średnio poniżej 10%).

Gleby utworzone ze zwietrzliny piaskowca ciosowego (profile 1-9) wykazują uziarnienie głównie piasku gliniastego lub gliny piaszczystej, przechodzącego w piasek słabogliniasty. Jednocześnie w swoim składzie posiadają duże ilości części szkieletowych. Największą szkieletowością, w głębszych poziomach, cechuje się profil 8, dlatego jego uziarnienie w poziomie skały macierzystej odpowiada utworowi żwirowo-piaszczystemu. Utworami gleb wytworzonych z piaskowca permского (profile 10-14) są gliny piaszczyste przechodzące w głębi profili glebowych do gliny lekkiej. Skład granulometryczny tych gleb jest odmienny od uziarnienia gleb z piaskowców ciosowych, uboższych we frakcję iłu oraz pyłu.

Tab. 6. Skład granulometryczny analizowanych gleb według PN-R-04033 [%]

Poziom glebowy	Gleby wytworzone z:											
	piaskowców ciosowych			piaskowców permских			granitów monzonitowych			margli		
	piaski	pyły	iły	piaski	pyły	iły	piaski	pyły	iły	piaski	pyły	iły
A, Ah, AEes	75* 46-89**	23 10-50	2 0-5	67 56-77	30 19-43	3 1-4	68 54-83	30 15-44	2 0-4	45 36-59	50 37-60	5 4-7
ABbr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38 36-41	55 54-56	7 4-9
Ees	79 66-92	17 5-31	4 0-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bh	85 82-88	13 12-14	4 0-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	82 55-92	14 5-35	4 0-10	-	-	-	-			-	-	-
Bv, Bbr	-	-	-	68 58-86	26 10-36	6 4-9	74 69-80	23 16-29	4 1-8	46 32-60	45 30-53	9 4-16
BC, BvC, BbrC	-	-	-	59 49-68	32 24-43	9 8-10	75 66-88	20 10-28	5 1-8	45 36-66	44 25-55	10 8-17
C, CR	80 44-92	13 4-33	7 2-23	73 63-80	19 13-30	9 6-16	87 82-90	11 8-16	2 2-3	51 47-54	38 32-32	12 6-21

*Wartość średnia

**Zakres wartości (minimum – maksimum)

Inny udział poszczególnych frakcji stwierdza się także w przypadku profili 15-20 - gleb wytworzonych z granitów. Gleby te posiadają na ogół uziarnienie piasków gliniastych lub glin piaszczystych, z nieznacznie zmieniającym się udziałem

poszczególnych frakcji i wysokimi zawartościami części szkieletowych, zwłaszcza w poziomach głębszych.

Gleby wytworzone z margli (profile 21-26) cechują się zupełnie innym uziarnieniem od pozostałych gleb. Frakcją dominującą w tych glebach jest frakcja pyłów, których ilość osiągała wartości od 30 do 60%. Większość badanych gleb charakteryzuje się składem granulometrycznym pyłu gliniastego, które wraz z głębokością zmienia się do gliny piaszczystej lub gliny zwykłej pylastej.

Udział frakcji pyłowych jest nieco wyższy niż frakcji ilastych, jakkolwiek stanowi średnio 30% w przypadku wszystkich gleb (średnio ok. 20% w glebach z piaszczystych ciosowych, 27% w glebach z piaszczystych permskich, 21% w glebach z granitów i 45% w glebach z margli).

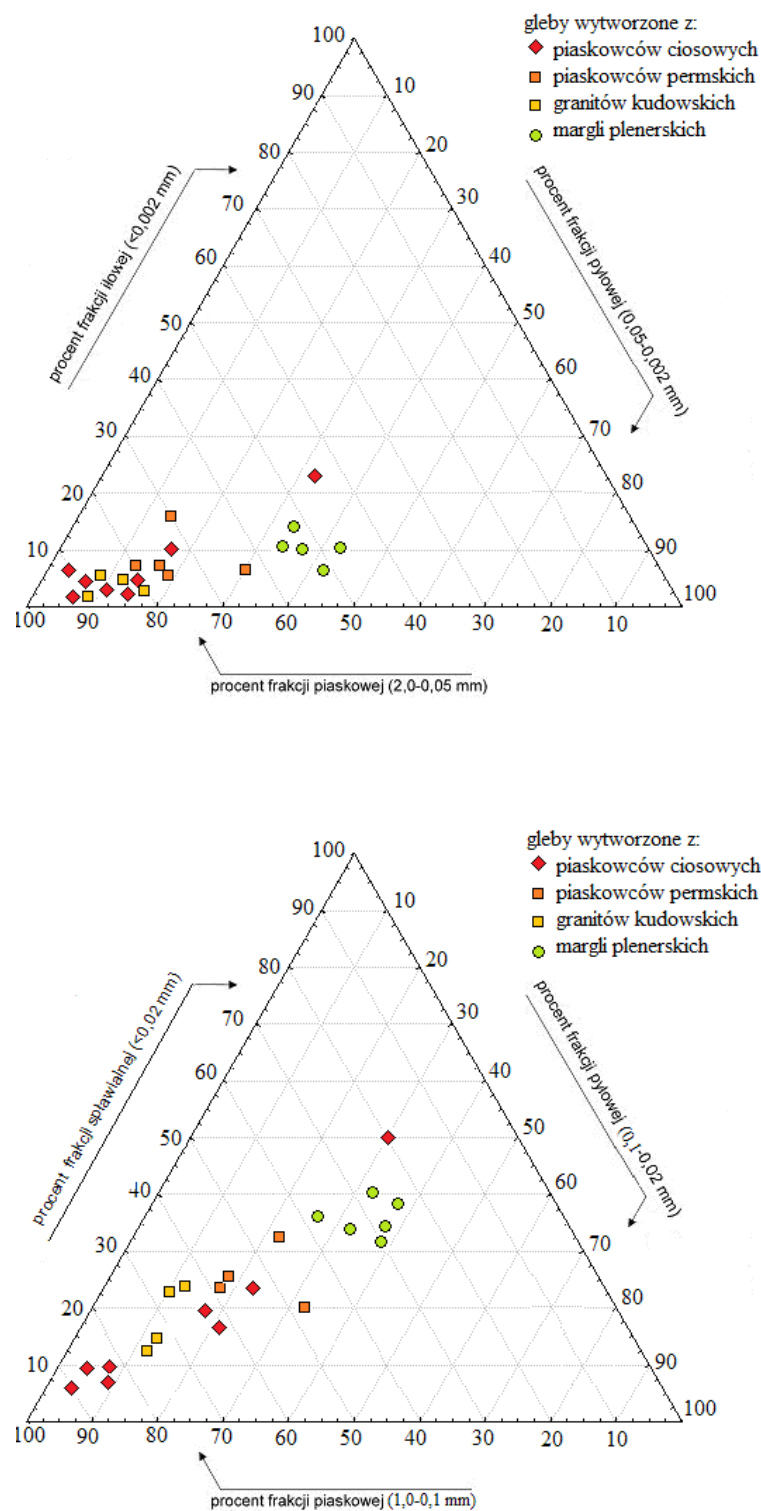
Badane gleby cechują się małą zmiennością uziarnienia frakcji piaszczystych (w szczególności gleby wytworzone z piaszczystych), gdzie udział piasków, jako frakcji dominującej, nieznacznie wzrasta w głąb profilu glebowego. Tendencja wzrostu udziału frakcji dominującej w składzie granulometrycznym w dolnych poziomach dotyczy niemalże wszystkich badanych gleb.

Otrzymane wyniki udziału poszczególnych frakcji, poza opisem według normy PN-R-04033, zinterpretowano także w oparciu o wytyczne normy BN-78/9180-11. Stwierdzono, że nazewnictwo grup granulometrycznych niewiele różni się w obu klasyfikacjach (tab. 45 i tab. 46).

Na rys. 6 przedstawiono skład granulometryczny badanych gleb w poziomach skały macierzystej według norm: PN-R-04033 oraz BN-78/9180-11. Na trójkącie uziarnienia wg normy PTG 2008 stwierdza się zgrupowanie punktów w lewym, dolnym rogu (dominacja frakcji piasków), natomiast na diagramie według normy z 1978 roku punkty rozmieszczone są zarówno w centralnej, jak i w lewym, dolnym rogu trójkąta (wyraźniej dostrzegalny udział frakcji pyłowej i części spławialnej).

Dominacja frakcji piasków w badanych glebach ma istotny wpływ na zaliczenie ich do odpowiedniej grupy granulometrycznej. W składzie granulometrycznym według normy BN-79/9180-11 wyraźne różnice zaobserwowano jedynie w przypadku gleb wytworzonych z granitów, które wykazują uziarnienie na pograniczu gliny lekkiej i piasku gliniastego mocnego. Gleby wytworzone z piaszczystych ciosowych cechują się uziarnieniem piasków gliniastych lekkich lub piasków słabogliniastych (czasami w dolnej części profili glebowych – żwiru gliniastego), gleby z piaszczystych permskich

– uziarnieniem gliny lekkiej pylastej, zaś gleby z margli – składem pyłu ilastego, pyłu zwykłego lub w dolnych partiach profili gliny lekkiej pylastej (tab. 46).



Rys. 6. Skład granulometryczny w poziomach skały macierzystej badanych gleb (według PN-R-04033 – diagram u góry i BN-79/9180-11 – diagram poniżej)

Pod względem kategorii ciężkości gleby można zaliczyć głównie do bardzo lekkich (poniżej 10% części spławialnych – gleby z piaskowców oraz granitów) lub do lekkich (udział części spławialnych na poziomie od 4 do 21% - gleby z margli).

5.2.2. Gęstość właściwa

W analizowanych profilach gleb Parku Narodowego Gór Stołowych gęstość właściwa wzrasta wraz z głębokością, co spowodowane jest malejącą zawartością węgla organicznego w głębszych poziomach glebowych (tab. 7 i 47). Gęstość właściwa jest niższa w glebach bogatych w glebową materię organiczną, stąd niskie wartości gęstości właściwej zaobserwowano w poziomach próchnicznych, bogatych w humus.

Tab. 7. Gęstość właściwa [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$] badanych gleb

Poziom glebowy	Gleby wytworzone z:			
	piaskowca ciosowego	piaskowca permskiego	granitu monzonitowego	margla
A, Ah, AEes	2,56* 2,50-2,59**	2,54 2,53-2,56	2,56 2,49-2,61	2,52 2,45-2,54
ABbr	-	-	-	2,57 2,45-2,68
Ees	2,61 2,56-2,64	-	-	-
Bh	2,63 2,61-2,64	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	2,64 2,60-2,71	-	-	-
Bv, Bbr	-	2,63 2,60-2,67	2,65 2,61-2,70	2,63 2,61-2,66
BC, BvC, BbrC	-	2,66 2,64-2,70	2,69 2,66-2,72	2,63 2,61-2,67
C, CR	2,65 2,62-2,67	2,67 2,65-2,68	2,70 2,65-2,75	2,66 2,58-2,71
solum	2,62 2,50-2,71	2,62 2,53-2,70	2,63 2,49-2,75	2,60 2,45-2,71

*Wartość średnia

**Zakres wartości (minimum – maksimum)

Wartości gęstości właściwej oscylują od $2,45 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ do $2,75 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (tab. 47), przy czym najniższe wartości stwierdza się w poziomach akumulacji materii organicznej (zakres wartości: od $2,45 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ do $2,56 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), zaś najwyższe - w poziomach skały macierzystej, ubogich w węgiel organiczny (od $2,62 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ do $2,75 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Niskie wartości gęstości właściwej w glebach są spowodowane obecnością próchnicy, a za jej wysokie wartości odpowiada występowanie minerałów, bogatych

w żelazo czy mangan. Można zatem stwierdzić, iż wraz ze wzrostem głębokości spadek zawartości próchnicy i obecności takich minerałów wywołuje zaobserwowane zmiany w gęstości poszczególnych poziomów. Najwyższe gęstości osiągają gleby utworzone z granitu monzonitowego (profile 15-20) (średnia gęstość właściwa wynosi $2,63 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), zaś najniższe powstałe ze zwietrzeliny margli (profil 21-26) (średnia gęstość właściwa jest na poziomie $2,60 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) (tab. 7).

5.3. WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE I CHEMICZNE

5.3.1. Odczyn i właściwości sorpcyjne

Zakwaszenie gleb przyczynia się do wielu niekorzystnych zmian w ich właściwościach chemicznych i fizykochemicznych [BARTOSZEWICZ, SPYCHALSKI 2003, HAJNOS I IN. 1998, SPYCHAJ-FABUSIAK I IN. 2003, SZAFRANEK, BIELSKA 2003].

Wartości pH gleb Parku Narodowego Gór Stołowych cechują się znacznym zróżnicowaniem i kształtuje w granicach od 3,2 w wodzie i 2,5 w KCl do 5,5 w wodzie i 4,1 w KCl (tab. 35).

Odczyn analizowanych gleb jest uzależniony od rodzaju i składu mineralogicznego skały macierzystej, z których wytworzyły się badane gleby oraz warunków klimatycznych. Według SKIBY [1998] kwaśny odczyn gleb górskich w Polsce, jest w głównej mierze, efektem wymywania kationów w głąb profili glebowych przez wody opadowe. W warunkach klimatu humidowego proces zakwaszania może przebiegać intensywnie i wpływać na przebieg wielu procesów glebotwórczych [WOŹNIAK, PAJDA 1998]. Wyraźnie zakwaszający wpływ na gleby górskie ma także leśna pokrywa roślinna [POKOJSKA 1998, KOCOWICZ 1998], gdyż przyczynia się do znacznych zmian w geochemii gleby [BROŻEK 1999].

W badanych poziomach organicznych pH zmniejsza się wraz ze wzrostem stopnia rozkładu materii organicznej. Wyższe pH cechuje poziomy Ol i wraz z głębokością maleje. Średnie wartości pH poziomów organicznych w wodzie wynoszą 4,3 dla poziomów Ol, 4,2 dla poziomów Of, 3,8 dla poziomów Oh i 3,9 w poziomach Ofh (tab. 9). Ich odczyn jest uzależniony, w głównej mierze, od nagromadzonej ściółki. Igliwie świerka silniej zakwasza powierzchniowe poziomy gleb aniżeli igły czy liście innych drzew. Również POKOJSKA [1998] podkreśla znaczenie świerka i buka w kształtowaniu się odczynu gleb). Wraz z głębokością, wzrasta stopień humifikacji materii organicznej, tym samym ilości wytworzonych organicznych grup funkcyjnych –

COOH, zakwaszających podłoże. Grupy karboksylowe intensywnie zakwaszają przypowierzchniowe poziomy glebowe, stąd poziomy A i AE spośród wszystkich poziomów mineralnych, cechują się najbardziej kwaśnym odczynem.

Tab. 8. pH poziomów organicznych badanych gleb

Podpoziom	pH		
	H ₂ O	CaCl ₂	KCl
Ol	4,3* 3,5-5,6**	3,9 3,2-5,2	3,7 3,0-4,9
Of	4,2 3,5-5,9	3,8 3,1-5,3	3,4 2,6-5,1
Oh	3,8 3,6-4,7	3,4 3,1-4,4	2,9 2,3-4,0
Ofh	3,9 3,1-5,3	3,4 2,5-4,9	3,2 2,6-4,5

*Średnia geometryczna wyliczona z wartości pH

**Zakres wartości (minimum – maksimum)

Tab. 9. pH poziomów mineralnych badanych gleb

Poziom glebowy	Gleby wytworzone z:							
	piaskowca ciosowego	piaskowca permskiego	granitu	margla	piaskowca ciosowego	piaskowca permskiego	granitu	margla
	pH H ₂ O				pH KCl			
A, Ah, AEes	3,5* 3,2-4,2**	4,0 3,5-5,3	4,0 3,7-4,2	3,5 3,0-3,8	2,9 2,5-3,7	3,1 2,7-4,4	3,3 3,1-3,6	2,8 2,5-3,2
ABbr	-	-	-	3,9 3,7-4,1	-	-	-	3,2 3-3,4
Ees	3,8 3,3-4,1	-	-	-	3,0 2,5-3,7	-	-	-
Bh	3,8 3,6-4,0	-	-	-	3,1 2,5-3,7	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	4,1 3,5-4,7	-	-	-	3,8 3,3-4,3	-	-	-
Bv, Bbr	-	4,1 3,6-5,2	4,2 4,0-4,8	4,1 3,5-4,9	-	3,5 3,1-4,1	3,6 3,3-4,0	3,4 2,9-3,7
BC, BvC, BBRC	-	4,1 3,8-4,4	4,6 4,3-5,5	4,5 3,8-5,2	-	3,8 3,7-4,0	3,7 3,5-4,1	3,5 3,0-3,8
C, CR	4,3 4,0-4,7	4,4 4,0-5,3	4,8 4,4-5,4	4,8 4,2-5,4	3,9 3,7-4,3	3,9 3,6-4,1	3,8 3,3-4,3	3,6 3,3-4,0

*Średnia geometryczna wyliczona z wartości pH

**Zakres wartości (minimum – maksimum)

Na podstawie wartości pH, gleby zakwalifikowano do kwaśnych lub silnie kwaśnych (wbrew oczekiwaniom, także gleby wytworzone z margli cechują się bardzo niskim pH, co należy tłumaczyć dominującym wpływem rozłożonej materii organicznej oraz znacznym ich odwapnieniem).

Za przyczyny zakwaszenia gleb górskich należy uznać wymywanie składników pokarmowych lub deficyt niektórych pierwiastków (głównie Mg, K i P), co przyczynia

się do ograniczenia produktywności gleb, uwalniania toksycznych jonów glinu, uruchomienia metali ciężkich, ujawniania się procesu bielcowania i pogłębiania strefy zakwaszenia gleb, obejmującej stopniowo całe profile glebowe. Efektem tego jest osłabienie drzewostanów i w ostateczności wymieranie lasów [POKOJSKA 1998].

Spośród poziomów powierzchniowych najsilniej kwaśny odczyn występuje w poziomach akumulacji materii organicznej A gleb wytworzonych z piaskowca ciosowego ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 3,2-4,2; pH_{KCl} 2,5-3,7) i margli ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 3,7-4,2; pH_{KCl} 2,5-3,2) (tab. 10).

Silnie kwaśny odczyn cechuje także poziom skały macierzystej (w zakresie $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ od 4,0 do 5,4), przy czym najsilniej kwaśny odczyn jest charakterystyczny dla gleb wytworzonych z piaskowców ciosowych ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,0-4,7; pH_{KCl} 3,7-4,3) (tab. 9).

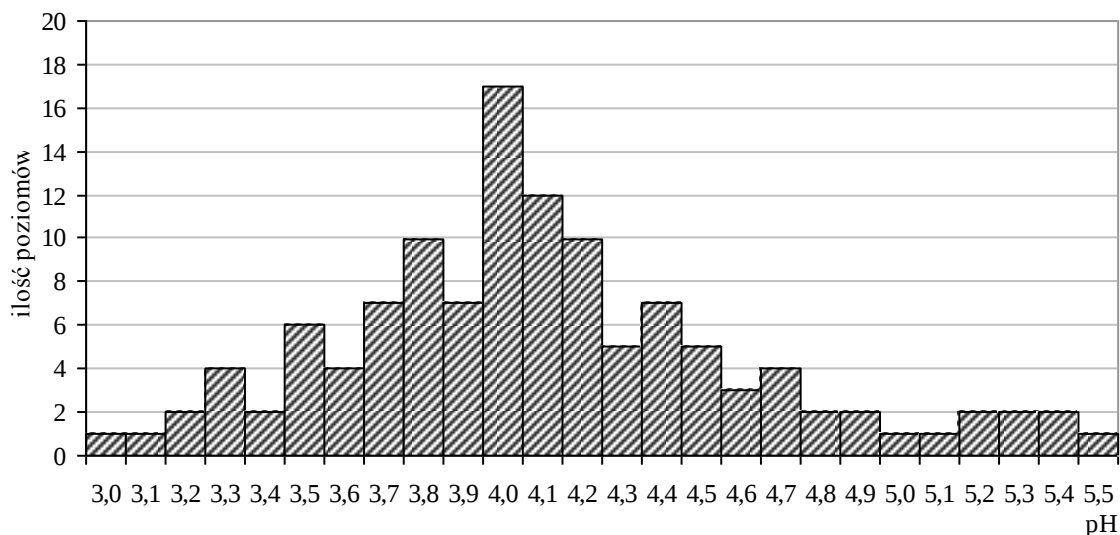
Poza powszechnie stosowanym oznaczeniem pH w wodzie i chlorku potasu, zbadano pH także w ekstrakcie 0,01 M chlorku wapnia. Zastosowany wyciąg CaCl_2 daje bardziej spójne wyniki i uznawany jest za „łagodny”, gdyż pozostaje w stanie równowagi z roztworem glebowym, co umożliwia otrzymanie wartości pH zbliżonych do naturalnych, typowych dla badanej gleby.

W badanych glebach wartości $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ kształtuje się od 2,5 do 5,3. Oznaczenie pH w chlorku wapnia także kwalifikuje badane gleby do kwaśnych i silnie kwaśnych.

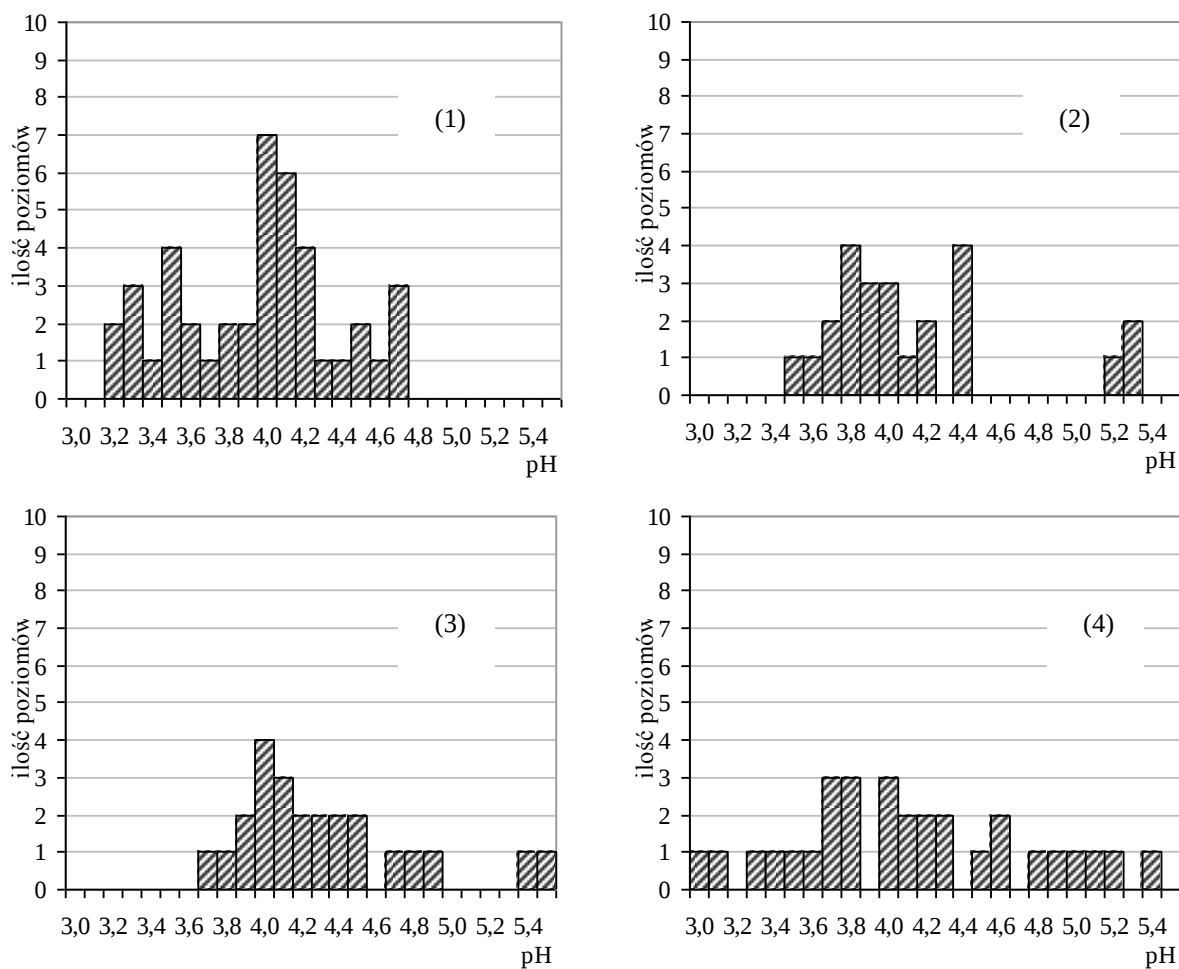
Najwyższe $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ cechuje gleby wytworzone z margli (tab. 47). Bardzo niskim $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ charakteryzują się wszystkie poziomy organiczne (tab. 8).

Na rys. 7 i 8 przedstawiono rozkład wartości $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ uwzględniając ilość poziomów cechujących się określonymi wartościami. Spośród wszystkich badanych poziomów glebowych (rys. 7) najwięcej z nich ($n=17$) charakteryzuje się $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ o wartości 4,0, a blisko połowa ($n=57$) mieści się w przedziale wartości $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ od 3,8 do 4,2.

W zależności od rodzaju skały macierzystej (rys. 8) występuje znaczne zróżnicowanie ilości poziomów o określonym pH. W glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych i permskich większość prób osiąga wartości $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ poniżej 4,0, a w glebach powstałych z granitów powyżej tej wartości. W glebach wytworzonych z margli pH poszczególnych poziomów glebowych jest silnie zróżnicowane.



Rys. 7. pH_{H2O} poziomów genetycznych wszystkich badanych gleb PNGS

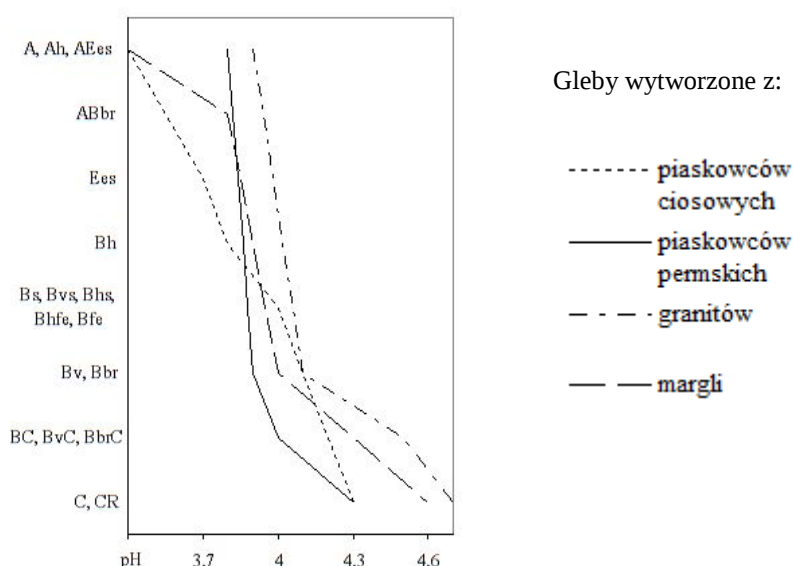


Rys. 8. pH_{H2O} poziomów gleb utworzonych z piaskowców ciosowych (1), piaskowców permskich (2), granitów monzonitowych (3) oraz margli (4)

Rozpatrując rozkład wartości pH_{H2O} w ujęciu profilowym (tab. 9), stwierdza się, że różnica między średnimi wartościami pH w wodzie dla poziomów powierzchniowych i poziomów skały macierzystej wynosiła: dla gleb z piaskowców

ciosowych – 0,8 jednostki, dla gleb z piaskowców permskich – 0,4 jednostki, dla granitów – 0,8 jednostki, a dla gleb wytworzonych z margli – 1,3 jednostki. Największą rozpiętość wartości pH_{H_2O} w glebach wytworzonych z margli należy tłumaczyć nakładającym się wpływem zakwaszającej próchnicy od góry, a obniżającym znacznie kwasowość gleb rodzajem skały macierzystej od dołu profili glebowych.

Zakres wartości pH_{H_2O} badanych gleb przedstawiono na rys. 9. Największą rozpiętością pH cechują się gleby wytworzone z margli (od 3,0 do 5,4, z odchyleniem standardowym 0,62). Najwęższy zakres tego parametru występuje w glebach utworzonych z piaskowców ciosowych (od 3,2 do 4,7, z odchyleniem standardowym 0,42). pH gleb jest wyraźnie niższe w poziomach powierzchniowych i silnie wzrasta od poziomów B w dół.



Rys. 9. Wartości pH_{H_2O} gleb w ujęciu profilowym z uwzględnieniem rodzaju skały macierzystej

Wartości kwasowości wymiennej K_w (tab. 48) kształtują się w zakresie od 0,28 $cmol(+)kg^{-1}$ do 12,32 $cmol(+)kg^{-1}$. Najwyższą kwasowość wykazują poziomy powierzchniowe ze względu na obecność w różnym stopniu rozłożonej materii organicznej, będącej źródłem jonów wodoru. Wartości kwasowości wymiennej, podobnie jak zawartości jonów glinu wymiennego, maleją wraz z głębokością w profilach glebowych (tab. 10). Wyliczone wskaźniki korelacji głębokości w profilu glebowym do K_w ($r=-0,32^{***}$, $p<0,001$, $n=117$) (tab. 44), jak i do Al_w ($r=-0,28^{**}$, $p<0,01$, $n=118$) (tab. 44) są wysoce istotne statystycznie.

Wartości kwasowości wymiennej są w dużym stopniu zależne od rodzaju skały macierzystej. Wartości tego parametru dla gleb z piaskowców ciosowych mieszczą się

w zakresie od 0,73 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ do 7,23 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹, dla gleb z piaskowców permskich - w przedziale od 0,53 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ do 6,29 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹, dla gleb wytworzonych z granitu od 0,28 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ do 12,32 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹, zaś dla gleb powstałych ze zwietrzeli margli od 0,47 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ do 9,24 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ (tab. 10). Największą rozpiętością wyników kwasowości wymiennej cechują się gleby wytworzone z granitów (rys. 10). Test HSD Tukeya wykazał istotne różnice między glebami utworzonymi z granitów, a glebami powstałymi z pozostałych rodzajów skał (tab. 11). Na tej podstawie wydzielono dwie grupy jednorodne ze względu na kwasowość wymienną w badanych glebach (tab. 12). Jedną z grup (oznaczona literą b) stanowią gleby pochodzące z granitu (skała magmowa), zaś drugą (oznaczone literą a) gleby powstałe z piaskowców ciosowych, piaskowców permskich i margli (skały osadowe).

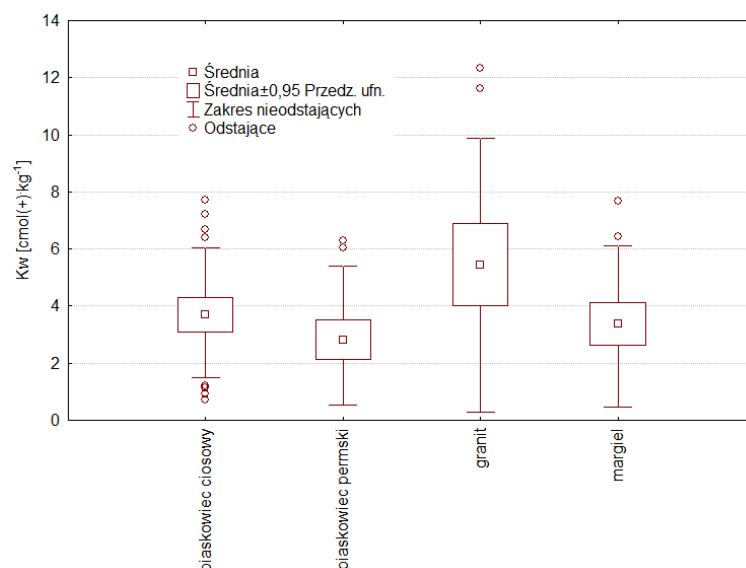
Tab. 10. Wartości średnie oraz minimalne i maksymalne kwasowości wymiennej (K_w) [cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹] badanych gleb

Poziom glebowy	Gleby wytworzone z:			
	piaskowca ciosowego	piaskowca permskiego	granitu monzonitowego	margla
A, Ah, AEes	3,41* 1,50-7,23**	3,1 0,53-5,41	9,05 5,72-12,32	5,09 1,95-9,24
ABbr	-	-	-	4,87 3,05-6,43
Ees	2,58 0,73-4,26	-	-	-
Bh	6,87 6,04-7,70	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	3,32 1,15-6,40	-	-	-
Bv, Bbr	-	3,63 1,05-6,29	5,15 3,52-7,33	3,3 2,31-5,81
BC, BvC, BbrC	-	2,35 1,32-3,53	3,34 0,28-4,44	2,3 0,84-3,24
C, CR	4,06 0,93-8,29	2,17 0,87-3,70	2,24 0,40-4,25	1,79 0,47-3,71
solum	3,69 0,73-8,29	2,82 0,53-6,29	5,45 0,28-12,32	3,38 0,47-9,24

*Wartość średnia

**Zakres wartości (minimum – maksimum)

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że na kształtowanie się kwasowości wymiennej w badanych glebach ma wpływ zarówno nagromadzenie materii organicznej w poziomach wierzchnich profili glebowych, jak i rodzaje skał macierzystych (dwie grupy jednorodne gleb).



Rys. 10. Kwasowość wymienna (K_w) [cmol(+)kg⁻¹] badanych gleb z uwzględnieniem rodzaju skały macierzystej

Tab. 11. Test HSD Tukeya – istotne różnice dla K_w badanych gleb. Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc. Błąd: MS międzygrupowe = 4,8569, df = 114,00

Nr	Gleby wytworzone z:	{1} 3,69*	{2} 2,82	{3} 5,45	{4} 3,38
1	piaskowca ciosowego		0,412338	0,016017	0,935825
2	piaskowca permskiego	0,412338		0,000664	0,786611
3	granitu monzonitowego	0,016017**	0,000664		0,006263
4	margla	0,935825	0,786611	0,006263	

*Średnia

**Kolorem czerwonym oznaczono istotne różnice ($p < 0,05$)

Tab. 12. Test HSD Tukeya – grupy jednorodne dla K_w badanych gleb, alfa = ,05000; błąd: MS międzygrupowe = 4,8569, df = 114,00

Nr	Gleby wytworzone z:	Średnie	Grupy jednorodne
1	piaskowca ciosowego	3,69	a
2	piaskowca permskiego	2,82	a
3	granitu monzonitowego	5,45	b
4	margla	3,38	a

Duże znaczenie w kształtowaniu kwasowości wymiennej wykazują jony glinu wymiennego (tab. 13 i tab. 49). Glin w postaci jonów Al^{3+} , powszechnie uznawanych za toksyczne dla wzrostu i rozwoju roślin [BARSZCZAK, BILSKI 1983, BORŮKA I IN. 2005, CIAMPOROV 2000, DURIEUX I IN. 1995, FILIPEK 1988], często stanowi ponad 90%

kwasowości wymiennej (tab. 49). Podobne wyniki uzyskał KABAŁA [1995] badając gleby Gór Izerskich. Procentowy udział glinu wymiennego do kwasowości wymiennej na podstawie wartości średnich przedstawiono w tab. 14. Wysokie wartości Al_w odnotowano we wszystkich profilach glebowych. Gleby utworzone z piaskowców ciosowych cechują się najniższym, a gleby powstałe z granitów – najwyższym udziałem Al_w w stosunku do K_w . Jest to spowodowane składem mineralicznym skał macierzystych, gdyż w granitach w znacznych ilościach występują skalenie – glinokrzemiany, a w piaskowcach - kwarc.

Tab. 13. Wartości średnie oraz minimalne i maksymalne glinu wymiennego (Al_w) [cmol(+)kg⁻¹] badanych gleb

Poziom glebowy	Gleby utworzone z:			
	piaskowca ciosowego	piaskowca permskiego	granitu monzonitowego	margla
A, Ah, AEes	3,06* 1,30-6,94**	2,79 0,41-5,15	8,59 5,53-11,20	4,6 1,79-8,32
ABbr	-	-	-	4,72 2,77-6,31
Ees	2,39 0,45-4,03	-	-	-
Bh	6,36 5,85-6,87	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	3,23 1,12-6,20	-	-	-
Bv, Bbr	-	3,53 0,96-6,16	5,00 3,36-7,09	3,23 2,29-5,75
BC, BvC, BbrC	-	2,29 1,29-3,45	3,26 0,24-4,32	2,22 0,82-3,00
C, CR	3,99 0,84-8,15	2,12 0,80-3,62	2,19 0,35-4,20	1,75 0,45-3,61
solum	3,51 0,45-8,15	2,69 0,41-6,16	5,24 0,24-11,20	3,21 0,45-8,32

*Wartość średnia

**Zakres wartości (minimum – maksimum)

Dobrym wskaźnikiem potwierdzającym udział jonów glinowych w formowaniu kwasowości wymiennej jest wyliczony, istotny statystycznie współczynnik korelacji obecności jonów glinu do K_w , który wyniósł: $r=0,99^{***}$, $p<0,001$, $n=118$) (tab. 44). Glin wymienny jest kationem silnie wysycającym kompleks sorpcyjny badanych gleb (nawet kilka razy bardziej niż pozostałe kationy o charakterze zasadowym łącznie). Najniższą zawartością glinu wymiennego cechują się gleby utworzone z margli, natomiast najwyższą – gleby utworzone z granitu (ze względu na dominację glinokrzemianów w składzie mineralicznym skały macierzystej i w badanych glebach).

Zawartość jonów glinu mieści się w zakresie od 0,35 cmol(+)·kg⁻¹ do 11,20 cmol(+)·kg⁻¹ (tab. 49), również będąc zróżnicowaną w zależności od skały macierzystej. Wyliczone zawartości Al_w dla gleb z piaskowców ciosowych mieszczą się w zakresie od 0,45 cmol(+)·kg⁻¹ do 6,94 cmol(+)·kg⁻¹, dla gleb z piaskowców permskich - w przedziale od 0,41 cmol(+)·kg⁻¹ do 6,16 cmol(+)·kg⁻¹, dla gleb wytworzonych z granitu od 0,24 cmol(+)·kg⁻¹ do 11,20 cmol(+)·kg⁻¹, zaś dla gleb powstałych ze zwietrzliny margli od 0,45 cmol(+)·kg⁻¹ do 8,32 cmol(+)·kg⁻¹ (tab. 13).

Z wartościami pH silnie związane są ilości glinu wymiennego i wodoru. Zawartość tych jonów jest ściśle skorelowana z wartościami pH. Potwierdzają to wyliczone współczynniki korelacji (tab. 44), które dla wartości pH w wodzie względem kwasowości wymiennej wynoszą: K_w r=-0,37***, p<0,001, n=118, a dla glinu wymiennego Al_w r=-0,34***, p<0,001, n=118. Otrzymane wyniki świadczą, że wraz ze wzrostem zakwaszenia gleb leśnych następuje uwalnianie toksycznych form glinu, które mogą niekorzystnie oddziaływać na rośliny [KABAŁA 1995, KOCOWICZ 1999, POKOJSKA 1994, SZOPKA 2000].

Tab. 14. Udział glinu wymiennego w kwasowości wymiennej Al_w:K_w [%]

Zmienna	Gleby wytworzone z:			
	piaskowca ciosowego	piaskowca permskiego	granitu monzonitowego	margla
średnia	93,83	94,98	96,09	95,81
minimum	61,64	77,36	85,71	69,39
maksimum	99,82	99,53	99,06	99,39

Wartości sumy kationów wymiennych o charakterze zasadowym (BC) są bardzo zróżnicowane w badanych glebach (tab. 15, rys. 11). Największym zakresem wartości BC cechują się gleby wytworzone z margli (1,69-12,61), zaś najmniejszym – gleby powstałe z piaskowców ciosowych (0,18-4,31).

Test HSD Tukeya wykazał istotne różnice między wartościami BC gleb poszczególnych skał macierzystych. Sumą kationów wymiennych najbardziej różnią się gleby z piaskowców ciosowych, wykazujące istotne różnice względem gleb wszystkich analizowanych rodzajów skał (tab. 16). Istotną różnicę zaobserwowano także między wartościami BC gleb z piaskowców permskich i margli. Wpływ skał macierzystych na sumę kationów wymiennych w badanych glebach jest na tyle duży, że przy pomocy

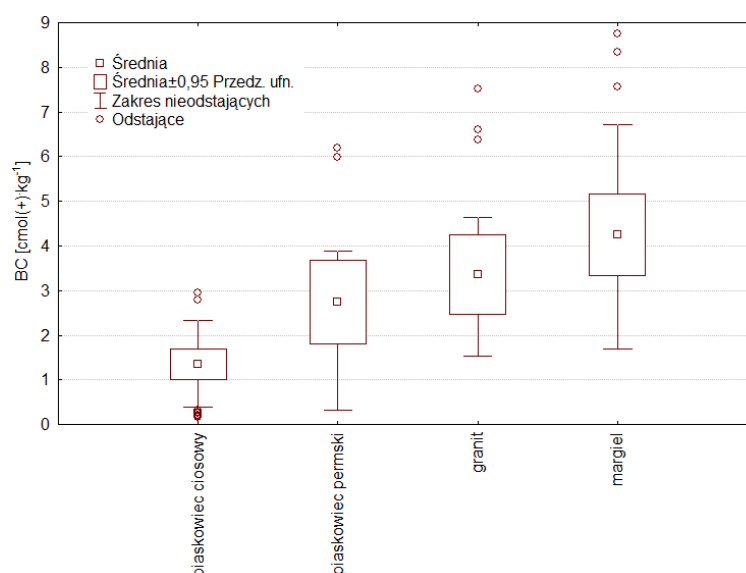
testu HSD Tukeya wyznaczono aż cztery grupy jednorodne: a - gleby utworzone z piaskowców permskich, b - gleby z margli, ab - gleby z granitów oraz c - gleby utworzone z piaskowców ciosowych (tab. 17).

Tab. 15. Suma kationów wymiennych (BC) [cmol(+)kg⁻¹] badanych gleb

Poziom glebowy	Gleby utworzone z:			
	piaskowca ciosowego	piaskowca permskiego	granitu monzonitowego	margla
A, Ah, AEes	1,39* 0,17-4,31**	4,83 2,11-11,00	2,43 1,54-4,06	3,98 2,24-4,79
ABbr	-	-	-	2,49 1,99-2,87
Ees	1,70 0,39-3,57	-	-	-
Bh	1,00 0,4-1,59	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	1,06 0,18-2,94	-	-	-
Bv, Bbr	-	1,90 0,31-3,89	2,71 1,72-4,65	2,94 1,69-5,82
BC, BvC, BbrC	-	1,84 1,44-2,25	4,30 1,78-7,85	4,52 2,26-7,57
C, CR	1,66 0,21-4,16	3,12 1,99-5,98	4,80 1,70-7,52	6,92 2,44-12,61
solum	1,35 0,18-4,31	2,74 0,31-11,00	3,36 1,54-7,85	4,25 1,69-12,61

*Wartość średnia

**Zakres wartości (minimum – maksimum)



Rys. 11. Suma kationów wymiennych (BC) [cmol(+)kg⁻¹] badanych gleb z uwzględnieniem rodzaju skały macierzystej

Tab. 16. Test HSD Tukeya – istotne różnice dla BC badanych gleb.
Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc. Błąd: MS międzygrupowe = 3,7122, df = 114,00

Nr	Gleby wytworzone z:	{1} 1,35*	{2} 2,74	{3} 2,36	{4} 4,25
1	piaskowca ciosowego		0,029696	0,000868	0,000137
2	piaskowca permskiego	0,029696**		0,695024	0,025300
3	granitu monzonitowego	0,000868	0,695024		0,356578
4	margla	0,000137	0,025300	0,356578	

*Średnia

**Kolorem czerwonym oznaczono istotne różnice ($p < 0,05$)

Tab. 17. Test HSD Tukeya – grupy jednorodne dla BC badanych gleb,
alfa = ,05000; błąd: MS międzygrupowe = 3,7122, df = 114,00

Nr	Gleby wytworzone z:	Średnie	Grupy jednorodne
1	piaskowca ciosowego	1,35	c
2	piaskowca permskiego	2,74	a
3	granitu monzonitowego	3,36	ab
4	margla	4,25	b

Pojemność kompleksu sorpcyjnego (CECe) badanych gleb mieści się w szerokim przedziale od 1,36 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do 14,95 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 18 i 49), przy czym wartości tego parametru dla gleb wytworzonych z piaskowców ciosowych obejmują zakres od 1,36 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do 12,45 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, dla gleb z piaskowców permskich - od 3,21 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do 11,53 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, dla gleb z granitu - od 5,95 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do 14,95 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, zaś dla gleb powstałych ze zwietrzliny margli - od 4,71 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do 13,84 $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 18).

Wartości pojemności kompleksu sorpcyjnego nie są statystycznie istotne wraz z głębokością w profilach glebowych ($r = -0,09$, $n = 117$) (tab. 44). Jest to wywołane zarówno wpływem skały macierzystej od dołu, jak i substancji organicznej, docierającej do poziomów wierzchnich wraz z opadem liści i igliwia, od góry w profilach glebowych.

Na podstawie wyliczonych współczynników korelacji stwierdzono także brak istotnej statystycznie zależności między pH badanych gleb a pojemnością sorpcyjną. Dla wszystkich gleb wskaźnik ten wynosił: $r = 0,10$; $n = 118$ (tab. 44).

Tab. 18. Pojemność sorpcyjna (CECe) [cmol(+):kg⁻¹] badanych gleb

Poziom glebowy	Gleby wytworzone z:			
	piaskowca ciosowego	piaskowca permskiego	granitu monzonitowego	margla
A, Ah, AEes	4,81* 1,67-8,02**	7,94 4,75-11,53	11,47 8,69-14,95	9,07 6,61-13,84
ABbr	-	-	-	7,35 5,92-8,42
Ees	4,27 2,09-6,41	-	-	-
Bh	7,87 6,44-9,29	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	4,65 1,36-8,74	-	-	-
Bv, Bbr	-	5,54 4,18-8,33	7,86 6,28-9,61	6,24 4,71-8,33
BC, BvC, BbrC	-	4,19 3,21-5,14	7,64 6,22-10,26	6,83 5,50-8,41
C, CR	5,72 2,11-12,45	5,30 3,28-6,85	7,04 5,95-7,92	8,71 5,34-13,74
solum	5,05 1,36-12,45	5,56 3,21-11,53	8,81 5,95-14,95	7,63 4,71-13,84

*Wartość średnia

**Zakres wartości (minimum – maksimum)

Na kształtowanie się pojemności sorpcyjnej głównie wpływa kwasowość wymienna (kationy glinu i wodoru) (rys. 12). W glebach wytworzonych z piaskowca ciosowego udział kationów H⁺ i Al³⁺ jest najwyższy i stanowi ponad 80% pojemności sorpcyjnej. W badanych glebach stwierdza się także znaczny udział kationów wapnia oraz magnezu. W najmniejszych ilościach występują jony sodu i potasu.

Zawartość poszczególnych kationów o charakterze zasadowym, sorbowanych w kompleksie sorpcyjnym badanych gleb, jest znacznie zróżnicowana w zależności od rodzaju skał macierzystych, z których wytworzyły się badane gleby (tab. 15). Podobna zmienność wyników dotyczy sumy kationów wymiennych (BC).

W tab. 19 zestawiono wartości średnie oraz zakresy wartości sumy kationów wymiennych badanych gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych. Z zestawienia wynika, iż najwyższymi wartościami tego parametru cechują się gleby utworzone z margli (ze średnią wartością 4,25 cmol(+):kg⁻¹).

We wszystkich analizowanych glebach dominującym kationem o charakterze zasadowym jest Ca²⁺ (rys. 12, tab. 49). Dla gleb wytworzonych z piaskowców ciosowych średni udział jonów wapnia mieści się w zakresie od 0,45 cmol(+):kg⁻¹ do 0,97 cmol(+):kg⁻¹, dla gleb z piaskowców permskich - w przedziale od 1,03 cmol(+):kg⁻¹ do 3,30 cmol(+):kg⁻¹, dla gleb wytworzonych z granitu od 1,28

cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ do 3,08 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹, zaś dla gleb powstałych ze zwietrzliny margli od 1,33 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ do 4,99 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ (tab. 15).

Tab. 19. Średnie zawartości kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym [cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹] badanych gleb

Poziom glebowy	Gleby wytworzone z:															
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Ca ²⁺				Mg ²⁺				K ⁺				Na ⁺			
A, Ah, AEes	0,78*	3,30	1,28	2,43	0,29	0,97	0,77	0,89	0,16	0,30	0,22	0,38	0,17	0,27	0,16	0,28
ABbr	-	-	-	1,33	-	-	-	0,70	-	-	-	0,21	-	-	-	0,24
Ees	0,95	-	-	-	0,42	-	-	-	0,12	-	-	-	0,21	-	-	-
Bh	0,45	-	-	-	0,27	-	-	-	0,44	-	-	-	0,27	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	0,58	-	-	-	0,24	-	-	-	0,10	-	-	-	0,15	-	-	-
Bv, Bbr	-	1,06	1,64	1,75	-	0,47	0,73	0,72	-	0,16	0,15	0,21	-	0,22	0,19	0,26
BC, BvC, BBRC	-	1,03	2,80	3,01	-	0,42	1,09	0,99	-	0,13	0,15	0,20	-	0,26	0,26	0,32
C, CR	0,97	1,99	3,08	4,99	0,39	0,71	1,30	1,31	0,13	0,19	0,15	0,26	0,17	0,24	0,27	0,37

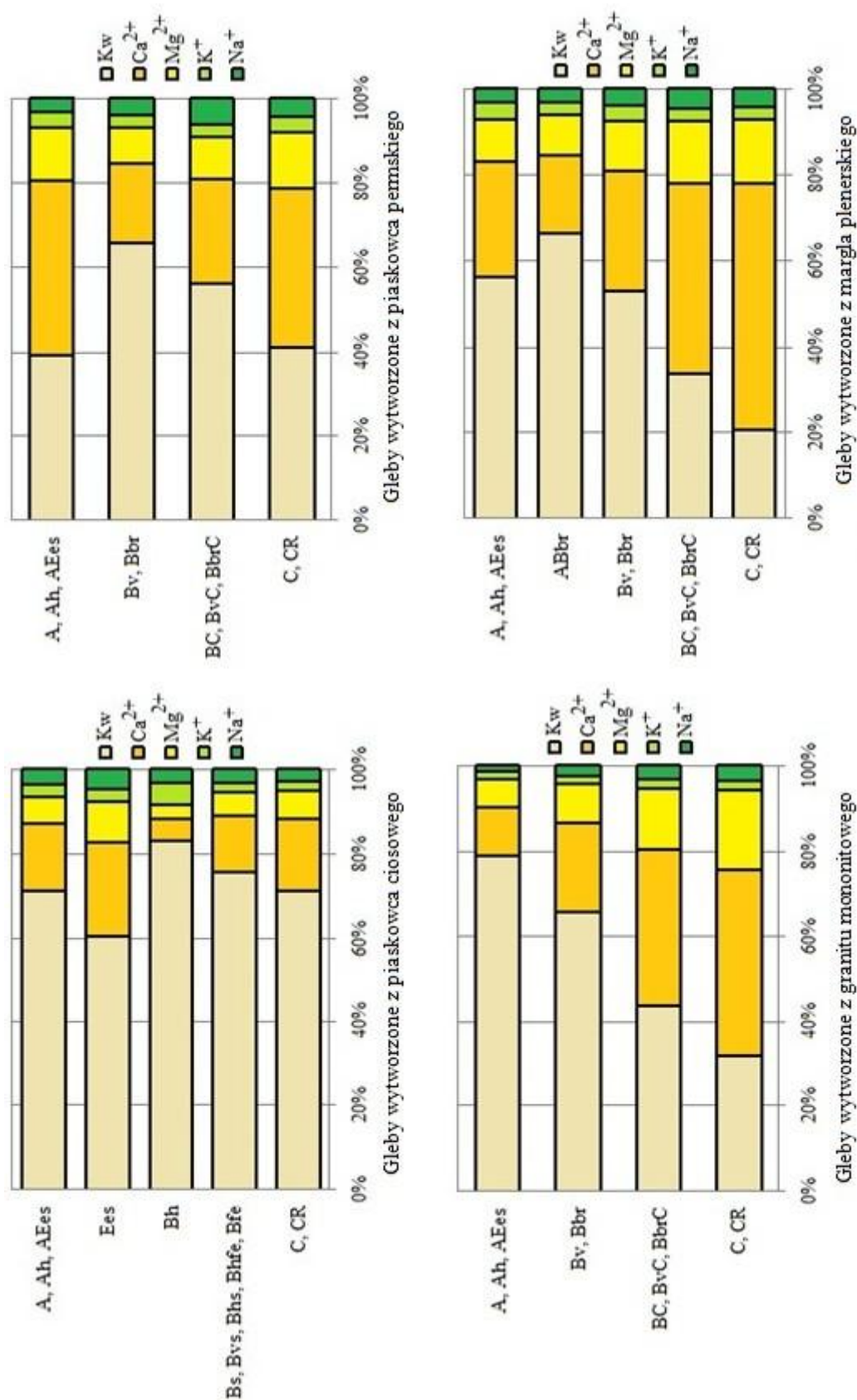
*Wartość średnia

¹ – gleby wytworzone z piaskowca ciosowego; ² – gleby wytworzone z piaskowca permskiego; ³ – gleby wytworzone z granitu monzonitowego; ⁴ – gleby wytworzone z margla plenerskiego

Ilość kationów wapnia wykazuje istotną statystycznie zależność od głębokości w profilu glebowym ($r=0,24^{**}$, $p<0,01$, $n=117$) (tab. 44). Zawartości tego kationu są najwyższe w glebach wytworzonych z margli. Jest to, w głównej mierze, efekt ruchu zstępującego wody. Klimat Parku Narodowego Gór Stołowych, cechujący się obfitymi opadami atmosferycznymi, przyczynia się do wypłukiwania kationów do wód gruntowych i w konsekwencji zubożenie gleby w jony o charakterze zasadowym w tym wapń, uznawany za jeden z najbardziej labilnych pierwiastków.

Obok Ca²⁺, znaczny udział w kompleksie sorpcyjnym wykazał także Mg²⁺. Udział tych jonów sięga do 2,17 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ przy średniej wartości na poziomie 0,65 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ (tab. 49). W glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych udział jonów Mg²⁺ mieści się w zakresie od 0,24 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ do 0,39 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹, w glebach z piaskowców permskich - w przedziale od 0,42 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ do 0,97 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹, w gleb wytworzonych z granitu od 0,73 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ do 1,30 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹, zaś gleby powstałe ze zwietrzliny margli cechują się jego zawartością od 0,70 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ do 1,31 cmol(+) $\cdot$ kg⁻¹ (tab. 49).

Przy odczynie kwaśnym, jakim odznaczają się badane gleby, jony Mg²⁺ są z łatwością usuwane z kompleksu sorpcyjnego przez jony H⁺.



Rys. 12. Procentowy udział kationów wymiennych (wartości średnie) w pojemności sorpcyjnej gleb

Zawartość jonów magnezu, podobnie jak wapnia, wykazuje istotną statystycznie zależność od głębokości w profilu glebowym, co potwierdzają wyliczone współczynniki korelacji ($r=0,20^*$, $p<0,1$, $n=117$) (tab. 44).

Udział pozostałych kationów o charakterze zasadowym, K^+ i Na^+ , jest znacznie niższy niż opisywane wcześniej zawartości Ca^{2+} i Mg^{2+} . Ilość jonów potasu, zabsorbowanych w kompleksie sorpcyjnym badanych gleb, wynosi od $0,00 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do $0,89 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 49). Nie dostrzeżono istotnego zróżnicowania w obecności jonów potasu w glebach w zależności od skały macierzystej. Nieco wyższe jego ilości są obecne w glebach powstałych z margli, zaś najniższe - w glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych. Dla gleb wytworzonych z piaskowców ciosowych udział jonów K^+ mieści się w zakresie od $0,00 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do $0,89 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, dla gleb z piaskowców permskich - w przedziale od $0,09 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do $0,64 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, dla gleb wytworzonych z granitu od $0,09 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do $0,54 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, zaś dla gleb powstałych ze zwietrzliny margli od $0,12 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do $0,50 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 49).

W wielu poziomach glebowych stwierdzono dominację jonów sodu, nad jonami potasu, w kompleksie sorpcyjnym. Podobne wyniki uzyskali KABAŁA I IN. [2002], KABAŁA, SZERSZEŃ [2002]. Udział tych jonów w kompleksie sorpcyjnym gleb wynosi od $0,03 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do $0,46 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 49). Czy podwyższone ilości kationów sodu mogą stanowić reliktove pozostałości dawnego morza, które znajdowało się w miejscu obecnych Gór Stołowych?

W glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych udział jonów Na^+ mieści się w zakresie od $0,05 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do $0,46 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, w glebach z piaskowców permskich - w przedziale od $0,14 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do $0,43 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, w gleb wytworzonych z granitu od $0,12 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do $0,44 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$.

Gleby powstałe ze zwietrzliny margli cechują się jego zawartością od $0,19 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ do $0,45 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 49).

Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym (BS) jest bardzo zmienny w badanych glebach i osiąga zróżnicowane wartości, kształtując się w szerokich granicach od 3,64% do 96,59% (tab. 49). Niskie wartości stopnia wysycenia są efektem wysokiej kwasowości wymiennej gleb i niskiej ilości kationów wymiennych.

Stwierdza się trzy maksima stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego w ujęciu profilowym. Wyższy stopień wysycenia cechuje poziomy powierzchniowe (na skutek dopływu kationów zasadowych z próchnicy nadkładowej), poziomy eluwialne

(cechujące się obniżoną kwasowością wymienną) oraz poziomy skał macierzystych (z powodu chemizmu skał macierzystych, mniejszej kwasowości wymiennej i procesu wzbogacania) (tab. 20 i tab. 49).

W glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych wskaźnik BS obejmuje zakres wartości od 3,64% do 55,92 %, w glebach z piaskowców permskich - od 5,63% do 95,40%, w gleb wytworzonych z granitu od 12,31% do 96,59 %, zaś gleby powstałe ze zwietrzliny margli cechują się stopniem wysycenia od 22,61% do 94,71%. Stopień wysycenia jest zależny od rodzaju skały macierzystej. Dominacja frakcji piasków w glebach powstałych z piaskowców, a tym samym niewielka ilość frakcji części spławialnych, jest przyczyną niskiej pojemności sorpcyjnej tych gleb.

Rys. 13 i 14 przedstawiają rozkład wartości wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym w zależności od rodzaju skały macierzystej. Wysycenie kompleksu sorpcyjnego osiąga najwyższe wartości w glebach powstałych z margli. W tych glebach stwierdza się także największą rozpiętość wartości tego wskaźnika (tab. 20). Najniższe BS notowane jest w glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych.

Tab. 20. Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym (BS) [%] badanych gleb

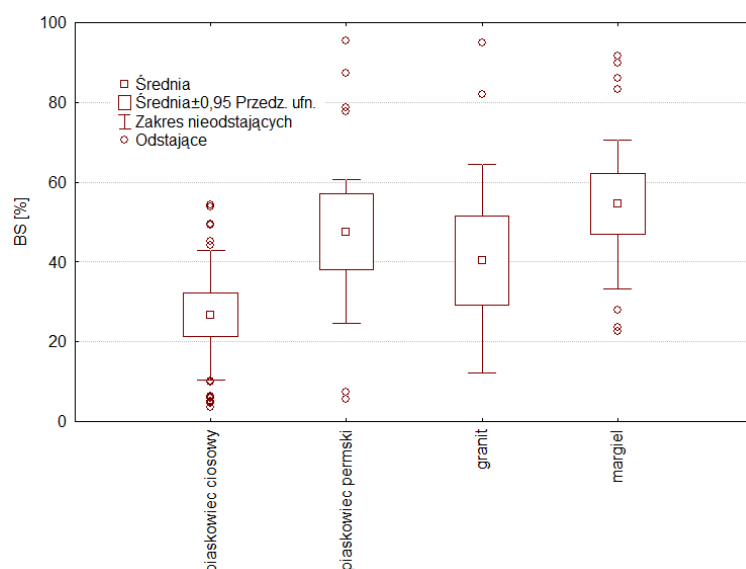
Poziom glebowy	Gleby wytworzone z:			
	piaskowca ciosowego	piaskowca permskiego	granitu monzonitowego	margla
A, Ah, AEes	25,48* 5,12-53,74**	56,31 28,04-95,40	21,77 12,31-41,51	46,84 22,61-70,47
ABbr	-	-	-	35,28 23,65-48,49
Ees	35,30 9,00-73,11	-	-	-
Bh	20,80 14,89-26,72	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	22,89 3,64-43,03	-	-	-
Bv, Bbr	-	36,23 5,63-78,74	34,55 23,72-55,00	46,88 27,91-69,89
BC, BvC, BbrC	-	46,10 30,93-59,31	53,39 28,62-96,59	64,16 41,10-89,97
C, CR	30,45 4,66-55,92	57,80 36,43-87,30	65,17 28,57-94,91	74,28 39,67-94,71
solum	26,80 3,64-65,10	47,60 5,63-95,40	40,30 12,31-96,59	54,60 22,61-94,71

*Wartość średnia

**Zakres wartości (minimum – maksimum)

Test HSD Tukeya umożliwił wydzielenie trzech grup jednorodnych ze względu na wartości BC. Do jednej z nich należą gleby wytworzone z piaskowców ciosowych

(oznaczone jako „a”), drugiej – z piaskowców permskich (oznaczone jako „ab”), a do trzeciej – z granitów i margli (oznaczone jako „b”) (tab. 22). Test istotności różnic HSD Tukeya wykazał, że w obrębie badanych gleb, pod względem wartości wysycenia, najbardziej różnią się gleby powstałe z piaskowców ciosowych, w szczególności w porównaniu z BC gleb utworzonych z piaskowców permskich i margli (tab. 21).



Rys. 13. Stopień wysycenia kationami o charakterze zasadowym (BS) [%] badanych gleb

Tab. 21. Test HSD Tukeya – istotne różnice dla BS badanych gleb.
Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc. Błąd: MS międzygrupowe = 439,60, df = 114,00

Nr	Gleby wytworzone z:	{1} 26,79*	{2} 47,61	{3} 40,33	{4} 54,61
1	piaskowca ciosowego		0,001101	0,073084	0,000138
2	piaskowca permckiego	0,001101**		0,643832	0,615411
3	granitu monzonitowego	0,073084	0,643832		0,077959
4	margla	0,000138	0,615411	0,077959	

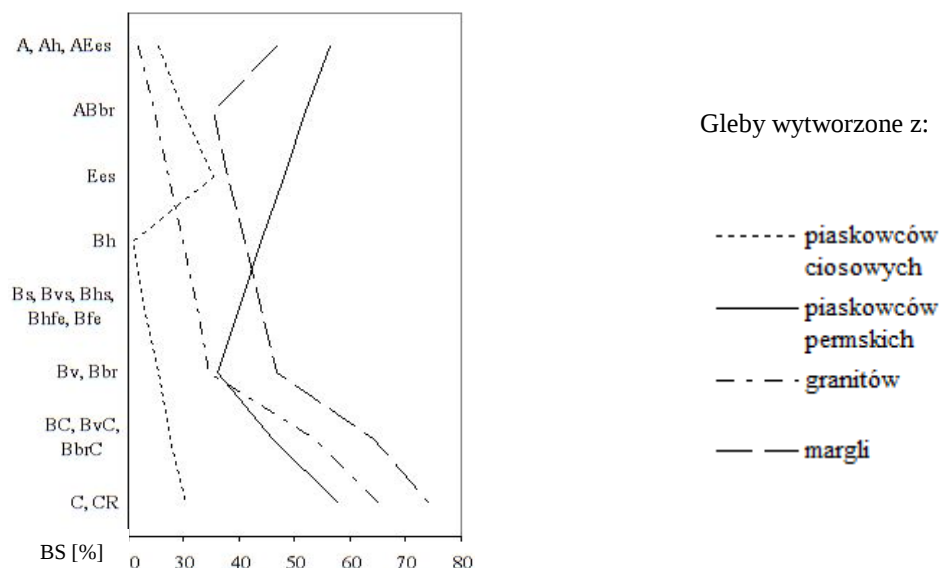
*Średnia

**Kolorem czerwonym oznaczono istotne różnice ($p < 0,05$)

Tab. 22. Test HSD Tukeya – grupy jednorodne dla BS badanych gleb,
alfa = ,05000; błąd: MS międzygrupowe = 439,60, df = 114,00

Nr	Gleby wytworzone z:	Średnie	Grupy jednorodne
1	piaskowca ciosowego	26,79	a
2	piaskowca permckiego	47,61	b
3	granitu monzonitowego	40,33	ab
4	margla	54,61	b

Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym jest bardzo silnie dodatnio skorelowany z zawartością jonów wapnia ($r=0,83^{***}$, $p<0,001$, $n=118$) (tab. 24) i magnezu ($r=0,79^{***}$, $p<0,001$, $n=118$) (tab. 44).



Rys. 14. Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym (BS) badanych gleb w ujęciu profilowym z uwzględnieniem rodzaju skały macierzystej

Do scharakteryzowania właściwości sorpcyjnych zastosowano także wskaźnik wysycenia kompleksu sorpcyjnego glinem wymiennym względem pojemności sorpcyjnej V_{Al} . Wartości tego parametru są zmienne w zależności od rodzaju skały macierzystej w poszczególnych glebach (tab. 23 oraz tab. 49).

Tab. 23. Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleb względem glinu wymiennego* V_{Al} [%]

Zmienna	Gleby wytworzone z:			
	piaskowca ciosowego	piaskowca permskiego	granitu monzonitowego	margla
średnia	69,07	52,91	54,51	48,23
minimum	21,53	3,56	2,95	5,11
maksimum	94,80	91,55	82,19	84,08

*Parametr zaproponowany przez Kabałę do charakterystyki właściwości sorpcyjnych gleb [KABAŁA 1995]

V_{Al} jest najwyższe w glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych (średnia wartość wynosiła 69,07%) oraz z granitów (średnia na poziomie 54,51%), zaś najniższe w glebach, których skałą macierzystą są margle (średnia wartość wysokości 48,23%). Różnicowanie wartości parametru jest uzależnione od kilku czynników. W przypadku

gleb z piaskowców ciosowych wysokie V_{Al} może być spowodowane ich silnym zakwaszeniem, z czym wiąże się uruchamianie jonów Al^{3+} , zaś w glebach wytworzonych ze zwiertzeliny granitu wyraźny wpływ ma chemizm skały macierzystej, gdyż granity są bogate w glinokrzemiany.

5.3.2. Zawartość węgla i azotu

W opisywanych glebach zawartość węgla organicznego w ujęciu profilowym mieści się w przedziale od 1,0 do 86,1 g·kg⁻¹ (tab. 48).

Najwyższe zawartości materii organicznej (określonej metodą straty żarowej w poziomach organicznych) występują w poziomach próchni nadkładowych. Strata żarowa w poziomach Oi wynosi nawet do 85,17% (średnio 50,33%). Wysoka zawartość materii organicznej występuje także w poziomach Of (średnio 47,88%), Ofh (średnio 32,87%) oraz Oh (średnio 25,59%) (tab. 48).

Wraz ze wzrostem stopnia rozkładu szczątków roślinnych (i głębokości) wartości oznaczonej straty żarowej maleją w układzie Oi>Of>Ofh>Oh. Poniżej próchnicy nadkładowej, w poziomach mineralnych, zawartość węgla organicznego jest już wyraźnie mniejsza i sięga do zaledwie kilku procent (tab. 25).

Rozpiętość wartości Corg. przedstawia rys. 15.

Tab. 24. Węgiel organiczny [g·kg⁻¹] w badanych glebach

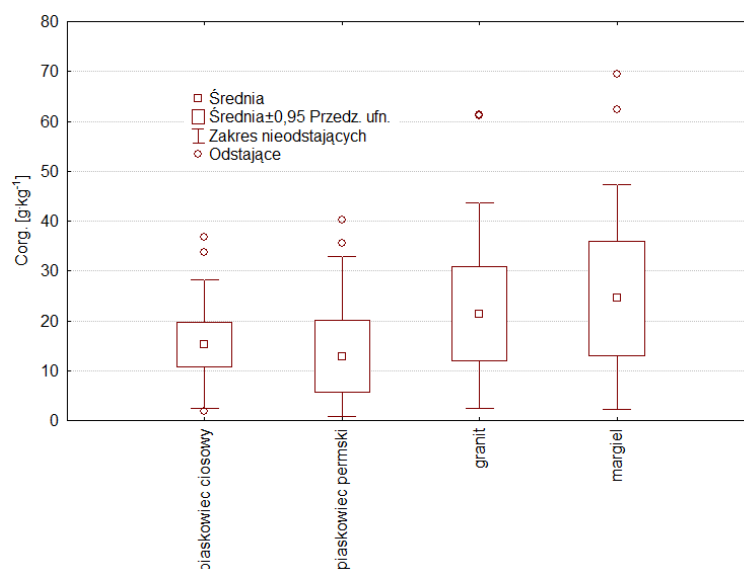
Poziom glebowy	Gleby wytworzone z:			
	piaskowca ciosowego	piaskowca permskiego	granitu monzonitowego	margla
A, Ah, AEes	34,1* 10,0-65,6**	39,6 19,0-70,3	43,0 17,7-86,1	53,3 45,0-69,4
ABbr	-	-	-	23,2 13,3-34,9
Ees	8,1 4,5-13,4	-	-	-
Bh	23,4 18,4-28,3	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	11,6 3,6-20,2	-	-	-
Bv, Bbr	-	9,5 1,1-16,4	13,8 8,3-18,9	12,6 3,0-21,2
BC, BvC, BbrC	-	2,5 1,4-4,6	6,2 4,1-8,6	8,5 2,4-18,4
C, CR	3,7 1,8-6,4	1,5 1,0-2,6	3,3 2,5-4,7	6,7 2,2-17,8
solum	15,3 1,8-65,6	12,9 0,9-70,3	21,4 2,5-86,1	20,1 2,2-69,4

*Wartość średnia

**Zakres wartości (minimum – maksimum)

Najwięcej materii organicznej występuje w glebach wytworzonych z margli, natomiast najmniej w glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych. Związek między zawartością węgla organicznego a rodzajem skały macierzystej w badanych glebach może być związany z wpływem skały macierzystej na uziarnienie gleb, tym samym ze zdolnością gleb do akumulowania materii organicznej i składników pokarmowych.

Test HSD Tukeya dla wartości Corg. wykazał brak istotnych różnic w zasobności gleb w węgiel organiczny pomiędzy glebami z różnych skał macierzystych (tab. 25), tym samym stwierdzono, nieznaczny wpływ utworów macierzystych na obecność węgla organicznego w glebie. Na podstawie testu HSD Tukeya wyznaczono jedną grupę jednorodną (oznaczona w tabeli jako „a”), co oznacza niewielkie zróżnicowanie w wartościach Corg. pomiędzy glebami o różnym pochodzeniu geologicznym (tab. 26).



Rys. 15. Węgiel organiczny [g·kg⁻¹] w badanych glebach

Tab. 25. Test HSD Tukeya – istotne różnice dla Corg. w badanych glebach. Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc. Błąd: MS międzygrupowe = 451,68, df = 115,00

Nr	Gleby wytworzone z:	{1} 15,26*	{2} 12,90	{3} 21,42	{4} 24,52
1	piaskowca ciosowego		0,972656	0,669304	0,275894
2	piaskowca permńskiego	0,972656		0,508520	0,200841
3	granitu monzonitowego	0,669304	0,508520		0,952090
4	margla	0,275894	0,200841	0,952090	

*Średnia

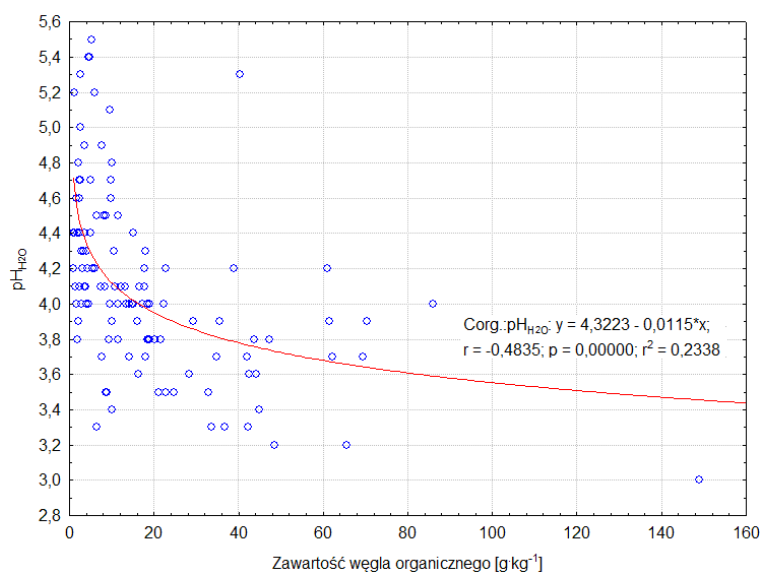
Tab. 26. Test HSD Tukeya – grupy jednorodne dla zawartości węgla organicznego w badanych glebach, alfa = ,05000; błąd: MS międzygrupowe = 451,68, df = 115,00

Nr	Gleby wytworzone z:	Średnie	Grupy jednorodne
1	piaskowca ciosowego	15,26	a
2	piaskowca permskiego	12,90	a
3	granitu monzonitowego	21,42	a
4	margla	24,52	a

Stwierdza się wyraźny spadek zawartości węgla wraz z głębokością w każdym z profili glebowych, jakkolwiek poziomy skały macierzystej badanych gleb często cechują się podwyższonymi ilościami węgla organicznego,. Wysokie zawartości Corg. w poziomach powierzchniowych związane jest z nagromadzeniem szczątków roślinnych, często w postaci ściółki leśnej lub próchnicy nadkładowej. Zawartości węgla organicznego są ujemnie skorelowane z głębokością ($r=-0,61^{***}$, $p<0,001$, $n=118$) (tab. 44).

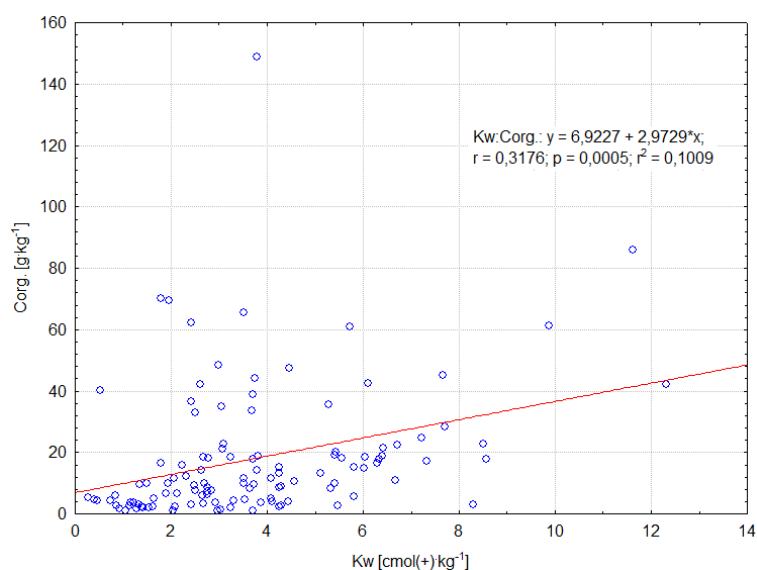
W glebach utworzonych z piaskowca ciosowego, w których występuje poziom eluwialny i obecny pod nim poziom iluwialny, ma miejsce nagromadzenie węgla organicznego w poziomach Bh, które osiąga wartości do blisko 3%, zaś poziom Ees charakteryzuje się nawet 3-krotnym zubożeniem w węgiel organiczny.

Istnieje również zależność między ilością węgla organicznego a odczynem badanych gleb (rys. 16). Wraz ze wzrostem ilości węgla organicznego, wartości pH maleją, co wiąże się z większą ilością zakwaszających grup karboksylowych.



Rys. 16. Zależność między zawartością węgla organicznego (Corg.) a pH_{H_2O} w poziomach mineralnych badanych gleb

Z wartościami węgla organicznego dodatnio skorelowane są także wartości kwasowości wymiennej. Wraz ze wzrostem kwasowości wymiennej wzrasta także ilość węgla organicznego w poszczególnych poziomach glebowych. Liniową zależność między zawartością Corg. w glebach a K_w przedstawia rys. 17. Wyliczony współczynnik korelacji węgla organicznego do kwasowości wymiennej wynosi $0,32^{***}$, $p < 0,001$, $n = 117$ (tab. 44) i świadczy o dodatnio istotnej statystycznie zależności między oboma parametrami.



Rys. 17. Zależność między zawartością węgla organicznego a kwasowością wymienną w badanych glebach

W analizowanych profilach, reprezentujących gleby górskie różnych rejonów Parku Narodowego Gór Stołowych, wartości azotu ogólnego mieszczą się w przedziale od $0,0 \text{ g kg}^{-1}$ do $7,1 \text{ g kg}^{-1}$. Zawartości azotu ogólnego przedstawiają się podobnie jak zawartości węgla organicznego, wykazując silną tendencję spadkową wraz z głębokością w profilu glebowym ($r = -0,48^{***}$, $p < 0,001$, $n = 75$).

W poziomie skały macierzystej, a także często w poziomach już nad nim zalegającym azot ogólny występuje w ilościach śladowych. Przyczyną tego stanu jest także postępujący proces mineralizacji powodujący ubytki azotu ogólnego, jak i nieznaczny dostęp materii organicznej bogatej w węgiel i azot do poziomów występujących głębiej w profilach glebowych.

Największe ilości azotu ogólnego występują w poziomach powierzchniowych, natomiast niewielkie ilości (często śladowe) w poziomie skały macierzystej (tab. 48).

Na podstawie zawartości węgla organicznego i azotu ogólnego wyliczono stosunek C:N. Stosunek węgla do azotu jest bardzo ważnym parametrem charakteryzującym gleby. Relacja tych dwóch elementów informuje o tempie przebiegu procesu mineralizacji w glebach i aktywności biologicznej [KABAŁA 2005, SIENKIEWICZ 1981]. Im większy ten stosunek, tym intensywniej przebiega rozkład materii organicznej.

Stosunek C:N w badanych glebach jest zmienny, jakkolwiek na ogół wzrasta wraz z głębokością w profilach glebowych, co związane jest ze spadkiem zawartości azotu ogólnego i węgla organicznego w glebach na skutek przemieszczania się związków próchnicznych w głąb profili glebowych. Wartość relacji C:N w poziomach próchnicznych gleb mieści się w przedziale od 6,79 w profilu 19 do 37,94 w profilu 14 (tab. 48). Podobnie niskie wyniki stosunku C:N otrzymał KABAŁA [2005], który zwraca uwagę na wyjątkowo niską zawartość azotu w glebach Sudetów. Można przypuszczać, że tak wąski stosunek C:N informuje o korzystnych warunkach dla rozkładu materii organicznej i może stanowić pozostałość po dawnej rolniczej działalności człowieka na obecnym obszarze PNGS. Z drugiej jednak strony zawężanie się stosunku C:N wraz z głębokością, w rozpatrywanych profilach glebowych, może być spowodowane przemieszczaniem się związków próchnicznych zasobniejszych w węgiel i azot w głąb profili na skutek nieznacznej zwięzłości gleb PNGS. Przewaga frakcji piasków w składzie granulometrycznym analizowanych gleb sprzyja gromadzeniu się próchnicy także w poziomach głębszych, czego potwierdzeniem są wysokie zawartości Corg. także w poziomach skały macierzystej w badanych glebach (tab. 24 i 48).

5.3.3. Zawartość metali ciężkich

Rozróżnienie naturalnej zawartości metali ciężkich w glebach Sudetów od zawartości z antropogenicznych źródeł zanieczyszczeń jest niezwykle trudne [KABAŁA, SZERSZEŃ 1999]. Jest to spowodowane tym, że w Sudetach, stanowiących barierę orograficzną dla przemieszczających się w powietrzu atmosferycznym zanieczyszczeń, następuje nagromadzenie antropogenicznych zawartości metali ciężkich wraz z naturalnymi źródłami pierwiastków śladowych (skała macierzysta, procesy glebowe).

Badania na zawartość wybranych metali ciężkich podjęto w celu określenia zmian w środowisku glebowym, które mogą być spowodowane emisjami

przemysłowymi lub innymi czynnikami, tj. opad pierwiastków śladowych wraz z liśćmi i igliwem czy skład mineralny skały macierzystej.

Przeprowadzono badania zawartości następujących metali ciężkich: Pb, Zn oraz Cu.

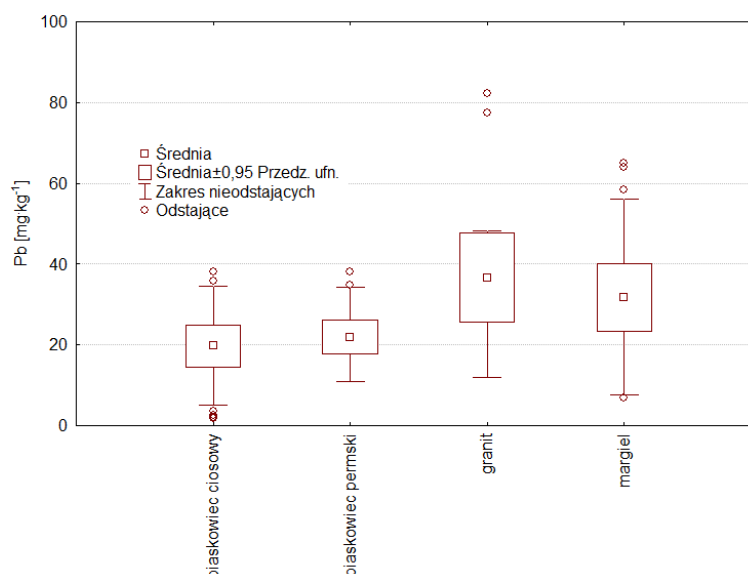
W poziomach mineralnych badanych glebach zawartości metali ciężkich są zróżnicowane (tab. 27 i 50). Ołów jest obecny w ilości od 1,89 mg·kg⁻¹ do 89,50 mg·kg⁻¹, przy czym większe jego ilości dostrzeżono w glebach wytworzonych z granitów (od 12,00 mg·kg⁻¹ do 82,24 mg·kg⁻¹) i margli (od 6,85 mg·kg⁻¹ do 80,00 mg·kg⁻¹), natomiast mniejsze jego ilości występują w glebach powstałych z piaskowców ciosowych (od 1,89 mg·kg⁻¹ do 89,50 mg·kg⁻¹) i piaskowców permskich (od 11,05 mg·kg⁻¹ do 46,50 mg·kg⁻¹) (rys. 18). W ujęciu profilowym zawartości tego pierwiastka maleją wraz z głębokością, co może być spowodowane m.in. pochodzeniem antropogenicznym tego metalu (tab. 27).

Tab. 27. Zawartość wybranych metali ciężkich [mg·kg⁻¹] w badanych glebach

Poziom glebowy	Gleby wytworzone z:											
	piaskowca ciosowego			piaskowca permskiego			granitu monzonitowego			margla		
	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb
A, Ah, AEes	15,96*	5,39	36,74	39,20	12,73	32,63	57,17	10,57	55,89	54,20	15,60	61,94
	7,60-22,46**	2,65-9,65	14,35-89,50	21,00-67,22	4,15-21,80	19,40-46,55	49,80-63,90	4,15-15,20	27,06-82,24	41,80-77,80	9,00-31,75	41,60-80,00
ABbr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,82 39,10-63,35	15,20 7,20-30,25	45,47 30,20-65,00
Ees	10,92 5,93-17,00	2,47 0,26-3,85	14,00 1,89-27,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bh	13,37 10,18-16,55	4,38 4,36-4,40	29,23 22,61-35,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	16,34 7,34-15,85	3,47 1,40-3,90	15,42 2,65-30,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bv, Bbr	-	-	-	32,28 23,61-42,05	9,54 4,11-14,55	21,70 11,78-31,15	62,63 53,40-75,36	8,09 3,66-11,55	34,49 17,90-48,35	41,29 33,25-47,00	7,22 6,05-8,90	23,31 8,90-47,75
BC, BvC, BBRC	-	-	-	24,07 0,45-30,55	6,44 0,75-10,00	13,27 11,05-20,20	56,73 52,39-63,00	9,03 6,55-12,65	24,67 21,60-28,00	36,90 29,15-49,10	10,38 6,30-25,05	15,11 6,85-34,10
C, CR	21,46 5,26-47,25	5,01 2,50-8,45	10,38 1,95-21,60	30,38 10,50-43,50	11,02 3,66-22,65	17,61 12,50-20,20	64,09 44,50-88,59	9,67 4,19-15,55	23,89 12,00-46,05	41,20 29,15-58,40	7,70 6,20-10,50	13,55 7,55-27,30

*Wartość średnia

**Zakres wartości (minimum – maksimum)



Rys. 18. Zawartość ołowiu [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$] w badanych glebach bez punktów ekstremalnych

Na podstawie testu HSD Tukeya wydzielono trzy grupy jednorodnej: grupę gleb utworzonych z piaskowców ciosowych („b”), grupę gleb z piaskowca permskiego („ab”) i grupę gleb utworzonych z granitu oraz gleb powstałych z margli („a”) (tab. 29). Test istotności różnic HSD Tukeya wykazał, że, pod względem zasobności w ołów, najbardziej różnią się gleby pochodzące z margli i granitów (tab. 28). Zastosowane testy potwierdzają wpływ utworów macierzystych na zasobność badanych gleb w ołów.

Wysokimi zawartościami ołowiu cechują się także poziomy próchniczne gleb. W niektórych z nich ma miejsce wyraźne przekroczenie normy $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ołowiu według ROZPORZĄDZENIA MINISTRA ŚRODOWISKA z 2002 r. Wysokie ilości ołowiu w poziomach powierzchniowych mogą być spowodowane dużym powinowactwem Pb do substancji organicznej, jego nieznacznym przemieszczaniem się w głąb profilu glebowego oraz jego pochodzeniem (dostarczanie metalu do poziomów wierzchnich wraz z opadem liści i igliwia oraz zanieczyszczeniami).

W poziomach mineralnych analizowanych gleb w ilości od $0,45 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $88,59 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ występuje cynk. Obecność tego pierwiastka w nadmiernych ilościach w glebie stanowi zagrożenie dla wzrostu roślin, mimo, że w niewielkich ilościach jest on niezbędny w przebiegu procesów fizjologicznych u organizmów żywych.

Wartości średnie dla zawartości cynku w glebach wraz z przedziałem ufności, zakresem niedostających i bez wartości ekstremalnych w zależności od rodzaju utworu macierzystego przedstawiono na rys. 19.

Tab. 28. Test HSD Tukeya – istotne różnice dla zawartości Pb w badanych glebach.
Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc Błąd: MS międzygrupowe = 318,40, df = 108,00

Nr	Gleby wytworzone z:	{1} 19,78*	{2} 21,95	{3} 36,68	{4} 31,74
1	piaskowca ciosowego		0,964304	0,009012	0,030212
2	piaskowca permskiego	0,964304**		0,056974	0,193651
3	granitu monzonitowego	0,009012	0,056974		0,807244
4	margla	0,030212	0,193651	0,807244	

*Średnia

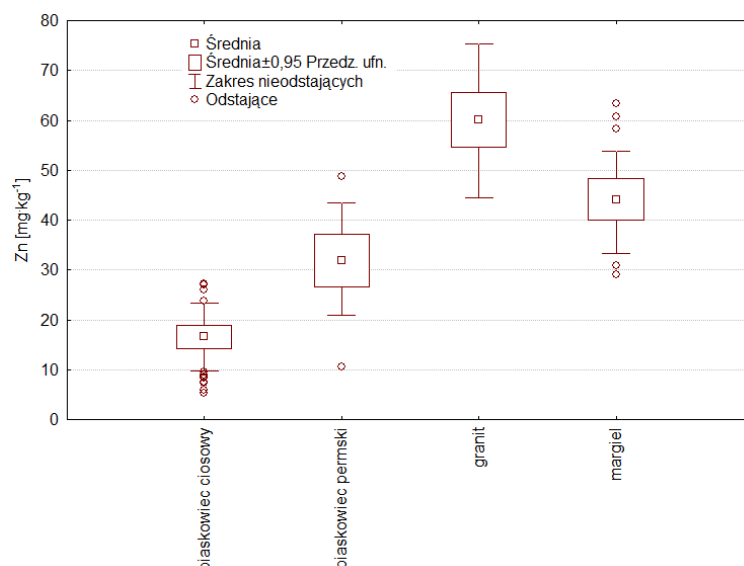
**Kolorem czerwonym oznaczono istotną różnicę

Tab. 29. Test HSD Tukeya – grupy jednorodne dla zawartości Pb w badanych glebach,
alfa = ,05000; błąd: MS międzygrupowe = 318,40, df = 108,00

Nr	Gleby wytworzone z:	Średnie	Grupy jednorodne
1	piaskowca ciosowego	19,78	b
2	piaskowca permskiego	21,95	ab
3	granitu monzonitowego	36,68	a
4	margla	31,74	a

Obecność cynku (tab. 27 i 50) w poziomach mineralnych badanych gleb przedstawia się następująco: w glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych w zakresie od $5,26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $47,25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, w glebach z piaskowców permskich – od $0,45 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $67,22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, w glebach wytworzonych z granitu od $44,50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $88,59 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, zaś w glebach powstałych ze zwietrzeli margli – od $29,15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $77,80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Wpływ różnych skał macierzystych na zawartości cynku w badanych glebach oceniono przy pomocy testu HSD Tukeya. Na podstawie analizy istotności różnic, stwierdzono, że gleby cechują się znacznym zróżnicowaniem zasobności w cynk w zależności od skały macierzystej (tab. 30) i w ten sposób tworzą aż cztery grupy jednorodne: grupę gleb pochodzących z piaskowca ciosowego („a”), grupę gleb z piaskowca permskiego („b”), grupę gleb utworzonych z granitu („c”) oraz grupę gleb wytworzonych z margli („d”) (tab. 31).



Rys. 19. Zawartość cynku [mg kg^{-1}] w badanych glebach bez punktów ekstremalnych

Tab. 30. Test HSD Tukeya - istotne różnice dla zawartości Zn w badanych glebach. Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc. Błąd: MS międzygrupowe = 102,39, df = 108,00

Nr	Gleby wytworzone z:	{1} 16,59*	{2} 31,92	{3} 60,18	{4} 44,157
1	piaskowca ciosowego		0,000138	0,000138	0,000138
2	piaskowca permskiego	0,000138**		0,000138	0,000265
3	granitu monzonitowego	0,000138	0,000138		0,000144
4	margla	0,000138	0,000265	0,000144	

*Średnie

**Kolorem czerwonym oznaczono istotne różnice ($p < 0,05$)

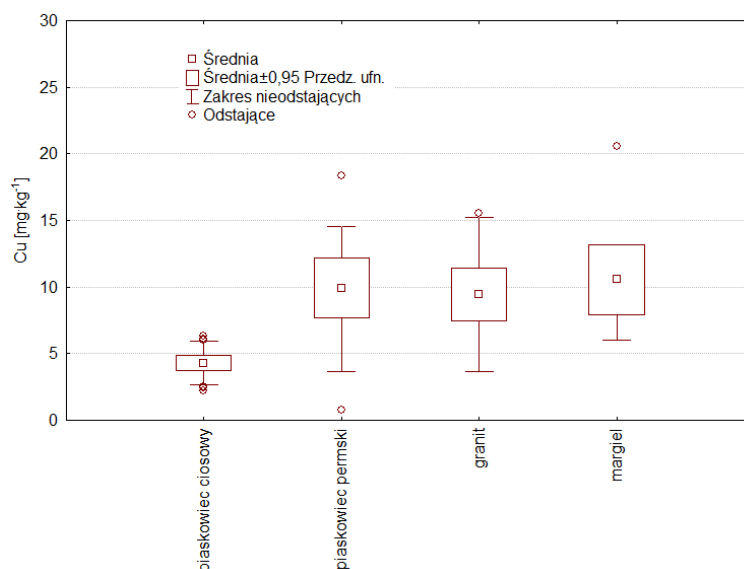
Tab. 31. Test HSD Tukeya - grupy jednorodne dla zawartości Zn w badanych glebach, alfa = ,05000; błąd: MS międzygrupowe = 102,39, df = 108,00

Nr	Gleby wytworzone z:	Średnie	Grupy jednorodne
1	piaskowca ciosowego	16,59	a
2	piaskowca permskiego	31,92	b
3	granitu monzonitowego	44,16	c
4	margla	60,18	d

Ilości cynku w analizowanych glebach są nierównomiernie rozłożone w poszczególnych poziomach genetycznych. Na ogół jego wartości maleją wraz głębokością profilu, jednakże są wyższe w poziomie skały macierzystej i w poziomach wzbogacenia. Obecność cynku w nieco większych ilościach w głębszych

poziomach można tłumaczyć jego przemieszczaniem się w głąb profilu glebowego oraz pochodzeniem od skały macierzystej. We wszystkich analizowanych poziomach glebowych cynk jest obecny w ilościach nieprzekraczających normy określonej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 2002 r. dla obszarów grupy A, która wynosi $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Podobnie, jak w przypadku pozostałych opisywanych metali ciężkich, cynk występuje w znacznych ilościach w powierzchniowej części profili glebowych.

Według danych literaturowych, miedź, w środowisku wolnym od zanieczyszczeń antropogenicznych, występuje w glebach w ilości do $19 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993], zaś dopuszczalne normy tego pierwiastka w środowisku glebowym dla obszarów grupy A, w myśl Rozporządzenia Ministra Środowiska o standardach jakości gleby oraz standardach jakości ziemi z 2002 r., wynoszą $30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Tylko w poziomach próchnicznych gleb wytworzonych z margli stwierdzono nieznaczne przekroczenie norm. Udział miedzi w glebach kształtuje się następująco: w glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych w zakresie od $0,26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $9,65 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, w glebach z piaskowców permskich – od $0,75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $22,65 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, w glebach wytworzonych z granitu od $3,66 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $15,55 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, zaś w glebach powstałych ze zwietrzliny margli – od $6,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $31,75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 27 i 50). Największą rozpiętością wartości charakteryzują się gleby pochodzące z margli (rys. 20).



Rys. 20. Zawartość miedzi [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$] w badanych glebach bez punktów ekstremalnych

Przy pomocy testu HSD Tukeya dla zawartości miedzi wyznaczono dwie grupy jednorodne dla gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych (tab. 33). Były to:

grupa gleb pochodzących z piaskowca ciosowego („a”) oraz grupa gleb utworzonych z pozostałych rodzajów skał macierzystych (piaskowca permskiego, granitu i margla, oznaczone literą „b”). Na podstawie testu istotności różnic stwierdzono, że najbardziej zróżnicowaną zasobnością w miedź cechują się gleby powstałe z piaskowców ciosowych (wykazano istotne różnice dla gleb z piaskowca ciosowego względem gleb z piaskowca permskiego i gleb z margla) (tab. 32).

Tab. 32. Test HSD Tukeya – istotne różnice dla zawartości Cu w badanych glebach. Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc. Błąd: MS międzygrupowe = 22,771, df = 106,00

Nr	Gleby wytworzone z:	{1} 4,28*	{2} 9,94	{3} 9,44	{4} 10,56
1	piaskowca ciosowego		0,000200	0,002358	0,000139
2	piaskowca permskiego	0,000200**		0,988071	0,963787
3	granitu monzonitowego	0,002358	0,988071		0,871030
4	margla	0,000139	0,963787	0,871030	

*Średnia

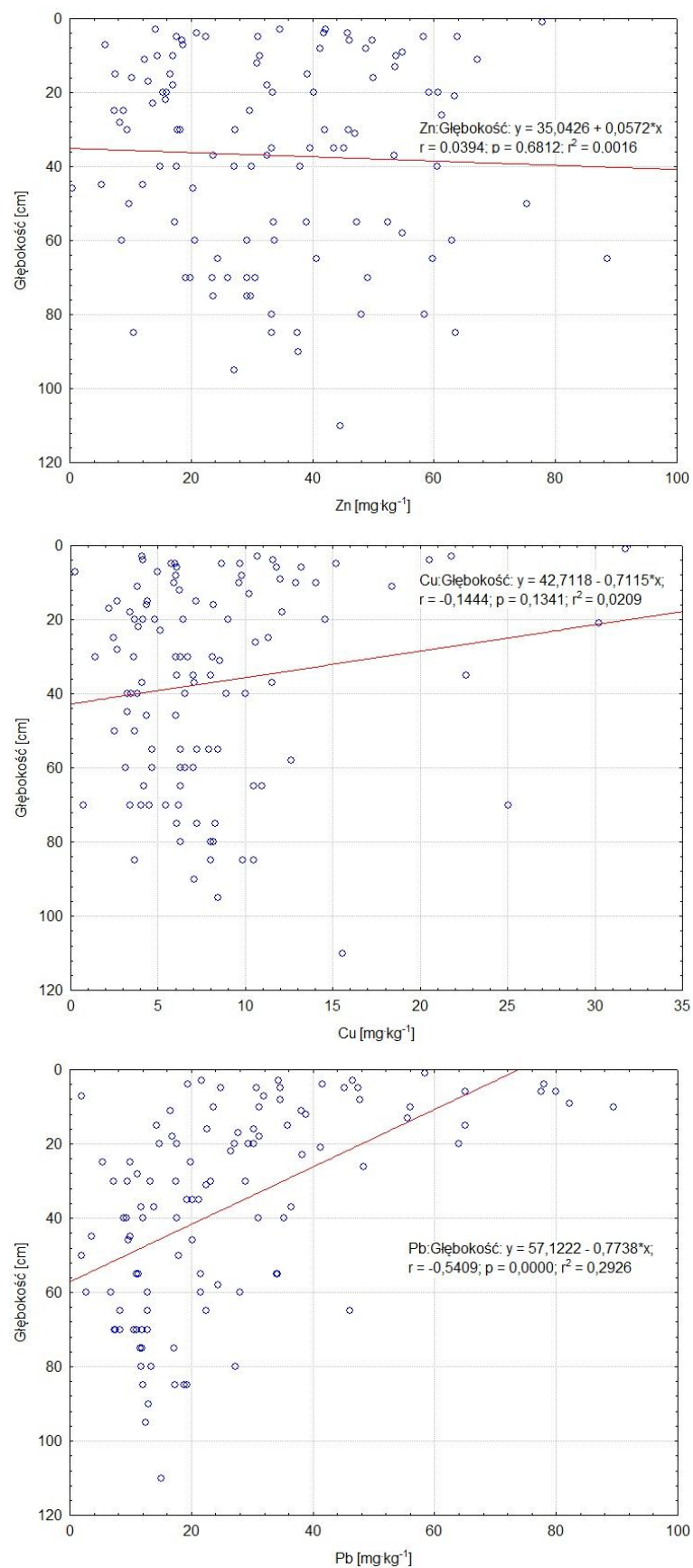
**Kolorem czerwonym oznaczono istotne różnice ($p < 0,05$)

Tab. 33. Test HSD Tukeya - grupy jednorodne dla zawartości Cu w badanych glebach, $\alpha = 0,05000$; błąd: MS międzygrupowe = 22,771, df = 106,00

Nr	Gleby wytworzone z:	Średnie	Grupy jednorodne
1	piaskowca ciosowego	4,28	a
2	piaskowca permskiego	9,94	b
3	granitu monzonitowego	9,44	b
4	margla	10,56	b

Całkowite zawartości miedzi są niskie. Tylko w kilku poziomach (głównie powierzchniowych) miedź występuje w ilościach wyższych niż typowych dla gleb niezanieczyszczonych Polski ($6-19 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1993]. Według wytycznych IUNG dla gleb użytkowanych rolniczo gleby te należą do 0 stopnia zanieczyszczenia gleb ze względu na obecność miedzi (naturalna zawartość tego metalu) [KABATA-PENDIAS, PIOTROWSKA 1995; KABATA-PENDIAS I IN. 1993].

Pod względem zawartości ołowiu i cynku badane gleby należy zakwalifikować do nieznacznie przekraczających tło geochemiczne (wg KABATY-PENDIAS I PENDIAS



Rys. 21. Zależności pomiędzy zawartościami metali ciężkich oraz głębokością we wszystkich profilach glebowych

[1993] dla gleb niezanieczyszczonych Polski zawartości Pb wynoszą $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, zaś Zn, w zależności od kategorii ciężkości gleb, $30\text{-}125 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Zgodnie z wytycznymi IUNG dla gleb ornych badane gleby należą do 0 i I stopnia zanieczyszczenia gleb ołowiem i cynkiem [KABATA-PENDIAS, PIOTROWSKA 1995; KABATA-PENDIAS I IN. 1993].

Na rys. 21 przedstawiono rozkład zawartości badanych metali ciężkich w glebach w ujęciu profilowym. Najwyższe ilości Pb, Zn i Cu zaobserwowano w wierzchniej warstwie gleb, do 20 cm.

Największe ilości pierwiastków śladowych zaobserwowano w glebach wytworzonych z granitów, co sugeruje, że to, w głównej mierze, chemizm tej skały macierzystej miał wpływ na obecność metali ciężkich w tych glebach.

Badania rozmieszczenia miedzi, cynku i ołowiu w analizowanych glebach wskazują na obecność większych ich ilości w poziomach powierzchniowych, a mniejszych w poziomie skały macierzystej (rys. 21), jakkolwiek jednoznaczny dowód słuszności tych rozważań w postaci istotnych, ujemnych wskaźników korelacji ilości metali i głębokości uzyskano tylko dla zawartości ołowiu ($r=-0,54^{***}$, $p<0,001$, $n=111$) (tab. 34). W przypadku pozostałych metali współczynniki korelacji są nieistotne statystycznie (dla Cu: $r=-0,14$, $n=109$; dla Zn: $r=0,04$, $n=111$) (tab. 34).

W omawianych glebach występowanie cynku i ołowiu koreluje także z ilością frakcji ilastej, ale na różnym stopniu istotności (dla Zn: $r=0,19^{**}$, $p<0,01$, $n=111$; dla Pb: $r=-0,26^{**}$, $p<0,01$, $n=111$) (tab. 34). Podobne wyniki uzyskały CZARNOWSKA I GWOREK [1987]. Na podstawie obliczeń statystycznych można także stwierdzić, iż większe ilości ołowiu występują w poziomach powierzchniowych i maleją wraz ze wzrostem zawartości frakcji $<0,002 \text{ mm}$ i głębokości w profilu glebowym. Inną tendencję można dostrzec w przypadku cynku. Udział Zn jest ściśle związany z frakcją ilów i wzrasta wraz ze wzrostem udziału cząstek o średnicach $<0,002 \text{ mm}$ w glebach. Stanowi to informację, iż cynk jest silnie przez nie sorbowany. Dla miedzi stwierdzono zależność między jej zawartością a udziałem frakcji ilastej w składzie granulometrycznym gleb na niskim poziomie istotności ($r=0,16^*$, $p<0,1$, $n=109$) (tab. 34).

Wyliczając współczynniki korelacji między poszczególnymi metalami stwierdzono, iż ich obecność jest ze sobą istotnie dodatnio skorelowana, co może oznaczać, że te metale pochodzą z jednego źródła, być może z zanieczyszczeń lub ze skały macierzystej (dla Zn względem Cu: $r=0,55^{***}$, $p<0,001$, $n=110$; dla Cu

względem Pb: $r=0,39^{***}$, $p<0,001$, $n=110$, dla Pb względem Zn: $r=0,39^{**}$, $p<0,01$, $n=112$) (tab. 34).

Tab. 34. Współczynniki korelacji dla zawartości metali ciężkich, węgla organicznego, pH oraz głębokości w badanych glebach

zmienna	głębokość	pH _{H2O}	Corg.	frakcja <0,002 mm	Pb	Zn
pH _{H2O}	0,62***					
Corg.	-0,61***	-0,48***				
frakcja <0,002 mm	0,31***	0,27**	-0,31***			
Pb	-0,54***	-0,37***	0,74***	-0,26**		
Zn	0,04	0,22**	0,19*	0,19**	0,39**	
Cu	-0,14	-0,03	0,26**	0,16*	0,39***	0,55***

Objaśnienia:

Współczynniki korelacji: *-istotność na poziomie $p<0,1$, **-istotność na poziomie $p<0,01$, ***-istotność na poziomie $p<0,001$.

Kolorem czerwonym oznaczono współczynniki korelacji na poziomie istotności $p<0,05$.

Wyniki zawartości poszczególnych metali są różnie skorelowane z pH_{H2O} gleby. Ujemna korelacja występuje w przypadku ołowiu ($r=-0,37^{***}$, $p<0,001$, $n=112$) i miedzi ($r=-0,03$, $n=110$) (tab. 34). Dodatnio skorelowane z pH_{H2O} gleby są zawartości cynku ($r=0,22^{**}$, $p<0,01$, $n=112$) (tab. 34).

Zawartości wszystkich pierwiastków śladowych, w objętych badaniami glebach, maleją wraz z głębokością, co jest związane z powinowactwem metali ciężkich do substancji organicznej. Jednakże stwierdza się także zależność między rodzajami skał macierzystych, z których wytworzyły się badane gleby, a zawartościami pierwiastków śladowych. Gleby PNGS, wytworzone z różnych skał macierzystych, zawierają pierwiastki śladowe w ilościach determinowanych również przez skład geochemiczny tych skał.

5.3.4. Formy przyswajalne magnezu, potasu i fosforu

Zawartość przyswajalnych form magnezu, potasu i fosforu w badanych glebach jest uzależniona zarówno od dopływu substancji organicznej do poziomów wierzchnich (współczynniki korelacji względem węgla dla poszczególnych form przyswajalnych są następujące: P₂O₅ $r=0,56^{***}$, $p<0,001$, $n=111$; K₂O $r=0,37^{***}$, $p<0,001$, $n=111$; Mg $r=0,10$, $n=111$) (tab. 36), jak i od rodzaju skały macierzystej. Największe zawartości form przyswajalnych są charakterystyczne dla gleb wytworzonych z margli oraz piaskowców permskich, zaś najmniejsze dla piaskowców ciosowych (rozpiętość

wartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu przedstawiono graficznie na rys. 22, 23 i 24).

W oparciu o liczby graniczne dla danej kategorii agronomicznej gleby, stosowane do oceny zasobności gleb w przyswajalne formy magnezu, potasu i fosforu, w większości poziomów glebowych, zawartości form przyswajalnych określono jako bardzo niskie i niskie (IV i V klasa zawartości). Według wytycznych do nawożenia lasów [JANISZEWSKI, KOWALKOWSKI 1974] wszystkie badane gleby opisano jako „niedostatecznie zasobne” w P_2O_5 . Pod względem zawartości K_2O gleby wytworzone z piaskowców ciosowych i permskich są „średnio” lub „niedostatecznie zasobne”, gleby z granitów - „średnio zasobne”, a z margli - „dobrze zasobne”. Zaś ilości łatwo rozpuszczalnej formy magnezu mieszczą się w kategorii „średnio zasobne” (gleby z piaskowców ciosowych), „średnio” i „dobrze zasobne” (gleby z piaskowców permskich) i „dobrze zasobne” (gleby z granitów i margli).

Niewielki udział przyswajalnych form fosforu może wynikać z kwaśnego i bardzo kwaśnego odczynu analizowanych gleb, gdyż niskie pH sprzyja zjawisku uwsteczniania związków fosforu. Niewielkie ilości przyswajalnych form potasu i magnezu mogą być spowodowane przez wymywanie lub pobieranie ich przez rośliny.

W poziomach próchnicznych w największych ilościach występują przyswajalne formy potasu (od 6,96 do 13,87 mg $\cdot$ 100 g gleby $^{-1}$), a w najmniejszych – fosforu (0,78-2,60 mg $\cdot$ 100 g gleby $^{-1}$). Ilości form przyswajalnych w poziomach powierzchniowych są wyższe niż w poziomach skały macierzystej, co może być spowodowane ich dostarczeniem wraz ze szczątkami roślinnymi (tab. 35 i tab. 51).

Warto zwrócić uwagę na wyższe zawartości przyswajalnych form potasu w glebach wytworzonych z granitu w porównaniu z glebami wytworzonymi z innych skał macierzystych. Obecność K_2O w tych glebach jest, bez wątpienia, spowodowana wietrzeniem skałeni potasowych, charakterystycznych dla składu mineralogicznego granitów.

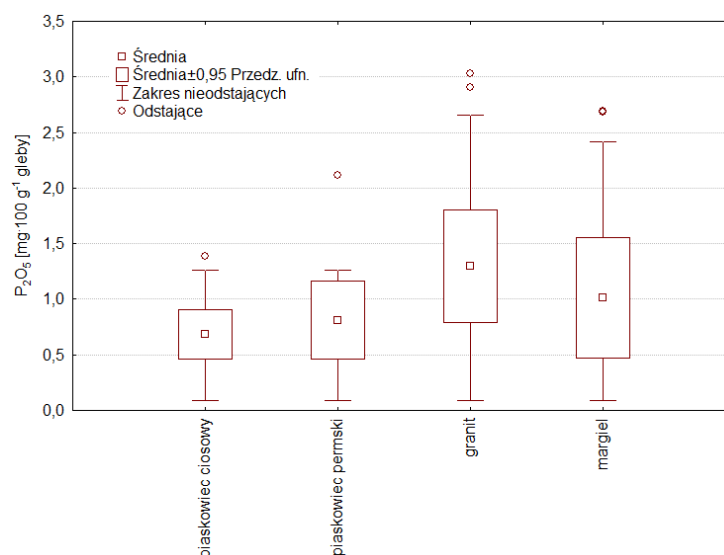
Z wyliczonych współczynników korelacji dla form przyswajalnych względem pH w wodzie wynika, że obecność form przyswajalnych magnezu jest dodatnio skorelowana z wartościami pH ($r=0,55^{***}$, $p<0,001$, $n=111$) (tab. 36), zawartość fosforu przyswajalnego ujemnie skorelowana z pH ($r=-0,17^*$, $p<0,1$, $n=111$) (tab. 36), natomiast nie stwierdzono zależności między pH_{H_2O} gleby a zawartością przyswajalnych form potasu ($r=-0,07$, $n=111$) (tab. 36).

Tab. 35. Formy przyswajalne fosforu, potasu i magnezu [mg 100 g gleby⁻¹] w badanych glebach

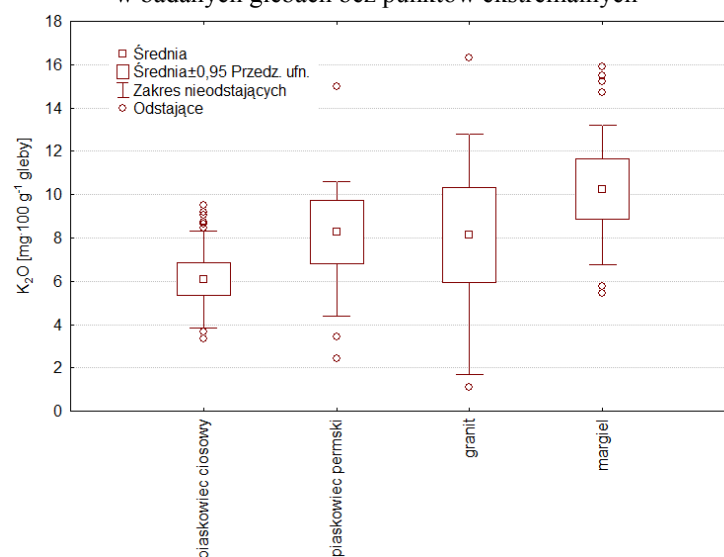
Poziom glebowy	P ₂ O ₅					K ₂ O					Mg				
	piaskowca ciosowego	piaskowca permńskiego	granitu	margla	piaskowca ciosowego	piaskowca permńskiego	granitu	margla	piaskowca ciosowego	piaskowca permńskiego	granitu	margla	piaskowca ciosowego	piaskowca permńskiego	granitu
A, Ah, AEes	0,78* 0,17-1,39**	1,34 0,01-3,80	2,48 1,74-3,03	2,60 0,01-7,13	6,96 4,88-8,62	10,69 4,89-17,80	13,87 12,50- 16,30	13,11 8,98-15,90	1,54 0,89-2,94	3,45 3,02-3,92	3,76 3,19-4,39	4,87 2,40-6,88			
ABbr	-	-	-	0,05 0,01-0,13	-	-	-	8,44 7,68-9,64	-	-	-	2,69 2,40-2,88			
Ees	0,39 0,01-0,96	-	-	-	5,57 0,22-9,05	-	-	-	0,95 0,42-1,24	-	-	-			
Bh	1,74 0,67-2,81	-	-	-	7,01 5,31-8,71	-	-	-	1,04 0,97-1,11	-	-	-			
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	0,50 0,01-2,62	-	-	-	5,92 0,84-9,17	-	-	-	1,27 0,45-3,55	-	-	-			
Bv, Bbr	-	0,81 0,01-1,26	1,08 0,74-1,52	0,63 0,01-1,37	-	6,95 2,41-9,45	8,14 7,00-10,30	9,48 6,77-13,20	-	2,10 1,39-3,01	3,05 2,63-3,38	3,25 1,91-6,35			
BC, BvC, BbrC	-	0,54 0,01-1,22	0,35 0,01-0,63	0,54 0,01-1,03	-	7,66 4,39-10,10	7,72 7,13-8,04	9,55 5,43-14,70	-	1,32 1,02-1,67	7,15 3,96-11,30	3,97 2,13-7,67			
C, CR	0,52 0,01-2,31	0,54 0,01-0,93	0,59 0,12-1,10	0,44 0,01-1,05	5,60 0,62-11,60	8,97 3,45-15,00	8,25 5,51-10,60	10,34 5,76-21,60	1,41 0,33-4,73	3,14 2,10-4,65	7,41 0,82-14,30	7,67 2,29-15,70			

*Wartość średnia

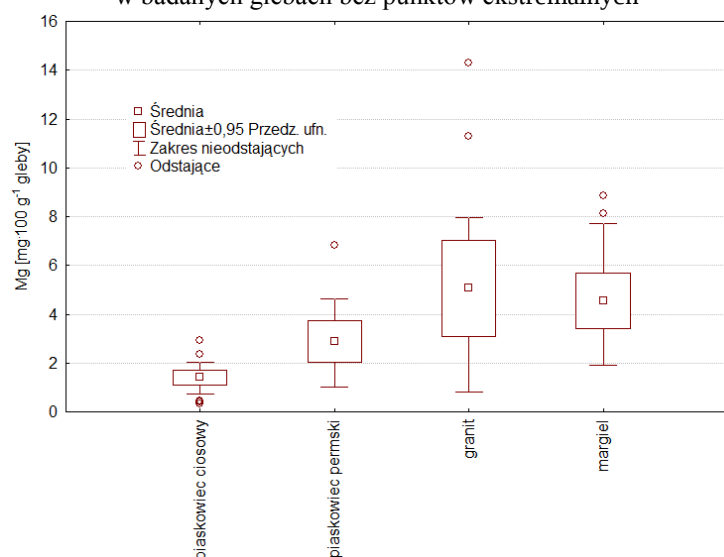
**Zakres wartości (minimum – maksimum)



Rys. 22. Zawartość przyswajalnych form fosforu P_2O_5 [mg 100 g⁻¹ gleby] w badanych glebach bez punktów ekstremalnych



Rys. 23. Zawartość przyswajalnych form potasu K_2O [mg 100 g⁻¹ gleby] w badanych glebach bez punktów ekstremalnych



Rys. 24. Zawartość przyswajalnych form magnezu Mg [mg 100 g⁻¹ gleby] w badanych glebach bez punktów ekstremalnych

Tab. 36. Współczynniki korelacji dla zawartości form przyswajalnych magnezu, potasu i fosforu oraz węgla organicznego, pH i głębokości w badanych glebach

zmienna	głębokość	pH _{H2O}	Corg.	Mg	K ₂ O
pH _{H2O}	0,62***				
Corg.	-0,61***	-0,48***			
Mg	0,23*	0,55***	0,10		
K ₂ O	0,11	-0,07	0,37***	0,38***	
P ₂ O ₅	-0,36***	-0,17*	0,56***	0,10	0,27**

Objaśnienia:

Współczynniki korelacji: *-istotność na poziomie $p < 0,1$, **-istotność na poziomie $p < 0,01$, ***-istotność na poziomie $p < 0,001$. Kolorem czerwonym oznaczono współczynniki na poziomie istotności $p < 0,05$

Poszczególne formy przyswajalne na różnym poziomie istotności korelowały także z głębokością w profilu glebowym. Nie wykazano istotnej statystycznie zależności między głębokością a zawartością potasu przyswajalnego, co należy tłumaczyć jego rozproszeniem w profilach glebowych. Mało zróżnicowane zawartości K₂O w ujęciu profilowym ($r=0,11$, $n=111$) (tab. 36) mogą być związane z pobieraniem potasu przyswajalnego przez systemy korzeniowe roślin i powolnym lub nieznacznym jego wymywaniem w głąb profili glebowych. W przypadku magnezu przyswajalnego obserwuje się nieznaczny wzrost jego zawartości wraz z głębokością ($r=0,23^*$, $p < 0,1$, $n=111$) (tab. 36). Znacznie bardziej istotna statystycznie jest zależność form fosforu do głębokości ($r=-0,36^{***}$, $p < 0,001$, $n=111$) (tab. 36), gdyż wraz ze wzrostem głębokości ilość fosforu maleje. Wskazuje to na znaczne powinowactwo P₂O₅ do materii organicznej i wysoką jego zawartość w poziomach powierzchniowych. Formy fosforu są zatem silnie sorbowane przez próchnicę glebową i ich źródłem w glebie, w głównej mierze, jest opad igliwia i liści.

Na podstawie wyliczonych współczynników korelacji nie wykazano istotnej statystycznie zależności pomiędzy zawartością Mg a P₂O₅ ($r=0,10$, $n=111$) (tab. 36). Odmienne sytuacja ma miejsce w przypadku zawartości Mg względem K₂O ($r=0,38^{***}$, $p < 0,001$, $n=111$) (tab. 36), K₂O względem P₂O₅ ($r=0,27^{**}$, $p < 0,01$, $n=111$) (tab. 36).

5.4. SKŁAD MINERALOGICZNY

5.4.1. Skład mineralogiczny frakcji ilastej

Na podstawie przeprowadzonych badań rentgenograficznych i derywatograficznych wydzielonej frakcji $<0,002$ mm z badanych gleb stwierdzono zróżnicowany skład jakościowy i ilościowy występujących w nich minerałów ilastych. Stwierdzono występowanie takich minerałów ilastych jak: illit (I), smektyt (S), kaolinit (K) i minerały mieszano-pakietowe: illit-smektyt (I-S) i hydrobiotyt-wermikulit (H-V). Minerale pierwotne reprezentowane są przez skalenie potasowe (F) oraz kwarc (Q). Udział ilościowy poszczególnych minerałów jest zmienny w zależności od skały macierzystej. Minerale, które w wielu poziomach glebowych ilościowo dominują nad pozostałymi minerałami, to minerały interstratyfikowane. Spośród minerałów pierwotnych w przewadze występuje wysokodyspersyjny kwarc (Q), który w najmniejszych ilościach obecny jest w glebach wytworzonych z granitów, a w największych - w glebach powstałych z piaskowców, zarówno ciosowych, jak i permskich.

Identyfikacji minerałów ilastych dokonano na podstawie typowych dla nich linii dyfrakcyjnych. Poza minerałami pierwotnymi (kwarc – refleksy 0,333 i 0,410 nm oraz skalenie potasowe - 0,324-0,329 nm) stwierdzono obecność minerałów wtórnych, którymi głównie są minerały mieszanopakietowe. Ich linie dyfrakcyjne cechują się zróżnicowaną intensywnością.

Obserwacja linii dyfrakcyjnych minerałów wtórnych w stanie naturalnym oraz po nasyceniu próbki gliceryną lub po wyprężaniu jej w temperaturze 550°C, umożliwiła ich identyfikację.

We wszystkich próbach występują refleksy od illitu, które nie przemieszczają się po prażeniu ani po nasyceniu próbki gliceryną oraz kaolinit, który identyfikowany jest na podstawie linii dyfrakcyjnej 0,712 nm, która zanika w temperaturze 550°C.

Szerokie pasmo dyfrakcyjne między 1,0 a 1,4 nm wskazuje na obecność minerałów o budowie mieszanopakietowej, głównie typu illit-smektyt. Stanowią one najczęściej ponad 50% wszystkich minerałów występujących we frakcji $<0,002$ mm.

Wraz z głębokością w profilach glebowych zauważono stopniowy spadek zawartości minerałów typu I-S na korzyść illitu. Obecność minerałów mieszanopakietowych typu illit-smektyt, zdaniem BARRE'GO I IN. [2007] jest uzależniona, w głównej mierze, od głębokości w profilu glebowym. Ich zdaniem

za występowanie tzw. „illito-podobnych” minerałów w większych ilościach w górnych poziomach profili glebowych odpowiada materia organiczna i dostępność jonów potasu.

Powstawanie minerałów 2:1 z grupy illitu związane jest z dostępnością K^+ w glebie. Zwiększony udział illitu w poziomach skały macierzystej może być efektem wymycia jonów potasu z poziomów wierzchnich. Ze względu na jego zawartość, jak i siły, jakimi jest sorbowany, można ułożyć w badanych glebach minerały „illito-podobne” w następującym szeregu: illit - z wysoką zawartością potasu, mieszanopakietowe illit/smektyt - ze zróżnicowaną zawartością jonów potasu oraz smektyt - o niskiej zawartości K^+ .

Procentowy udział poszczególnych minerałów frakcji $<0,002$ mm badanych gleb zestawiono w tab. 37. Jakościowy skład mineralogiczny wyznaczono w oparciu o otrzymane dyfraktogramy i derywatogramy (rys. 25-46).

Badania rentgenograficzne umożliwiły ocenę kierunków przemian poszczególnych minerałów pierwotnych. W przypadku gleb wytworzonych z granitów dominującymi minerałami w tych glebach są illit oraz minerały o strukturach mieszano-pakietowych typu illit-smektyt. Oprócz nich występują także minerały interstratyfikowane hydrobiotytowo-wermikulitowe, które występują w przewadze w składzie mineralogicznym frakcji ilastej poziomu Bbr w profilu 15.

Na tej podstawie można stwierdzić, iż skalenie potasowe budujące granit ulegają przeobrażeniu w kierunku minerałów z grupy illitu i kaolinitu, zaś występujące w granicie biotyty przekształcają się w minerały mieszano-pakietowe typu hydrobiotyt-wermikulit. W badanych glebach, we frakcji $<0,002$ mm, stwierdzono również niski udział smektytów (od 0 do 10%).

W glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych minerałami występującymi w największej ilości są minerały mieszano-pakietowe illitowo-smektytowe oraz illit, stanowiące łącznie ponad 90% udziału wszystkich minerałów. Kaolinit stanowi około 5% w składzie mineralogicznym tych gleb.

Ilościowy skład mineralogiczny gleb powstałych z piaskowców permskich jest podobny do składu minerałów ilastych frakcji $<0,002$ mm z gleb utworzonych z piaskowców ciosowych. Ponad 90% stanowią tu także minerały illitowo-smektytowe i illit traktowane łącznie. We frakcji $<0,002$ mm poziomu C profilu 13 illit stanowi blisko 80% całkowitego składu minerałów ilastych. We frakcji ilastej gleb wytworzonych z margli w większości poziomów dominują minerały mieszano-pakietowe illitowo-

smektytowe w ilości od 52 do 68%. W tych glebach stwierdzono także udział smektytu w ilości do 5%.

Tab. 37. Skład frakcji ilastej wybranych poziomów genetycznych badanych gleb

Poziom genetyczny	Minerały frakcji ilastej gleb Przybliżony procentowy skład frakcji ilastej, bez kwarcu	Kwarc
Profil 2. Gleba bielnicowa właściwa wytworzona z piaskowca ciosowego		
(A)Ees	I-S, I, K, Q, F*	++
Bh	I-S (55%), I (40%), K (5%), A, Q, F	++
C	I (50%), I-S (45%), K (5%), Q, A, F	+++
Profil 13. Gleba bielnicowo-rdzawa wytworzona z piaskowca permskiego		
AE	I, I-S, K, Q, F	++
Bv	I-S (56%), I (39%), K (5%), Q	++
C	I (79%), I-S (17%), K (4%), Q	++
Profil 15. Gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z granitu monzonitowego		
Ah	H-V, I-S, K, I, Q, A	+
Bbr	H-V (48%), I-S (33%), I (14%), K (5%), A, Q, F	+
C	I (36%), I-S (32%), H-V (23%), K (9%), A, Q, F	+
Profil 16. Gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z granitu monzonitowego		
Bbr	I-S (35%), H-V (25%), I (24%), S (10%), K (6%), A, Q, F	+
C	I (42%), I-S (34%), H-V (20%), K (4%), Q, A, F	+
Profil 18. Gleba brunatna kwaśna bielnicowana wytworzona z granitu monzonitowego		
B	I (40%), H-V (27%), I-S (24%), K (9%), Q, A	+
BC	I (35%), H-V (28%), I-S (27%), K (10%), Q, F, A	+
Profil 19. Gleba brunatna kwaśna bielnicowana wytworzona z granitu monzonitowego		
B	H-V (66%), I (23%), K (11%), Q, F, A	+
BC	I (43%), H-V (35%), I-S (12%), K (10%), Q, A	+
Profil 21. Gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z margla		
Bbr	I-S (58%), I (32%), K (5%), S (5%), A, Q, F	+++
C	I-S (55%), I (34%), S (7%), K (4%), A, Q, F	+++
Profil 24. Gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z margla		
C(R)	I-S (64%), I (32%), K (4%), Q	+++
Profil 25. Gleba brunatna kwaśna bielnicowana wytworzona z margla		
C(R)	I-S (56%), I (40%), K (4%), Q	+++
Profil 26. Gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z margla		
Ah	I-S, I, K, Q, F	+++
Bbrg2	I-S (58%), I (35%), K (7%), A, Q	+++
2C	I (68%), I-S (29%), K (3%), Q	+++

Objaśnienia:

*Z przyczyn technicznych, w poziomach próchnicznych określono skład mineralogiczny wyłącznie jakościowo

A – substancja amorficzna, F – skalenie potasowe, H-V – hydrobiotyt-wermikulit, I – illit, I-S – illit-smektyt, K – kaolinit, S – smektyt, Q – kwarc; względna zawartość kwarcu: +++ wysoka, ++ średnia, + niska

Skład mineralogiczny badanych gleb świadczy o daleko posuniętym zaawansowaniu procesu wietrzenia chemicznego, czego dowodem jest znaczna ilość minerałów wtórnych. Obecność minerałów ilastych jest także kształtowana procesami

wietrzenia fizycznego, co potwierdza obecność znacznych ilości kwarcu i skalenii potasowych w analizowanej frakcji ilastej.

W profilach 2, 13, 15 oraz 26 wykonano również analizy rentgenograficzne frakcji $<0,002$ mm z poziomów próchnicznych. Dyfraktogramy rentgenowskie dla poziomów akumulacji materii organicznej często są trudne do interpretacji ze względu na duże ilości węgla organicznego. Otrzymany wykres cechuje się wówczas, mimo prób usunięcia materii organicznej, znacznym „rozmyciem”, które zaburza identyfikację poszczególnych minerałów ilastych. Dodatkowym problemem przy oznaczaniu składu mineralogicznego poziomów A jest występowanie kompleksowych połączeń organiczno-mineralnych. Poziomy próchniczne wybranych profili glebowych cechują się zbliżonym składem mineralogicznym frakcji $<0,002$ mm (tab. 37, rys. 25, 28, 31 i 44). W badanym materiale glebowym, na podstawie typowych linii dyfrakcyjnych, określono jakościowy udział minerałów pierwotnych i wtórnych. Do minerałów pierwotnych, występujących we wszystkich próbach, należy kwarc, który daje wyraźne refleksy w każdej z badanych frakcji, przy czym najsilniej się uwidacznia w poziomach akumulacyjnych gleb wytworzonych ze skał bogatych w SiO_2 (w glebach utworzonych z piaszczowców). Spośród minerałów pierwotnych, na dyfraktogramach słabo dostrzegalne są linie dyfrakcyjne $0,317$ nm, typowe dla skalenii potasowych.

Obecność illitu została zidentyfikowana na podstawie słabo się zaznaczającej linii $1,00$; $0,50$ i $0,33$ nm. Minerałem ilastym, występującym w badanych frakcjach, jest także kaolinit, którego występowanie jest potwierdzone liniami dyfrakcyjnymi $0,73$ i $0,35$ nm, zanikającymi podczas wyprężania preparatów w temp. 550°C .

We wszystkich analizowanych frakcjach $<0,002$ mm widoczna jest także linia $0,42$ nm oraz $0,33$ nm (pokrywająca się z linią dyfrakcyjną illitu), najsłabiej się uwidaczniająca w profilu 15 (rys. 31). Są to linie typowe dla kwarcu. W glebach granitowych zaznacza się także obszar $1,0$ - $1,6$ nm właściwy dla minerałów mieszanopakietowych typu hydrobiotyt-wermikulit. W pozostałych glebach obserwowany jest obszar linii dyfrakcyjnych o wzrastającym natężeniu od $1,0$ nm do $1,4$ nm, charakterystyczny dla minerałów interstratyfikowanych illitowo-smektytowych.

Poziomy powierzchniowe badanych gleb nie różnią się znacznie między sobą. Dużo większe zróżnicowanie w składzie mineralogicznym jest widoczne

w poziomach C, gdzie wpływ skały macierzystej na skład jakościowy minerałów ilastych jest dużo większy.

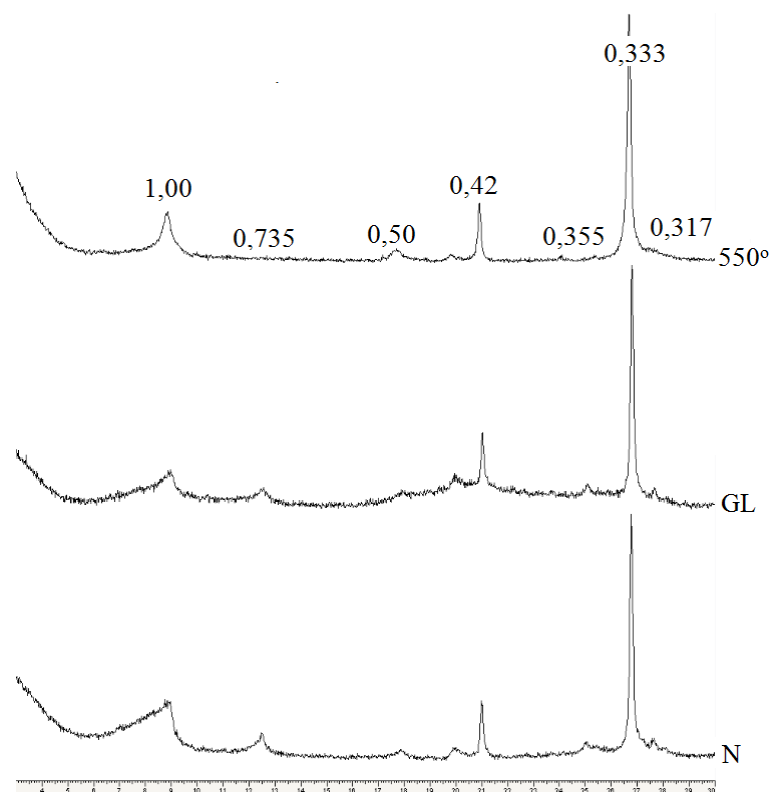
Uzupełnieniem badań rentgenostrukturalnych są badania derywatograficzne. Wykonane derywatogramy dla frakcji iłu koloidalnego, wyizolowanego z poszczególnych poziomów genetycznych omawianych gleb, potwierdzają wyniki przeprowadzonych badań rentgenograficznych. Wskazują one na illitowy i illitowo-smektytowy skład minerałów ilastych tych gleb. Umożliwiły one także stwierdzenie obecności znacznych ilości tlenków żelaza, które mogą maskować obecność minerałów krystalicznych. Na podstawie przebiegu krzywej termogravimetrycznej (TG) oraz krzywej termicznej analizy różnicowej (DTA) i występowania na niej wyraźnego, niskotemperaturowego efektu endotermicznego stwierdzono różny stopień uwodnienia występujących w badanych glebach minerałów oraz obecność substancji organicznej. Na podstawie krzywych termogravimetrycznych (TG) określono jednocześnie procentowy spadek masy, który był zmienny w poszczególnych próbkach glebowych i wynosił od 10,02 do 26,50% wag. Strata masy podczas wyprężania była najniższa w przypadku gleb wytworzonych z margli (10,09-14,38% wag.), zaś najwyższa w glebach powstałych z granitów (11,90-26,50% wag.). Wyjątkowo duża strata wagowa w glebach powstałych z granitów może być spowodowana występowaniem licznych połączeń organiczno-mineralnych, typowych dla kudowskich granitów o wermikulitowym charakterze [BOGDA I IN. 1998] oraz wysokim uwodnieniem minerałów. W miarę wzrostu głębokości, w omawianych glebach, zmniejsza się strata wagowa. Wraz z głębokością maleje również procentowy udział minerałów o strukturach mieszano-pakietowych.

SZCZEGÓŁOWA CHARAKTERYSTYKA MINERALOGICZNA BADANYCH FRAKCJI

Profil 2. Gleba bielkowa właściwa wytworzona z piaskowca ciosowego

Poziom (A)Ees

Fracja <0,002 mm poziomu (A)Ees gleby bielkowej właściwej wytworzonej z piaskowca ciosowego charakteryzuje się obecnością następujących minerałów ilastych: mieszanopakietowych minerałów illitowo-smektytowych, illitu oraz kaolinitu (tab. 37). Na dyfraktogramie analizowanej frakcji najintensywniej się zaznaczającą linią dyfrakcyjną jest jednakże linia charakterystyczna dla minerału pierwotnego, dla kwarcu. Wysoki refleks zaznacza się przy 0,42 nm i 0,333 nm (rys. 25).



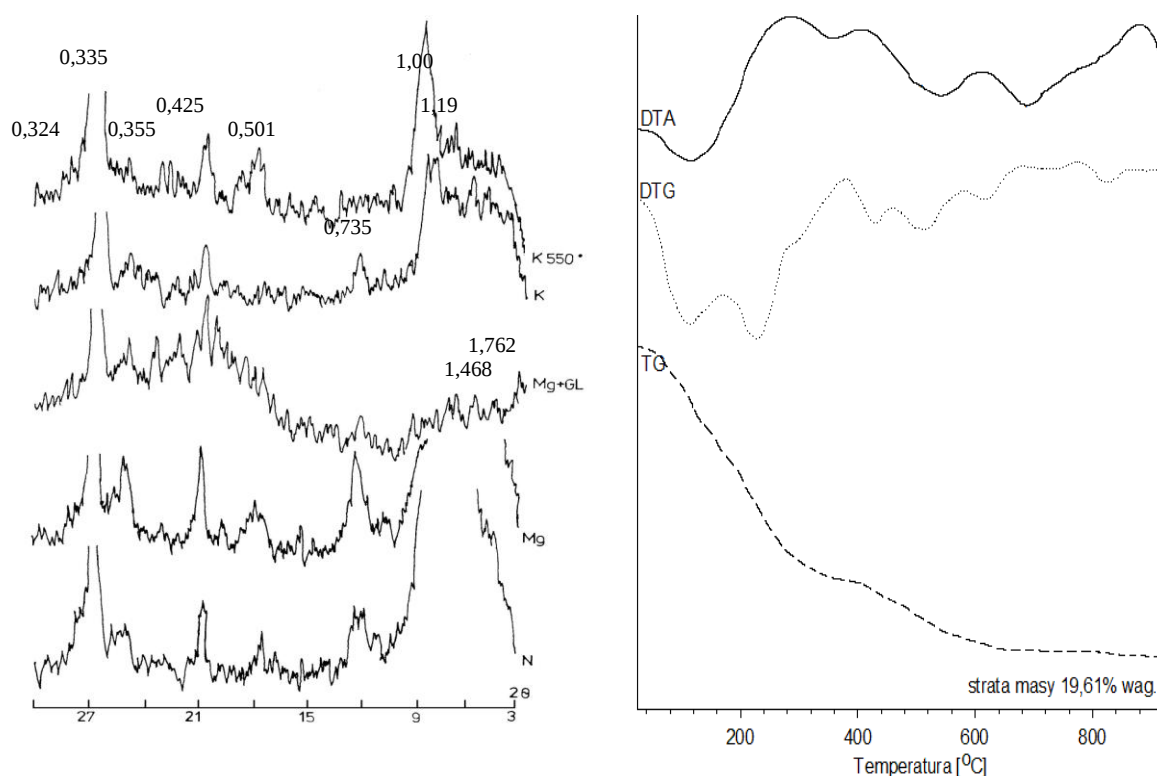
Rys. 25. Dyfraktogram frakcji <0,002 mm gleby bielcowej właściwej wytworzonej z piaskowca ciosowego (profil 2, poziom (A)Ees)

Poziom Bh

W składzie mineralogicznym frakcji <0,002 mm w poziomie Bh omawianej gleby dominują (ponad 55%) minerały mieszano-pakietowe illitowo-smektytowe. Mineralami występującymi w mniejszych ilościach są illit (40%), kaolinit (5%) oraz wysokodispersyjne minerały pierwotne: kwarc (z charakterystycznymi liniami dyfrakcyjnymi 0,335 i 0,420) oraz skalenie potasowe (zidentyfikowane na podstawie linii 0,324-0,329) (tab. 37 i rys. 26).

Strata wagowa odczytana z krzywej (TG) wynosi 19,61% i spowodowana jest dehydratacją minerałów i obecnością substancji amorficznej (rys. 26).

Analiza termiczna omawianej frakcji wykazała na krzywej termicznej analizy różnicowej (DTA) dobrze widoczny efekt endotermiczny w temperaturze około 200°C. Dalszy przebieg krzywej DTA jest niejednostajny, wskazujący na obecność takich minerałów jak wermikulit, illit, illit-smektyt oraz kaolinit (w temperaturze około 600°C).

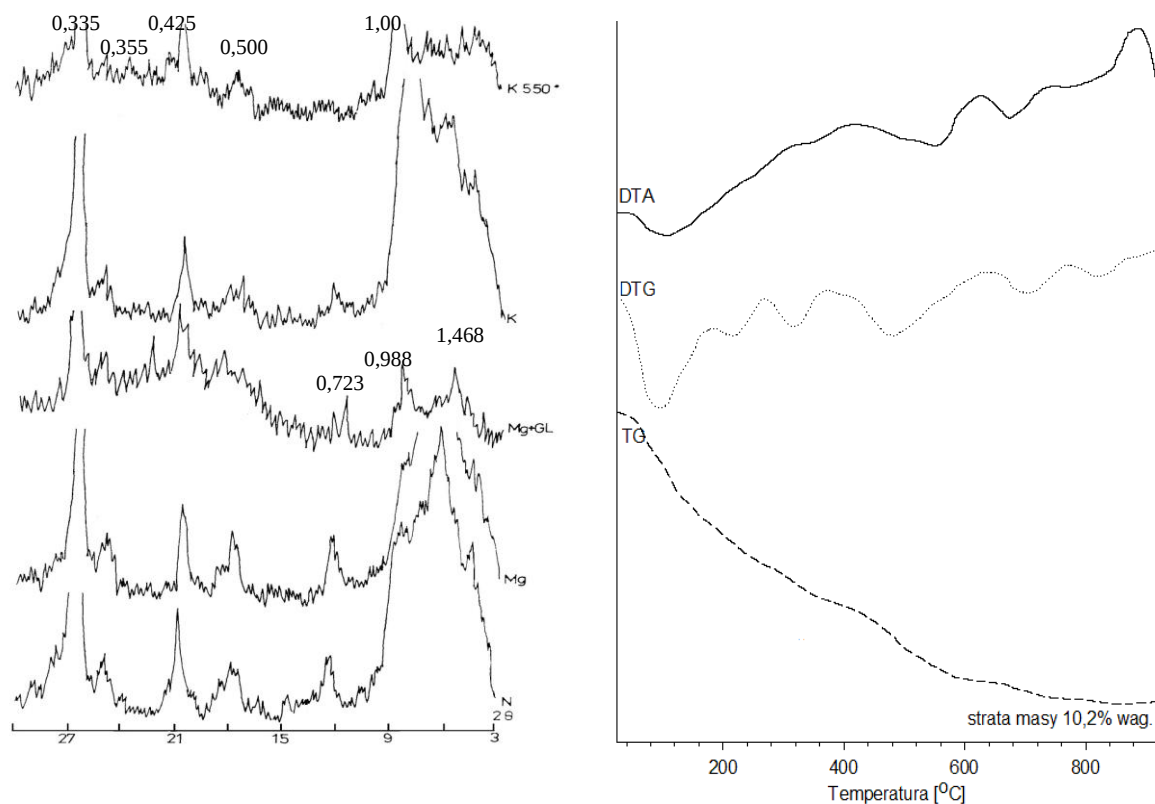


Rys. 26. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby bielcowej właściwej wytworzonej z piaskowca ciosowego (profil 2, poziom Bh)

Poziom C

Analizowana frakcja iłu koloidalnego z poziomu skały macierzystej C posiada inny ilościowo skład minerałów w porównaniu z poziomem Bh. Dominującym minerałem w tym poziomie jest illit. Wskazuje na to dobrze zaznaczona linia dyfrakcyjna 1,00 nm. Illit występuje w ilości 50%. Poza tym minerałem, w dużej ilości występują interstratyfikowane minerały illitowo-smektytowe (45%). Kaolinit, podobnie jak w poziomie Bh, występuje w ilości 5%. Mineralami towarzyszącymi są skalenie potasowe (tab. 37). Kwarc pojawia się w większych ilości niż w poziomie Bh (linie 0,42 nm i 0,333 nm). Substancja bezpostaciowa jest obecna w bardzo małej ilości, o czym świadczy słabo widoczny efekt endotermiczny w temperaturze około 160 °C oraz dużo niższa strata wagowa, która wynosi 10,2% (rys. 27).

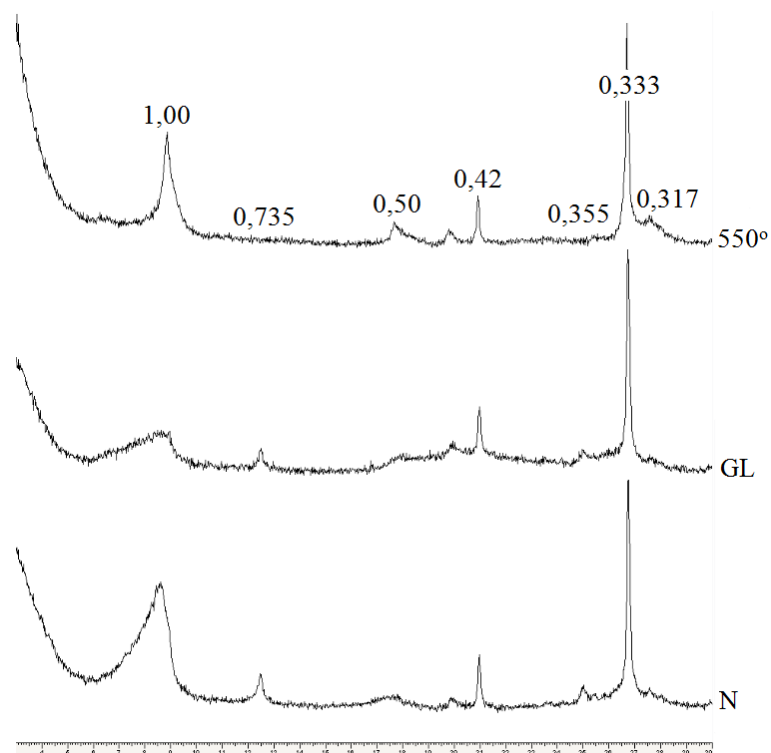
Otrzymane wyniki metodą termiczną potwierdzają występowanie określonych minerałów, oznaczonych metodą dyfraktometrii rentgenowskiej. Wyraża się to m.in. dużym podobieństwem wyników uzyskanych w obu analizach. Na podstawie krzywej DTA stwierdzono także obecność związków żelaza FeOOH (w postaci rozproszonego getytu – efekt termiczny w zakresie 300-350°C).



Rys. 27. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby bielcowej właściwej wytworzonej z piaskowca ciosowego (profil 2, poziom C)

Profil 13. Gleba bielcowo-rdzawa wytworzona z piaskowca permńskiego

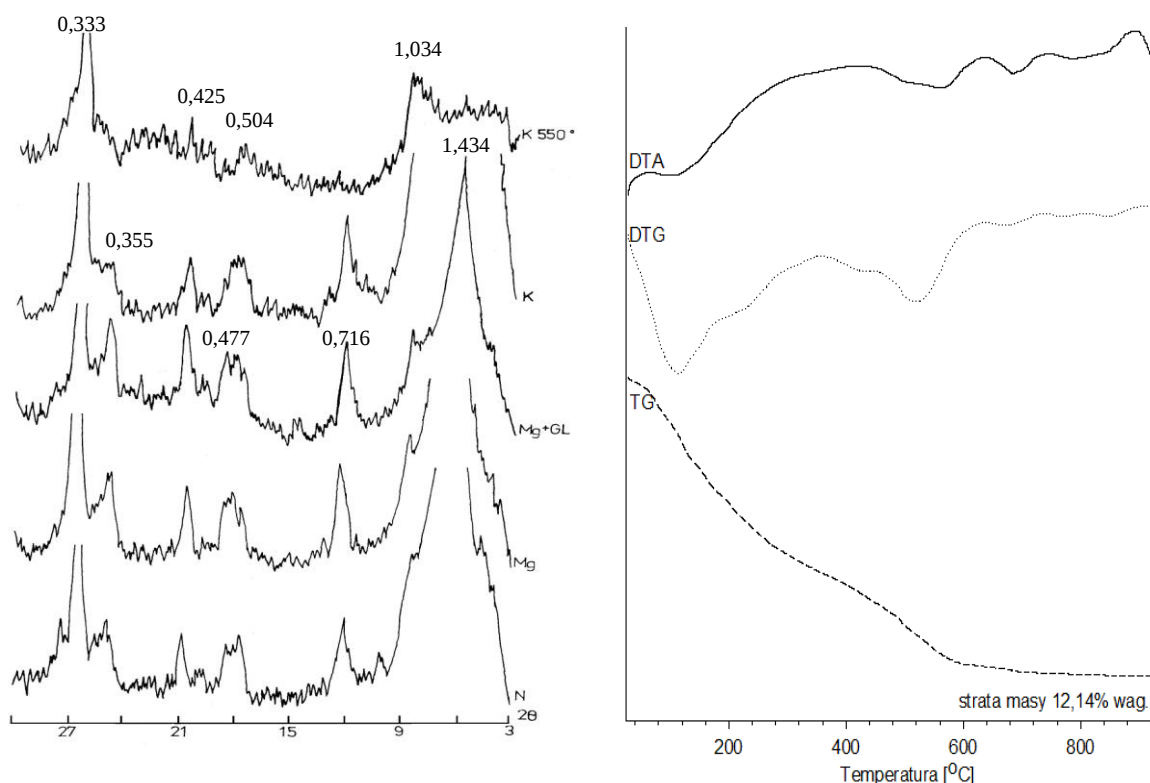
Poziom AE



Rys. 28. Dyfraktogram frakcji <0,002 mm gleby bielcowo-rdzawej wytworzonej z piaskowca permńskiego (profil 13, poziom AE)

Dyfraktogram frakcji $<0,002$ mm badanego poziomu charakteryzuje się wyraźnie zaznaczoną linią dyfrakcyjną 0,42 nm i 0,333 nm, typową dla kwarcu (rys. 28). W składzie mineralicznym badanej próbki stwierdza się obecność następujących minerałów: illitu, mieszanopakietowych minerałów illitowo-smektytowych oraz kaolinitu. Słabo widoczny jest pik właściwy dla skaleni potasowych (0,317 nm) (tab. 37).

Poziom Bv



Rys. 29. Dyfraktogram i derywatogram frakcji $<0,002$ mm gleby bielcowo-rdzawej wytworzonej z piaskowca permskiego (profil 13, poziom Bv)

Skład mineraliczny frakcji $<0,002$ mm poziomu Bv badanej gleby jest zbliżony ilościowo i jakościowo do składu poziomu Bh profilu 2. Spośród minerałów ilastych dominują minerały interstratyfikowane illit-smektyt, obecne w ilości 56%, następnie illit (39%). Minerałem towarzyszącym jest kaolinit (5%). Z minerałów pierwotnych w dużych ilościach występuje kwarc, natomiast brak skaleni potasowych, obecnych w profilu 2 (tab. 37).

Wyniki badań termicznych potwierdzają dane z analiz rentgenograficznych. Na derywatogramie frakcji $<0,002$ mm widoczny jest dobrze zaznaczony na krzywej

DTA nisko-temperaturowy efekt endotermiczny, który spowodowany jest przez występowanie minerałów uwodnionych i substancji organicznej.

Strata masy odczytana z krzywej termograwimetrycznej (TG) wynosi 12,14% (rys. 29).

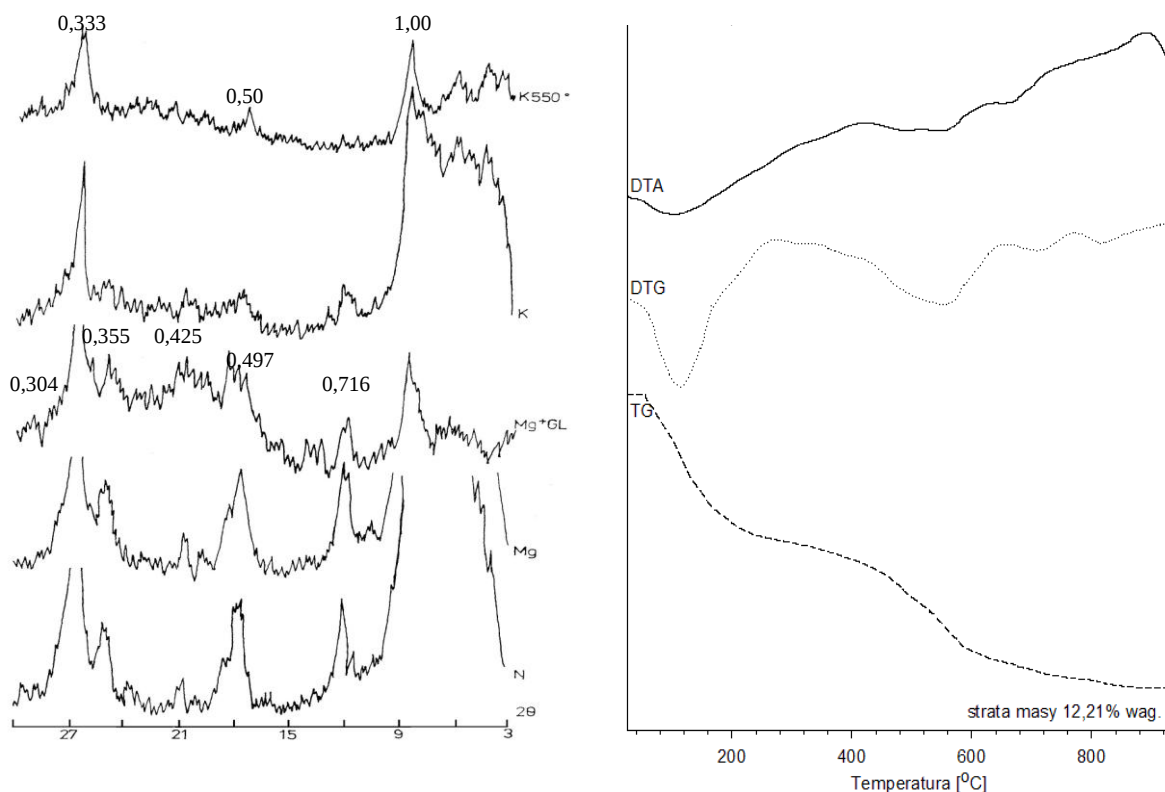
Poziom C

We frakcji iłu koloidalnego w poziomie C profilu 13 dominującym minerałem jest illit. Jego zawartość wynosi 79%. Występują także minerały illitowo-smektytowe, a ich ilość oszacowano na 17%. Kaolinit występuje w ilości 4%.

Spośród minerałów pierwotnych zaznaczona jest również obecność wysokodispersyjnego kwarcu (tab. 37).

Strata wagowa, informująca o obecności substancji amorficznej oraz dehydratacji minerałów, jest zbliżona do straty masy frakcji iłu koloidalnego z poziomu Bv badanego profilu i wynosi 12,21% (rys. 30). Niska strata masy może być związana z małą ilością uwodnionych minerałów.

Na obecność substancji amorficznej wskazuje wyniesienie linii dyfrakcyjnej próbki wysyconej magnezem i gliceryną w zakresie kąta 15-24° (0,52-0,35 nm).



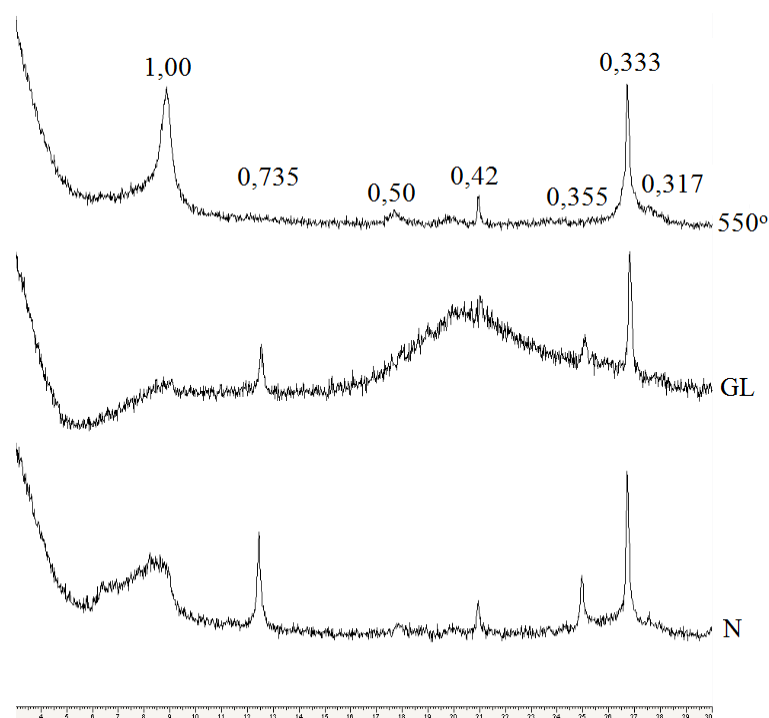
Rys. 30. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby bielcowo-rdzawej wytworzonej z piaskowca permskiego (profil 13, poziom C)

Profil 15. Gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z granitu monzonitowego

Poziom Ah

Minerałami wtórnymi występującymi w analizowanej frakcji ilastej są mieszanopakietowe minerały hydrobiotytowo-wermikulitowe oraz illitowo-smektytowe, a także illit oraz kaolinit. Kwarc zidentyfikowano na podstawie linii dyfrakcyjnych 0,333 nm oraz 0,42 nm, niższych w porównaniu z tymi samymi refleksami stwierdzonymi we frakcjach poziomów powierzchniowych gleb wytworzonych z piaskowców ciosowych i permskich oraz margli (rys. 25, 28 i 42). Skład mineralogiczny (tab. 37) określono w oparciu o dyfraktogram frakcji (rys. 31).

W składzie mineralogicznym frakcji <0,002 mm poziomu Ah gleby brunatnej kwaśnej (profil 15) wytworzonej z granitu monzonitowego stwierdza się również obecność amorficznej substancji, ujawniającej się uwypukleniem linii dyfrakcyjnej na krzywej rentgenograficznej dla próbki wysycanej gliceryną (0,38-0,50 nm). Charakterystyczna linia dyfrakcyjna wskazuje na obecność substancji organicznej oraz alofanów.



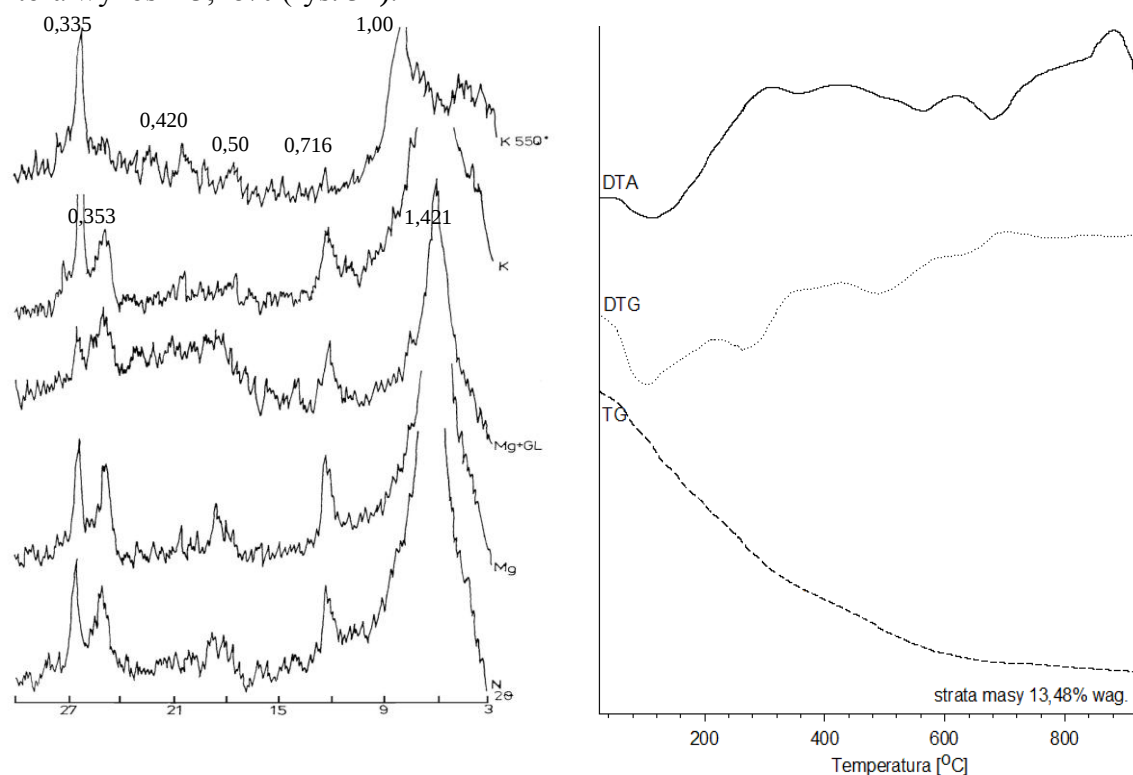
Rys. 31. Dyfraktogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 15, poziom Ah)

Poziom Bbr

Udział jakościowy i ilościowy minerałów frakcji <0,002 mm poziomu Bbr badanej gleby wytworzonej z granitu (tab. 37) różni się znacząco od opisywanego wcześniej składu mineralogicznego frakcji iłu gleb wytworzonych z piaskowców ciosowych

i permskich. Spośród oznaczonych minerałów dominują, nieobecne w opisywanych wcześniej frakcjach, minerały mieszano-pakietowe hydrobiotytowo-wermikulitowe (48% udziału w składzie mineralogicznym frakcji <0,002 mm). Grupa tych minerałów przejściowych została zidentyfikowana na podstawie obecności szerokiego pasma linii dyfrakcyjnych z kulminacją w 1,38 nm. Po nasyceniu próbki gliceryną linia ta nieznacznie przesuwana się do 1,4 nm i łagodnie dochodzi do 0,88 nm. W ilości 33% występują minerały interstratyfikowane illitowo-smektytowe, następnie illit (14%) oraz kaolinit (5%). Minerale pierwotne reprezentowane są przez kwarc (słabo zaznaczone refleksy) oraz skalenie potasowe, występujące w niewielkich ilościach.

Krzywa DTA umożliwiła także identyfikację związków żelaza FeOOH w postaci rozproszonego getytu (w temp. ok. 350°C) oraz substancji organicznej (w temp. ok. 160°C). Obecność związków organicznych ma duży wpływ na stratę masy, która wynosi 13,48% (rys. 32).



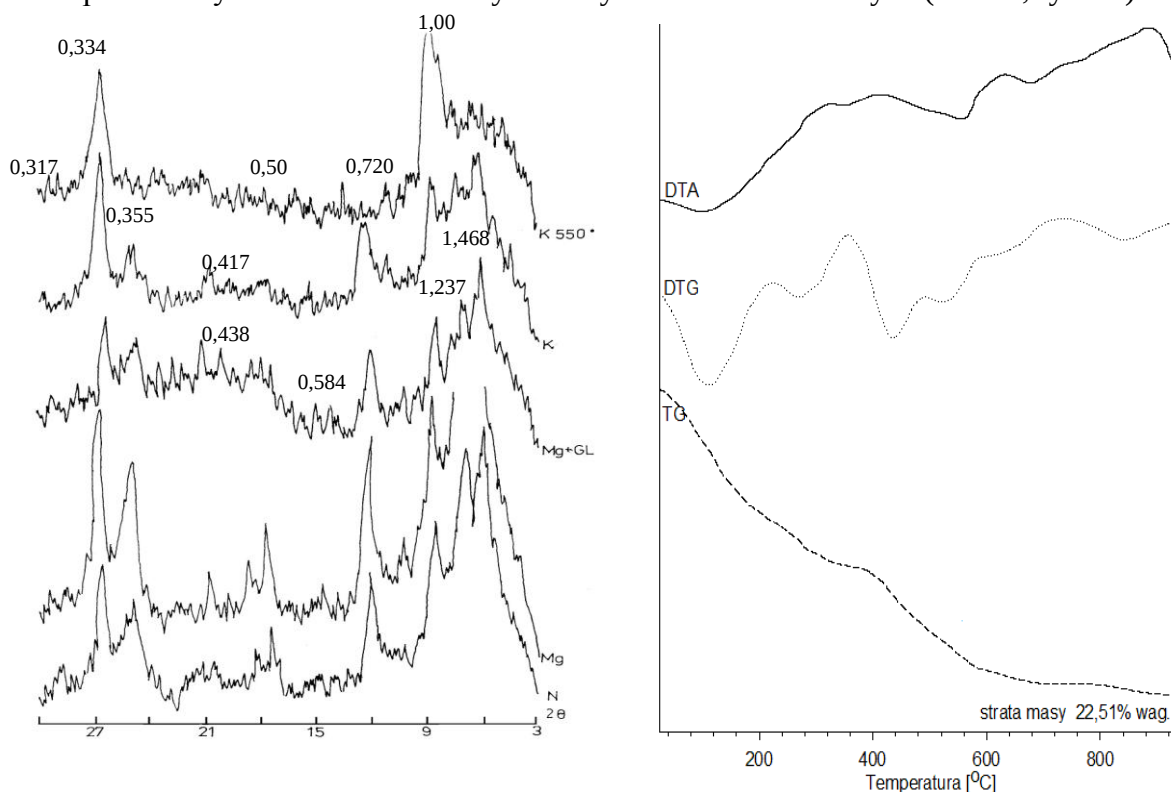
Rys. 32. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 15, poziom Bbr)

Poziom C

Udział ilościowy poszczególnych minerałów we frakcji <0,002 mm poziomu C analizowanej gleby granitowej różni się ilościowo znacznie od składu badanej frakcji poziomu Bbr tej samej gleby. Różnica dotyczy dominacji procentowej minerałów.

W największej ilości występuje bowiem illit (36%), a dominujące w poziomie Bbr minerały mieszano-pakietowe hydrobiotytowo-wermikulitowe obecne są w poziomie C w mniejszej ilości (23%). Wyższą zawartością od minerałów H-V cechują się minerały interstratyfikowane illitowo-smektytowe (32%). Poza wymienionymi minerałami, w ilości 9% występuje kaolinit. Linia dyfrakcyjna 0,317 nm pochodzi od obecnych w omawianej frakcji rozdrobnionych skaleni, które występują w niewielkich ilościach. Zawartości kwarcu są także nieznaczne (tab. 37).

Na podstawie krzywej DTA stwierdzono obecność związków żelaza oraz amorficznej substancji organicznej. Odczytana z krzywej termograwimetrycznej (TG) strata wagowa jest wysoka i wynosi 22,51%. Spowodowana jest ona obecnością substancji bezpostaciowych oraz minerałów hydrobiotytowo-wermikulitowych (tab. 37, rys. 33).



Rys. 33. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 15, poziom C)

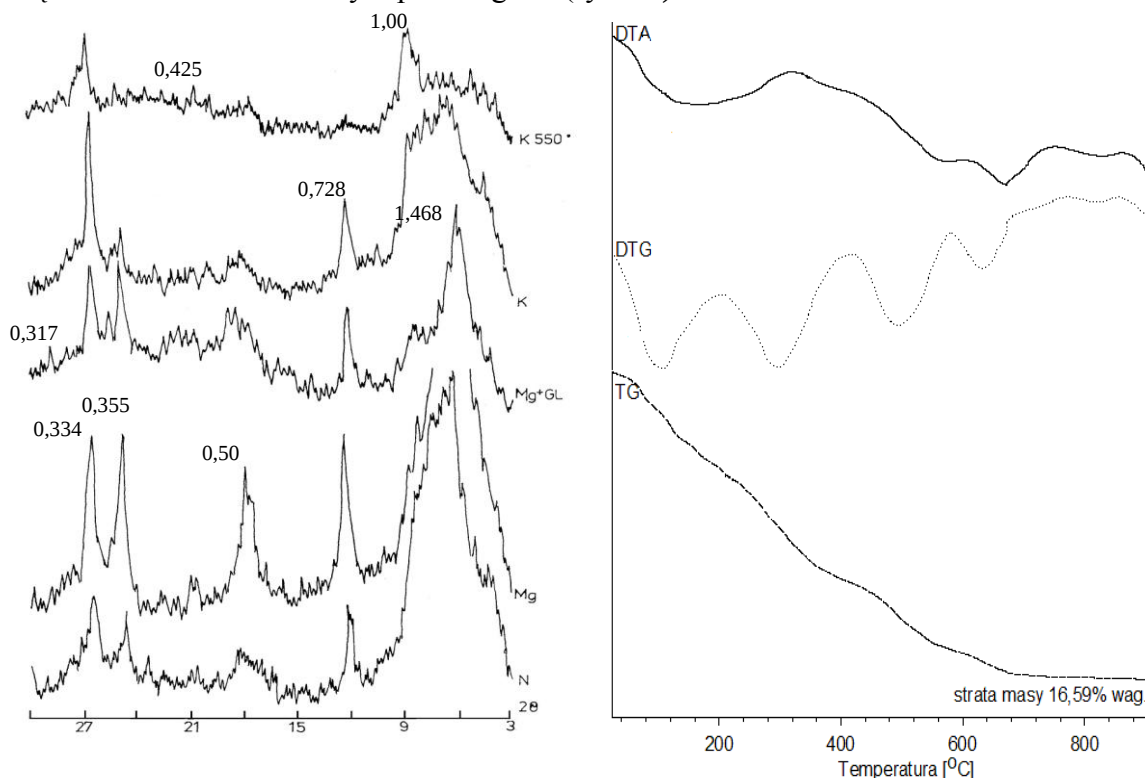
Profil 16. Gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z granitu monzonitowego

Poziom Bbr

W składzie mineralicznym badanej frakcji stwierdzono występowanie typowych dla minerałów mieszano-pakietowych hydrobiotytowo-wermikulitowych linii dyfrakcyjnych od 1,4 nm do 0,7 nm. Do minerałów przeważających ilościowo należą illit-smektyt (35%), hydrobiotyt-wermikulit (25%) oraz illit (24%). W mniejszych ilościach występuje smektyt (10%) oraz kaolinit (6%). Poza wymienionymi minerałami

stwierdzono także udział skaleń potasowych (linia dyfrakcyjna 0,31 nm) oraz kwarcu (linia 0,42 nm) (tab. 37).

Strata masy, oznaczona na podstawie krzywej TG, wynosi 16,59% i jest efektem obecności substancji organicznej, której występowanie potwierdzone jest widocznym na linii DTA efektem endotermicznym w zakresie temp. 140-160°C. Krzywa DTG cechuje się bardzo nierównomiernym przebiegiem (rys. 34).



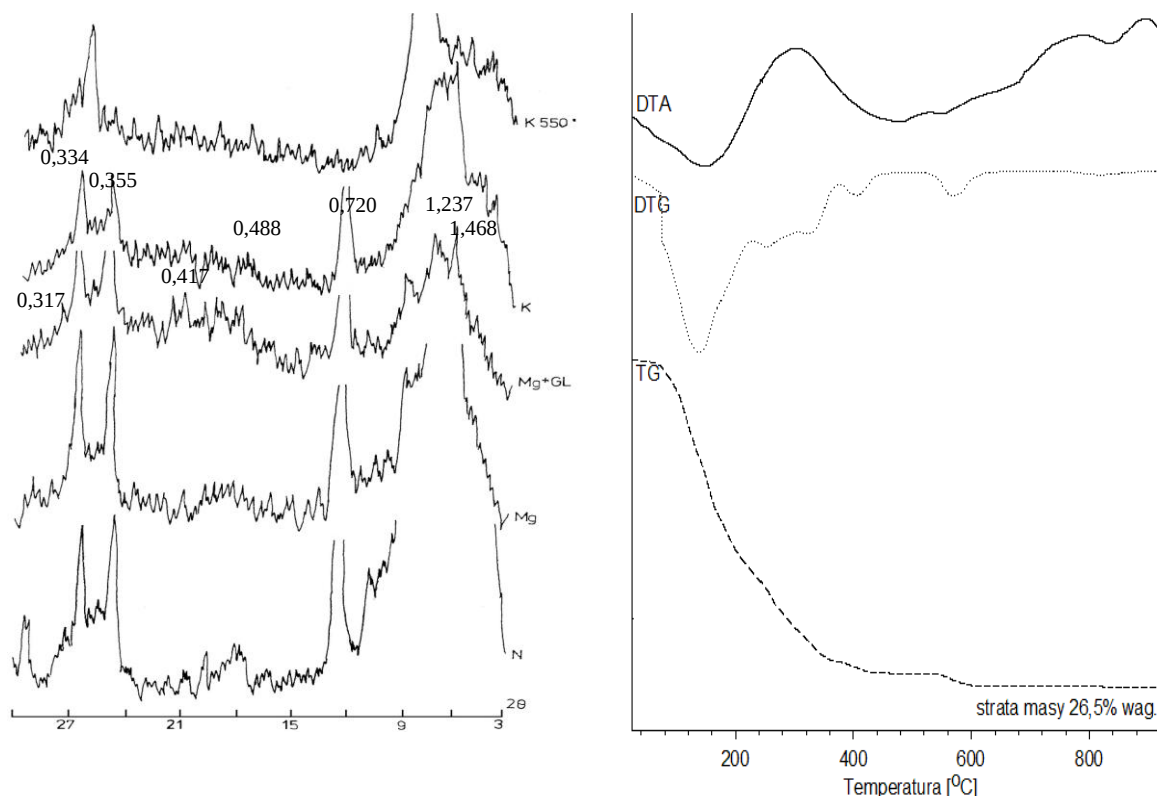
Rys. 34. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 16, poziom Bbr)

Poziom C

W poziomie skały macierzystej, podobnie jak we frakcji <0,002 mm poziomu Bbr badanej gleby, stwierdzono obecność minerałów hydrobiotytowo-wermikulitowych (20%). Udział minerałów we frakcji ilastej tego poziomu jest podobny do składu mineralogicznego w poziomie Bbr, jednakże nie stwierdzono występowania smektytów, a jedynie wyższy udział minerałów mieszano-pakietowych illitowo-smektytowych (34%). Dominującemu illitowi (42%) towarzyszą także: kaolinit (w ilości 4%), kwarc oraz skalenie potasowe (tab. 37).

Na krzywej DTA wyraźnie zaznacza się efekt endotermiczny przy temperaturze około 160°C, który może być spowodowany obecnością substancji organicznej (rys. 35). Niskotemperaturowy efekt endotermiczny, pojawiający się na derywatogramie informuje także o wysokim stopniu uwodnienia minerałów.

Potwierdzeniem tego jest wysoka strata masy (26,50%), która świadczy o zachodzącym procesie odwodnienia.

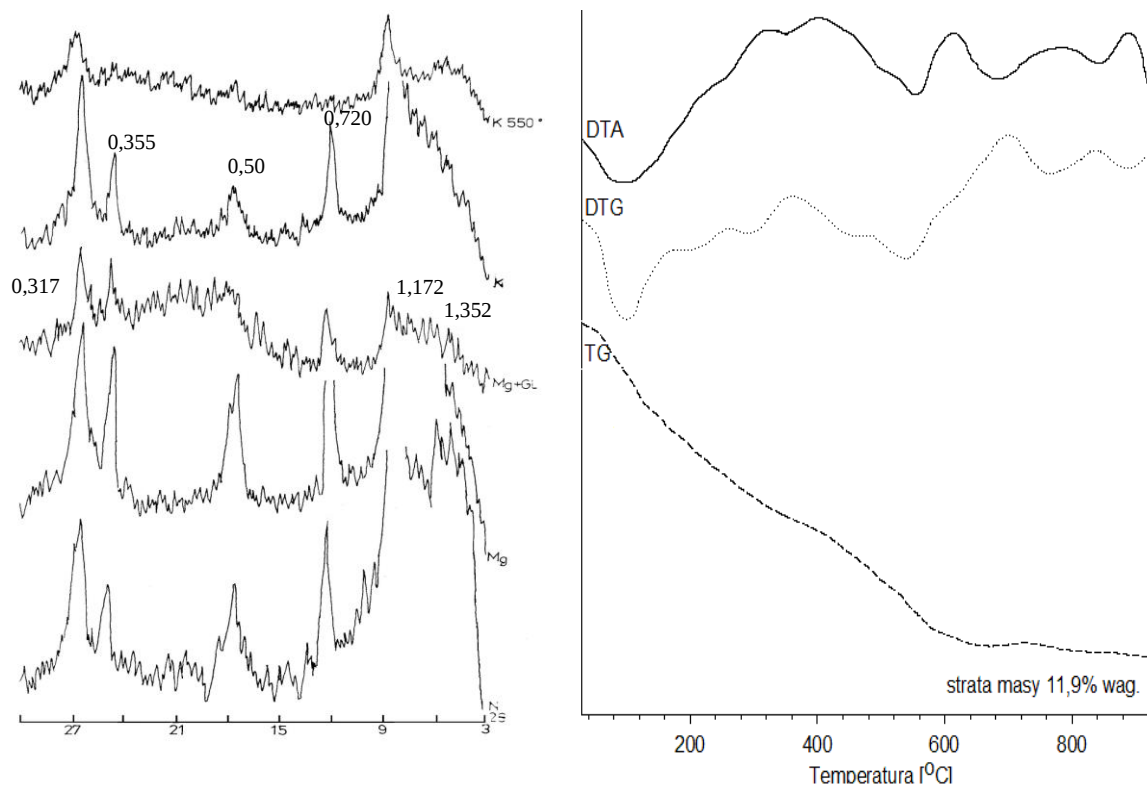


Rys. 35. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 16, poziom C)

Profil 18. Gleba brunatna kwaśna bielcowana wytworzona z granitu monzonitowego Poziom B

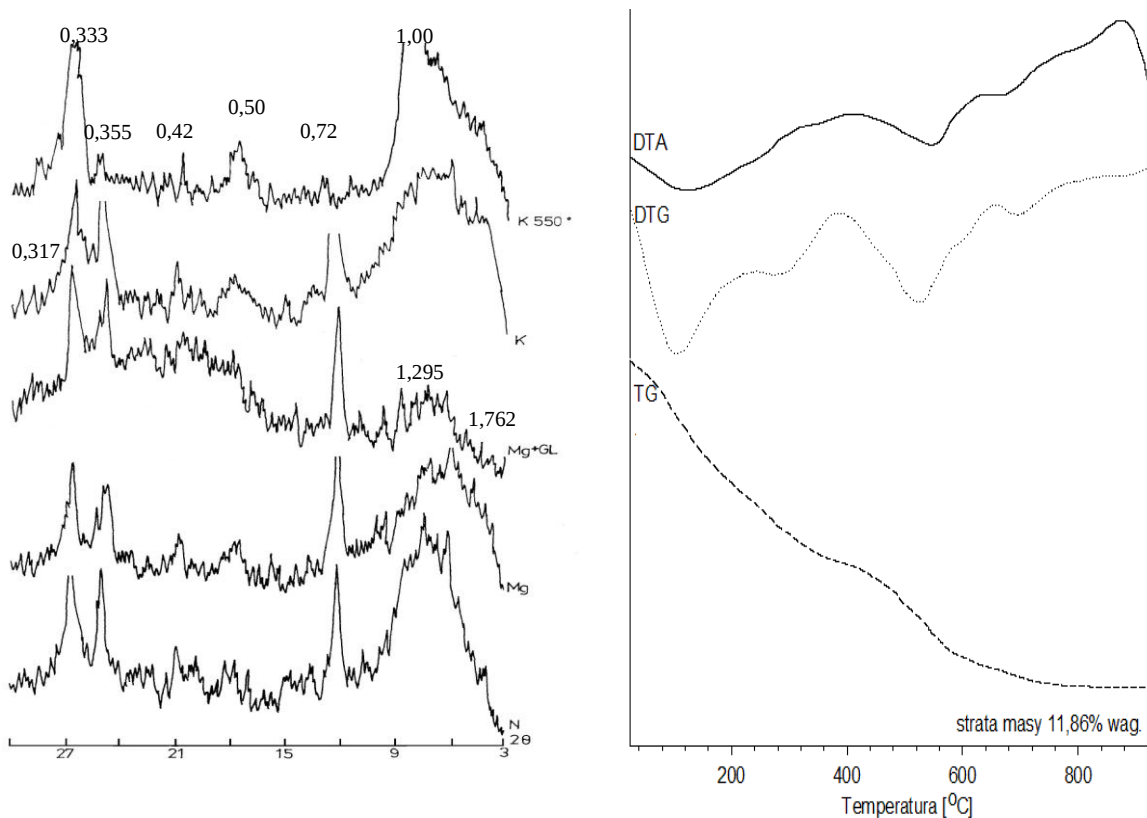
We frakcji <0,002 mm poziomu B gleby wytworzonej z granitu stwierdza się obecność minerałów ilastych, które nie występują we frakcjach gleb wytworzonych z innych rodzajów skał macierzystych. W ilości 27% występują minerały mieszanopakietowe hydrobiotytowo-wermikulitowe. Są to minerały, które są produktami wietrzenia minerałów pierwotnych - biotytu, występującego w skałach granitowych. Poza minerałami interstratyfikowanymi występuje także illit (40%), który dominuje w składzie mineralicznym badanej frakcji nad pozostałymi minerałami oraz minerały o złożonej strukturze illitowo-smektytowe (24%) i kaolinit (9%). Spośród minerałów pierwotnych stwierdza się występowanie kwarcu. Procentowy udział poszczególnych minerałów pierwotnych i wtórnych zestawiono w tab. 37.

Na krzywej DTA zaznacza się wyraźny efekt nisko-temperaturowy, który świadczy o występowaniu minerałów uwodnionych (rys. 36). Strata masy wynosi 11,9%.



Rys. 36. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej bielcowanej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 18, poziom B)

Poziom BC



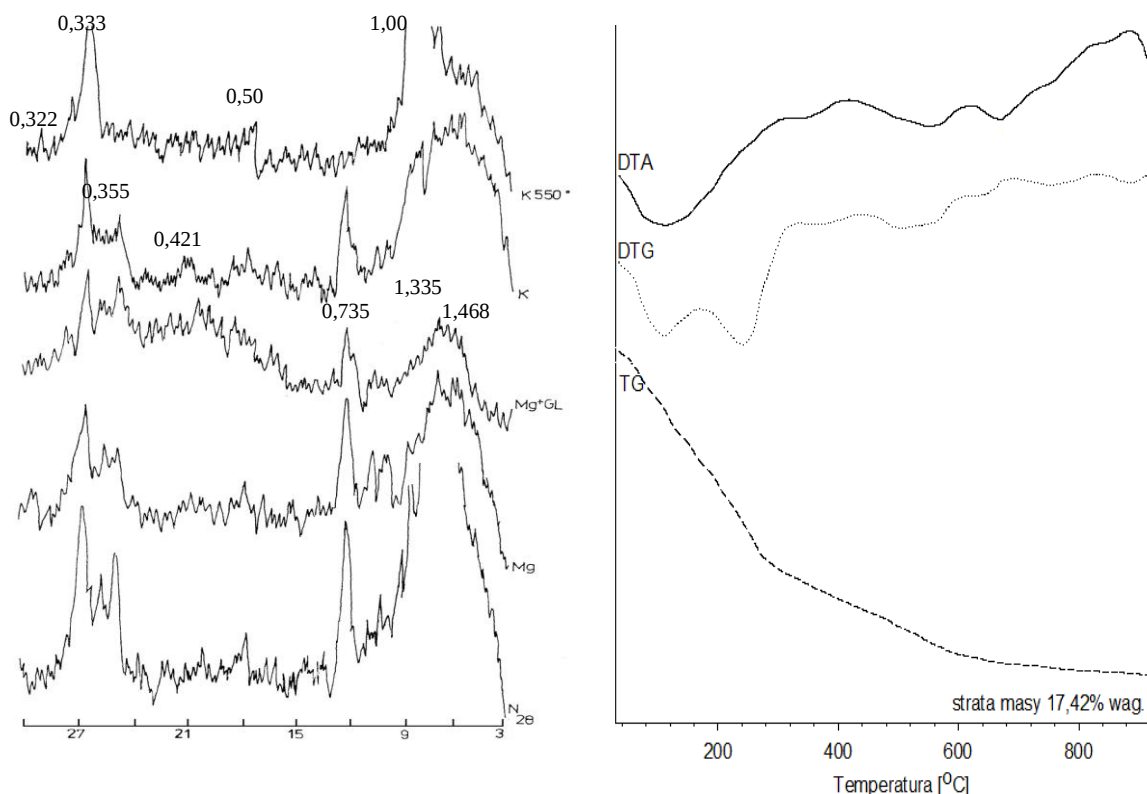
Rys. 37. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej bielcowanej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 18, poziom BC)

Skład mineralogiczny jakościowo podobny jest do opisywanego wyżej udziału minerałów we frakcji <0,002 mm poziomu B. Oba poziomy różnią się między sobą ilościowym udziałem poszczególnych minerałów. Minerałem dominującym jest także illit, lecz występuje w większej ilości (35%).

Minerały mieszano-pakietowe hydrobiotyt-wermikulit oraz illit-smektyt stanowią łącznie 55%. Duży jest udział kaolinitu, który stanowi 10% obecności wszystkich minerałów. Mineralami towarzyszącymi są skalenie potasowe (tab. 37). Strata masy w badanej frakcji jest podobna do spadku wagi notowanego w poziomie B i wynosi 11,86% (rys. 37).

Profil 19. Gleba brunatna kwaśna bielcowana wytworzona z granitu monzonitowego Poziom B

Skład mineralogiczny frakcji <0,002 mm wydzielonej z poziomu B gleby wytworzonej z granitu składa się w przeważającej ilości z minerałów mieszano-pakietowych hydrobiotyt-wermikulit oraz illitu, któremu towarzyszy kaolinit oraz skalenie potasowe i kwarc. Mineraly hydrobiotyt-wermikulit stanowią 66% wszystkich minerałów (bez kwarcu), illit – 23%, a kaolinit – 11% (tab. 37).



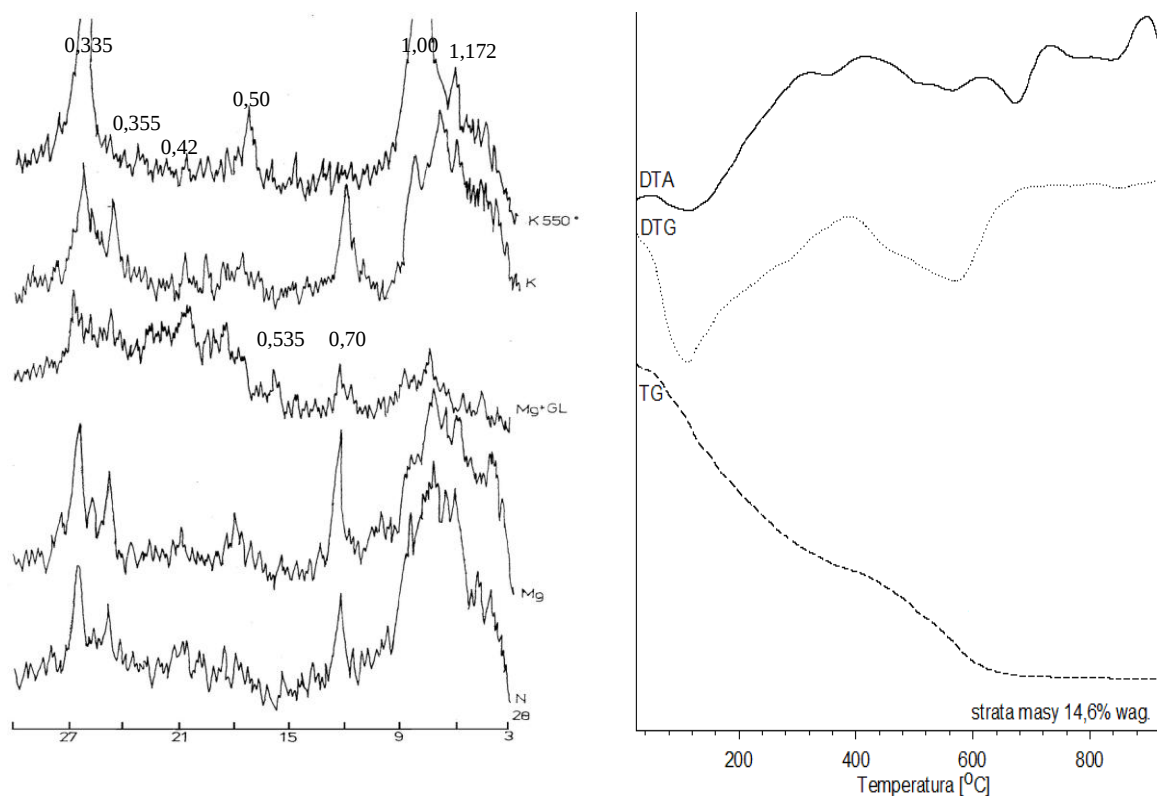
Rys. 38. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej bielcowanej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 19, poziom B)

Obecność poszczególnych minerałów stwierdzono także interpretując krzywą DTA. Strata wagowa wynosi 17,42% (rys. 38).

Poziom BC

W składzie mineralicznym frakcji iłu koloidalnego wydzielonej z poziomu BC dominującym minerałem jest illit (tab. 37). Jego ilość oszacowano na 43% udziału spośród wszystkich minerałów. Mineralami występującymi także w znacznych ilościach (35%) są minerały mieszano-pakietowe hydrobiotyt-wermikulit. Mineraly illit-smektyt stanowią 12% a kaolinit 10%. Mineraly pierwotne reprezentuje kwarc, na dyfraktogramach zaznaczający się niskimi refleksami (rys. 39).

Strata masy wynosi 14,6% wagowych.



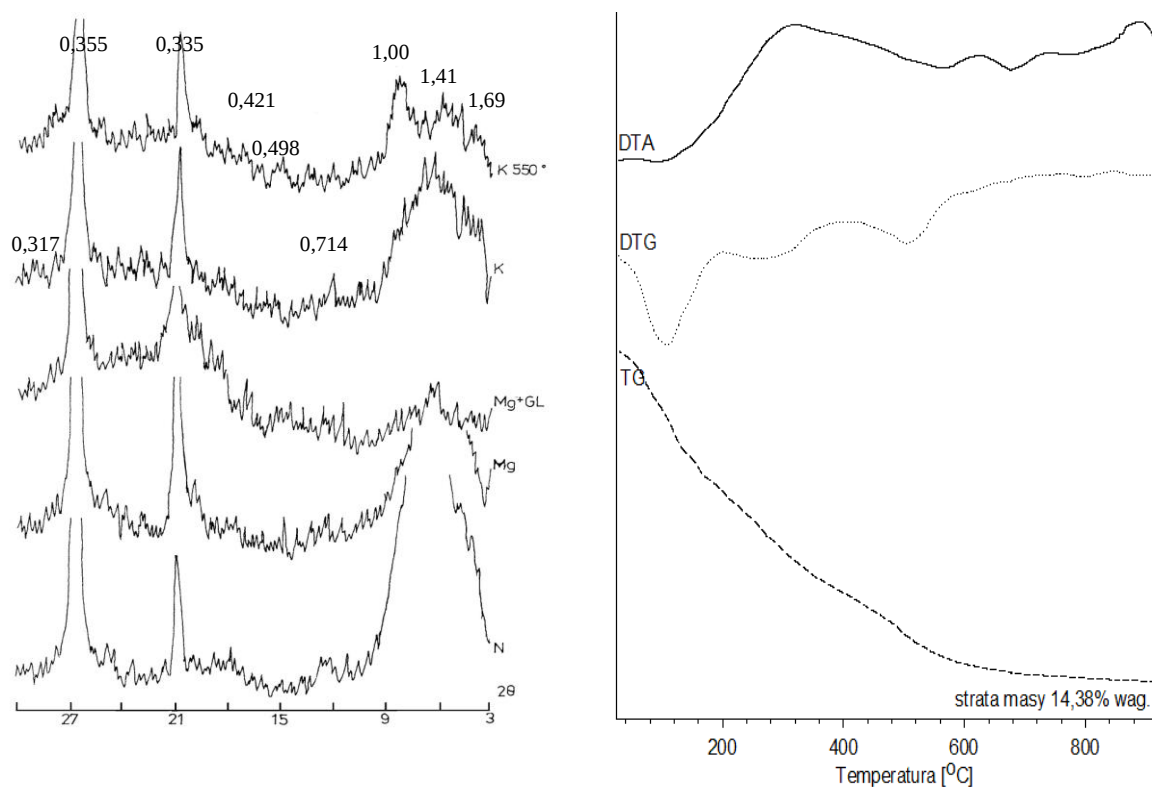
Rys. 39. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej bielcowanej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 19, poziom BC)

Profil 21. Gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z margla

Poziom Bbr

Na podstawie dyfraktogramu (rys. 40), we frakcji iłu koloidalnego poziomu Bbr profilu 21 stwierdzono obecność następujących minerałów ilastych: minerały interstratyfikowane typu illit-smektyt (58%), illit (32%), kaolinit (5%) oraz smektyt

(5%). Mineralom ilastym towarzyszą także minerały pierwotne. Są nimi skalenie potasowe oraz kwarc. Spośród wszystkich badanych frakcji ilastych w glebach wytworzonych z margli wysokodyspersyjny kwarc występuje w największych ilościach. Strata masy wynosi 14,38%.



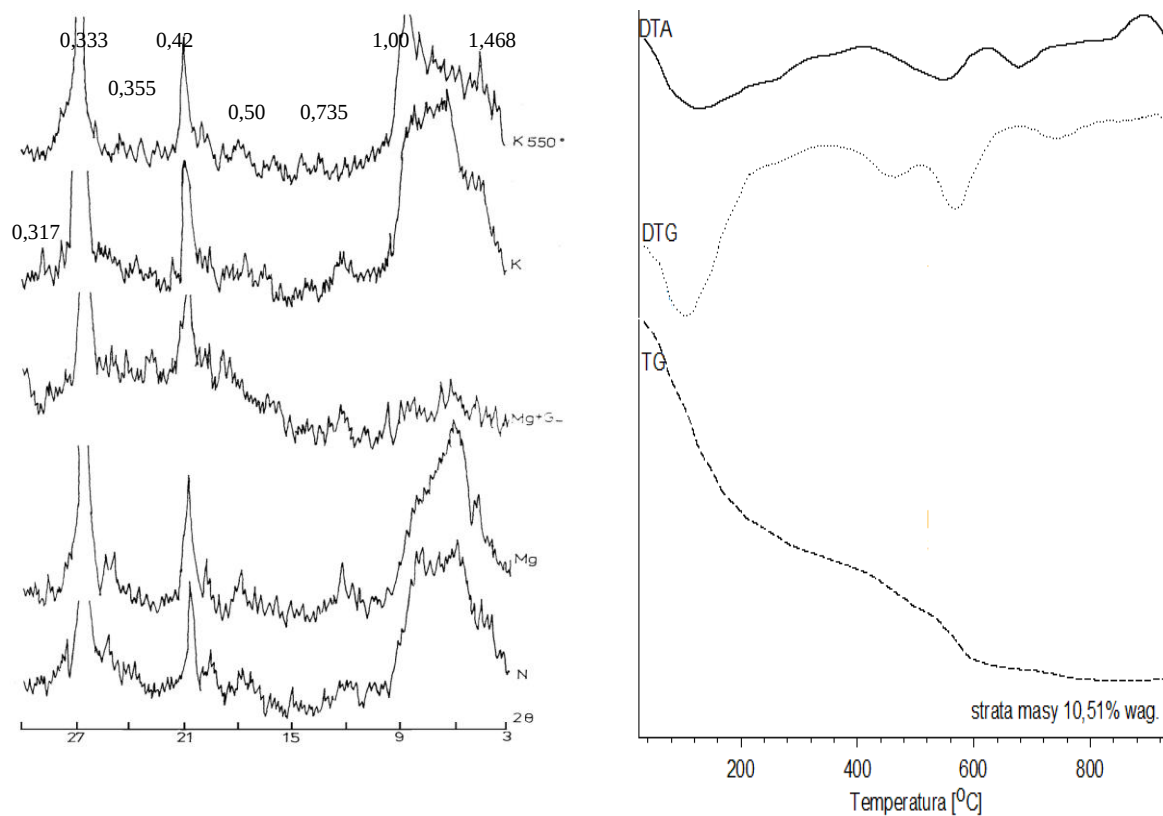
Rys. 40. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z margla (profil 21, poziom Bbr)

Poziom C

Minerały ilaste obecne we frakcji <0,002 mm to illit-smektyt (55%), illit (34%), smektyt (7%) oraz kaolinit (4%). Skład jakościowy jest podobny do składu minerałów ilastych w poziomie Bbr. Dostrzegalna różnica obejmuje procentowy udział poszczególnych minerałów: w poziomie C większą ilość stanowi illit oraz smektyt w porównaniu z frakcją z poziomu Bbr (tab. 37).

Minerałami pierwotnymi w badanej próbce są kwarc oraz skalenie potasowe.

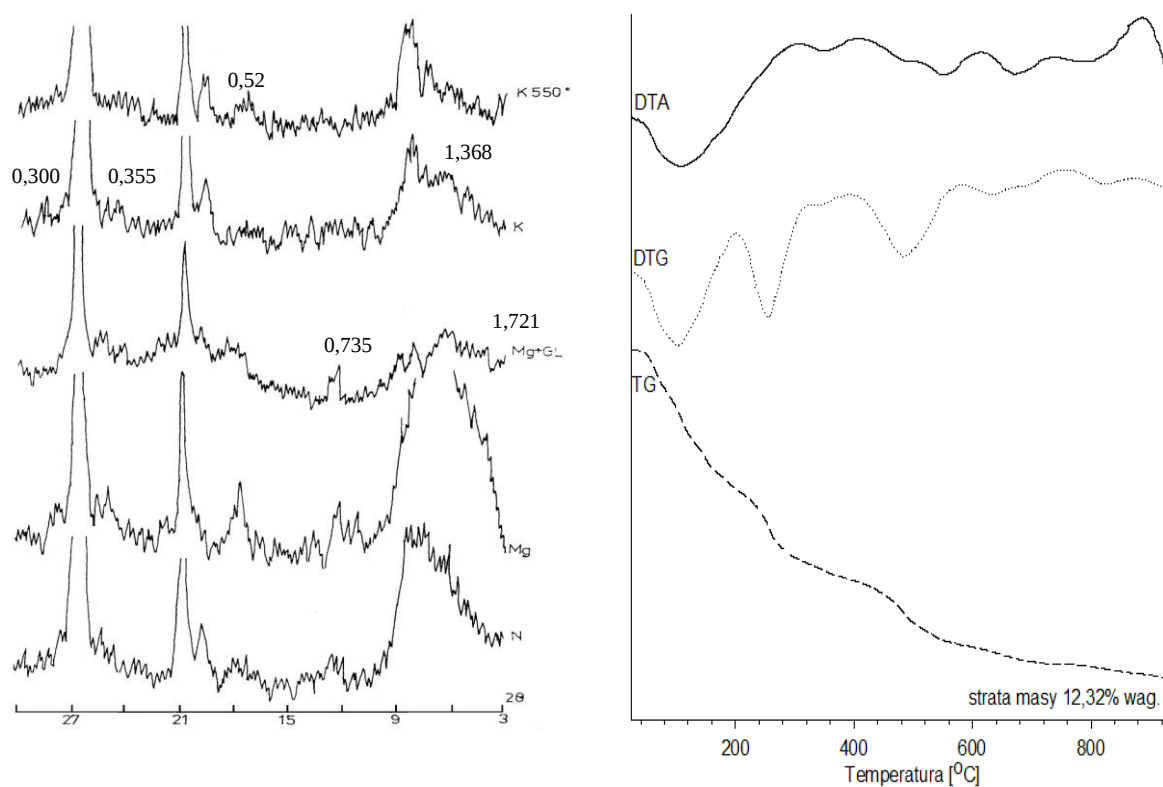
Strata masy wynosi 10,51%. Analiza termiczna potwierdza obecność minerałów stwierdzonych metodą dyfraktometrii rentgenowskiej (rys. 41).



Rys. 41. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z margla (profil 21, poziom C)

Profil 24. Gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z margla

Poziom C/R



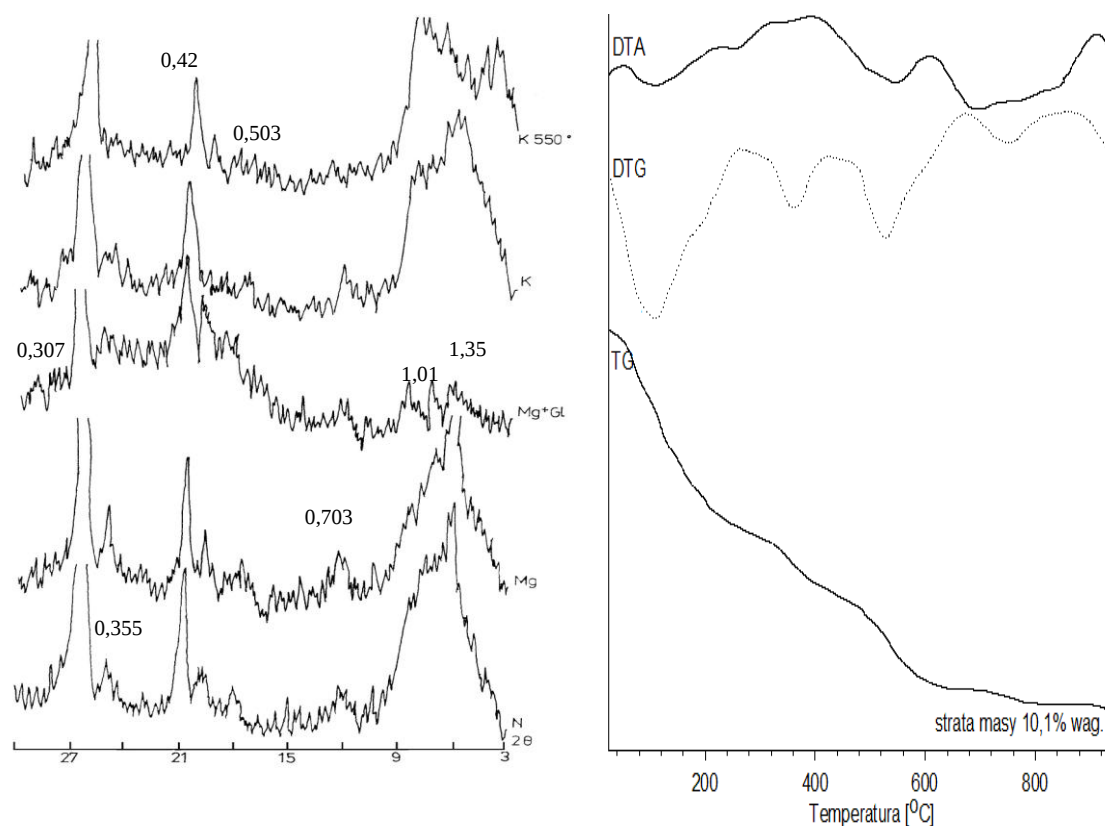
Rys. 42. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z margla (profil 24, poziom C/R)

W profilu 24 badaniom składu rentgenowskiego poddano frakcję <0,002 mm poziomu C/R. Dominującymi minerałami ilastymi w procentowym udziale w badanej frakcji są minerały mieszano-pakietowe typu illit-smektyt (tab. 37). Na obecność tych minerałów wskazuje linia dyfrakcyjna zaczynająca się od 1,0 nm i obejmująca niskie kąty. Stanowią one około 64% udziału wszystkich minerałów (bez kwarcu). Illit występuje w ilości 32%, a za nim w ilości 4% występuje kaolinit. Spośród minerałów pierwotnych dostrzeżono znaczne ilości kwarcu (rys. 42).

Strata masy wynosi 12,32%. Z krzywej DTA wynika, iż badana frakcja posiada w swoim składzie również amorficzne związki żelaza FeOOH (efekt termiczny w temp. 350°C).

Profil 25. Gleba brunatna kwaśna bielcowana wytworzona z margla Poziom C(R)

Skład mineralogiczny frakcji <0,002 mm poziomu C/R gleby brunatnej kwaśnej bielcowanej wytworzonej z margla jest zbliżony do badanej frakcji profilu 24 również gleby wytworzonej z margla (tab. 37, rys. 43).



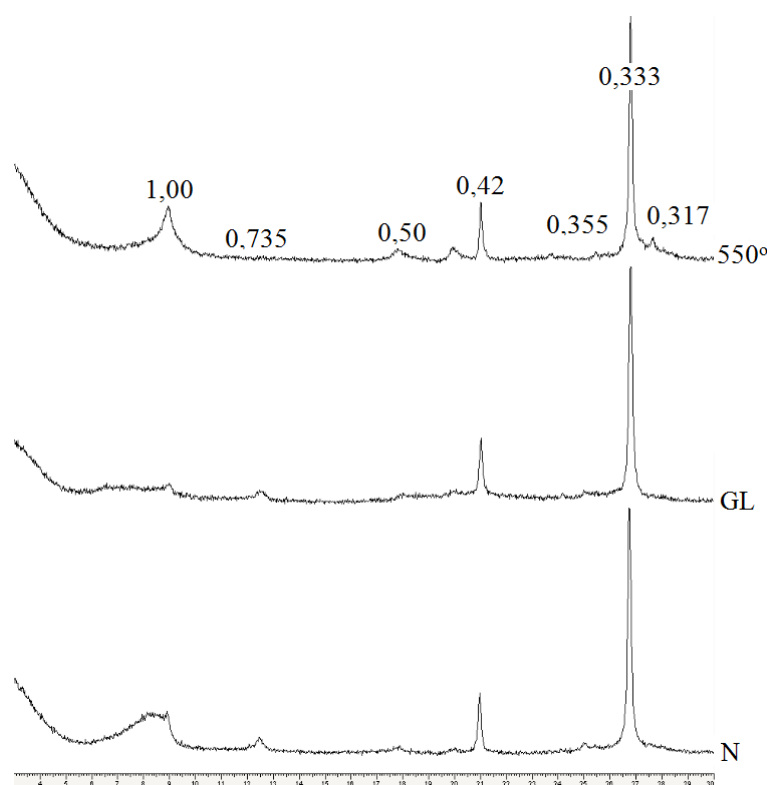
Rys. 43. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej bielcowanej wytworzonej z margla (profil 25, poziom C(R))

Obecne są minerały typu illit-smektyt, illit oraz kaolinit. Występuje także kwarc. W badanej frakcji minerały illitowo-smektytowe, zidentyfikowane na podstawie linii dyfrakcyjnych 1,0-1,4 nm, w porównaniu z poziomem C/R profilu 24, występują w mniejszych ilościach (56%) na korzyść illitu (40%). Kaolinit stanowi 4%. Strata wagowa odczytana z krzywej termograwimetrycznej jest niższa niż w poziomie C/R profilu 24 i wynosi 10,10%.

Profil 26. Gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z margla

Poziom Ah

Frakcja <0,002 mm poziomu powierzchniowego Ah gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z margla charakteryzuje się zbliżonym jakościowo udziałem minerałów (tab. 37) do składu mineralogicznego frakcji ilastej poziomu (A)Ees gleby wytworzonej z piaskowca ciosowego (rys. 25). Spośród minerałów ilastych stwierdza się występowanie minerałów interstratyfikowanych illitowo-smektytowych, illitu oraz kaolinitu. Minerałami pierwotnymi obecnymi w analizowanej frakcji są kwarc (intensywne linie dyfrakcyjne 0,33 nm i 0,42 nm) oraz skalenie potasowe (linia dyfrakcyjna 0,317 nm) (rys. 42).

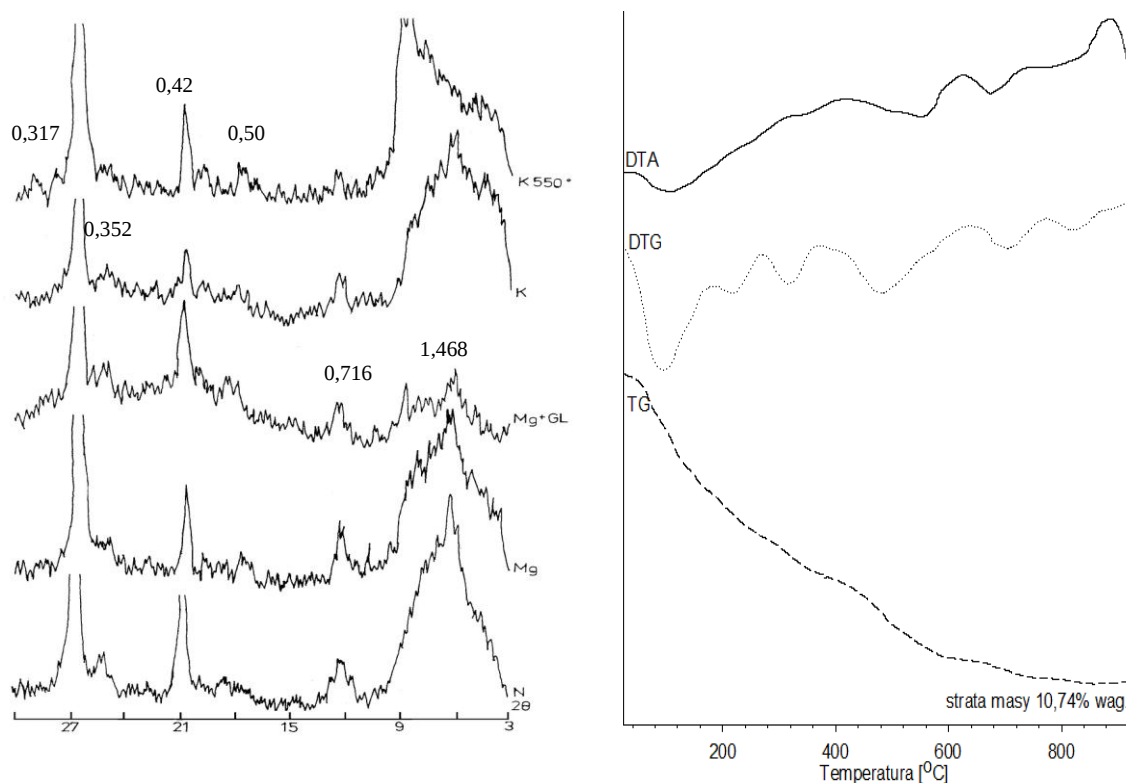


Rys. 44. Dyfraktogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z margla (profil 26, poziom Ah)

Poziom Bbrg2

W poziomie brunatnienia gleby brunatnej kwaśnej typowej, we frakcji iłu koloidalnego stwierdzono obecność minerałów mieszanopakietowych typu illit-smektyt (58%), illit (35%), kaolinit (7%) oraz kwarc (tab. 37, rys. 45).

Krzywa DTA pozwoliła stwierdzić obecność nieznacznych ilości substancji organicznej oraz związków żelaza. Strata masy wynosi 10,74%.

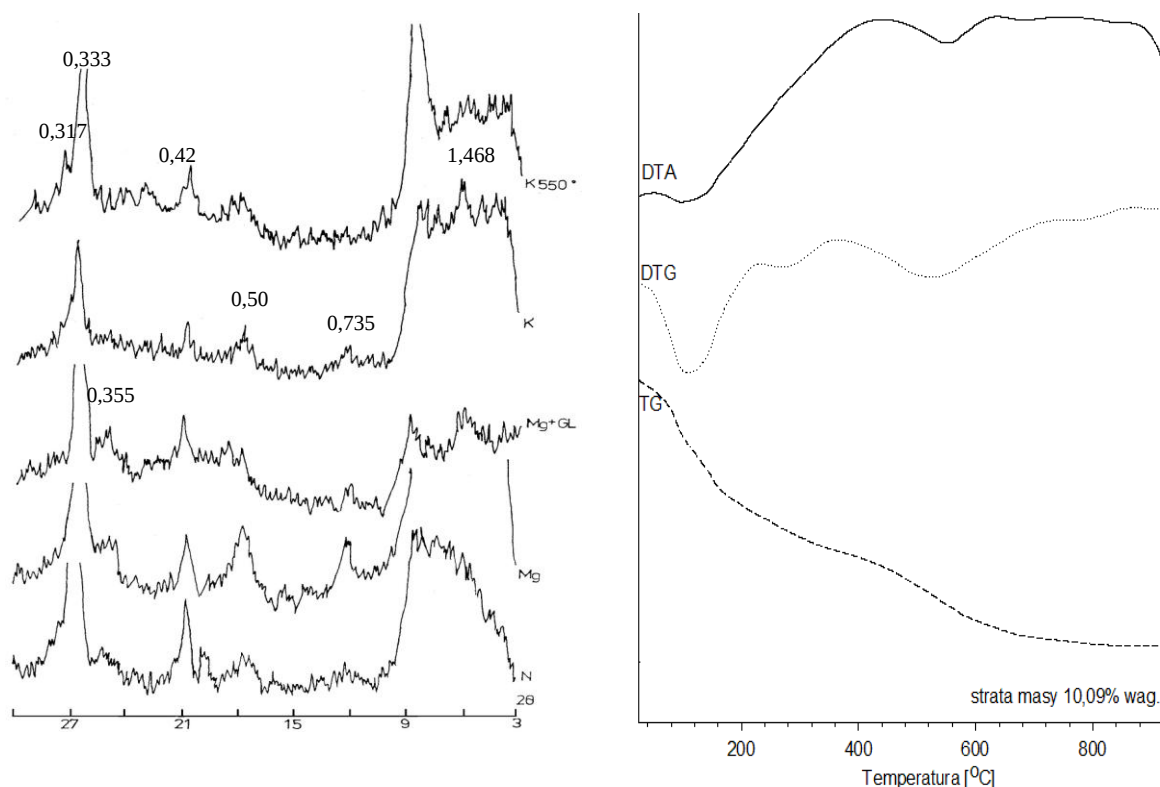


Rys. 45. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z margla (profil 26, poziom Bbrg2)

Poziom C

Frakcja <0,002 mm poziomu C gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z margla cechowała się ilościową dominacją illitu (68%). Udział tego minerału był zdecydowanie wyższy (o 34%) niż we frakcji iłu koloidalnego w poziomie Bbrg2 tej samej gleby (tab. 37). Dużo mniej występowało minerałów interstratyfikowanych illitowo-smektytowych (29%). Kaolinit stanowił zaledwie 3% udziału wszystkich minerałów. Poza wymienionymi minerałami stwierdzono także znaczne ilości wysokodyspersyjnego kwarcu (rys. 46).

Strata masy wynosi 10,09%.



Rys. 46. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z margla (profil 26, poziom 2C)

5.4.2. Powierzchnia właściwa badanych gleb oraz wydzielonych z nich frakcji <0,002 mm

Powierzchnia właściwa (całkowita) jest parametrem charakteryzującym łącznie właściwości fizyczne, chemiczne i fizykochemiczne środowiska glebowego [CHODAK 1997, CHODAK, KABAŁA 1995]. Dzięki temu wskaźnikowi uzyskuje się pełniejszą charakterystykę właściwości gleb i nieraz istotnie uzupełniające, czasochłonne badanie składu mineralnego frakcji koloidalnej. Powierzchnia właściwa, jako wielkość zależna od składu ilościowego i jakościowego minerałów pierwotnych i wtórnych oraz jakości i ilości substancji organicznej, mówi zarówno o frakcji koloidalnej gleby, jak i wpływie próchnicy na właściwości gleb, co stanowi nieocenione źródło informacji przy charakteryzowaniu stanu środowiska glebowego [BOGDA 1981]. Parametr ten jest uzupełnieniem badań wykonanych metodą derywatograficzną i dyfraktometrii rentgenowskiej, stąd jest często wykorzystywany do charakterystyki produktów wietrzenia. Udział ilościowy poszczególnych minerałów wpływa na wartość tego wskaźnika. Niska wartość powierzchni właściwej sugeruje obecność minerałów grupy kaolinitu, które osiągają powierzchnię ok. $30 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, wyższa

(ok. $90 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$) informuje o obecności (lub przewodze) minerałów z grupy mik (illitu), zaś o znacznych zawartościach smektytu (montmorylonitu) świadczą wysokie wartości powierzchni właściwej frakcji iłu koloidalnego nawet do $800 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ [JACKSON 1968].

W badanych glebach, analizowanych bez rozfrakcjonowania, wartości powierzchni właściwej cechowały się szerokim spektrum (od 13,80 do $91,06 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$) (tab. 47).

Wysoka powierzchnia właściwa w poziomach powierzchniowych badanych gleb związana jest z większą ilością substancji organicznej w tej części profili glebowych. Potwierdzeniem tego są wyliczone współczynniki korelacji, które dla powierzchni właściwej i węgla organicznego są istotne statystycznie i wynoszą $r=0,45^{***}$, $p<0,001$, $n=116$ (tab. 39).

Z wartościami powierzchni właściwej wiąże się także skład granulometryczny (dla frakcji iłu: $r=0,37^{***}$, $p<0,001$, $n=116$) (tab. 39).

Występuje także zróżnicowanie w wartościach powierzchni całkowitej dla poszczególnych poziomów wierzchnich gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych. Najwyższą powierzchnią cechują się gleby wytworzone z granitu i margla, których skład produktów wietrzenia charakteryzuje się obecnością znacznych ilości minerałów o strukturach mieszano-pakietowych illitowo-smektytowych, bądź hydrobiotytowo-wermikulitowych. Wysoka powierzchnia całkowita tych gleb może być także spowodowana wpływem szaty roślinnej badanych terenów. Gleby wytworzone z margli oraz granitów są w głównej mierze zajęte przez lasy mieszane, bądź lasy liściaste, będące źródłem dobrze zhumifikowanej substancji organicznej.

Na podstawie wartości średnich (tab. 38) można dostrzec zmienność w wartościach powierzchni właściwej. Parametr ten osiąga najniższe wartości w glebach wytworzonych z piaskowców, zaś najwyższe w przypadku gleb powstałych ze zwietrzliny margli. Margle (mułowce) są skałami osadowymi bogatymi we frakcje ilaste i substancje organiczne, które posiadają wysoką powierzchnię właściwą, stąd dostrzegalne różnice na tle pozostałych skał macierzystych.

Niskie wartości powierzchni całkowitej w przypadku poziomu C w glebach powstałych z granitu mogą świadczyć o niewielkiej zawartości frakcji ilastej i niewielkim stopniu zwietrzenia oraz rozdrobnieniu ziaren skalnych minerałów pierwotnych.

Z powierzchnią właściwą badanych gleb są dodatnio skorelowane właściwości sorpcyjne gleby, zawartość węgla organicznego oraz obecność frakcji koloidalnej.

Tab. 38. Powierzchnia właściwa [m²·g⁻¹] badanych gleb bez rozfrakcjonowania

Poziom glebowy	Gleby wytworzone z:			
	piaskowca ciosowego	piaskowca permskiego	granitu monzonitowego	margla
A, Ah, AEes	33,00* 17,60-52,08**	35,58 30,50-37,68	57,08 45,16-66,26	69,32 42,04-91,06
ABbr	-	-	-	51,54 47,04-57,14
Ees	23,68 16,59-30,12	-	-	-
Bh	42,99 34,56-51,42	-	-	-
Bs, Bvs, Bhs, Bhfe, Bfe	38,11 13,18-52,35	-	-	-
Bv, Bbr	-	31,19 21,57-39,47	40,58 34,14-44,00	52,74 47,28-63,51
BC, BvC, BbrC	-	25,07 22,64-29,15	34,88 21,85-43,20	46,61 36,83-51,86
C, CR	39,00 13,24-90,09	30,80 13,60-42,76	29,02 23,96-32,85	64,19 54,56-81,88
solum	35,49 13,18-90,09	31,25 13,60-42,76	42,43 21,85-66,26	57,58 36,83-91,06

*Wartość średnia

**Zakres wartości (minimum – maksimum)

Powierzchnia właściwa badanych gleb zależy od ich składu granulometrycznego (względem frakcji ilastej: $r=0,37^{***}$, $p<0,001$, $n=116$; względem pyłów: $r=0,54^{***}$, $p<0,001$, $n=116$, względem piasków: $r=-0,57$, $p<0,001^{***}$, $n=116$) (tab. 39) oraz od sumy kationów o charakterze zasadowym ($r=0,31$, $p<0,01$, $n=117$) (tab. 39) i pojemności sorpcyjnej ($r=0,63^{***}$, $p<0,001$, $n=117$) (tab. 39). Na podstawie wyliczonego współczynnika korelacji dla powierzchni właściwej względem stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym stwierdzono brak zależności między oboma parametrami ($r=0,02$, $n=117$) (tab. 39).

Przy pomocy analizy regresji wielorakiej, określono także związek pomiędzy powierzchnią właściwą, jako jedną zmienną zależną, a wieloma zmiennymi niezależnymi (predyktorami). Na wartości powierzchni właściwej ma znaczny wpływ zawartość węgla organicznego, frakcji pyłu oraz iłu ($p=0,0000$; $R^2=0,5288$; $n=116$), co można przedstawić przy pomocy równania:

$$y = 0,505 \cdot a + 0,429 \cdot b + 0,265 \cdot c + 18,2129$$

gdzie:

y – powierzchnia właściwa;

a – zawartość węgla organicznego;

b – procentowa zawartość frakcji ilastej;

c – procentowa zawartość frakcji pyłów.

Tab. 39. Współczynniki korelacji dla powierzchni właściwej i wybranych właściwości badanych gleb

zmienna	Powierzchnia właściwa
głębokość	-0,27***
części szkieletowe	0,03
frakcja piasku	-0,57***
frakcja pyłu	0,54***
frakcja iłu	0,37***
BC	0,31**
CECe	0,63***
BS	0,025
pH _{H2O}	-0,11
pH _{KCl}	-0,24**
Corg.	0,45***

Współczynniki korelacji: *-istotność na poziomie $p < 0,1$, **-istotność na poziomie $p < 0,01$, ***-istotność na poziomie $p < 0,001$.

Kolorem czerwonym oznaczono współczynniki korelacji na poziomie istotności $p < 0,05$.

Powierzchnię właściwą wyznaczono także dla frakcji $< 0,002$ mm, w wybranych poziomach genetycznych (tab. 40). Wartości powierzchni właściwej mieszczą się w nich w zakresie od 130,67 (poziom skały macierzystej gleby wytworzonej z granitu – profil 16) do 233,83 $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ (poziom 2C gleby wytworzonej z margla – profil 26). Wartości powierzchni są zatem kilkakrotnie wyższe niż w przypadku próbek gleby w całości.

Otrzymane wyniki powierzchni właściwej dla badanych gleb, wytworzonych z różnych rodzajów skał macierzystych, świadczą o wpływie składu minerałów ilastych na wartości powierzchni właściwej oraz o zachodzącym przemieszczeniu substancji organicznej i bezpostaciowej (alofanów), obecnej również we frakcji $< 0,002$ mm poziomów głębszych analizowanych gleb. Stwierdzone, wysokie wartości powierzchni właściwej w glebach, które powinny cechować się jej niższymi wartościami, ze względu na niską procentową zawartość frakcji $< 0,02$ mm i $< 0,002$ mm oraz węgla organicznego, opisywali także CHODAK, KABAŁA [1995].

Tab. 40. Powierzchnia właściwa [m^2g^{-1}] frakcji $<0,002$ mm wybranych poziomów glebowych

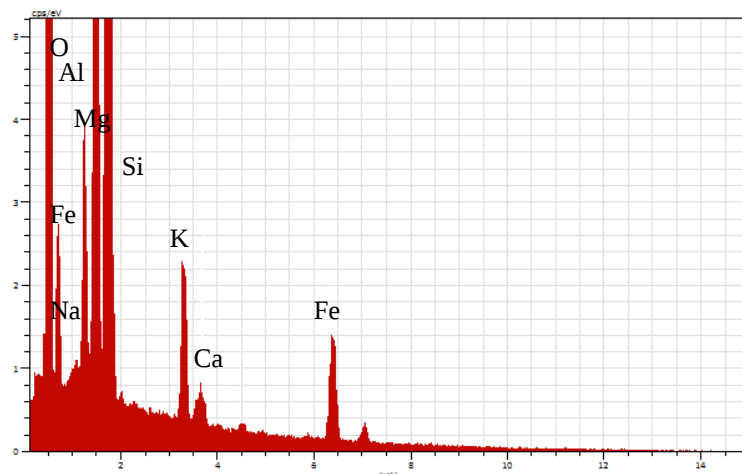
Nr profilu	Poziom genetyczny	Powierzchnia właściwa frakcji $<0,002$ mm [m^2g^{-1}]
Gleby utworzone z piaskowców ciosowych		
2	C	180,02
Gleby utworzone z piaskowców permskich		
13	Bv1	202,49
	C	193,13
Gleby utworzone z granitów monzonitowych		
15	C	155,87
16	C	130,67
18	C	185,82
Gleby utworzone z margli		
21	Bbr	144,53
	C	181,59
25	C(R)	184,37
26	2C	233,83

5.4.3. Całkowity skład pierwiastkowy

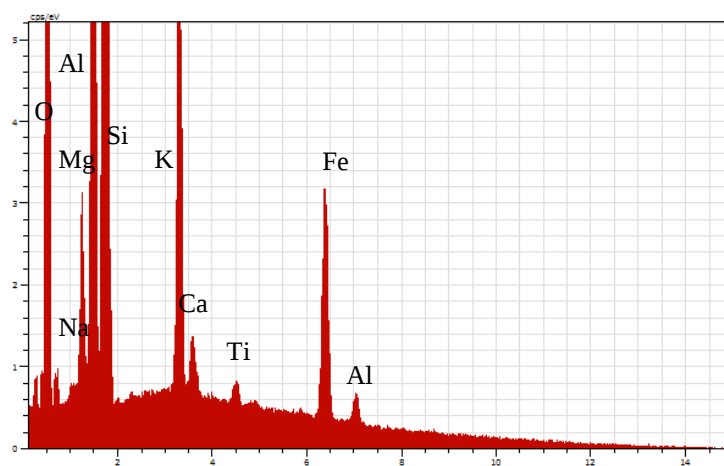
W celu charakterystyki właściwości chemicznych badanych gleb, w wybranych próbkach frakcji $<0,002$ mm przeprowadzono również badania mikroskopowe. Materiał poddano mikroanalizie pierwiastkowej używając analizatora rentgenowskiego oraz badaniom struktury materiału przy użyciu mikroskopu skaningowego. Wyniki badań składu chemicznego przedstawiono w % wagowych (tab. 41) oraz % atomowych (tab. 42).

Skład chemiczny (w % wagowych) frakcji $<0,002$ mm wykonany z powierzchni zdjęcia jest zróżnicowany w poszczególnych poziomach gleb utworzonych z różnych skał macierzystych. Gleby powstałe z piaskowców ciosowych (reprezentowane przez profil 2) cechują się bardzo wysokimi zawartościami krzemu (tab. 41, rys. 47). Jego ilości w analizowanej frakcji poziomu C wynoszą 23,21%. Obecność Si w profilu 2 wiąże się ze składem mineralnym skały macierzystej. Piaskowce ciosowe charakteryzują się obecnością znacznych ilości SiO_2 w postaci kwarcu, stąd noszą one także nazwę piaskowców kwarcowych. W dużych ilościach w badanej frakcji występuje także glin. Al stanowi ponad 11%

w składzie chemicznym badanego materiału. Dominacja glinu oraz krzemu jest spowodowana budową chemiczną minerałów ilastych, które są glinokrzemianami. W ilości 8% w składzie chemicznym analizowanej frakcji występuje żelazo. Jego wysokie zawartości są spowodowane obecnością związków żelaza, powlekających m.in. ziarna kwarcu.



Rys. 47. Udział poszczególnych pierwiastków we frakcji <0,002 mm poziomu C gleby wytworzonej z piaskowca ciosowego (profil 2)



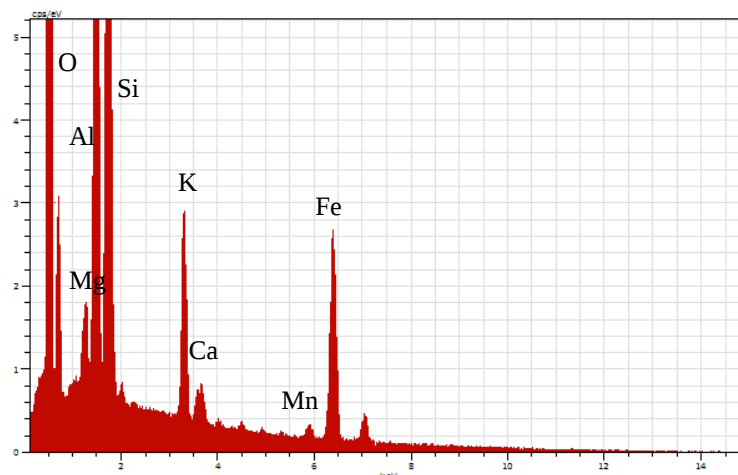
Rys. 48. Udział poszczególnych pierwiastków we frakcji <0,002 mm poziomu C gleby wytworzonej z piaskowca permńskiego (profil 13)

Wapń, magnez, potas i sód są pierwiastkami występującymi w niewielkich ilościach (ich łączny udział wynosił mniej niż 10%). Spośród nich w największej koncentracji obecny jest potas (2,82%). W mniejszej ilości występują magnez (2,40%), sód (0,96%) i wapń (0,56%).

Skład chemiczny frakcji <0,002 mm gleby wytworzonej z piaskowca permńskiego został oznaczony dla poziomu C profilu 13 (tab. 41, rys. 48).

Charakteryzuje się on podobnym składem jakościowym. Ilościowo dominują podstawowe składniki frakcji ilastej gleb wytworzonych z piaskowców (krzem

oraz glin pochodzące od minerałów ilastych oraz kwarcu). Krzem stanowi 22,96% składu chemicznego badanej frakcji, zaś glin – 11,17%. W dużej ilości występuje także żelazo, który stanowi 7,87% udziału spośród wszystkich pierwiastków.



Rys. 49. Udział poszczególnych pierwiastków we frakcji <0,002 mm poziomu C gleby wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 16)

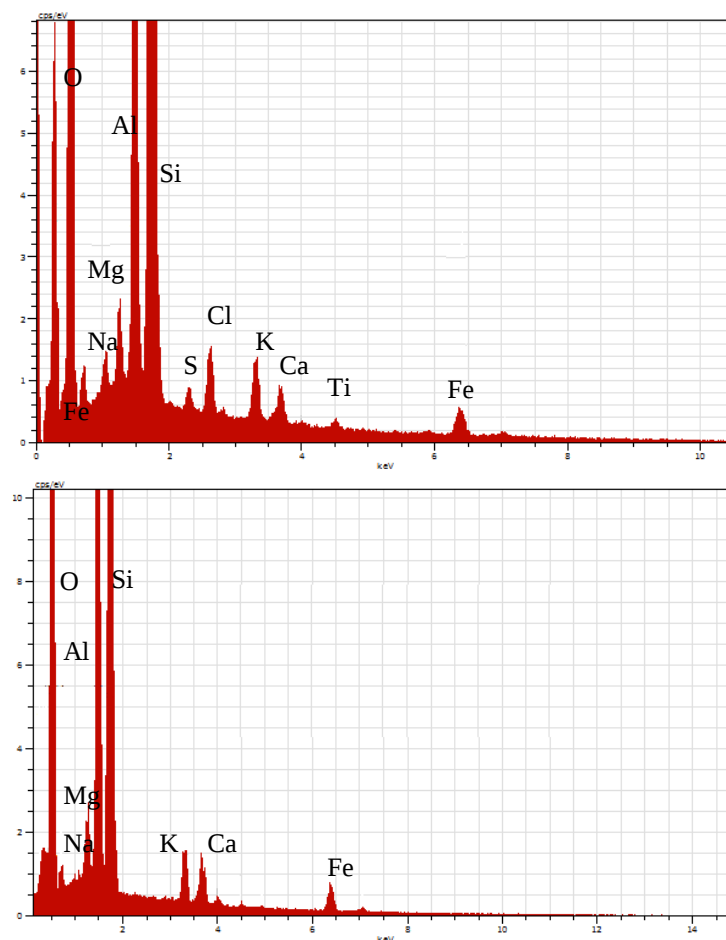
Podobnie, jak w glebie wytworzonej z piaskowca ciosowego, pierwiastki takie jak Ca, Mg, K oraz Na obecne są w analizowanej frakcji w niewielkich ilościach. Łącznie stanowią one 6,47%. Zawartości potasu, podobnie jak w profilu 2, spośród tych czterech pierwiastków, są najwyższe (1,8%). Magnez zaś występuje w ilości 1,28%. Zaledwie 0,02% stanowi sód. Nie notowano zawartości wapnia.

Frakcja <0,002 mm gleby wytworzonej z granitu mononitowego cechuje się odmiennym składem chemicznym w odniesieniu do opisanych wyżej poziomów glebowych (tab. 41, rys. 49).

Frakcja ilasta poziomu C gleby powstałej z kudowskiego granitu monzonitowego (profil 16), charakteryzuje się wysoką zawartością glinu (12,74%) i dużo niższymi, w porównaniu z pozostałymi glebami, zawartościami krzemu (17,06%). Profil 16 cechuje się także najwyższymi w odniesieniu do opisywanych frakcji zawartościami żelaza (15,91%).

W analizowanej glebie wytworzonej z granitu monzonitowego największym udziałem, spośród pierwiastków I i II grupy głównej, charakteryzuje się potas (3,37%) oraz magnez (1,59%). W mniejszych koncentracjach obecny jest wapń (0,64%) oraz sód (0,64%).

Największe ilości wapnia, magnezu, sodu i potasu stwierdzono we frakcji <0,002 mm poziomu C gleby wytworzonej z margla, w profilu 26 (tab. 41, rys. 50).



Rys. 50. Udział poszczególnych pierwiastków we frakcji <0,002 mm poziomu Bbrg2 (u góry) i C (u dołu) gleby wytworzonej z margla (profil 26)

Wapń jest tu dominującym pierwiastkiem i stanowi 2,43%. W zbliżonej ilości występuje również potas (2,42%). Magnez obecny jest w ilości 1,84%, zaś sód w ilości 0,86%.

Wyniki analizy chemicznej [w % wagowych] z powierzchni zdjęcia badanych frakcji <0,002 mm (tab. 41) uzupełniono o dane zawarte w tab. 42, przedstawiające skład chemiczny [w % atomowych] tych samych frakcji badanych poziomów (6 prób).

Skład chemiczny w % atomowych niewiele różni się od analizy chemicznej w % wagowych. We wszystkich badanych frakcjach dominującymi pierwiastkami w składzie chemicznym są: krzem, glin oraz żelazo. Natomiast pierwiastki o charakterze zasadowym występują w małych ilościach. Spośród nich występuje najwięcej potasu, następnie wapnia, zaś najmniej - magnezu i sodu. Otrzymane wyniki wskazują na zmienność w ilości poszczególnych składników między profilami gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych.

Tab. 41. Analiza chemiczna [w % wagowych] frakcji <0,002 mm z powierzchni zdjęcia

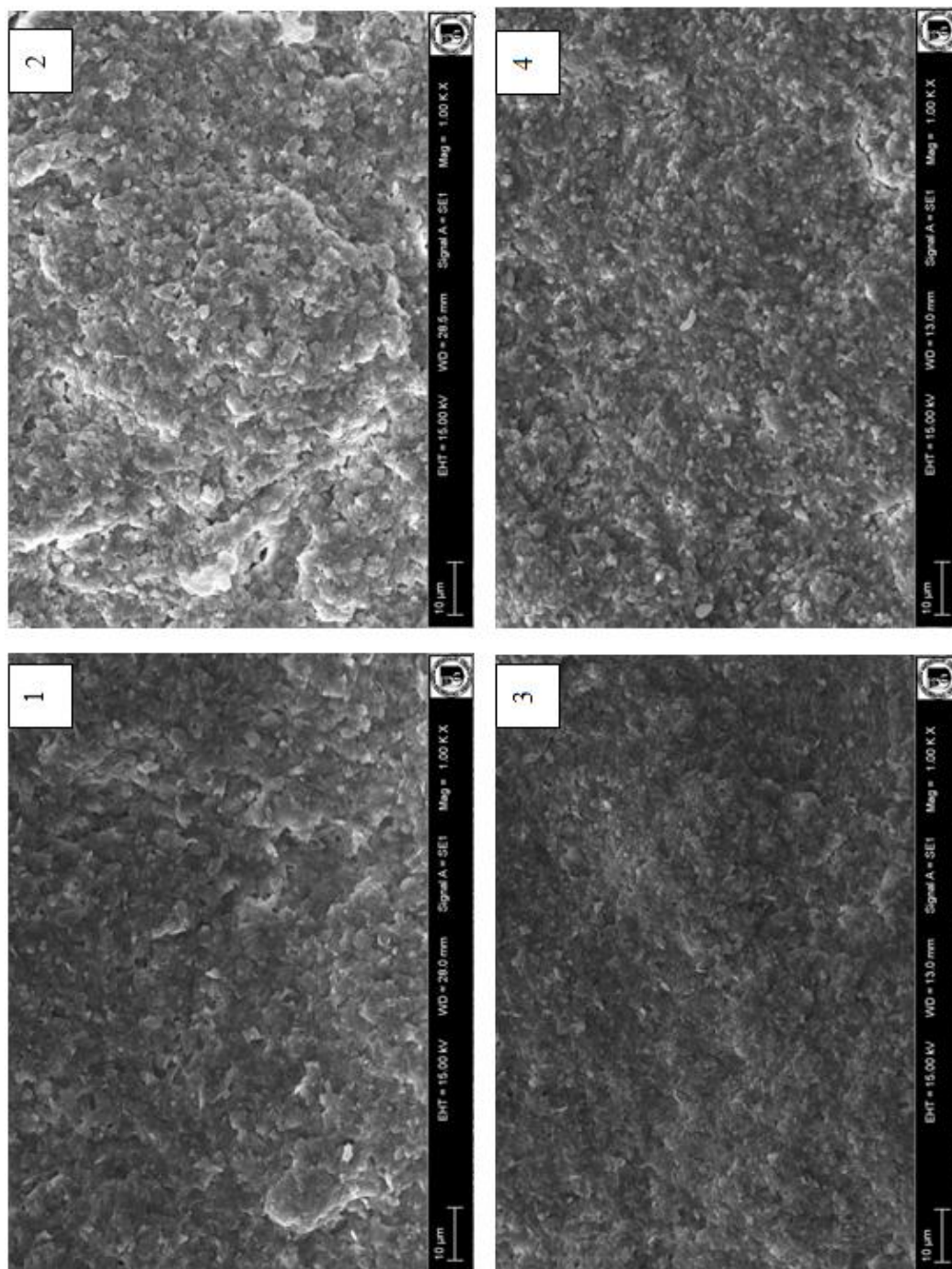
Nr profilu	Poziom genetyczny	Skład pierwiastkowy [% wag.]													
		C	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Fe	S	Cl	Mn
Gleba wytworzona z piaskowca ciosowego															
2	C	0,94	49,19	0,96	2,40	11,20	23,21	0,26	2,82	0,56	0,45	8,00	0,00	0,00	0,00
Gleba wytworzona z piaskowca permskiego															
13	C	0,83	50,12	0,02	1,28	11,17	22,96	0,00	5,17	0,00	0,58	7,87	0,00	0,00	0,00
Gleba wytworzona z granitu monzonitowego															
16	C	0,00	46,74	0,64	1,59	12,74	17,06	0,27	3,37	0,64	0,20	15,91	0,00	0,00	0,84
Gleby wytworzone z margli															
26	Bbrg	8,04	56,70	0,71	0,87	5,36	21,01	0,00	1,39	0,94	0,35	3,34	0,28	1,02	0,00
26	C	0,00	52,20	0,86	1,84	11,38	24,64	0,00	2,42	2,43	0,19	4,04	0,00	0,00	0,00

Tab. 42. Analiza chemiczna [w % atomowych] frakcji <0,002 mm z powierzchni zdjęcia

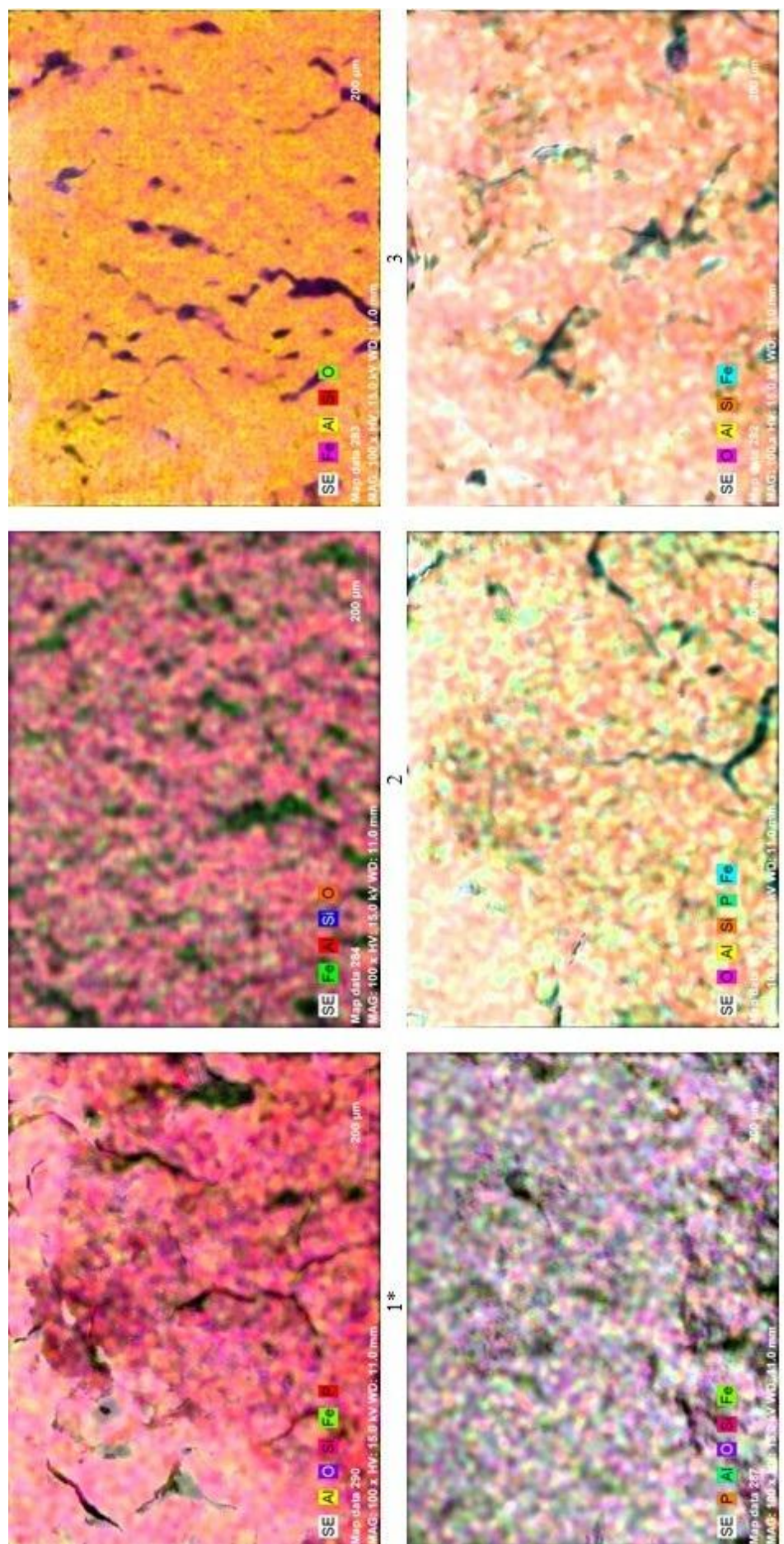
Nr profilu	Poziom genetyczny	Skład pierwiastkowy [% at.]													
		C	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Fe	S	Cl	Mn
Gleba wytworzona z piaskowca ciosowego															
2	C	1,64	64,28	0,88	2,07	8,68	17,28	0,17	1,51	0,29	0,20	3,00	0,00	0,00	0,00
Gleba wytworzona z piaskowca permskiego															
13	C	1,45	65,65	0,01	1,11	8,68	17,13	0,00	2,77	0,00	0,25	2,95	0,00	0,00	0,00
Gleba wytworzona z granitu monzonitowego															
16	C	0,00	64,79	0,61	1,45	10,47	13,47	0,19	1,91	0,36	0,09	6,32	0,00	0,00	0,34
Gleby wytworzone z margli															
26	Bbrg	12,42	65,75	0,58	0,66	3,68	13,88	0,00	0,66	0,44	0,14	1,11	0,16	0,53	0,00
26	C	0,00	66,94	0,77	1,56	8,65	18,00	0,00	1,27	1,24	0,08	1,48	0,00	0,00	0,00

Zdjęcia mikroskopowe umożliwiły określić strukturę frakcji <0,002 mm badanych gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych. Na podstawie zdjęć stwierdza się niewielkie ilości minerałów o pokroju heksagonalnym (sześciobocznym). Jest to potwierdzeniem wyników badań składu mineralogicznego, w wyniku, których stwierdzono niewielkie ilości kaolinitu w badanych frakcjach ilastych. Minerale o obłych, okrągłych kształtach są reprezentowane przez minerały mieszano-pakietowe illitowo-smektytowe oraz illit, zaś ostrokrawędzistym minerałem obecnym na wszystkich zdjęciach mikroskopowych jest kwarc. Kwarc jest minerałem odpornym na wietrzenie fizyczne, stąd jego obecność w analizowanym materiale, jak i kształty o ostrych, nierównych zakończeniach (rys. 51).

Na podstawie badań mikroskopowych stwierdzono, że w największych ilościach w całkowitym składzie chemicznym badanych prób występuje: krzem, glin oraz żelazo. Obecność związków żelaza maskuje „widoczność” pozostałych składników na wykonanych mapach pierwiastkowych (rys. 52).



Rys. 51. Zdjęcia pod mikroskopem skaningowym przedstawiające morfologię i strukturę frakcji <0,002 mm poziomów C (1 - profil 2; 2 - profil 13; 3 - profil 16; 4 - profil 26)



Rys. 52. Mapy pierwiastkowe dla wybranych frakcji <0,002 mm badanych gleb (każdemu pierwiastkowi odpowiada inny kolor)

Objaśnienia:

- * 1 – Gleba wytworzona z piaskowca ciosowego (profil 2, poziom C)
- 2 – Gleba wytworzona z piaskowca permńskiego (profil 13, poziom C)
- 3 – Gleba wytworzona z granitu monzonitowego (profil 15, poziom C)
- 4 – Gleba wytworzona z piaskowca ciosowego (profil 2, poziom C)
- 5 – Gleba wytworzona z margla (profil 26, poziom Bbrg)
- 6 – Gleba wytworzona z margla (profil 26, poziom C)

We frakcjach pochodzących z gleb piaskowcowych dominującym pierwiastkiem jest krzem, co spowodowane jest chemizmem skały macierzystej (znaczne ilości kwarcu). Zaobserwowano także znaczny udział glinu, w szczególności w glebie wytworzonej z granitu monzonitowego. Pierwiastki, wykazujące charakter zasadowy (sód, wapń, potas i magnez) występują w niewielkich ilościach.

Na podstawie map pierwiastkowych (zdjęć mikroskopowych, na których każdy pierwiastek oznaczono innym kolorem) stwierdzono, iż główne pierwiastki (krzem, glin i żelazo) występują jednolicie na całej powierzchni badanych prób, nie wykazując większych skupień (rys. 52).

5.5. ANALIZA STATYSTYCZNA WYNIKÓW

W celu oceny wpływu skały macierzystej na właściwości gleb dokonano szczegółowej analizy statystycznej wyników wyliczając współczynniki korelacji osobno dla gleb utworzonych z piaskowców ciosowych, piaskowców permskich, granitów monzonitowych oraz margli. Wartości współczynników korelacji przedstawiono w tab. 43.

Do wyznaczenia współczynników korelacji między poszczególnymi parametrami w glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych wykorzystano wyniki z 42 poziomów genetycznych ($n=42$). Na ich podstawie wyliczono określone zależności.

Zawartość węgla organicznego wykazuje istotną statystycznie ujemną korelację do głębokości profilu glebowego ($r=-0,69^{***}$, $p<0,001$, $n=42$). Natomiast dodatnią istotną statystycznie korelację do głębokości wykazują wartości pH w wodzie ($r=0,60^{***}$, $p<0,001$, $n=42$) i pH w KCl ($r=0,77^{***}$, $p<0,001$, $n=42$). Wraz z głębokością profilu maleją ilości węgla organicznego w poszczególnych poziomach genetycznych a wzrastają wartości pH. Względem pozostałych właściwości (K_w , Al_w , BC, CECe i BS) a głębokością nie zaobserwowano statystycznie istotnych zależności. Istotna statystycznie jest zależność kwasowości wymiennej do CECe ($r=0,88^{***}$, $p<0,001$, $n=42$) i stopnia wysycenia kationami o charakterze zasadowym ($r=-0,41^{***}$, $p<0,001$, $n=42$).

W glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych wartości kwasowości wymiennej (i glinu wymiennego) nie wykazują zależności od wartości pH badanych gleb. Współczynniki korelacji dla pH_{H_2O} i pH_{KCl} względem Corg. wskazują na istotną

Tab. 43. Współczynniki korelacji między wybranymi właściwościami badanych gleb

zmienna	głębokość	K _w	Al _w	Corg.	BC	CECe	BS	pH _{H₂O}
Gleby wytworzone z piaskowców ciosowych (n=42)								
K _w	0,07							
Al _w	0,11	0,99***						
Corg.	-0,69***	0,31**	0,27*					
BC	-0,05	0,16	0,17	0,11				
CECe	0,01	0,88***	0,88***	0,28*	0,56***			
BS	-0,11	-0,41***	-0,40**	-0,03	0,74***	0,02		
pH _{H₂O}	0,60***	-0,10	-0,07	-0,56***	-0,23	-0,20	-0,09	
pH _{KCl}	0,77***	-0,18	-0,13	-0,64***	-0,15	-0,22	0,03	0,88***
Gleby wytworzone z piaskowców permskich (n=24)								
K _w	-0,24							
Al _w	-0,22	0,99***						
Corg.	-0,69***	0,19	0,17					
BC	-0,13	-0,50*	-0,51*	0,51*				
CECe	-0,39*	0,32	0,30	0,62**	0,71***			
BS	0,18	-0,94***	-0,95***	-0,12	0,72***	-0,09		
pH _{H₂O}	0,37*	-0,30	-0,29	-0,17	0,61**	0,33	0,28	
pH _{KCl}	0,72***	-0,43*	-0,42*	-0,59**	0,21	-0,04	0,40*	0,89***
Gleby wytworzone z granitów monzonitowych (n=22)								
K _w	-0,75***							
Al _w	-0,75***	0,99***						
Corg.	-0,94***	0,78***	0,79***					
BC	0,21	-0,64**	-0,64**	-0,19				
CECe	-0,80***	0,60**	0,60**	0,82***	-0,05			
BS	0,64**	-0,96***	-0,96***	-0,42*	0,95***	-0,33		
pH _{H₂O}	0,81***	-0,88***	-0,87***	-0,53*	0,75***	-0,48*	0,87***	
pH _{KCl}	0,69***	-0,82***	-0,82***	-0,53*	0,70***	-0,48*	0,83***	0,98***
Gleby wytworzone z margli (n=30)								
K _w	-0,56**							
Al _w	-0,52**	0,99***						
Corg.	-0,62***	0,26	0,15					
BC	0,51**	-0,51**	-0,51**	-0,20				
CECe	0,05	0,35*	0,33*	-0,03	0,63***			
BS	0,42*	-0,93***	-0,93***	-0,48**	0,83***	0,10		
pH _{H₂O}	0,82***	-0,65***	-0,60***	-0,87***	0,48**	0,08	0,64***	
pH _{KCl}	0,72***	-0,65***	-0,61***	-0,83***	0,41*	-0,02	0,61***	0,96***

Objaśnienia:

K_w – kwasowość wymienna, Al_w – glin wymienny, BC – suma kationów wymiennych o charakterze zasadowym, CECe – pojemność sorpcyjna gleb, BS – wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym.

Współczynniki korelacji: *-istotność na poziomie p<0,1, **-istotność na poziomie p<0,01, ***-istotność na poziomie p<0,001.

Kolorem czerwonym oznaczono współczynniki korelacji na poziomie istotności p<0,05.

statystycznie relację między tymi parametrami (odpowiednio: $r=-0,56^{***}$ i $r=-0,64^{***}$, przy $p<0,001$ i $n=42$). Im wyższe zawartości węgla organicznego w poziomach genetycznych gleb, tym niższe wartości pH na skutek wzrostu ilości materii organicznej i obecności kwasów huminowych i fulwowych.

Współczynniki korelacji dla gleb wytworzonych z piaskowców permskich wyznaczono dla $n=24$. Nie zaobserwowano istotnej statystycznie zależności między CECe a kwasowością wymienną i glinem wymiennym (dla K_w : $r=0,32$, $n=24$; dla Al_w : $r=0,30$, $n=24$), obserwowanej w glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych. Natomiast wysoce statystycznie względem siebie są wyniki K_w do BS (odpowiednio $r=-0,94^{***}$, $p<0,001$, $n=24$; $r=-0,95^{***}$, $p<0,001$, $n=24$).

Na podstawie wyliczonego współczynnika korelacji nie stwierdza się statystycznie istotnej zależności zawartości węgla organicznego w badanych glebach do pH w wodzie ($r=-0,17$, $n=24$). W przypadku gleb wytworzonych z granitów ($n=22$) głębokość profilu glebowego ma wyraźny wpływ na wartości kwasowości wymiennej ($r=-0,75^{***}$, $p<0,001$, $n=22$), glinu wymiennego ($r=-0,75^{***}$, $p<0,001$, $n=22$), węgla organicznego ($r=-0,94^{***}$, $p<0,001$, $n=22$), CECe ($r=-0,80^{***}$, $p<0,001$, $n=22$) oraz pH w wodzie ($r=0,81^{***}$, $p<0,001$, $n=22$) i pH w chlorku potasu ($r=0,69^{***}$, $p<0,001$, $n=22$). Na niskim poziomie istotności ($p<0,1$) stwierdzono zależność zawartości węgla organicznego do pH (w wodzie i w KCl: $-0,53^*$, $n=22$).

W glebach wytworzonych z margli ($n=30$) stwierdzono istotną statystycznie zależność wyników pH_{H_2O} i pH_{KCl} badanych gleb do K_w (dla pH_{H_2O} i pH_{KCl} : $r=-0,65^{***}$, $p<0,001$, $n=30$), a także do Al_w (w H_2O : $r=-0,60^{***}$, $p<0,001$, $n=30$; w KCl: $r=-0,61^{***}$, $p<0,001$, $n=30$) oraz do stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym (dla pH w H_2O : $r=0,64^{***}$, $p<0,001$, $n=30$, w KCl: $0,61^{***}$, $p<0,001$, $n=30$).

W badanych glebach, na podstawie wyliczonych współczynników korelacji, zaobserwowano istotne statystycznie zależności między odczynem gleb, a zawartością węgla organicznego, kwasowością wymienną i glinem wymiennym.

Dzięki obliczonym współczynnikom korelacji wykazano m.in. zależności między właściwościami badanych gleb, a głębokością w profilu w glebach wytworzonych z margli i granitów oraz jej brak w glebach powstałych z piaskowców ciosowych i permskich.

Tab. 44. Współczynniki korelacji dla niektórych parametrów chemicznych i fizykochemicznych wszystkich badanych gleb

zmienna	głębokość	K _w	Al _w	Corg.	BC	CECe	BS	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	pH _{H2O}	pH _{KCl}
K _w	-0,32***												
Al _w	-0,28***	0,99***											
Corg.	-0,61***	0,32***	0,26**										
BC	0,22*	-0,30**	-0,30***	0,07									
CECe	-0,09	0,62***	0,61***	0,34***	0,56***								
BS	0,29**	-0,62***	-0,62***	-0,06	0,85***	0,15*							
Ca ²⁺	0,24**	-0,33***	-0,33***	0,02	0,99***	0,52***	0,83***						
Mg ²⁺	0,20*	-0,16*	-0,17*	0,11	0,91***	0,60***	0,79***	0,84***					
K ⁺	-0,23*	0,09	0,07	0,54***	0,48***	0,48***	0,33***	0,40***	0,52***				
Na ⁺	0,21*	-0,27**	-0,26**	0,04	0,70***	0,34***	0,68***	0,63***	0,76***	0,47***			
pH _{H2O}	0,62***	-0,37***	-0,34***	-0,48***	0,51***	0,10	0,49***	0,56***	0,38***	-0,14	0,12		
pH _{KCl}	0,71***	-0,33***	-0,30**	-0,67***	-0,03	-0,16*	0,15*	0,03	-0,09	-0,41***	0,07	0,81***	
pH _{CaCl2}	0,62***	-0,36***	-0,32***	-0,51***	0,33	-0,35	0,39***	0,38***	0,24**	-0,29**	0,05	0,90***	0,91***

Objaśnienia:

K_w – kwasowość wymienna, Al_w – glin wymienny, BC – suma kationów wymiennych o charakterze zasadowym, CECe – pojemność sorpcyjna gleby, BS – wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym.

Współczynniki korelacji: *-istotność na poziomie p<0,1, **-istotność na poziomie p<0,01, ***-istotność na poziomie p<0,001.

Kolorem czerwonym oznaczono współczynniki korelacji na poziomie istotności p<0,05.

6. DYSKUSJA WYNIKÓW I PODSUMOWANIE

W pokrywie glebowej Parku Narodowego Gór Stołowych dominują gleby działu gleb autogenicznych. Są to gleby, które powstały pod wpływem działania wielu czynników glebotwórczych [SYSTEMATYKA... 1989]. Ich skałami macierzystymi, na rozpatrywanym obszarze badawczym, są m.in. piaskowce ciosowe, piaskowce permskie, granity kudowskie zwane monzonitowymi oraz margle plenerskie (mułowce).

Przeprowadzone badania gleb (głównie bielicoziemnych i brunatnoziemnych), wytworzonych z różnych skał macierzystych, występujących na obszarze Parku Narodowego Gór Stołowych, wykazały zróżnicowanie ich składu mineralogicznego, granulometrycznego oraz innych właściwości fizycznych, chemicznych i fizykochemicznych w zależności od podłoża geologicznego. Różnorodność skał macierzystych na niewielkim obszarze Parku Narodowego Gór Stołowych umożliwiła przebadanie gleb i ocenę wpływu utworów macierzystych na ich właściwości z pominięciem pozostałych czynników glebotwórczych i glebowych.

Obecność skał zarówno osadowych, jak i magmowych, wywiera znaczny wpływ na właściwości gleb Parku Narodowego Gór Stołowych, w szczególności na ich zasobność w składniki pokarmowe, uziarnienie oraz właściwości wodne. Poza chemizmem skał macierzystych, czynnikiem o bardzo ważnym znaczeniu jest również jakościowy i ilościowy skład mineralogiczny gleb [BOGDA 1981]. Przykładem odmiennych właściwości gleb są gleby wytworzone z piaskowców permskich oraz margli. Różnią się one zarówno składem granulometrycznym, jak i odczynem, wartościami kwasowości wymiennej, pojemnością sorpcyjną i wysyceniem kationami o charakterze zasadowym, a także zawartościami form przyswajalnych i metali ciężkich. Profile 1-9, reprezentujące gleby utworzone z piaskowców ciosowych, oraz profile 21-26, gleb powstałych z margli, cechują się zróżnicowanymi właściwościami. Pierwsze z nich charakteryzują się najmniej korzystnymi właściwościami z punktu widzenia prowadzonej gospodarki leśnej. Są ubogie w składniki pokarmowe – tworząc środowisko oligotroficzne, z dominacją frakcji piasków w składzie granulometrycznym, na ogół z silnie zaznaczonym procesem bielicowania. Natomiast druga grupa profili to gleby, które wyróżniają się obecnością poziomu brunatnienia, uziarnieniem z przewagą frakcji pyłu, wysokim wysyceniem kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym oraz sumą kationów o charakterze zasadowym. Cechy te należy uznać za pożądane, gdyż sprzyjają

prowadzeniu gospodarki leśnej na obszarach górskich, bez większych nakładów finansowych. Zróżnicowanie właściwości gleb w zależności od rodzaju skały macierzystej i jej składu chemicznego, wiąże się także ze składem mineralogicznym oraz jest efektem procesów glebotwórczych.

Właściwości badanych gleb zależne są także od pokrywy roślinnej (którą stanowią głównie monokultury świerkowe), zakwaszającej środowisko glebowe oraz warunków klimatycznych. Chłodne i wilgotne warunki klimatu górskiego oraz przyporządkowane im zbiorowiska roślinne, decydują o spowolnieniu rozkładu materii organicznej [SKIBA 1998], tym samym znacznych zasobach węgla organicznego w poziomach powierzchniowych badanych gleb.

Zmienna miąższość gleb, zabarwienie poziomów genetycznych, skład granulometryczny, kwasowość, zawartość glinu wymiennego, właściwości kompleksu sorpcyjnego to cechy środowiska glebowego, które, w głównej mierze, są spowodowane właściwościami materiału macierzystego.

Właściwości wszystkich, badanych gleb przedstawiają się następująco:

- w składzie granulometrycznym gleb dominuje frakcja piasku. Procentowy udział piasków wzrasta wraz głębokością we wszystkich profilach glebowych, natomiast maleje ilość pyłów i części spławialnych;
- wszystkie badane gleby na podstawie odczynu zakwalifikowano do gleb kwaśnych, bądź silnie kwaśnych;
- wraz z głębokością w profilach glebowych wzrasta pH, a maleje kwasowość wymienna i zawartość glinu wymiennego;
- glin wymienny jest głównym jonem kształtującym kwasowość wymienną gleb. Jego udział, w wielu poziomach glebowych, stanowi ponad 90% jej wartości;
- niskie wysycenie gleb kationami o charakterze zasadowym oraz niewielki udział kationów o charakterze zasadowym są spowodowane wymywaniem tych składników przez wody zstępujące w profilu glebowym i chemizmem skał macierzystych;
- gleby charakteryzują się bardzo małą zasobnością w przyswajalne formy fosforu, magnezu i potasu;
- zawartości metali ciężkich, na ogół, nie przekraczają naturalnych koncentracji tych pierwiastków w środowisku glebowym;
- w składzie mineralogicznym frakcji <0,002 mm dominują głównie minerały mieszano-pakietowe illitowo-smektytowe lub illit. Poza nimi występują także: smektyt oraz kaolinit. Gleby wytworzone z granitów w swoim składzie wykazują obecność

interstratyfikowanych minerałów typu hydrobiotyt-wermikulit. Minerały pierwotne są reprezentowane przez kwarc i skalenie potasowe.

Badane gleby, bez względu na ich pochodzenie geologiczne, charakteryzują się niskimi wartościami pH. Na podstawie odczynu zakwalifikowano je do gleb kwaśnych lub silnie kwaśnych. Silną acydyfikację gleb Parku Narodowego Gór Stołowych można zatem uznać za typową cechę gleb górskich, gdyż gleby Karkonoszy [ADAMCZYK I IN. 1985, BORKOWSKI I IN. 1995, KOCOWICZ 1998, 1999, STRZYSZCZ 1995], Gór Izerskich [BORŮVKA I IN. 2005, BROGOWSKI I IN. 1997, KABAŁA 1995, 1997, 1998, MLÁDKOVÁ I IN. 2004, 2006, PAVLŮ I IN. 2007], a także Gór Stołowych [AZZAWI 1991, KABAŁA I IN. 2008, SZERSZEŃ I IN. 1996, SZERSZEŃ, KABAŁA 2002, SZOPKA 1998] cechują się także silnym zakwaszeniem.

Cechą, którą można nazwać typową dla gleb górskich Polski, jest także wysoka kwasowość wymienna. Wysokie wartości tego wskaźnika charakteryzują również gleby PNGS, nieznacznie zmieniając się w obrębie gleb wytworzonych z poszczególnych skał macierzystych. Podobnie, jak w przypadku pH, zakres wartości kwasowości wymiennej jest zróżnicowany w zależności od pochodzenia gleb. Największą amplitudę zmian zaobserwowano w przypadku gleb utworzonych z margli, a najmniejszą w glebach powstałych z piaskowca ciosowego. Wyniki potwierdzają zatem spostrzeżenia m.in. KABAŁY [1995], KOCOWICZA [1999], czy SZAFRANKA [1990], którzy stwierdzili, że na kształtowanie się kwasowości wymiennej w glebach Sudetów mają wpływ zarówno nagromadzenie materii organicznej w poziomach wierzchnich profili glebowych, jak i rodzaje skał macierzystych.

Duże znaczenie w kształtowaniu kwasowości wymiennej wykazują jony glinu wymiennego, którego obecność działa wyjątkowo niekorzystnie na wzrost i rozwój roślin [POKOJSKA 1994]. Taka zależność, w przypadku gleb górskich, została stwierdzona również przez innych badaczy [BORKOWSKI I IN. 1995, KABAŁA 1995, KOCOWICZ 1998, 1999, STRZYSZCZ 1995, SZAFRANEK 1990].

Stosunek C:N w badanych glebach, na ogół, wzrasta wraz z głębokością profili glebowych. Stopniowy wzrost relacji C do N w głąb profili jest sprzeczny z wynikami AMER [1986] oraz WACHALEWSKIEGO I ŁUKASZUKA [1975], którzy stwierdzili, że w glebach leśnych stosunek ten maleje wraz z głębokością. Wyniki badań SZOPKI [1998] jednoznacznie wskazują jednak na brak występowania tendencji wzrostowej bądź malejącej, gdyż zależne jest to od „typologicznych procesów glebotwórczych” [SZOPKA 1998].

Przeprowadzone badania rentgenograficzne oraz derywatograficzne umożliwiły wyjaśnienie, jakim przemianom ulegają minerały pierwotne w analizowanych glebach. W wyizolowanych frakcjach <0,002 mm, dominującymi minerałami są illit oraz minerały o strukturach mieszano-pakietowych typu illit-smektyt. W glebach wytworzonych z granitu stwierdzono niewystępujący w pozostałych glebach hydrobiotyt-wermikulit. Można sądzić, iż skalenie ulegają przeobrażeniu w kierunku illitu i kaolinitu, zaś biotyty przekształcają się głównie w minerały hydrobiotytowo-wermikulitowe [BOGDA 1978, 1981, 1998; BOGDA I KOWALIŃSKI 1972; BOGDA I IN. 1975, 1997; KABAŁA 2005; SKIBA 2000]. Obecność minerałów interstratyfikowanych wermikulitowo-hydrobiotytowych, będących produktem przemian biotyty, jest spowodowane znaczną przepuszczalnością środowiska glebowego oraz jego kwaśnym odczynem i zasobnością w jony glinu [STOCH 1974]. Następnie minerały te ulegają przekształceniu do kaolinitu [BOGDA 1981]. Niewielkie ilości kaolinitu a duże illitu w badanych frakcjach ilastych są także skutkiem istnienia korzystnych warunków powstawania tych minerałów. Wpływ środowiska, odczynu, obecności jonów K^+ na formowanie się tych produktów wietrzenia opisywany był przez BOGDĘ [1979, 1981], ESWARANA [1979], JACKSONA [1968], STOCHA [1974], WILSONA [1975]. Powstawanie minerałów wtórnych ze skaleni, w głównej mierze, uzależnione jest od zasobności środowiska w jony potasu. Illit tworzy się w glebach słabo przepłukiwanych w wodę, tym samym o wyższej koncentracji jonów K^+ . Odmierna sytuacja ma miejsce w przypadku tworzenia się kaolinitu. Powstaje on w warunkach niskiej zasobności gleb w jony potasu, spowodowanej szybkim przepływem wód opadowych i gwałtownym odprowadzaniem składników chemicznych [STOCH 1974].

W zależności od rodzaju skały macierzystej gleb zmienny jest ilościowy udział poszczególnych minerałów ilastych. W glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych stwierdzono następujący układ poszczególnych minerałów ilastych $I-S>I>K$, porównywalny m.in. z wynikami badań utworów zwietrzelinowych z obszaru PNGS (z Radkowa, Łęczyc i Kudowy) [JAHN I IN. 2000]. Nieco odmienny układ minerałów występuje w składzie mineralogicznym frakcji <0,002 mm w glebach wytworzonych z piaskowców permskich. Tutaj minerały ilaste można ułożyć w następującym szeregu: $I>I-S>K$. Gleby wytworzone z granitu cechują się obecnością minerałów H-V ($I>H-V>I-S>K$), natomiast udział poszczególnych minerałów ilastych w glebach powstałych z margli wygląda następująco: $I-S>I>K$. Przedstawione powyżej szeregi ilościowego

udziału minerałów ilastych we frakcjach ilastych badanych gleb mają charakter przybliżony, gdyż są zróżnicowane w poszczególnych poziomach glebowych.

Przeprowadzone badania składu mineralogicznego frakcji $<0,002$ mm gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych wskazują, że istnieje zmienność w jakościowym i ilościowym udziale poszczególnych minerałów pierwotnych i wtórnych między profilami gleb. Takiego zróżnicowania nie obserwuje się natomiast pomiędzy poszczególnymi poziomami genetycznymi w profilach glebowych (tab. 40). Podobne rezultaty otrzymał Bogda [1981] zajmując się składem mineralogicznym gleb brunatnych wytworzonych z sudeckich granitoidów.

Spośród przebadanych gleb, najsłabszymi glebami, z punktu widzenia prowadzonej gospodarki leśnej, są gleby wytworzone z piaskowców, głównie ciosowych, natomiast najlepszymi - gleby powstałe z margli.

Właściwości gleb wytworzonych z piaskowców ciosowych przedstawiają się następująco:

- glebami wytworzonymi z piaskowców są głównie gleby bielcowe z zaznaczonym poziomem *spodic* i typowymi dla niego właściwościami;
- frakcja piasków przeważa w uziarnieniu gleb i osiąga wartości od 44 do 92% (średnio powyżej 80%), natomiast w najmniejszych ilościach występuje frakcja części spławialnych (od 0 do 10%, a w poziomie skały macierzystej do 23%; średnio około 4%);
- gleby wytworzone z piaskowców ciosowych cechują się najniższym pH, spośród wszystkich badanych gleb (od 3,2 do 4,7);
- nieznaczny udział metali ciężkich w badanych glebach, podobnie jak form przyswajalnych magnezu, potasu i fosforu, czy jonów o charakterze zasadowym jest determinowana przez skałę macierzystą;
- w składzie pierwiastkowym dominują związki krzemu oraz glinu;
- wartości powierzchni właściwej (średnio ok $30 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$), w porównaniu z pozostałymi glebami, są bardzo niskie. Jest to spowodowane niskimi ilościami węgla organicznego w poziomach mineralnych gleb oraz dominacją frakcji piasków w składzie granulometrycznym.

Glebami o zbliżonych właściwościach do gleb wytworzonych z piaskowców ciosowych są gleby powstałe z piaskowców permskich. Cechują się one nieznacznie wyższymi zawartościami poszczególnych składników o charakterze zasadowym, form przyswajalnych, a także niższym udziałem frakcji piasków na korzyść frakcji pyłów

i ilów, wyższym pH i niższą kwasowością wymienną. Charakteryzują się one również charakterystycznym czerwono-brunatnym zabarwieniem w obrębie całego profilu glebowego. Barwa ta jest spowodowana obecnością rozproszonego hematytu.

Barwę zbliżoną do czerwonej lub brunatnej, ale o mniejszej intensywności, wykazywały także poziomy genetyczne gleb wytworzonych z granitu monzonitowego.

Gleby wytworzone z granitów monzonitowych Kudowy cechują się niskim pH oraz wysoką kwasowością wymienną, kształtowaną, w głównej mierze, przez glin wymienny. Skala macierzysta ma tu także decydujący wpływ na skład mineralogiczny badanych gleb, bowiem we frakcji $<0,002$ mm występują mieszano-pakietowe minerały typu wermikulit-hydrobiotyt, będące produktami wietrzenia biotytu, obecnego w omawianej skale.

Najzasobniejszymi w składniki pokarmowe są gleby wytworzone ze stołowogórskich margli. Skala macierzysta, określana marglem plenerskim, z geologicznego punktu widzenia, odpowiada mułowcom czy pyło-łupkom [ROTNICKA 1996]. Potwierdzeniem tego stwierdzenia, jest nieznaczna ilość wapnia w badanych glebach i brak węglanów. Niewielkie ilości wapnia można tłumaczyć także silnym odwapnieniem gleb spowodowanym wymywaniem Ca w warunkach klimatu silnie wilgotnego.

W składzie granulometrycznym gleb utworzonych z margli dominują frakcje o mniejszych średnicach, głównie pyły, które stanowią często ponad 50% części ziemistych. Gleby margliste, spośród wszystkich przebadanych gleb, charakteryzują się m.in. najwyższymi wartościami pH i sumy kationów o charakterze zasadowym. Kationem, występującym w największej ilości w kompleksie sorpcyjnym, jest wapń.

Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych wciąż ulegają dynamicznym przemianom. Przeobrażenia, jakim podlegają, wiążą się wciąż z pogłębiającym się procesem zakwaszenia i wymywaniem składników pokarmowych z poziomów powierzchniowych gleb. Dominacja świerczyn w drzewostanie przyczynia się dodatkowo do pogłębiania się niekorzystnych zmian w środowisku glebowym. Jest to bardzo ważne zagadnienie, ponieważ wymieranie lasów, zarówno w Parku Narodowym Gór Stołowych, jak i w całych Sudetach, spowodowane jest niekorzystnymi właściwościami gleb oraz występowaniem drzew iglastych, będących sztucznymi nasadzeniami z XX wieku, nieprzystosowanych do surowych warunków górskiego klimatu, w znacznej mierze przyczyniających się do wzrostu zakwaszenia gleb.

Przedstawiona charakterystyka gleb, z uwzględnieniem wpływu skał macierzystych, umożliwia dokonanie oceny właściwości gleb całej powierzchni parku i zaplanowanie zmian w szacie roślinnej, w szczególności w strukturze gatunkowej drzewostanu, istotnych w planach jego ochrony i zagospodarowania.

W celu skuteczniejszej ochrony gleb PNGS prowadzony jest obecnie monitoring gleb na wcześniej przygotowanych powierzchniach na wzór badań prowadzonych od dłuższego czasu w Karkonoskim Parku Narodowym. Tego typu działania pozwalają na bieżąco obserwować zmiany w środowisku glebowym i szybko reagować.

Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych stanowią interesujący obiekt badań walorów przyrodniczych i przekształceń istniejących ekosystemów. Na ich podstawie można skutecznie przeciwdziałać niekorzystnym zmianom, jakie mogą zachodzić na obszarach gleb górskich i wpływać na przeobrażenia środowiska glebowego.

Badania, prowadzone na obszarze PNGS, powinny uwzględniać istotną, wykazaną tu rolę występujących tam skał macierzystych w kształtowaniu się właściwości gleb i zmierzać do ograniczenia ich degradacji, zachowując piękno tak unikatowego obszaru, jakim są Góry Stołowe.

7. WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników badań można sformułować następujące wnioski:

1. Rodzaj skały macierzystej ma wpływ na cechy morfologiczne badanych gleb i typową sekwencję poziomów genetycznych. W większości przypadków, glebami wytworzonymi z piaskowców ciosowych i permskich są gleby bielcowe, z granitów - brunatne kwaśne, a z margli - brunatne kwaśne lub brunatne.
2. Skład granulometryczny badanych gleb uzależniony jest od rodzaju skały macierzystej. Gleby wytworzone z margli cechują się większą zawartością pyłów i ilów, gleby wytworzone z piaskowców – dominacją frakcji piasków, a gleby granitowe – piasków gliniastych i glin piaszczystych oraz znaczną zawartością części szkieletowych. Uziarnienie analizowanych gleb wykazuje istotne różnicowanie w ujęciu profilowym. Wraz z głębokością maleje udział frakcji części spławialnych, a wzrasta zawartość frakcji piasków.
3. Skała macierzysta ma duży wpływ na właściwości fizyko-chemiczne i chemiczne opisywanych gleb, czego potwierdzeniem są m.in. wartości pH, kwasowości wymiennej i stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym. Glebami o najniższym stopniu wysycenia i pH oraz najwyższej kwasowości wymiennej są gleby powstałe z piaskowców ciosowych i piaskowców permskich. Zaś najniższą kwasowością charakteryzują się gleby wytworzone z margli, które cechują się także najwyższymi wartościami pH i stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym.
4. Udział kationów wymiennych w pojemności sorpcyjnej badanych gleb jest silnie różnicowany. Zmienność ta jest widoczna zarówno w ujęciu profilowym, jak i pomiędzy poszczególnymi glebami w zależności od rodzaju skały macierzystej. Jonami dominującymi w pojemności sorpcyjnej gleb są kationy H^+ oraz Al^{3+} , przy czym w największych ilościach występują one w glebach wytworzonych z piaskowców ciosowych, a w najmniejszych - w glebach powstałych z margli plenerskich. Wraz z głębokością w profilach glebowych, zwiększa się przewaga jonów Ca^{2+} nad pozostałymi kationami wymiennymi o charakterze zasadowym.
5. Za główne czynniki, warunkujące obecność metali ciężkich w glebach PNGS, należy uznać wpływ procesów glebotwórczych i glebowych, dopływ tych

pierwiastków wraz z opadem liści i igliwia oraz działalność antropogeniczną. Potwierdzeniem tego są badania rozmieszczenia miedzi, cynku i ołowiu w analizowanych glebach, które wskazują na ich obecność w większych ilościach w poziomach powierzchniowych, a w mniejszych - w poziomie skały macierzystej.

6. W większości poziomów genetycznych zawartości form przyswajalnych fosforu, potasu oraz magnezu są bardzo niskie i niskie (IV i V klasa zawartości). Niewielkie ilości fosforu przyswajalnego w badanych glebach są spowodowane jego uwstecznieniem w warunkach silnego zakwaszenia gleb, a niedobory magnezu i potasu przyswajalnego są związane z ich wymywaniem i pobieraniem przez rośliny.
7. Skład mineralogiczny frakcji $<0,002$ mm gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych różni się pod względem jakościowego, jak i ilościowego udziału występujących w nich minerałów pierwotnych i wtórnych. We frakcji $<0,002$ mm gleb wytworzonych z piaskowców monzonitowych stwierdza się zmienny udział minerałów illitowo-smektytowych, bądź illitu. Gleby wytworzone z granitów cechują się obecnością minerałów mieszano-pakietowych wermikulitowo-hydrobiotytowych, będących produktami wietrzenia skałeni i biotytu. Wysokodispersyjny kwarc występuje obficie w każdej z przebadanych frakcji $<0,002$ mm, jakkolwiek jego największe ilości zaobserwowano w glebach powstałych z margli oraz piaskowców ciosowych i piaskowców permskich. Skałenie potasowe w badanych frakcjach występują w niewielkiej ilości. Najwięcej ich stwierdzono w glebach wytworzonych z granitów, gdyż są produktami wietrzenia ortoklazu, obecnego w granitach.
8. Skład minerałów ilastych badanych gleb, jak również skład granulometryczny i zawartość węgla organicznego, mają wpływ na ich powierzchnię właściwą. Wyższą powierzchnią właściwą cechują się gleby wytworzone z granitów i margli ze względu na występowanie minerałów hydrobiotytowo-wermikulitowych bądź illitowo-smektytowych, uziarnienie glin i pyłów oraz znaczne ilości węgla organicznego.
9. Zmienność jakościowa w składzie mineralogicznym frakcji $<0,002$ mm pomiędzy poszczególnymi poziomami genetycznymi badanych gleb jest nieznaczna, gdyż występowanie minerałów ilastych w profilach glebowych jest dziedziczona po skale macierzystej.

10. Skład chemiczny frakcji $<0,002$ mm gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych jest zróżnicowany w zależności od skały macierzystej. Frakcja $<0,002$ mm gleb wytworzonych z margli cechują się najwyższymi zawartościami wapnia, magnezu, sodu i potasu, w porównaniu z frakcjami wydzielonymi z gleb wytworzonych z granitów czy piaskowców.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ADAMCZYK B. 1957. Piaskowiec magurski jako skała macierzysta niektórych gleb w Karpatach. Zesz. Nauk. WSR, Kraków, 3: 147-172.
2. ADAMCZYK B. 1965. Studia nad kształtowaniem się związków między podłożem skalnym glebą. Cz. I Gleby rezerwatu leśnego „Świnia Góra” wytworzone z otworów piaskowca pstrego (dolnego triasu). Acta Agr. et Silv., Ser. Les., 5: 8-15.
3. ADAMCZYK B., 1984. Rola gleby w kształtowaniu środowiska przyrodniczego terenów górskich. Studia Ośr. Dokument. Fizjogr., 12, 9-47.
4. ADAMCZYK B., BARAN S., BORKOWSKI J., KOMORNICKI T., KOWALIŃSKI S., SZERSZEŃ L., TOKAJ J. 1985. „Gleby” w: Karkonosze Polskie, pod red. A. Jahna, Wyd. PAN Zakł. Narod. im. Ossolińskich, Wrocław, str. 81-82.
5. ADAMCZYK B., FIREK A., ZASOŃSKI S. 1968. Mobile aluminium in mountain forest soils. Pol. J. of Soil Sc., 1: 3-10.
6. ALEXIADES C. A., JACKSON M. L. 1966. Quantitative clay mineralogical analysis of clays and sediments. Clays and Clay Miner. Proc. 14-th Nat. Conf., 35-52.
7. AMER S. M. 1986. Influence of climatic conditions on the mineralogical composition and other properties of the soils developed on limestones. Maszynopis pracy doktorskiej, Akademia Rolnicza, Wrocław, s. 84.
8. ANDRUSZCZAK E. 1975. Zawartość mikro- i makroelementów w glebach i roślinności użytków rolnych Kotliny Kłodzkiej, Rocz. Glebozn., 26, 3: 90-119
9. AREL E., TUGRUL A. 2001. Weathering and its relation to geomechanical properties of Cavusbasi granitic rocks in northwestern Turkey, Bull. Eng. Geol. Env. 60: 123-133.
10. ARIKAN F., ULUSAY R., AYDIN N. 2007. Characterization of weathered acidic volcanic rocks and a weathering classification based on a rating system. Bull. Eng. Geol. Environ. 66: 415-430.
11. AZZAWI J. 1991. Badania składu i właściwości oraz klasyfikacja gleb wytworzonych ze skał czerwonego spągowca w Sudetach. Maszynopis pracy doktorskiej, Akademia Rolnicza, Wrocław, s. 75.

12. BARRÉ P., VELDE B., ABBADIE L. 2007. Dynamic role of „illite-like“ clay minerals in temperate soils: facts and hypotheses, *Biogeochemistry* 82: 77-88.
13. BARSHAD I. 1966. The effect of a variation in precipitation on the nature of clay minerals formation in soils from acid and basic igneous rocks. *Proc. Int. clay Conf., Jerusalem*, 1: 167-173.
14. BARSZCZAK T., BILSKI J. 1983. Działanie glinu na rośliny. *Postępy Nauk Przyrodniczych*, 4: 16-24.
15. BARTOSZEWICZ A., SPYCHALSKI W. 2003. Zawartość niektórych form glinu w uprawnych glebach płowych Równiny Kościańskiej w aspekcie rosnącego ich zakwaszenia, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 493: 563-569.
16. BECH J. 1996. Aspectos históricos y técnicos de las arcillas de uso medicinal. W: IX Simp. Grupo Especializado de Cristalografía. La Cristalografía y la Industria Farmaceutica. Wyd. Reales Soc. Esp. Física y Química. Univ. Granada, 15–17.
17. BERGAYA F., LAGALY G. 2001. Surface modification of clay minerals. *Applied Clay Science*, 19: 1-3.
18. BN-78/9180-11. 1978. Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne. Wydawnictwo ALFA, Warszawa.
19. BOGACZ A. 2000. Physical properties of organic soils in Stołowe Mountains National Park (Poland), *Suo*, 51: 105-113.
20. BOGACZ A. 2002a. Właściwości chemiczne gleb organicznych Parku Narodowego Gór Stołowych, *Rocz. Glebozn.* 53: 13-26.
21. BOGACZ A. 2002b: Charakterystyka gleb organicznych w PNGS. *Szczeliniec* 6: 133-160.
22. BOGDA A. 1973. Mineralogiczne i mikromorfologiczne badania produktów wietrzenia niektórych magmowych skał macierzystych gleb występujących w Sudetach. *Rocz. Glebozn.* 24 (2): 85-132.
23. BOGDA A. 1978. Mineraly ilaste gleb wietrzeniowych wytworzonych z niektórych granitoidów sudeckich, I Konferencja Mineraly i Surowce Ilaste, Bolesławiec, 301-318
24. BOGDA A. 1981. Skład mineralny i niektóre właściwości gleb brunatnych wytworzonych z granitoidów sudeckich. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 26, s. 58.

25. BOGDA A., CHODAK T., LASKOWSKI S., SZERSZEŃ L. 1975, Wpływ różnych odmian petrograficznych granitu na skład minerałów ilastych gleb wietrzeniowych, materiały konferencyjne, Konferencja na temat „Minerały Ilaste Gleb”, Puławy, 29-30 września 1975, 6-7.
26. BOGDA A., CHODAK T., SZERSZEŃ L. 1998. Właściwości i skład minerałów ilastych gleb Dolnego Śląska. Wyd. AR, Wrocław, s. 89.
27. BOGDA A., KOWALIŃSKI S. 1972. Micromorphology of the weathering products of some soil-forming igneous rocks of the Sudetes. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 123, 519-530.
28. BOLEWSKI A., PARACHONIAK W. 1982. Petrografia. Wyd. Geolog., Warszawa.
29. BORKOWSKI J. 1966. Gleby brunatne Sudetów. PAN, Wyd. Nauk Roln. i Leśnych, Komitet Zagospodarowania Gleb Górskich, 12, 25-93.
30. BORKOWSKI J., KABAŁA C., KARCZEWSKA A. 1996. Gleby brunatne wytworzone z granitoidów na obszarze Parku Narodowego Gór Stołowych. Symp. Nauk. „Środowisko przyrodnicze PNGS", Kudowa Zdrój 11-13 X 1996. Wyd. PNGS „Szczeliniec": 79-85.
31. BORKOWSKI J., STRĄCZYŃSKA S. 1986. Wpływ nawożenia mineralnego na skład frakcyjny związków próchnicznych gleb darniowych Sudetów, Roczn. Glebozn., 37, 2/3:307-313
32. BORKOWSKI J., SZERSZEŃ L. 1998. Stan oraz zagrożenia i ochrona gleb Karkonoszy Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 464, 273-280.
33. BORKOWSKI J., SZERSZEŃ L., KOCOWICZ A. 1995. Glin wymienny w glebach Karkonoskiego Parku Narodowego. [w:] Geoekologiczne problemy Karkonoszy, materiały sesji naukowej w Borowicach, 13-15 X 1994. Wydawnictwo Acarus, Poznań, 85-88.
34. BORŮVKA, L. MLÁDKOVÁ, O. DRÁBEK O. 2005. Factors controlling spatial distribution of soil acidification and Al forms in forest soils, Journal of Inorganic Biochemistry 99: 1796–1806.
35. BOWSZYS T., RUSZKOWSKI K., BOBRZECKA D. 2003. Wpływ wapnowania na niektóre właściwości chemiczne gleby nawożonej nawozami wieloskładnikowymi, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 493: 579-584.
36. BRINDLEY G.W., BROWN G. 1980. Crystal structures of clay minerals

- and their X-ray identification. Mineral. Soc. Monogr. 5, 495, London.
37. BROGOWSKI Z., BORZYSZKOWSKI J., GWOREK B., OSTROWSKA A., PORĘBSKA G., SIENKIEWICZ J. 1997. Charakterystyka gleb wylesionych obszarów Gór Izerskich. *Rocz. Glebozn.*, t. 48, 1/2, 111-124.
 38. BROŻEK S. 1999. Wpływ lasu na gleby – biomodifikacja czy degradacja? *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 476: 65-72.
 39. CARRETERO M.I. 2002. Clay minerals and their beneficial effects upon human health: a review. *Applied Clay Science* 21: 155–163.
 40. CARRETERO M.I., GOMES C.S.F., TATEO F. 2006. Clays and human health, handbook of clay science. W: Bergaya F., Theng B.K.G., Lagaly G. (red.), *Developments in Clay Science*, Elsevier Ltd., 1:717–741
 41. CERTINI G., HILLIER S., MCMURRAY E., EDWARDS A. C. 2003. Weathering of sandstone clasts in a forest soil in Tuscany (Italy), *Geoderma* 116: 357– 372.
 42. CERYAN S., TUDES S., CERYAN N. 2008A. A new quantitative weathering classification for igneous rocks, *Environ. Geol.* 55: 1319–1336.
 43. CERYAN S., TUDES S., CERYAN N. 2008B. Influence of weathering on the engineering properties of Harsit granitic rocks (NE Turkey), *Bull. Eng. Geol. Environ.* 67: 97-104.
 44. CHEN P., LIN M., ZHENG Z. 1997. On the origin of the name kaolin and the kaolin deposits of the Kauling and Dazhou areas, Kiangsi, China. *Applied Clay Science*, 12: 1–25.
 45. CHESWORTH, W. 1973. The parent rock effect in the genesis of soil. *Geoderma* 10: 215–225.
 46. CHODAK T. 1980. Badania nad właściwościami oraz składem mineralnym gleb wytworzonych z lessu Dolnego Śląska. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, Rozprawy, nr 21, 1-49.
 47. CHODAK T. 1997. Oznaczanie powierzchni właściwej gleby. Pomiar metodą sorpcji par gliceryny. PN-Z-19010-2. Polski Komitet Normalizacyjny. Warszawa.
 48. CHODAK T. 2000. Proces eluwialny jako czynnik degradujący środowisko glebowe. *Zesz. Naukowe AR we Wrocławiu*, 398, Monografia XXI.
 49. CHODAK T. 2002. Minerale ilaste niektórych rezydualnych zwietrzelin i gleb Parku Narodowego Gór Stołowych. *Szczeliniec*, 6: 119-132.

50. CHODAK T. 1999. Wykorzystanie minerałów ilastych w ochronie środowiska. W: Bieszczad S., Sobota J. (red.), Zagrożenia, ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczo-rolniczego, wydanie III, wyd. AR we Wrocławiu, 334-335.
51. CHODAK T., BOGDA A. 1976. Clay minerals of some soils developed from magmatic and metamorphic rocks, w: 7th Conference of Clay Mineralogy and Petrology, Karlovy Vary, 375-384.
52. CHODAK T., BOGDA A., KASZUBKIEWICZ J. 1990. Skład minerałów ilastych a niektóre właściwości gleb. Zesz. Nauk. AR Wroc., 196, 12-24.
53. CHODAK T., BOGDA A., LASKOWSKI S. 1975. Skład mineralny frakcji koloidalnej gleby wytworzonej z porfiru, materiały konferencyjne, Konferencja na temat „Minerały Ilaste Gleb”, Puławy, 29-30 września 1975, 32-34.
54. CHODAK T., JAHN A. 1998. Skład mineralogiczny i właściwości lessu niektórych struktur peryglacjalnych w Ścinawce Średniej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 464, 239-250.
55. CHODAK T., KABAŁA C. 1995. Powierzchnia właściwa – złożony parametr charakteryzujący stan środowiska glebowego, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 418: 501-506.
56. CHODAK T., KABAŁA C., GAŁKA B. 1996. Produkty wietrzenia ważniejszych skał macierzystych Parku Narodowego Gór Stołowych. Symp. Nauk. „Środowisko przyrodnicze PNGS”, Kudowa Zdrój 11-13 X 1996. Wyd. PNGS „Szczeliniec” 91-98.
57. CHODAK T., KASZUBKIEWICZ J. 2007. Fosfor w erodowanych glebach wapniowcowych i brunatnoziemnych Sudetów Środkowych. Rocz. Glebozn. LVIII (3/4): 59-67.
58. CHODAK T., SZERSZEŃ L., BOGDA A. 1995. Zmiany w składzie mineralogicznym gleb objętych niektórymi czynnikami degradującymi. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 418, 535-541.
59. CHODAK T., SZERSZEŃ L., KABAŁA C., KARCZEWSKA A. 1998. Dominujące kierunki badań gleb górskich w Polsce. [w:] Gleby Górskie – Geneza, Właściwości, Zagrożenia, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 464, 15-22.
60. CHOJNICKI J. 1993. Gleby płowe wytworzone z utworów pokrywowych

- Równiny Błońsko-Sochaczewskiej, *Rocz. Glebozn.*, 44, 3/4, 135-151.
61. CHURCHMAN G.J., GATES W.P., THENG B.K.G., YUAN. 2006. Clays and Clay Minerals for Pollution Control. [w:] Bergaya F., Theng B.K.G., Lagaly G. (red.) *Handbook of Clay Science: Developments in Clay Science*, 1: 625–676.
 62. CIAMPOROV M. L. 2000. Diverse responses of root cell structure to aluminium stress, *Plant and Soil* 226: 113–116.
 63. CIEŚLA W., DĄBKOWSKA-NASKRĘT H. 1983. Skład chemiczny frakcji ilastej gleb wytworzonych z gliny zwałowej moreny dennej Niziny Wielkopolskiej, *Rocz. Glebozn.*, 41, 1-2, 37-59.
 64. CZARNOWSKA K. 1983. Wpływ skały macierzystej na zawartość metali ciężkich w glebach. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 242: 51-61.
 65. CZARNOWSKA K. 1996. Ogólna zawartość metali ciężkich w skałach macierzystych jako tło geochemiczne gleb. *Rocz. Glebozn.* 47, Supl. 43-50.
 66. CZARNOWSKA K, GWOREK B. 1987. Metale ciężkie w niektórych glebach środkowej i północnej Polski. *Rocz. Glebozn.* 38 (3): 41-57.
 67. DĄBKOWSKA-NASKRĘT H., KOBIERSKI M., DŁUGOSZ J. 1998. Identyfikacja struktury minerałów mieszano pakietowych z pakietami smektytowymi we frakcji ilastej gleb, *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 464: 261-269
 68. DŁUGOSZ J. 1994. Minerały mieszanopakietowe typu illit/smektyt w glebach wytworzonych z gliny zwałowej z RZD - Gliszcz. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 414: 49-56.
 69. DŁUGOSZ J. 2002. Zróżnicowanie składu minerałów ilastych frakcji ilastej drobnej ($< 0,2 \mu\text{m}$) gleb płowych wytworzonych z glin lodowcowych. *Rozprawy nr 104. Wyd. Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz*, s. 104.
 70. DOBROWOLSKA I. 1995: Klęska ekologiczna w lasach karkonosko-izerskich, *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 418: 335-339
 71. DREWNIK M. 1998. Geomorfologiczne uwarunkowania rozwoju pokrywy glebowej w obszarach górskich na przykładzie Tatr. *Wyd. Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków*, s. 119.
 72. DROZD J., LICZNAR S. E., LICZNAR M. 1993. Formy próchnicy w pionowych strefach klimatyczno-glebowych Karkonoszy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*,

- 411, 149-156.
73. DURIEUX R. R., BARTLETT R.J., MAGDOFF E.R. 1995. Separate mechanisms of aluminium toxicity for nitrate uptake and root elongation, *Plant and Soil* 172: 229-234.
 74. DUTKA S. 1992. Ocena całkowitych zawartości pierwiastków głównych i śladowych w powierzchniowej warstwie gleb Polski. IUNG, Puławy.
 75. EGLI M., FITZE P., MIRABELLA A. 2001. Weathering and evolution of soils formed on granitic, glacial deposits: results from chronosequences of Swiss alpine environments, *Catena* 45: 19–47.
 76. EMBLETON C., THORNES J. 1985. Geomorfologia dynamiczna, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa.
 77. FILIPEK T. 1988. Występowanie glinu ruchomego w glebie i jego oddziaływanie na rośliny. „Postępy Nauk Rolniczych”, 44: 113-114.
 78. FRIPIAT J. J. 1982. Advanced Techniques for clay mineral analysis. *Developments in sedimentology* 34. Wyd.: Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam-Oxford-New York, s. 235
 79. GALAN E., LISO M.J., FORTEZA M., 1985. Minerales utilizados en la industria farmaceutica. *Bol. Soc. Esp. Min.* 8: 369– 378.
 80. GASCO G., MENDEL A. 2005. Sorption of Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} and K^{+} by clay minerals, *Desalination* 182: 333-338.
 81. GOMES C. S. F., SILVA J. B. P. 2007: Minerals and clay minerals in medical geology. *Applied Clay Science* 36: 4–21.
 82. GÖRLICH E. 1957. O powstawaniu minerałów ilastych. [w:] *Archiwum Mineralogiczne*, pod red. M. Kozłowskiej-Koch, 21, 2: 409-423.
 83. GÓRECKI A., MUSZER A. 1998. Zestawienie granulometrii gleb ze składem mineralnym ich podłoża górnokredowego w gminie Bystrzyca Kłodzka (Sudety). *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 464: 151-161.
 84. GREEN E. G., DIETRICH W. E., BANFIELD J. F. 2006. Quantification of chemical weathering rates across an actively eroding hillslope. *Earth Planet Science Letters*. 242: 155–169.
 85. HAJNOS M., SOKOŁOWSKA Z., RENGIER M. 1998. Wpływ mikroreliefu i wapnowania na odczyn i mikrostrukturę gleby leśnej, *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, z. 456: 119-128.

86. FAO 2006. World Reference Base for Soil Resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication. 2nd edition, World Soil Resources Reports 103, IUSS Working Group WRB, Rome, s. 132.
87. JAHN A., CHODAK T., MIGOŃ P., AUGUST CZ. 2000. Utwory zwietrzelinowe Dolnego Śląska. Nowe stanowiska, wiek i znaczenie geomorfologiczne. Acta Univ. Wratislaw., 2238, Studia Geograf., 72, s. 212.
88. JANISZEWSKI B., KOWALKOWSKI A. 1974. Wstępne wytyczne nawożenia lasu. IBL, Warszawa, s. 48.
89. JENNY H. 1994. Factors of soil formation. A System of Quantitative Pedology. Z przedmową Ronalda Amundsena. Dover Publications, INC., New York, s. 271.
90. JERZYKIEWICZ T. 1966. New data about the sedimentation in the upper Cretaceous sandstones of the Góry Stołowe (Middle Sudetes). Bulletin de L'Academie Polonais des Science, Serie des Sciences Geologiques et Geographiques, 14: 53-59.
91. JERZYKIEWICZ T. 1968. Sedimentation of the youngest sandstones of the Intrasudetic Cretaceous Basin (in Polish with English Summary). Geologia Sudetica, 4: 409-462.
92. JERZYKIEWICZ T. 1971. A flysh/littoral succession in the Sudetic Upper Cretaceous. Acta Geologica Polonica, 21: 165-199.
93. JERZYKIEWICZ T. 1975. Pozycja geologiczna osadów górnokredowych depresji śródsudeckiej i rowu Nysy Kłodzkiej. [w:] Przewodnik XLVII Zjazdu PTG, Świdnica, 22-24 VI 1975, 227-252.
94. JERZYKIEWICZ T., WOJEWODA J. 1986. The Radków and Szczeliniec sandstones: an example of giant foresets on a tectonically controlled shelf of the Bohemian Cretaceous Basin (CE). [w:] Knight R.J. and McLean J.R. (red.), Shelf Sands and Sandstones, Canadian Society of Petroleum Geologist, Memoir II, 1-15.
95. JĘDRYSZCZAK E. 1999. Lasy PNGS [w:] Zgorzelski M. Góry Stołowe. Wydawnictwo Akademickie „Dialog”, Warszawa, 138–140.
96. KABAŁA C. 1995. Glin wymienny i odczyn gleb Gór Izerskich na obszarze klęski ekologicznej, Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., z. 418: 361-367.

97. KABAŁA C. 1997. Studia nad glebami w rejonie degradacji lasów w Górach Izerskich (Sudety Zachodnie). Praca doktorska, maszynopis, AR we Wrocławiu.
98. KABAŁA C. 1998: Właściwości gleb na obszarach degradacji lasów w Górach Izerskich (Sudety Zachodnie), Rocz. Glebozn. 49: 119-134.
99. KABAŁA C. 2005. Geneza, właściwości i występowanie gleb bielcowych w zróżnicowanych warunkach geoekologicznych Dolnego Śląska, Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu. Nr 519. Rozprawy CCXXXIII, Wyd. AR we Wrocławiu, s. 169.
100. KABAŁA C., CHODAK T., SZERSZEŃ L. 2008. Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych. [w:] Witkowski A., Pokryszko B., Ciężkowski W. Przyroda Parku Narodowego Gór Stołowych. Wyd. Park Narodowy Gór Stołowych, Kudowa Zdrój, 70-83.
101. KABAŁA C., HAASE T. 2004. Przejawy poligenezy gleb bielcowych wytworzonych z piaskowców kredowych Gór Stołowych. Rocz. Glebozn., 55, 4, 39-50.
102. KABAŁA C., KARCZEWSKA A., SZERSZEŃ L. 1996. Wstępne badania nad zawartością pierwiastków śladowych w glebach Parku Narodowego Gór Stołowych. Symp. Nauk. „Środowisko przyrodnicze PNGS", Kudowa Zdr. 11-13 X 1996. Wyd. PNGS Szczeliniec: 87-90.
103. KABAŁA C., SZERSZEŃ L. 1998. Właściwości gleb brunatnych na obszarze Parku Narodowego Gór Stołowych, Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. z. 464, 89-100
104. KABAŁA C., SZERSZEŃ L. 1999. Rozmieszczenie Pb, Zn i Mn w profilach gleb brunatnych wytworzonych z granitów i gnejsów w Sudetach, „Rola gleby w funkcjonowaniu ekosystemów”, Materiały Kongresu Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego oraz Międzynarodowej Konferencji Naukowej, Lublin, 7-10 września 1999, s. 179-180.
105. KABAŁA C., SZERSZEŃ L. 2002. Profile distribution of lead, zinc and copper in Dystric Cambisols developed from granite and gneiss of the Sudetes Mountains, Poland. 138: 307–317.
106. KABAŁA C., SZERSZEŃ L., SZOPKA K. 2003. Zarys różnorodności środowiska glebowego w Parku Narodowym Gór Stołowych, Szczeliniec, 7/Suppl.:

43-49.

107. KABAŁA C., SZERSZEŃ L., WICIK B. 2002. Geneza, właściwości i systematyka gleb Parku Narodowego Gór Stołowych. [w:] Szerszeń L., Kabała C.: Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych. Monografia, Wydawnictwo PNGS Szczeliniec, 6: 21-94.
108. KABAŁA C., KARCZEWSKA A., SZAFLICKA B. 1997a. Metale ciężkie w glebach Parku Narodowego Gór Stołowych wzdłuż Szosy 100 Zakrętów. Wyd. PNGS Szczeliniec, Kudowa Zdrój. 2: 9-14.
109. KABAŁA C., WALKIEWICZ A., KARCZEWSKA A. 1997b. Pierwiastki śladowe w profilach torfów z Wielkiego Torfowiska Batorowskiego w Górach Stołowych. Szczeliniec 2: 15-21.
110. KABATA-PENDIAS A. 1981. Zawartość metali ciężkich w glebach uprawnych Polski. Pam. Puł. 74: 101-111.
111. KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M., TERELAK H., WITEK T. 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG, Puławy.
112. KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M. 1995. Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA, Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, IUNG, Warszawa, 28.
113. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1993. Biogeochemia pierwiastków śladowych, PWN, Warszawa, s. 364.
114. KABATA-PENDIAS A. 1965. Badania geochemiczno-mineralogiczne gleb wytworzonych z granitów i bazaltów Dolnego Śląska, Rocz. Nauk Roln., t. 90-A-1: 1-55.
115. KAHLE M., KLEBER M., JAHN R. 2002. Review of XRD-based quantitative analyses of clay minerals in soils: the suitability of mineral intensity factors. Geoderma, 109, 191-205.
116. KARCZEWSKA A., KABAŁA C. 2002. Pierwiastki śladowe w glebach PNGS. [w:] Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych, Monografia, Wydawnictwo PNGS, „Szczeliniec”, 6: 133-136.
117. KASZUBKIEWICZ J., DĘBOWSKI M., DĘBOWSKI M., JEZERSKI P., KAWAŁKO D., TASZ W. 2011. Stan gleb użytkowanych rolniczo na obszarze Sudetów i Przedgórze Sudeckiego. Monografia, Wrocław, Wyd. UP we Wrocławiu,

s. 126.

118. KASZUBKIEWICZ J., BOGACZ A., GAŁKA B. 1996. Gleby organiczne Parku Narodowego Gór Stołowych. Sympozjum "Środowisko przyrodnicze Parku Narodowego Gór Stołowych", Kudowa Zdrój, 11-13.10.1996. Wyd. PNGS "Szczeliniec", Kudowa Zdrój, 91-94.
119. KASZUBKIEWICZ J., TASZ W., ANDRZEJCZAK M. 2007. Wpływ rzeźby terenu i opadów atmosferycznych na wielkość strat materiału glebowego, ładunek makroelementów i zasolenie na wybranych toposekwencjach gleb w Sudetach. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 520 (2): 491-500.
120. KASZUBKIEWICZ J., TASZ W., ANDRZEJCZAK M. 2008. Zawartość makroelementów w materiale zmywanym i w erodowanych glebach Kotliny Kłodzkiej. Rocz. Glebozn. LIX (3/4): 108-114.
121. KAWAŁKO D. 2000. Skład i właściwości gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych na terenie Ślęzańskiego Parku Krajobrazowego, część I. Właściwości fizyczne, Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo LXXVII, 396: 29-47.
122. KAWAŁKO D. 2003. Niektóre właściwości fizykochemiczne gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych na terenie Ślęzańskiego Parku Krajobrazowego, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 493: 621-627.
123. KĘPKA M. 1975. Niektóre właściwości fizykochemiczne frakcji koloidalnej i skał ilastych, materiały konferencyjne, Konferencja na temat „Minerały Ilaste Gleb”, Puławy, 29-30 września 1975, 50-52.
124. KIRSCHBAUM A., MARTINEZ E., PETTINARI G., HERRERO S. 2005. Weathering profiles in granites, Sierra Norte (Cordoba, Argentina). Journal South Am. Earth Sci. 19: 479–493.
125. KOCOWICZ A. 1998: Stan zakwaszenia gleb Karkonoszy na tle wysokości ich występowania i sposobu użytkowania, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 456: 299-304.
126. KOCOWICZ A. 1999: Wpływ sposobu użytkowania na właściwości sorpcyjne gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 467: 95-101.
127. KONECKA-BETLEY K. 1968. Zagadnienie żelaza w procesie glebotwórczym. Rocz. Glebozn., 19, 1: 51-97.
128. KONECKA-BETLEY K., KRÓLOWA H. 1967. Niektóre cechy tworzenia się

- słabo wykształconych gleb powstałych z piaskowców. Pam. Puł., Prace IUNG, 27, 171-181.
129. KONIUCZAK J., NOWAK M., HAJDUK E., KONIUCZAK R. 2003. Wpływ wapnowania i nawożenia mineralnego na zawartość rozpuszczalnych form mikroelementów w glebie płowej wytworzonej z lessu, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 493: 607-614
 130. KONTA J. 1995. Clay and man: Clay Raw materials in the service of man. Applied Clay Science, 10: 275-335.
 131. KORYBO J. 2003. Park Narodowy gór Stołowych, 10 lat istnienia, Szczeliniec, 7/Suppl.: 7-13.
 132. KOWALIŃSKI S., BOGDA A., CHODAK T. 1967a. Wstępne badania mikromorfologiczne produktów wietrzenia biotytu w niektórych glebach wytworzonych z granitu karkonoskiego. Zesz. Nauk. WSR Wrocław, Rolnictwo XXI, 66: 19-33.
 133. KOWALINSKI S., DROZD J., KRĘŻEL K. 1967b. Profilowe rozmieszczenie ruchomych form SiO_2 , Al_2O_3 i Fe_2O_3 w niektórych glebach Karkonoszy. Zesz. Nauk. WSR Wrocław, 66, 21: 31-44.
 134. KOŹMIŃSKI A. 1975, Góry Stołowe, Wydawnictwo „Sport i Turystyka”, Warszawa, s. 35.
 135. KUŹNICKI F., BIAŁOUSZ S., RUSIECKA D., SKŁODOWSKI P., Żakowska H. 1973. Typologia i charakterystyka gleb górskich obszaru Sudetów. Rocz. Gleb., 24, 2: 27-84.
 136. KUŹNICKI F., SKŁODOWSKI P. 1970. Zawartość w glebie wolnego żelaza, wolnego glinu i wolnej krzemionki jako kryterium typologiczne. Rocz. Glebozn., 21, 1: 3-19.
 137. LANGIER-KUŹNIAROWA A. 1967. Termogramy minerałów ilastych. W.G. Warszawa, s. 316.
 138. LAZAR J. 1952. Gleby karpackie piaskowcowe. Gleby wytworzone z piaskowców istebniańskich Karpat Śląskich. Rocz. Gleb., 2: 25-48.
 139. LEE S. Y., KIM S. J., BAIK M. H. 2008. Chemical weathering of granite under acid rainfall environment, Korea, Environ. Geol. 55: 853–862.
 140. LINDROOS A., BRUGGER T., DEROME J., DEROME K. 2003. The weathering of mineral soil by natura soil solutions, Water, Air, and Soil Pollution 149:

269–279.

141. MACIEJEWSKA A. 1993A. The content of trace elements in acid brown soils developed from devonian sandstones of the Świętokrzyskie Mountains, Pol. J. Soil. Sci, 26/2, s. 105-110.
142. MACIEJEWSKA A. 1993B. The content of trace elements in acid brown soils developed from devonian sandstones of Świętokrzyskie Mts. Pol. J. Soil. Sci., 26, 2: 111-117
143. MAZURSKI K. R. 1993. Góry Stołowe, Oficyna wydawnicza Oddziału Wrocławskiego PTTK, Sudety, Wrocław, s. 136.
144. MIKOŁAJCZAK Z., CHODAK T., SZERSZEŃ L. 2011. Użytki zielone w Parku Narodowym Gór Stołowych. Maszynopis.
145. MIŚCICKI S. 2008. Lasy. [w:] Witkowski A., Pokryszko B., Ciężkowski W. (red.). Przyroda Parku Narodowego Gór Stołowych. Wyd. Park Narodowy Gór Stołowych, Kudowa Zdrój, 304-322.
146. MLÁDKOVÁ L., BORŮVKA L., DRÁBEK O. 2004. Distribution of aluminium among its mobilizable forms in soils of the Jizera Mountains region. Plant Soil Environ. 50, 8: 346–351.
147. MLÁDKOVÁ L., BORŮVKA L., DRÁBEK O., VAŠÁT R. 2006. Factors influencing distribution of different Al forms in forest soils of the Jizerské hory Mts. Journal of forest science, 52, (Special Issue): 87-92.
148. MOORE D. M., REYNOLDS R. C. 1989. X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals, Wyd. Oxford University Press, Nowy Jork, s. 332
149. MOSKAL S. 1955. Glin ruchomy w glebach Polski. Roczn. Glebozn., 4: 149-179.
150. MOTOWICKA-TERELAK T. 1958. Wpływ pochodzenia geologicznego skał macierzystych i składu granulometrycznego na zakwaszenie i efekty wapnowania gleb, Roczn. Glebozn., 36 (1): 151-156.
151. NESBITT H. W., MARKOVICS G., PRICE R. C. 1980. Chemical processes affecting alkalis and alkaline earths during continental weathering. Geochim. Cosmochim. Acta 44: 1659–1666.
152. NEMECZ E. 1981. Clay minerals. Wyd. Akadémiai Kiadó, Budapest, s. 547.
153. NEWMAN A. C. D. 1987. Chemistry of clays and clay minerals.

Wyd.: Mineralogical Society, s. 480.

154. NIEMCZYK V. 1999. Współczesny stan wiedzy geologicznej na temat Gór Stołowych (Sudety Środkowe). Wydawnictwo PNGS Szczeliniec, 3: 3-19.
155. NIEMYSKA-ŁUKASZUK J., MIECHÓWKA A., CIARKOWSKA K. 1998a. Całkowita zawartość cynku w profilach rankerów Tatrzańskiego Parku Narodowego. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 464: 301-310.
156. NIEMYSKA-ŁUKASZUK J., MIECHÓWKA A., ZADROŻNY P., MAZUREK R. 1998b. Metale ciężkie (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) w wybranych glebach Babiogórskiego Parku Narodowego. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 464: 311-320.
157. NIEWIADOMSKI W. 1985. Rozważania o plonotwórczej funkcji gleby, Rocz. Glebozn., 36 (1): 27-35.
158. PALUSZEK J., SŁOWIŃSKA-JURKIEWICZ A. 2004. Problematyka jakości gleb wytworzonych z lessu. Acta Agrophysica, 108, Rozpr. i Monogr., 5: 89-100.
159. PAVLŮ L., BORŮVKA L., NIKODEM A., ROHOŠKOVÁ M., PENÍŽEK V. 2007. Altitude and Forest Type Effects on Soils in the Jizera Mountains Region. Soil i Water Res., 2 (2): 35-44.
160. POKOJSKA U. 1994. Nowe poglądy na toksyczność różnych form glinu. Rocz. Glebozn., 45, 1/2: 109-117.
161. POKOJSKA U. 1998. Zakwaszenie gleb leśnych. Stan wiedzy i perspektywy badań. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 456: 63-70.
162. POLSKA NORMA PN-R-04032. 1998A. Gleby i utwory mineralne. Pobieranie próbek i oznaczanie składu granulometrycznego. Polski Komitet Normalizacyjny.
163. POLSKA NORMA PN-R-04033. 1998A. Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne. Polski Komitet Normalizacyjny.
164. POLSKA NORMA PN-Z-19010-2. 1999. Jakość gleby. Oznaczanie powierzchni właściwej gleby. Pomiar metodą sorpcji par gliceryny. Polski Komitet Normalizacyjny.
165. PULINOWA M. 1989. Rzeźba Gór Stołowych. Prace Nauk. Uniw. Śląskiego, nr 1008, Wyd. Uniwersytet Śląski, Katowice, s. 218.
166. PULINOWA M. 1996. Rzeźba Gór Stołowych jako efekt relacji struktura geologiczna-woda. Symp. Nauk. „Środowisko Przyrodnicze PNGS”,

- Kudowa Zdrój 11-13 X 1996. Szczeliniec, 1: 47-52.
167. ROTNICKA J. 1996. Wiek i litologia tzw. margli plenerskich. Symp. Nauk. „Środowisko przyrodnicze PNGS”, Kudowa Zdrój 11-13 X 1996. Wyd. PNGS „Szczeliniec”: 21-26.
 168. ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleb oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. 2002 nr 165 poz.1359).
 169. ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW z dnia 16 września 1993 r. w sprawie utworzenia Parku Narodowego Gór Stołowych (Dz. U. Nr 88, poz. 407 z 23.09.1993 r.)
 170. SAYED ABD EL-KADER I. 1981. Studies on some physical, chemical and morphological properties of the soils developed from different parent materials under different climatic conditions. Maszynopis pracy doktorskiej, AR we Wrocławiu, s. 86.
 171. SHAW J.N., RABENHORST M.C. 1999. Pedogenic and morphological characteristics of marl-derived soils in the Ridge and Valley Province, eastern United States. Soil Sci. 164 (12): 936–945.
 172. SIENKIEWICZ A. 1981. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na zawartość węgla organicznego, azotu ogólnego i kształtowanie stosunku C:N w bielcowych glebach leśnych. PTPN Prace Kom. Nauk Rol. i Leśnych, 52: 167-173.
 173. SKIBA S. 1998. Gleby górskie w Systematyce gleb Polski, Specyfika pedogenezy gleb górskich, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 464: 25-36.
 174. SKIBA M. 2000. Mineral composition of the Podzols from the Tatra Mts. Pol. Tow. Mineral., Prace Spec., 17: 240-242.
 175. SKŁODOWSKI P., MACIEJEWSKA A., SZAFRANEK A. 1988. Wpływ procesu bielcowania na rozmieszczenie pierwiastków śladowych w profilach gleb bielcowych. Roczn. Glebozn., 39 (4): 113-128.
 176. SPYCHAJ-FABUSIAK E., MURAWSKA B., SZULC W. 2003. Wpływ typu gleby i symulowanego kwaśnego opadu na zakwaszenie profilu glebowego i zawartość glinu wymiennego, Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., z. 493: 693-699.
 177. STARR M., LINDROOS A., UKONMAANAHO L., TARVAINEN T., TANSKANEN H.

2003. Weathering release of heavy metals from soil in comparison to deposition, litterfall and leaching fluxes in a remote, boreal coniferous forest. *Applied Geochemistry* 18: 607-613.
178. STOCH L. 1974. *Minerały ilaste*, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, s. 504.
 179. STRZYSZCZ Z. 1995. Warunki glebowe a zamieranie drzewostanów w Karkonoskim Parku Narodowym. [w:] *Geoekologiczne problemy Karkonoszy, materiały sesji naukowej w Borowicach, 13-15 X 1994*. Wyd. Acarus, Poznań, 89-94.
 180. STUCKI J. W., BANWART W. L. 1979. *Advanced Chemical Methods for Soil and Clay Minerals Research*. NATO Advanced Study Institutes Series. Series C: Mathematical and Physical Sciences. Wyd. D. Reidel Publishing Company, s. 477
 181. SYSTEMATYKA GLEB POLSKI. 1989. *Rocz. Glebozn.*, 40: 3/4, s. 150.
 182. SZAFRANEK A. 1989. Wpływ rzeźby terenu i skały macierzystej na kształtowanie się gleb z piaskowców dewońskich i triasowych regionu świętokrzyskiego. Cz. I: Warunki powstawania i rozwoju gleb. *Rocz. Glebozn.*, 40, 2: 59-81.
 183. SZAFRANEK A. 1990. Wpływ rzeźby terenu i skały macierzystej na kształtowanie się gleb z piaskowców dewońskich i triasowych regionu świętokrzyskiego. Cz. II: Właściwości chemiczne gleb. *Rocz. Glebozn.*, 41, 3/4: 157-178.
 184. SZAFRANEK A. 1992. Wpływ rzeźby terenu i skały macierzystej na kształtowanie się gleb z piaskowców dewońskich i triasowych regionu świętokrzyskiego. Cz. III: Rzeźba terenu. *Rocz. Glebozn.*, 43, 1-2: 121-131.
 185. SZAFRANEK A., BIELSKA A. 2003: Wpływ zakwaszenia na właściwości gleb, *Zesz. Prob.. Post. Nauk Rol.*, 493: 701-708.
 186. SZERSZEŃ L. 1974. Wpływ czynników bioklimatycznych na procesy zachodzące w glebach Sudetów i Spitsbergenu. *Rocz. Glebozn.*, 25 (2): 53-99.
 187. SZERSZEŃ L. (red.), 1996. *Mapa gleb PNGS. Operat do planu ochrony PNGS (maszynopis)*.
 188. SZERSZEŃ L., BORKOWSKI J., BOGDA A., CHODAK T., KARCZEWSKA A. 1995.

- Stan środowiska glebowego Dolnego Śląska, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 418: 61-74.
189. SZERSZEŃ L., CHODAK T. 1985. Skład minerałów ilastych gleb wapniowcowych wytworzonych w różnych warunkach klimatycznych, Rocz. Glebozn., 36 (2): 157-164.
190. SZERSZEŃ L., CHODAK T., BOGDA A., LASKOWSKI S. 1978. Minerały ilaste gleb bielcowych i brunatnych wytworzonych z różnych skał macierzystych Dolnego Śląska. I Konf. Minerały i Surowce Ilaste, Bolesławiec, 239-299.
191. SZERSZEŃ L., KABAŁA C. 2002. Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych. Monografia. Wydawnictwo PNGS „Szczeliniec”, s. 169.
192. SZERSZEŃ L., KABAŁA C., WICIK B. 1996. Charakterystyka gleb Parku Narodowego Gór Stołowych. Symp. Nauk. „Środowisko przyrodnicze PNGS”, Kudowa Zdrój 11-13 X 1996. Wyd. PNGS „Szczeliniec”: 71-77.
193. SZOPKA K. 1998. Geneza, skład i właściwości gleb wytworzonych z piaskowców na terenie Gór Stołowych. Maszynopis pracy doktorskiej, s. 93.
194. SZOPKA K. 2000a. Całkowita zawartość oraz profilowe rozmieszczenie ołowiu w glebach bielcowych i brunatnych kwaśnych wytworzonych z piaskowców na terenie Gór Stołowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 1159-1166.
195. SZOPKA K. 2000b. Geneza, skład i właściwości gleb wytworzonych z piaskowców na terenie Gór Stołowych. Część I: Zawartość oraz profilowe rozmieszczenie pierwiastków śladowych. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo 75: 93-109.
196. SZOPKA K. 2002. Czynniki przyrodnicze wpływające na zróżnicowanie pokrywy glebowej Gór Stołowych, [w:] Szerszeń L., Kabała C.: Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych. Monografia, Wydawnictwo PNGS Szczeliniec, 6: 11-20.
197. ŚRODOŃ J. 1980. Precise identification of illite/smectite interstratifications by X-ray powder diffraction. Clays and Clay Minerals, 28 (6): 401-411.
198. ŚRODOŃ J. 1984. X-ray powder Identification of illitic materials. Clays and Clay Minerals, 32 (5): 337-349.
199. TASZ W., KASZUBKIEWICZ J., CHODAK T. 2005. Podatność

- na powierzchniową erozję wodną górskiej gleby wapniowcowej i brunatnoziemnej. *Acta Agrophysica* 5 (3): 577-588.
200. TRAMPLER T., KLICZKOWSKA A., DMYTREKO E., SIERPIŃSKA A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. PWRiL, Warszawa.
 201. THOREZ J. 1976. Practical identification of clay minerals. G.Lellote, Dison: 48-62.
 202. UZIAK S., BOGDA A., CHODAK T., CIEŚLA W., KOMORNICKI T., STOCH L., WILGAT M. 1987. Mineraly ilaste wybranych gleb lessowych. *Rocz. Glebozn.* 38 (3): 59-78.
 203. VELDE B. 1977. Clays and clays minerals in natural and synthetic systems. Wyd. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam – Oxford – New York, s. 218
 204. VELDE B. 1985. Clay Minerals. A Physico-chemical explanation of their occurrence. *Developments in sedimentology* 40. Wyd.: Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, s. 427
 205. VELDE B. 1995. Origin and Mineralogy of Clays. *Clays and the Environment*. Wyd. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, s. 334
 206. VELDE B., MEUNIER A. 2008. The Origin of Clay Minerals in Soils and Weathered Rocks. Wyd. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, s. 406.
 207. WACHALEWSKI Y., ŁUKASZUK J. 1975. Wstępna charakterystyka substancji organicznej gleb leśnych tatrzańskich, *Rocz. Glebozn.* 26 (1): 141-156.
 208. WALENDZIK R. J. 1994. Charakterystyka degradacji gleb leśnych w Sudetach Zachodnich i próby ich rewitalizacji. *Prace IBL, seria „B”*, 21 (2): 37-57.
 209. WEAVER C. E., POLLARD L. D. 1973. The chemistry of clay minerals. Wyd. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam-London-New York, s. 213.
 210. WEBER J. 1982. Geneza i właściwości gleb wytworzonych z serpentynitów Dolnego Śląska. Część IV. Charakterystyka frakcji koloidalnej. *Rocz. Gleb.* 33, 1/2, 73-84.
 211. WEBER J., GARCIA-GONZALES T., DRADRACH A. 1998. Skład mineralogiczny bielic wytworzonych z granitów w karkonoskim piętrze subalpejskim w rejonie występowania klęski ekologicznej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*,

- 464: 251-259.
212. WILSON M. J. 1987. A Handbook of determinative methods in clay mineralogy. Wyd. Blackie Glasgow and London (Blackie i Son Ltd). Published in the USA by Chapman and Hall New York, s. 308.
213. WILSON M. J. 2004. Weathering of the primary rock-forming minerals: processes, products and rates. *Clay Miner* 39: 233–266.
214. WOJEWODA J. 1986. Fault scarp induced shelf sand bodies in Upper Cretaceous of Intrasudetic Basin. [w:] 7th IAS Regional Meeting, Excursion Guidebook, Excursion A-1, 31-56.
215. WOJEWODA J. 2008 Budowa geologiczna. [w:] Witkowski A., Pokryszko B., Ciężkowski W. (red.). *Przyroda Parku Narodowego Gór Stołowych*. 24-37.
216. WOŹNIAK L., PAJDA D. 1998: Odczyn, kwasowość oraz glin wymienny na tle zawartość wapnia i magnezu w glebach łąk wysokogórskich (połonin) w Bieszczadach, *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 456: 89-94.
217. ZASOŃSKI S. 1993. Gleby wapniowcowe wytworzone z wybranych ogniw litostratygraficznych fliszu wschodnich Karpat. Część I. Ogólna charakterystyka gleb, *Rocz. Glebozn.*, 44, 3/4: 121-133.
218. ZASOŃSKI S. 1995. Gleby wapniowcowe wytworzone z wybranych ogniw litostratygraficznych fliszu wschodnich Karpat. Część III. Skład mineralny frakcji ilastej, *Rocz. Glebozn.*, 46, 3/4: 45-57.
219. ZGORZELSKI M. (red.) 1999. *Góry Stołowe*. Wydawnictwo Akademickie Dialog, Warszawa, s. 256.

9. DOKUMENTACJA BADAŃ

9.1. SPIS TABEL I RYSUNKÓW

Spis tabel

Tab. 1. Udział poszczególnych przedziałów wysokości w Górach Stołowych [PULINOWA 1989]

Tab. 2. Lista głównych i pobocznych typów i podtypów gleb PNGS [KARCZEWSKA, KABAŁA 2002]

Tab. 3. Skrócony opis profili glebowych

Tab. 4. Miąższość [cm] poszczególnych poziomów genetycznych badanych gleb

Tab. 5. Dominujące barwy poziomów genetycznych badanych gleb

Tab. 6. Skład granulometryczny analizowanych gleb według PN-R-040332 [%]

Tab. 7. Gęstość właściwa [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$] badanych gleb

Tab. 8. pH poziomów organicznych badanych gleb

Tab. 9. pH poziomów mineralnych badanych gleb

Tab. 10. Wartości średnie oraz minimalne i maksymalne kwasowości wymiennej (K_w) [$\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$] badanych gleb

Tab. 11. Test HSD Tukeya – istotne różnice dla K_w badanych gleb. Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc. Błąd: MS międzygrupowe = 4,8569, $df = 114,00$

Tab. 12. Test HSD Tukeya – grupy jednorodne dla K_w badanych gleb, $\alpha = ,05000$; błąd: MS międzygrupowe = 4,8569, $df = 114,00$

Tab. 13. Wartości średnie oraz minimalne i maksymalne glinu wymiennego (Al_w) [$\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$] badanych gleb

Tab. 14. Udział glinu wymiennego w kwasowości wymiennej $Al_w:K_w$ [%]

Tab. 15. Suma kationów wymiennych (BC) [$\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$] badanych gleb

Tab. 16. Test HSD Tukeya – istotne różnice dla BC badanych gleb. Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc. Błąd: MS międzygrupowe = 3,7122, $df = 114,00$

Tab. 17. Test HSD Tukeya – grupy jednorodne dla BC badanych gleb, $\alpha = ,05000$; błąd: MS międzygrupowe = 3,7122, $df = 114,00$

Tab. 18. Pojemność sorpcyjna (CECe) [$\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$] badanych gleb

Tab. 19. Średnie zawartości kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym [$\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$] badanych gleb

Tab. 20. Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym (BS) [%] badanych gleb

Tab. 21. Test HSD Tukeya – istotne różnice dla BS badanych gleb. Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc. Błąd: MS międzygrupowe = 439,60, $df = 114,00$

Tab. 22. Test HSD Tukeya – grupy jednorodne dla BS, $\alpha = ,05000$; błąd: MS międzygrupowe = 439,60, $df = 114,00$

Tab. 23. Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleb względem glinu wymiennego V_{Al} [%]

Tab. 24. Węgiel organiczny [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$] w badanych glebach

Tab. 25. Test HSD Tukeya – istotne różnice dla Corg. w badanych glebach. Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc. Błąd: MS międzygrupowe = 451,68, df = 115,00

Tab. 26. Test HSD Tukeya – grupy jednorodne dla zawartości węgla organicznego w badanych glebach, $\alpha = ,05000$; błąd: MS międzygrupowe = 451,68, df = 115,00

Tab. 27. Zawartość wybranych metali ciężkich [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$] w badanych glebach

Tab. 28. Test HSD Tukeya – istotne różnice dla zawartości Pb w badanych glebach. Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc Błąd: MS międzygrupowe = 318,40, df = 108,00

Tab. 29. Test HSD Tukeya – grupy jednorodne dla zawartości Pb w badanych glebach, $\alpha = ,05000$; błąd: MS międzygrupowe = 318,40, df = 108,00

Tab. 30. Test HSD Tukeya - istotne różnice dla zawartości Zn w badanych glebach. Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc. Błąd: MS międzygrupowe = 102,39, df = 108,00

Tab. 31. Test HSD Tukeya - grupy jednorodne dla zawartości Zn w badanych glebach, $\alpha = ,05000$; błąd: MS międzygrupowe = 102,39, df = 108,00

Tab. 32. Test HSD Tukeya – istotne różnice dla zawartości Cu w badanych glebach. Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc. Błąd: MS międzygrupowe = 22,771, df = 106,00

Tab. 33. Test HSD Tukeya - grupy jednorodne dla zawartości Cu w badanych glebach, $\alpha = ,05000$; błąd: MS międzygrupowe = 22,771, df = 106,00

Tab. 34. Współczynniki korelacji dla zawartości metali ciężkich, węgla organicznego, pH oraz głębokości w badanych glebach

Tab. 35. Formy przyswajalne fosforu, potasu i magnezu [$\text{mg}\cdot 100\text{ g gleby}^{-1}$] w badanych glebach

Tab. 36. Współczynniki korelacji dla zawartości form przyswajalnych magnezu, potasu i fosforu oraz węgla organicznego, pH i głębokości w badanych glebach

Tab. 37. Skład frakcji ilastej wybranych poziomów genetycznych badanych gleb

Tab. 38. Powierzchnia właściwa [$\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$] badanych gleb bez rozfrakcjonowania

Tab. 39. Współczynniki korelacji dla powierzchni właściwej i wybranych właściwości badanych gleb

Tab. 40. Powierzchnia właściwa [$\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$] frakcji $<0,002\text{ mm}$ wybranych poziomów glebowych

Tab. 41. Analiza chemiczna [w % wagowych] frakcji $<0,002\text{ mm}$ z powierzchni zdjęcia

Tab. 42. Analiza chemiczna [w % atomowych] frakcji $<0,002\text{ mm}$ z powierzchni zdjęcia

Tab. 43. Współczynniki korelacji między wybranymi właściwościami badanych gleb

Tab. 44. Współczynniki korelacji dla niektórych parametrów chemicznych i fizykochemicznych wszystkich badanych gleb

Tab. 45. Skład granulometryczny badanych gleb według normy PTG z 2008 r.

Tab. 46. Skład granulometryczny badanych gleb według normy BN-79/9180-11 z 1979 r.

Tab. 47. Powierzchnia właściwa frakcji i gęstość właściwa badanych gleb

Tab. 48. Właściwości chemiczne i fizyko-chemiczne badanych gleb

Tab. 49. Właściwości sorpcyjne badanych gleb

Tab. 50. Zawartość wybranych metali ciężkich w badanych glebach

Tab. 51. Zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w badanych glebach

Spis rysunków

Rys. 1. Mapa Parku Narodowego Gór Stołowych na tle mapy Polski

Rys. 2. Struktura drzewostanów w Parku Narodowym Gór Stołowych wg gatunków panujących [JĘDRYSZCZAK 1999]

Rys. 3. Skały macierzyste gleb Parku Narodowego Gór Stołowych [KABAŁA I IN. 2002]

Rys. 4. Typy i podtypy gleb Parku Narodowego Gór Stołowych [KABAŁA I IN. 2008]

Rys. 5. Lokalizacja punktów wykonania odkrywek glebowych na mapie Parku Narodowego Gór Stołowych

Rys. 6. Skład granulometryczny w poziomach skały macierzystej badanych gleb (według PN-R-04033 – diagram u góry i BN-79/9180-11 – diagram poniżej)

Rys. 7. pH_{H_2O} poziomów genetycznych wszystkich badanych gleb PNGS

Rys. 8. pH_{H_2O} poziomów gleb wytworzonych z piaskowców ciosowych (1), piaskowców permskich (2), granitów monzonitowych (3) oraz margli (4)

Rys. 9. Wartości pH_{H_2O} gleb w ujęciu profilowym z uwzględnieniem rodzaju skały macierzystej

Rys. 10. Kwasowość wymienna (K_w) [$cmol(+)kg^{-1}$] badanych gleb z uwzględnieniem rodzaju skały macierzystej

Rys. 11. Suma kationów wymiennych (BC) [$cmol(+)kg^{-1}$] badanych gleb z uwzględnieniem rodzaju skały macierzystej

Rys. 12. Procentowy udział kationów wymiennych (wartości średnie) w pojemności sorpcyjnej gleb

Rys. 13. Stopień wysycenia kationami o charakterze zasadowym (BS) [%] badanych gleb

Rys. 14. Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym (BS) gleb w ujęciu profilowym z uwzględnieniem rodzaju skały macierzystej

Rys. 15. Węgiel organiczny [$g\cdot kg^{-1}$] w badanych glebach

Rys. 16. Zależność między zawartością węgla organicznego (Corg.) a pH_{H_2O} w poziomach mineralnych badanych gleb

Rys. 17. Zależność między zawartością węgla organicznego a kwasowością wymienną w badanych glebach

Rys. 18. Zawartość ołowiu [$mg\cdot kg^{-1}$] w badanych glebach bez punktów ekstremalnych

Rys. 19. Zawartość cynku [$mg\cdot kg^{-1}$] w badanych glebach bez punktów ekstremalnych

Rys. 20. Zawartość miedzi [$mg\cdot kg^{-1}$] w badanych glebach bez punktów ekstremalnych

Rys. 21. Zależności pomiędzy zawartościami metali ciężkich oraz głębokością we wszystkich profilach glebowych

Rys. 22. Zawartość przyswajalnych form fosforu P_2O_5 [mg/100 g⁻¹ gleby] w badanych glebach bez punktów ekstremalnych

Rys. 23. Zawartość przyswajalnych form potasu K_2O [mg/100 g⁻¹ gleby] w badanych glebach bez punktów ekstremalnych

Rys. 24. Zawartość przyswajalnych form magnezu Mg [mg/100 g⁻¹ gleby] w badanych glebach bez punktów ekstremalnych

Rys. 25. Dyfraktogram frakcji <0,002 mm gleby bielcowej właściwej wytworzonej z piaskowca ciosowego (profil 2, poziom (A)Ees)

Rys. 26. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby bielcowej właściwej wytworzonej z piaskowca ciosowego (profil 2, poziom Bh)

Rys. 27. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby bielcowej właściwej wytworzonej z piaskowca ciosowego (profil 2, poziom C)

Rys. 28. Dyfraktogram frakcji <0,002 mm gleby bielcowo-rdzawej wytworzonej z piaskowca permskiego (profil 13, poziom AE)

Rys. 29. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby bielcowo-rdzawej wytworzonej z piaskowca permskiego (profil 13, poziom Bv)

Rys. 30. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby bielcowo-rdzawej wytworzonej z piaskowca permskiego (profil 13, poziom C)

Rys. 31. Dyfraktogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 15, poziom Ah)

Rys. 32. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 15, poziom Bbr)

Rys. 33. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 15, poziom C)

Rys. 34. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 16, poziom Bbr)

Rys. 35. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 16, poziom C)

Rys. 36. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej bielcowanej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 18, poziom B)

Rys. 37. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej bielcowanej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 18, poziom BC)

Rys. 38. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej bielcowanej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 19, poziom B)

Rys. 39. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej bielcowanej wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 19, poziom BC)

Rys. 40. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z margla (profil 21, poziom Bbr)

Rys. 41. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwasnej typowej wytworzonej z margla (profil 21, poziom C)

Rys. 42. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z margla (profil 24, poziom C/R)

Rys. 43. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej bielcowanej wytworzonej z margla (profil 25, poziom C(R))

Rys. 44. Dyfraktogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z margla (profil 26, poziom Ah)

Rys. 45. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z margla (profil 26, poziom Bbrg2)

Rys. 46. Dyfraktogram i derywatogram frakcji <0,002 mm gleby brunatnej kwaśnej typowej wytworzonej z margla (profil 26, poziom 2C)

Rys. 47. Udział poszczególnych pierwiastków we frakcji <0,002 mm poziomu C gleby wytworzonej z piaskowca ciosowego (profil 2)

Rys. 48. Udział poszczególnych pierwiastków we frakcji <0,002 mm poziomu C gleby wytworzonej z piaskowca permskiego (profil 13)

Rys. 49. Udział poszczególnych pierwiastków we frakcji <0,002 mm poziomu C gleby wytworzonej z granitu monzonitowego (profil 16)

Rys. 50. Udział poszczególnych pierwiastków we frakcji <0,002 mm poziomu Bbrg2 (u góry) i C (u dołu) gleby wytworzonej z margla (profil 26)

Rys. 51. Zdjęcia pod mikroskopem skaningowym przedstawiające morfologię i strukturę frakcji <0,002 mm poziomów C (1 - profil 2; 2 - profil 13; 3 - profil 15; 4 - profil 26)

Rys. 52. Mapy pierwiastkowe dla wybranych frakcji <0,002 mm badanych gleb (każdemu pierwiastkowi odpowiada inny kolor)

Rys. 53. Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych: A - gleba bielcowa właściwa wytworzona z piaskowca ciosowego (profil 9), B - gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z piaskowca permskiego (profil 10), C - gleba brunatna kwaśna bielcowana wytworzona z granitu monzonitowego (profil 20), D - gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z margla (profil 21)

9.2. CHARAKTERYSTYKA PROFILI GLEBOWYCH

Profil 1. Gleba bielnicowa właściwa¹ (Skeleti-Fragic Podzol)²

Skała macierzysta: piaskowiec ciosowy

Góry Stołowe (przy Kręgielnym Trakcie), E 16° 22' 18.3''; N 50° 27' 47.8'', wys. 707 m n.p.m., niewielkie wzniesienie, nachylenie 2°- 3°, północna wystawa stoku (N), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór mieszany górski świeży (BMGśw), z bukami (ok. 120-letnimi) i świerkami (ok. 100-letnimi), brak podszytu, w runie: szczawik zajęczy, mchy właściwe, siewki buka i świerka, pojedyncze paprocie.

Ol	6-4	próchnica nadkładowa typu mull-moder; igliwie świerka, liście buka; Ol o niewielkiej miąższości, ze słabo rozłożonymi szczątkami roślin; Of o barwie ciemnobrunatnej; Oh(Ah) o konsystencji mazistej, z dobrze rozłożonymi szczątkami roślinnymi
Of	4-1	
Oh(Ah)	1-0	
AEes	0-5	ciemnoszaro-brunatny (10YR 4/2); piasek gliniasty średnioziarnisty, bezszkieletowy; struktura masywna; wilg. świeża; przejście stopniowe
Eesg	5-18	szaro-brunatny (10YR 6/2); piasek gliniasty drobnoziarnisty, bezszkieletowy; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście stopniowe
Bhs1	18-30	ciemnobrązowy (7,5YR 3/4); piasek gliniasty średnioziarnisty, bezszkieletowy; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście wyraźne
Bhs2	30-40	ciemnobrązowy (7,5YR 3/5); piasek gliniasty drobnoziarnisty, słabo szkieletowy; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście wyraźne
Bs	40-55	żółto-brunatny (10YR 6/8); piasek gliniasty drobnoziarnisty, bezszkieletowy; struktura angularna zbita, wilg. świeża; przejście stopniowe
C	55+	żółto-brunatny (10YR 6/6); piasek słabogliniasty, średnioziarnisty, silnie szkieletowy struktura angularna; wilg. świeża

Profil 2. Gleba bielnicowa właściwa (Skeleti-Fragic Podzol)

Skała macierzysta: piaskowiec ciosowy

Góry Stołowe (przy Kręgielnym Trakcie), E 16° 22' 28.5''; N 50° 27' 41.4'', wys. 705 m n.p.m., nachylenie 5°, wschodnia wystawa stoku (E), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór górski świeży (BGśw), monokultura świerkowa (ok. 120-letnia), brak podszytu, runo mozaikowe, w którym 40% roślinności stanowi pokrywa borówkowo-mszysta z siewkami świerka.

¹ Typ gleby wg Systematyki [1989]

² Soil Unit wg FAO-WRB [2006]

Ol	10-8	próchnica nadkładowa typu mor; Ol z obecnością słabo rozłożonego igliwia świerka; Of z zaznaczonym procesem rozkładu igliwia; Oh o czarnej, mazistej konsystencji, zbudowany z silnie zhumifikowanych substancji organicznych
Of	8-3	
Oh	3-0	
(A)Ees	0-3	ciemnoszaro-brunatny (10YR 4/1); piasek gliniasty drobnoziarnisty, bezszkieletowy; struktura masywna; wilg. świeża; przejście stopniowe
Eesg	3-11	jasnoszary (10YR 7/2); piasek gliniasty drobnoziarnisty, bezszkieletowy; struktura subangularna - wietrzeniowa; wilg. świeża; przejście wyraźne
Bh	11-15	ciemnobrunatny (10YR 4/4); piasek gliniasty drobnoziarnisty, słaboszkieletowy; struktura angularna - wietrzeniowa; wilg. świeża; ogłębienie słabe; przejście stopniowe
Bhs	15-22	żółto-brunatny (10YR 6/8); piasek gliniasty średnioziarnisty, bezszkieletowy; struktura angularna - wietrzeniowa; wilg. świeża; przejście stopniowe
Bs	22-40	jasnożółty (10YR 7/6); piasek słabogliniasty, drobnoziarnisty, bezszkieletowy; struktura angularna - średnia; wilg. świeża; przejście stopniowe
2BsC	40-70	jasnożółty (10YR 7/6); piasek słabogliniasty, drobnoziarnisty, bezszkieletowy; struktura płytkowa zbita; wilg. świeża; przejście wyraźne
C	70+	jasnożółty (10YR 7/8); piasek słabogliniasty, drobnoziarnisty, bezszkieletowy; struktura zbita; wilg. świeża

Profil 3. Gleba płowa typowa (Haplic Luvisol)

Skała macierzysta: piaskowiec ciosowy

Góry Stołowe (rejon wsi Pasterka, w drodze do Radkowa), E 16° 20' 05.2"; N 50° 29' 22.8", wys. 758 m n.p.m., teren płaski, nachylenie 1°, wschodnia wystawa stoku (E), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór górski świeży (BGśw), 100-letnia monokultura świerkowa.

Ol	10-7	próchnica nadkładowa typu moder; igliwie sosnowe; przejście do
Ofh	7-0	warstwy mineralnej wyraźne
A	0-7	jasnoszary (10YR 5/1); glina piaszczysta, bezszkieletowa; struktura gruzełkowata, średnio-trwała; wilg. świeża; przejście wyraźne
Eet	7-20	jasnoszary (10YR 7/2); glina zwykła, bezszkieletowa; struktura angularna, średnio-trwała; wilg. świeża; wytrącenia żelaziste, ciemno-brunatne, pojedyncze odłamki piaskowca; przejście stopniowe
Bt	20-50	jasnoszary (10YR 5/1) z licznymi brunatnymi plamami (10YR 5/5); glina lekka, średnio szkieletowa; brak struktury; wilg. świeża; odłamki zwięzłego piaskowca; przejście stopniowe
C	50+	żółto-brunatny (10YR 5/6); glina zwykła, bezszkieletowa; brak struktury; wilg. świeża; liczne odłamki piaskowca

Profil 4. Gleba biellicowa właściwa (Densic Podzol)

Skała macierzysta: piaskowiec ciosowy

Góry Stołowe (rejon wsi Łężyce), E 16° 20' 46.6''; N 50° 27' 36.1'', wys. 795 m n.p.m., teren płaski, nachylenie 5°, wschodnia wystawa stoku (E), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór górski świeży (BGśw), 40-letni bór świerkowy. Użytek porolny.

Ol	2-0	próchnica nadkładowa typu mull; igliwie świerka
A	0-23	jasnoszary (10YR 5/1); glina piaszczysta, bezszkieletowa; struktura gruzelkowata, średnio-trwała; wilg. świeża; przejście wyraźne
Ees	23-28	jasnoszary (10YR 7/2); glina piaszczysta, słabo szkieletowa; struktura angularna, średnio-trwała; wilg. świeża; przejście wyraźne
Bhfe	28-46	żółto-brunatny (10YR 5/4); glina piaszczysta, bezszkieletowa; struktura angularna; wilg. świeża; przejście stopniowe
C	46+	żółto-brunatny (10YR 5/6); utwór żwirowo-piaszczysty, wysoki udział części szkieletowych; struktura brak; wilg. świeża

Profil 5. Gleba biellicowa właściwa (Densic Podzol)

Skała macierzysta: piaskowiec ciosowy

Góry Stołowe (rejon wsi Łężyce), E 16° 20' 24.1''; N 50° 27' 25.4'', wys. 777 m n.p.m., nachylenie 8°, wschodnia wystawa stoku (E), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór górski świeży (BGśw), 100-letnia monokultura świerkowa. Użytek porolny.

Ol	5-0	próchnica nadkładowa typu mull; igliwie świerka
A	0-10	czarny (10YR 3/2); piasek gliniasty drobnoziarnisty, słabo szkieletowy; struktura subangularna, drobna i nietrwała; wilg. świeża; przejście wyraźne
A/Ees	10-15	jasnoszary (10YR 5/1); piasek gliniasty drobnoziarnisty, bezszkieletowy; struktura subangularna, drobna i nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
Ees	15-25	jasnoszary (10YR 7/2); glina drobnopiaszczysta, bezszkieletowa; struktura subangularna, drobna i nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
Bhfe	25-45	żółto-brunatny (10YR 5/4); glina drobnopiaszczysta; bezszkieletowa; struktura angularna, drobna i nietrwała; wilg. świeża; przejście wyraźne
C	45+	żółto-brunatny (10YR 5/6); glina drobnopiaszczysta; średnio szkieletowa; struktura mało widoczna; wilg. świeża

Profil 6. Gleba biellicowa właściwa (Densic Podzol)

Skała macierzysta: piaskowiec ciosowy

Góry Stołowe (rejon wsi Pasterka), E 16° 18' 59.7''; N 50° 30' 14.3'', wys. 690 m n.p.m., nachylenie 5°, zachodnia wystawa stoku (W), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór górski świeży (BGśw), 50-letnia monokultura świerkowa. Użytek porolny.

Ol	5-0	próchnica nadkładowa typu mull; igliwie świerka
A	0-10	jasnoszary (10YR 5/1); piasek słabogliniasty, słabo szkieletowy; struktura subangularna, drobna; wilg. świeża; przejście stopniowe
A/ Ees	10-20	jasnoszary (10YR 7/2); piasek słabogliniasty, bezszkieletowy; struktura subangularna, drobna i nietrwała; wilg. świeża; przejście zaciekowe
Bhfe/C	40-65	żółto-brunatny (10YR 5/4); piasek słabogliniasty, silnie szkieletowy; struktura subangularna, średnio-trwała; wilg. świeża
C	65+	żółto-brunatny (10YR 5/8); utwór żwirowo-piaszczysty, silnie szkieletowy; odłamki piaskowca ciosowego; materiał nie został pobrany do analiz laboratoryjnych, gdyż większość masy poziomu stanowiła lita skała

Profil 7. Gleba bielkowa właściwa (Densic Podzol)

Skała macierzysta: piaskowiec ciosowy

Góry Stołowe (rejon wsi Pasterka), E 16° 19' 13.6''; N 50° 30' 23.0'', wys. 670 m n.p.m., teren na stoku, nachylenie 20°, zachodnia wystawa stoku (W), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór górski świeży (BGśw), 100-letnia monokultura świerkowa. Użytek porolny.

Ol	5-0	próchnica nadkładowa typu mull; igliwie świerka
A	0-6	jasnoszary (10YR 5/1); piasek gliniasty drobnoziarnisty, słabo szkieletowy; struktura subangularna, nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
Ees	6-17	żółto-brunatny (10YR 5/4); piasek gliniasty średnioziarnisty, bezszkieletowy; struktura subangularna, drobna i nietrwała; wilg. świeża; wytrącenia w postaci drobnych kongregacji żelazistych; przejście stopniowe
Bhfe	17-30	jasnoszary (10YR 5/1), z brunatnymi plamami (10YR 5/4); piasek luźny średnioziarnisty, bezszkieletowy; struktura subangularna, drobna i nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
Bhfe/C	30-60	jasnożółty (10YR 7/6); piasek słabogliniasty, bezszkieletowy; struktura subangularna, drobna i nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
C	60+	jasnożółty (10YR 8/4); piasek słabogliniasty, bezszkieletowy; struktura subangularna, drobna; wilg. świeża

Profil 8. Gleba brunatna kwaśna typowa (Dystri-Humic Cambisol)

Skała macierzysta: piaskowiec ciosowy

Góry Stołowe (droga między Radkowem a Karłowem), E 16°22' 56.4''; N 50°29' 9.1'', wys. 620 m n.p.m., wniesienie, nachylenie 20-25°, zachodnia wystawa stoku (W), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Las mieszany górski świeży (LMGśw), dominacja świerka z domieszką brzozy i buka. Nieliczne modrzewie. W podszyści siewki buka i nieliczne paprocie.

Ol	5-3	próchnica nadkładowa typu moder-mor; Ol ze słabo rozłożonym materiałem roślinnym, silnie poprzerastany korzeniami; Oh silnie poprzerastany korzeniami
Oh	3-0	
A	0-5	ciemnoszaro-brunatny (10YR 4/2); piasek gliniasty gruboziarnisty, silnie szkieletowy; widoczne odłamki piaskowca ciosowego, struktura gruzelkowata; wilg. świeża; przejście wyraźne
Bbr	5-30	jasnożółty (10YR 7/6); utwór żwirowo-piaszczysty; widoczne odłamki piaskowca ciosowego; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście stopniowe
CR	30+	żółty (10YR 8/6); utwór żwirowo-piaszczysty; widoczne odłamki piaskowca ciosowego; struktura pryzmatyczna; wilg. świeża

Profil 9. Gleba bielkowa właściwa (Skeleti-Fragic Podzol)

Skała macierzysta: piaskowiec ciosowy

Góry Stołowe (rejon między Małym a Wielkim Torfowiskiem Batorowskim, E 16° 23' 51.9"; N 50° 26' 58.7", wys. 732 m n.p.m., płaska wierzchołowa, nachylenie 4-5°, południowa wystawa stoku (S), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór mieszany górski świeży (BMGśw), dominacja świerka, w domieszce sosna, runo borówkowo – trawiaste z mchem.

Of	9-5	próchnica nadkładowa typu mor; Of zbudowany z rozdrobnionych i częściowo zhumifikowanych szczątków roślinnych; Oh silnie poprzerastany korzeniami
Oh	5-0	
Ees	0-7	jasnoszaro-brązowy (7,5 YR 6/1); piasek słabogliniasty, bezszkieletowy; fragmenty piaskowca ciosowego; struktura rozdzielno-ziarnista; wilg. świeża; przejście wyraźne
Bh	7-16	szaro-brązowy (7,5 YR 3/2); piasek słabogliniasty, bezszkieletowy; odłamki piaskowca ciosowego; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście wyraźne
Bfe	16-25	brązowy (7,5 YR 4/6); piasek słabogliniasty, słabo szkieletowy; widoczne odłamki piaskowca ciosowego; struktura foremno-wielościenna; wilg. świeża; przejście stopniowe
C	25+	żółty (10YR 7/8); piasek luźny średnioziarnisty, bezszkieletowy; widoczne odłamki piaskowca ciosowego; struktura rozdzielno-ziarnista; wilg. świeża; wytrącenia w postaci rdzawych plam (o średnicy 2-3 cm)

Profil 10. Gleba brunatna kwaśna typowa (Skeleti-Dystric Cambisol)

Skała macierzysta: piaskowiec permski

Góry Stołowe (droga do Radkowa), E 16° 21' 58.5"; N 50° 29' 33.9", wys. 520 m n.p.m., teren płaski, nachylenie 2-4°, wschodnia wystawa stoku (E), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Las mieszany górski świeży (LMGśw), dominacja buka, nieliczne sosny, w podszybie: siewki buka i klonu, wilczomlec sosnka, paproć zwyczajna, przytulia czepna oraz pokrzywa zwyczajna.

Ol	1-0	próchnica nadkładowa typu mull; mało zmieniony i luźno ułożony materiał roślinny (liście, igliwie, trawy, mchy, gałęzie itp.)
A	0-11	szaro-brązowy (7,5 YR 3/1); glina drobnopiaszczysta, bezszkieletowa; niewielka ilość odłamków piaskowca ciosowego; struktura gruzełkowata; wilg. świeża; przejście wyraźne, faliste
Bbr	11-37	ciemnobrunatny (10YR 4/4); piasek gliniasty gruboziarnisty, słabo gliniasty; widoczne odłamki piaskowca ciosowego; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście wyraźne
CR	37+	jasnobrązowy (7,5 YR 5/4); glina grubopiaszczysta, słabo szkieletowa; widoczne odłamki piaskowca ciosowego; struktura subangularna; wilg. świeża

Profil 11. Gleba brunatna kwaśna typowa (Dystri-Humic Cambisol)

Skała macierzysta: piaskowiec permski

Góry Stołowe (w rejonie Radkowa), E 16° 22' 05.2''; N 50° 22' 19.5'', wys. 810 m n.p.m., nachylenie 2° – 3°, północna wystawa stoku (N), brak pokrycia głazami, wychodnie skalne: brak; brak wody gruntowej, erozja wodna: brak. Odkrywka położona na wierzcholinie, na skraju zachodnim. Las górski świeży (LGśw), dominacja buka (100-120 lat), w domieszce jawor. Zwartość pokrywy leśnej blisko 90%. Brak podszytu. Runo bardzo ubogie, paprociowo-zielne.

Ol	2-1	próchnica nadkładowa typu mull; liście buka.
Of	1-0	
Ah	0-3	ciemnoszaro-brunatny (5YR 2,5/2); piasek gliniasty, słabo szkieletowy; struktura gruzełkowata, średnio-trwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
ABbr	3-8	czerwono-brunatny (2,5 YR 4/4); glina lekka, słabo szkieletowa; struktura subangularna, trwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
Bbr	8-30	ciemnoczerwono-brunatny (2,5YR 4/8); glina piaszczysta, bezszkieletowa; struktura subangularna, gruba, średnio-trwała; wilg. świeża; przejście wyraźne
BbrC	30-65	brązowo-pomarańczowy (5YR 5/8); glina lekka, słabo szkieletowa; struktura subangularna, średnio-trwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
C	65+	brązowo-pomarańczowy (2,5YR 5/8); glina piaszczysta, słabo szkieletowa; struktura angularna, trwała; układ bardzo zbity; wilg. świeża

Profil 12. Gleba bielcowo-rdzawa (Albi-Dystric Arenosol)

Skała macierzysta: piaskowiec permski

Góry Stołowe (w rejonie Radkowa), E 16° 22' 02.3''; N 50° 22' 24.3'', wys. 790 m n.p.m., nachylenie 5°, północna wystawa stoku (N), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór mieszany górski świeży (BMGśw), dominacja świerka (80-letni), z domieszką modrzewia (80-letni), sosny i buka. Brak podszytu, runo trawiasto-

mszysto-borówkowe, bardzo ubogie, z gajowcem żółtym, konwalijką oraz siewkami jarzębiny.

Ol	4-3	próchnica nadkładowa typu moder; Ol - słabo rozłożony materiał
Ofh	3-0	(igłowie świerka i modrzewia); Ofh - silnie zhumifikowane igłowie
AE	0-4	jasnoszaro-brązowy (7,5YR 5/3); glina piaszczysta, bezszkieletowa; struktura subangularna, drobna, nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
Bvs	4-10	ciemnobrunatny (7,5YR 5/6); glina piaszczysta, słabo szkieletowa; struktura subangularna, nietrwała; wilg. świeża; wytrącenia: Fe-Mn; przejście stopniowe
Bv	10-25	ciemnopomarańczowo-żółty (7,5YR 6/8); glina piaszczysta, bezszkieletowa; struktura subangularna, nietrwała; wilg. świeża; wytrącenia: Fe-Mn; przejście wyraźne
1BvC	25-40	brązowy (7,5YR 4/6); glina lekka, słabo szkieletowa; struktura subangularna, średnio-trwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
2BvC	40-75	rdzawobrunatny (7,5YR 5/8); glina lekka, średnio szkieletowa; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście stopniowe
C	75+	ciemnobrunatny (7,5YR 5/6); glina piaszczysta, słabo szkieletowa; struktura angularna płytkowa, trwała; wilg. świeża

Profil 13. Gleba bielcowo-rdzawa (Albi-Dystric Arenosol)

Skała macierzysta: piaskowiec permski

Góry Stołowe (w rejonie Radkowa), E 16° 22' 00.7"; N 50° 29' 23.4", wys. 630 m n.p.m., podnóże stoku, nachylenie 10°, północna wystawa stoku (N), pokrycie głazami: 10%, brak wychodni skalnych. Las mieszany górski (LMGśw), dominacja modrzewia (40-letniego), w domieszce buk i świerk. Runo trawiasto-borówkowe, zielne, siewki dębu i topoli.

Ol	4-3	próchnica nadkładowa typu mull moder; igłowie świerka i
Ofh	3-0	modrzewia oraz liście.
AE	0-3	jasnoszaro-brunatny (7,5YR 5/2); glina piaszczysta, słabo szkieletowa; struktura subangularna, drobna i nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
Bv	3-18	ciemnobrunatny (7,5YR 5/6); glina piaszczysta, średnio szkieletowa; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście stopniowe
BvC	18-45	brunatny (7,5YR 4/6); glina lekka, średnio szkieletowa; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście stopniowe
2BvC	45-70	jasnobrunatny (5YR 5/6); glina zwykła, średnio szkieletowa;; struktura angularna; wilg. świeża; przejście stopniowe
C	70+	czerwono-brunatny (2,5YR 4/8); piasek gliniasty drobnoziarnisty, bezszkieletowy; struktura angularna; wilg. świeża

Profil 14. Gleba bielcowo-rdzawa (Albi-Dystric Arenosol)

Skała macierzysta: piaskowiec permski

Góry Stołowe (w rejonie Radkowa), E 16° 22' 04.3"; N 50° 29' 20.6", wys. 630 m n.p.m., nachylenie 10°, zachodnia wystawa stoku (W), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór górski świeży (BGśw), dominacja modrzewia, w domieszce

świerki i buki. Brak podszytu. Runo ubogie, trawiasto-borówkowe, z siewkami modrzewia i świerka.

Ol	10-9	próchnica nadkładowa typu mor; igliwie modrzewia.
Of	9-7	
Ohf	7-0	
AE	0-5	brunatny (5YR 4/3); piasek gliniasty drobnoziarnisty, bezszkieletowy; struktura subangularna drobna trwała; wilg. świeża; przejście wyraźne
Bv1	5-20	czerwono-brunatny (2,5YR 4/6); glina piaszczysta, słabo szkieletowa; struktura subangularna, nietrwała; wilg. świeża; wytrącenia: Fe-Mn, drobne, nieliczne; przejście stopniowe
Bv2	20-37	szaro-czerwono-brunatny (2,5YR 3/6); glina piaszczysta, bezszkieletowa; struktura subangularna; nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
BvC	37-75	czerwono-brunatny (2,5YR 4/6); glina piaszczysta, bezszkieletowa; widoczne odłamki piaskowca; struktura subangularna, trwała; wilg. świeża; przejście wyraźne
C	75+	ciemnoczerwony (10R 4/8); piasek gliniasty drobnoziarnisty, średnio szkieletowy; fragmenty zwietrzałego piaskowca; struktura angularna; wilg. świeża

Profil 15. Gleba brunatna kwaśna typowa (Dystri-Humic Cambisol)

Skała macierzysta: granit monzonitowy

Góry Stołowe, E 16° 17' 53.9"; N 50° 25' 57.2", wys. 500 m n.p.m., znaczne nachylenie terenu, południowo-wschodnia wystawa stoku (SE), brak pokrycia głazami, wychodnie skalne: 10%. Las mieszany górski świeży (LMGśw), dominacja buka (100-120-letniego), obecne pojedyncze lipy drobnolistne, jawory, graby. Podszyt nieliczny. Runo mozaikowe: siewki buka, jawora, przytulia czepna, niecierpek pospolity.

Ol	3-2	próchnica nadkładowa typu mull; liście buka
Of	2-0	
Ah	0-6	ciemnożółto-brunatny (10YR 4/6); glina grubopiaszczysta, średnio szkieletowa; struktura gruzełkowata; wilg. świeża; przejście wyraźne
Bbr1	6-18	żółto-brunatny (10YR 5/4); glina piaszczysta, słabo szkieletowa; struktura subangularna, drobna, nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
Bbr2	18-37	żółto-brunatny (10YR 5/4); glina grubopiaszczysta, słabo szkieletowa; struktura subangularna, drobna, nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
BbrC	37-58	żółto-brunatny (10YR 5/8); piasek gliniasty gruboziarnisty, silnie szkieletowy; struktura subangularna, drobna, nietrwała; wilg. świeża; przejście wyraźne
C	58-110	żółto-brunatny (10YR 5/8); glina grubopiaszczysta, silnie szkieletowa; brak struktury; wilg. świeża; przejście stopniowe
2CR	110+	żółto-brunatny (10YR 5/8); piasek słabogliniasty; silnie szkieletowy; brak struktury; układ luźny; wilg. świeża

Profil 16. Gleba brunatna kwaśna typowa (Dystri-Humic Cambisol)

Skała macierzysta: granit monzonitowy

Góry Stołowe, E 16° 18' 01.2"; N 50° 26' 06.7", wys. 462 m n.p.m., znaczne nachylenie terenu, południowo-wschodnia wystawa stoku (SE), brak pokrycia głazami, wychodnie

skalne: 10%. Bór mieszany górski świeży (BMGśw), 50-letnia monokultura świerkowa.
Brak podszytu i runa.

Ol	3-2	próchnica nadkładowa typu moder; igliwie świerka.
Ofh	2-0	
Ah	0-5	żółto-brunatny (10YR 5/8); piasek gliniasty gruboziarnisty, średnio szkieletowy; struktura gruzełkowata; wilg. świeża; przejście wyraźne
Bbr	5-26	żółto-brunatny (10YR 5/8); piasek gliniasty gruboziarnisty, średnio szkieletowy; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście stopniowe
BbrC	26-55	żółto-brunatny (10YR 5/8); piasek słabogliniasty, słabo szkieletowy; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście stopniowe
C	55+	żółto-brunatny (10YR 5/8); piasek gliniasty gruboziarnisty, silnie szkieletowy; brak struktury; wilg. świeża

Profil 17. Gleba brunatna kwaśna typowa (Dystri-Humic Cambisol)

Skała macierzysta: granit monzonitowy

Góry Stołowe, E 16° 17' 58.3"; N 50° 26' 05.7", wys. 486 m n.p.m., znaczne nachylenie terenu, południowo-wschodnia wystawa stoku (SE), brak pokrycia głazami, wychodnie skalne: 10%. Las górski świeży (LGśw), monokultura bukowa. Gatunkami domieszkowymi pojedyncze jawory, lipy. W podszytce i w runie siewki buka, gatunki trawiaste, paprocie i mchy.

Ol	3-2	próchnica nadkładowa typu mull; liście buka
Of	2-0	
Ah	0-5	ciemnożółto-brunatny (10YR 4/6); piasek gliniasty gruboziarnisty, silnie szkieletowy; struktura gruzełkowata, drobna, nietrwała; wilg. świeża; przejście wyraźne
Bbr	5-40	żółto-brunatny (10YR 5/8); piasek gliniasty gruboziarnisty, bezszkieletowy; struktura subangularna, drobna, nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
BbrC	40-60	żółto-brunatny (10YR 5/8); piasek gliniasty gruboziarnisty, średnio szkieletowy; struktura subangularna, drobna, nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
C(R)	60+	żółto-brunatny (10YR 5/8); piasek gliniasty gruboziarnisty, słabo szkieletowy; brak struktury; wilg. świeża

Profil 18. Gleba brunatna kwaśna bielcowana (Skeleti-Dystric Cambisol)

Skała macierzysta: granit monzonitowy

Góry Stołowe (w niewielkiej odległości od Kudowy Zdroju, okolice parkingu przy Szosie 100 Zakrętów), E 16° 17' 17.4"; N 50° 26' 52.9", wys. 660 m n.p.m., nachylenie 15°, południowa wystawa stoku (S), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór mieszany górski świeży (BMGśw), z młodymi nasadzeniami drzew liściastych, dominacja świerka (ok. 100-letniego). Gatunki domieszkowe: buki, brzozy. Runo trawiaste ze ściółką liściastą. Obecne mszaki, szczawiki, paprocie.

Ol	9-5	próchnica nadkładowa typu mor; liście buka i igliwie świerka, Ofh
Of	5-3	silnie zhumifikowany, barwy czarnej
Ofh	3-0	
Ah	0-6	czarno-brunatny (10YR 2,5/1); glina grubopiaszczysta, silnie szkieletowa; widoczne odłamki granitu; struktura subangularna nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe z zaciekami materii organicznej w okolicach systemów korzeniowych
AhEes	6-25	szaro-brunatny (10YR 6/2); glina grubopiaszczysta, silnie szkieletowa; widoczne odłamki granitu; struktura subangularna nietrwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
Bbr	25-60	ciemnobrunatny (10YR 5/5); utwór żwirowo-gliniasty; brak struktury; widoczne odłamki granitu, wilg. świeża; oglejenie: plamiste; wytrącenia: manganowo-żelaziste; otoczki ilasto-pyłowe; przejście stopniowe
BbrC	60-80	żółto-brunatny (10YR 5/6); utwór żwirowo-gliniasty; brak struktury; widoczne odłamki granitu; wilg. świeża; oglejenie: plamiste; wytrącenia: manganowo-żelaziste; otoczki ilasto-pyłowe; przejście niewyraźne
C	80+	żółto-brunatny (10YR 5/8); utwór kamienisto-gliniasty; udział części szkieletowych ponad 70%; widoczne odłamki granitu; wilg. świeża; materiał nie został pobrany do analiz laboratoryjnych, ponieważ ponad 30% masy poziomu stanowiła lita skała

Profil 19. Gleba brunatna kwaśna bielcowana (Skeleti-Dystric Cambisol)

Skała macierzysta: granit monzonitowy

Góry Stołowe (w niewielkiej odległości od Kudowy Zdroju, okolice parkingu przy Szosie 100 Zakrętów), E 16° 17' 23.8"; N 50° 26' 57.3", wys. 600 m n.p.m., nachylenie 15°-20°, południowa wystawa stoku (S), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór mieszany górski świeży (BMGśw), z młodymi nasadzeniami drzew liściastych, dominacja świerka (ok. 100-letniego). Gatunki domieszkowe: buki, brzozy. W runie trawiastym ściółka liściasta. Obecne mszaki, szczawik zajęczy, paprocie.

Ol	8-5	próchnica nadkładowa typu mor; liście buka i igliwie świerka; Of
Of	5-2	z silnie rozłożonym materiałem roślinnym, Ohf barwy czarnej
Ohf	2-0	
Ah	0-5	czarno-brunatny (10YR 2,5/1); glina piaszczysta, średnio szkieletowa; widoczne odłamki granitu; struktura subangularna, gruba, trwała; wilg. świeża; przejście niewyraźne
AhEes	5-40	szaro-brunatny (10YR 5/2); glina grubopiaszczysta, silnie szkieletowa; widoczne odłamki granitu; struktura subangularna, gruba, trwała; wilg. świeża; przejście niewyraźne
Bbr	40-60	ciemnobrunatny (10YR 5/5); piasek gliniasty gruboziarnisty, silnie szkieletowy; widoczne odłamki granitu; struktura subangularna, gruba, trwała; wilg. świeża; oglejenie plamiste; wytrącenia manganowo-żelaziste; otoczki ilasto-pyłowe; przejście niewyraźne
BbrC	60-85	żółto-brunatny (10YR 5/6); utwór żwirowo-piaszczysty; widoczne odłamki granitu; struktura subangularna, gruba, trwała; wilg. świeża; oglejenie plamiste; wytrącenia manganowo-żelaziste; otoczki ilasto-pyłowe; przejście niewyraźne
C	85+	żółto-brunatny (10YR 5/7); utwór żwirowo-piaszczysty; udział części szkieletowych ponad 70%; widoczne odłamki granitu; wilg. świeża; materiał nie został pobrany do analiz laboratoryjnych, gdyż ponad 30% masy poziomu stanowiła lita skała

Profil 20. Gleba brunatna kwaśna bielcowana (Skeleti Dystric Cambisol)

Skala macierzysta: granit monzonitowy

Góry Stołowe (rejon gminy Kudowa Zdrój), E 16°17' 40.9"; N 50°27' 03.0", wys. 550 m n.p.m., nachylenie 20°, zachodnia wystawa stoku (W), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Las mieszany górski świeży (LMGśw), dominacja buka, nieliczne świerki. W runie siewki buka i nieliczne paprocie.

Of	3-0	próchnica nadkładowa typu mor; Of zbudowany z rozdrobnionych i częściowo zhumifikowanych szczątków roślinnych
Ah	0-9	czarny (10YR 3/2); piasek gliniasty gruboziarnisty, średnio szkieletowy; widoczne odłamki granitu; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście stopniowe
AhEes	9-20	jasnożółto-brunatny (10YR 6/4); glina grubopiaszczysta, średnio szkieletowa; widoczne odłamki granitu; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście wyraźne
Bbr	20-50	brunatny (10YR 5/3); piasek gliniasty gruboziarnisty, średnio szkieletowy; widoczne odłamki granitu; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście niewyraźne
C	50+	brunatno-żółty (10YR 6/6); piasek słabogliniasty, silnie szkieletowy; widoczne odłamki granitu; struktura rozdzielno-ziarnista; wilg. świeża

Profil 21. Gleba brunatna kwaśna typowa (Dystri-Humic Cambisol)

Skala macierzysta: margiel plenerski

Góry Stołowe (rejon Rogowej Kopy), E 16° 19' 30.1"; N 50° 26' 28.8", wys. 680 m n.p.m., znaczne nachylenie terenu, południowo-zachodnia wystawa stoku (SW), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Las górski świeży (LGśw), dominacja buka (40-letniego), w domieszcze jawor (10% całego drzewostanu), świerk (15%). Brak podszytu, runo zielno-paprociowe z siewkami buka, gatunki trawiaste, paprocie i mchy.

Ol	2-0	próchnica nadkładowa typu mull; liście buka i jawora
A	0-13	oliwkowobrazowy (2,5Y 3/2); pył gliniasty, średnio szkieletowy; struktura subangularna; wilg. świeża; przejście stopniowe
ABbr	13-21	jasnooliwkowobrazowy (2,5Y 5/3); pył gliniasty, bezszkieletowy; struktura subangularna, trwała, średnia; wilg. świeża; przejście stopniowe
Bbr	21-35	ciemnoszaro-żółty (2,5Y 6/3); pył ilasty, słabo szkieletowy; struktura angularna, trwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
BbrC	35-60	ciemnożółty (2,5Y 6/5); glina zwykła, silnie szkieletowa; struktura angularna, trwała; średnia; wilg. świeża; oglejenie słabe, plamiste; wytrącenia w postaci drobnych, nielicznych plam; przejście wyraźne
C	60+	szaro-żółty (2,5Y 7/5); glina lekka, bezszkieletowa; struktura angularna; wilg. świeża

Profil 22. Gleba brunatna kwaśna typowa (Dystri-Humic Cambisol)

Skała macierzysta: margiel plenerski

Góry Stołowe (rejon Rogowej Kopy), E 16° 19' 33.4"; N 50° 26' 25.5", wys. 682 m n.p.m., górna część stoku, nachylenie 24°, zachodnia wystawa stoku (W), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór mieszany górski świeży (BMGśw), monokultura świerkowa (ok. 120-letnia) z domieszką modrzewia (30-letniego). Brak podszytu, runo bardzo słabe, z borówką brusznicą, paprocią zwyczajną, siewkami buka.

Ol	4-2	próchnica nadkładowa typu mull, moder świeży; igliwie świerka i liście buka
Ofh	2-0	
Ah	0-1	czarny (10YR 2/1); pył gliniasty, średnio szkieletowy; wilg. świeża; przejście wyraźne
A	1-10	oliwkowobrunatny (2,5Y 4/3); pył gliniasty, średnio szkieletowy; struktura granularna, drobna, trwała; obecne koprolity; wilg. świeża; przejście stopniowe
ABbr	10-16	jasnooliwkobrunatny (2,5Y 5/3); pył gliniasty, średnio szkieletowy; struktura subangularna, trwała, średnia; wilg. świeża; przejście stopniowe
Bbr	16-35	ciemnożółty (2,5Y 6/5); pył gliniasty, średnio szkieletowy; struktura subangularna, trwała, średnia; wilg. świeża; przejście stopniowe
BbrC	35-70	ciemnoszaro-żółty (2,5Y 6/4); pył gliniasty, bezszkieletowy; struktura angularna, trwała, drobna; wilg. świeża; przejście stopniowe
C	70+	ciemnoszaro-żółty (2,5Y 6/4); glina piaszczysta, słabo szkieletowa; struktura masywna-angularna; wilg. świeża

Profil 23. Gleba brunatna kwaśna typowa (Dystri-Humic Cambisol)

Skała macierzysta: margiel plenerski

Góry Stołowe (rejon Rogowej Kopy), E 16° 19' 37.0"; N 50° 27' 38.2", wys. 762 m n.p.m., nachylenie 2°, zachodnia wystawa stoku (W), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór górski świeży (BGśw), dominacja świerka (od 60 do 120 lat), w domieszce jawor (10% całego drzewostanu). Brak podszytu, runo mszysto-paprociowe, słabo rozwinięte.

Ol	3-2	próchnica nadkładowa typu moder, igliwie świerka; Ofh z silnie zhumifikowanymi szczątkami roślinnymi
Ofh	2-0	
A	0-20	jasnooliwkobrunatny (2,5Y 5/3); pył gliniasty, słabo szkieletowy; struktura gruzelkowata trwała; wilg. świeża; przejście wyraźne
Bbr	20-31	ciemnożółty (2,5Y 6/6); glina piaszczysta, słabo szkieletowy; struktura subangularna trwała; wilg. świeża; przejście wyraźne
BbrC	31-40	żółty (2,5Y 7/6); glina piaszczysta, bezszkieletowa; struktura subangularna; wilg. świeża
C	40+	żółty (2,5Y 7/6); utwór żwirowo-gliniasty; udział części szkieletowych ponad 70%, widoczne odłamki margla; materiał nie został pobrany do analiz laboratoryjnych, gdyż większą część masy poziomu stanowiła skała

Profil 24. Gleba brunatna kwaśna typowa (Dystri-Humic Cambisol)

Skała macierzysta: margiel plenerski

Góry Stołowe (rejon Rogowej Kopy), E 16° 19' 50.2"; N 50° 27' 43.0", wys. 730 m n.p.m., nachylenie 4°, północna wystawa stoku (N), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Las górski świeży (LGśw), buk (60-70-letni) z domieszkami jawora i świerka, w podszybie – buk. W runie pojedyncze okazy szczawika zajęczego, roślinności trawiastej i paproci.

Ol	2-1	próchnica nadkładowa typu moder; z liśćmi buka i jawora
Of	1-0	
Ah	0-6	szaro-czarny (10YR 3/1); glina piaszczysta, słabo szkieletowa; struktura gruzelkowata, średnia, trwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
ABbrg	6-15	ciemnoszaro-brunatny (10YR 4/2); pył gliniasty, średnio szkieletowy; struktura granularna, średnia, trwała; wilg. świeża; oglejenie plamiste; przejście stopniowe
Bbrg	15-30	jasnooliwkobrunatny (2,5Y 5/3); glina lekka, bezszkieletowa; struktura subgranularna, średnia, trwała; wilg. świeża; oglejenie plamiste; przejście stopniowe
BC	30-55	ciemnożółty (2,5Y 6/5); pył gliniasty; średnio szkieletowy; struktura angularna, trwała, średnia; wilg. świeża; przejście wyraźne
C(R)	55+	szaro-żółty (2,5Y 7/5); glina zwykła, bezszkieletowa; wilg. świeża

Profil 25. Gleba brunatna kwaśna bielcowana (Skeleti-Dystric Cambisol)

Skała macierzysta: margiel plenerski

Góry Stołowe (rejon Radkowa), E 16° 22' 02.6"; N 50° 29' 07.7", wys. 705 m n.p.m., nachylenie 15°, północno-zachodnia wystawa stoku (NW), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Bór górski świeży (BGśw), dominacja świerka (100-letniego) z domieszkami buka. Brak podszytu. Runo bardzo nieliczne ze szczawikiem zajęczym, paprociami, siewkami buka i jarzębiny. Brak odnowień świerka.

Ol	6-4	próchnica nadkładowa typu moder świeży; igliwie świerka i liście buka
Ofh	4-0	
Ah	0-4	czarny (10YR 2/2); glina piaszczysta, słabo szkieletowa; struktura gruzelkowata, średnia, trwała, drobna; wilg. świeża; przejście wyraźne
AhEes	4-12	jasnoszary (10YR 5/1); pył gliniasty, silnie szkieletowy; struktura gruzelkowata, średnia, trwała, drobna; wilg. świeża; przejście stopniowe
Bbr	12-35	ciemnożółto-brunatny (10YR 2/4); glina piaszczysta, bez szkieletowa; struktura subgranularna, średnia, trwała; wilg. świeża; przejście stopniowe
BbrC	35-60	żółty (2,5Y 7/6); utwór żwirowo-gliniasty; struktura angularna, średnio-trwała, drobna; wilg. świeża; przejście stopniowe
C(R)	60+	żółty (2,5Y 7/6); utwór żwirowo-gliniasty; udział części szkieletowych >80%; struktura angularna, średnio-trwała, drobna; wilg. świeża

Profil 26. Gleba brunatna kwaśna typowa (Dystri-Humic Cambisol)

Skala macierzysta: margiel plenerski

Góry Stołowe (stoki nad urwiskiem radkowskim), E 16° 22' 05.1''; N 50° 29' 09.3'', wys. 692 m n.p.m., stok o mało urozmaiconym reliefie, nachylenie 12°, północna wystawa stoku (N), brak wychodni skalnych i pokrycia głazami. Las górski świeży (LGśw), dominacja buka (120-letniego). Brak podszytu i runa.

Ol	4-2	próchnica nadkładowa typu mull-moder; ze słabo rozłożonymi liśćmi buka.
Ofh	2-0	
Ah	0-4	czarny (10YR 2/2); glina piaszczysta, bezszkieletowa; struktura subangularna; wilg. świeża; oglejenie: słabe strefowe; przejście wyraźne
Bbrg1	4-8	ciemnobrunatny (10YR 3/3); glina zwykła, bezszkieletowa; struktura subangularna, drobna, trwała; wilg. świeża; oglejenie słabe, strefowe; wytrącenia: Mn (-Fe), bardzo drobne; przejście stopniowe
Bbrg2	8-20	żółto-brunatny (10YR 5/4); pył gliniasty, słabo szkieletowy; struktura subangularna, drobna, trwała; wilg. świeża; oglejenie słabe, strefowe; wytrącenia: Mn (-Fe), bardzo drobne; przejście stopniowe
Bbr	20-40	ciemnożółty (2,5YR 6/6); glina lekka, bezszkieletowa; struktura angularna, średnio-trwała; wilg. świeża; oglejenie słabe, strefowe; przejście stopniowe
BbrC	40-55	ciemnożółty (2,5YR 6/6); glina piaszczysta, bezszkieletowa; struktura sangularna, średnio-trwała; wilg. świeża; oglejenie słabe, strefowe; przejście stopniowe
C	55-80	żółty (2,5YR 7/6); glina zwykła, bezszkieletowa; struktura angularna, trwała; wilg. świeża; oglejenie słabe, strefowe; przejście wyraźne
2C	80+	ciemnożółty (2,5YR 6/6); glina zwykła, słabo szkieletowa; struktura angularna, trwała; wilg. świeży; oglejenie słabe, strefowe



Rys. 53. Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych: A - gleba bielkowa właściwa wytworzona z piaskowca ciosowego (profil 9), B - gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z piaskowca permskiego (profil 10), C - gleba brunatna kwaśna bielcowana wytworzona z granitu monzonitowego (profil 20), D - gleba brunatna kwaśna typowa wytworzona z margla (profil 21) [fot. Kabała]

9.2. TABELARYCZNE ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Tab. 45. Skład granulometryczny badanych gleb według normy PTG z 2008 r.

Nr profilu	Poziom genetyczny	Głębokość poziomu [cm]	Głębokość pobrania [cm]	Zawartość poszczególnych frakcji [%]										Suma			Definicja grupy granulometrycznej PTG 2008
				>2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,002	<0,002	Części szkielet.	Piaski	Pyły	Iły	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19
Gleby wytworzone z piaskowców ciosowych																	
1	AEes	0-5	2-5	0	0	6	34	24	14	8	9	5	0	78	17	5	pg
	Eesg	5-18	12-18	0	0	5	23	41	10	3	11	7	0	79	14	7	pg
	Bhs1	18-30	20-30	0	0	6	37	30	9	4	9	5	0	82	13	5	pg
	Bhs2	30-40	30-35	7	0	5	25	45	9	4	8	4	7	84	12	4	pg
	Bs	40-55	42-50	2	1	3	14	56	8	6	10	2	2	82	16	2	pg
2	C	55+	55-60	39	2	9	36	34	6	3	7	3	39	87	10	3	ps
	(A)Ees	0-3	0-3	0	0	2	16	49	10	9	12	2	0	77	21	2	pg
	Eesg	3-11	5-10	0	0	3	19	51	7	2	13	5	0	80	15	5	pg
	Bh	11-15	12-15	15	1	2	12	61	6	2	12	4	15	82	14	4	pg
	Bhs	15-22	17-20	5	1	5	36	31	9	4	10	4	5	82	14	4	pg
3	Bs	22-40	25-30	0	1	4	19	60	4	2	6	4	0	88	8	4	ps
	2BsC	40-70	45-60	0	1	4	15	60	10	0	8	2	0	90	8	2	ps
	C	70+	70-75	0	1	8	25	49	7	2	2	6	0	90	4	6	ps
	A	0-7	3-7	0	1	4	6	14	21	21	29	4	0	46	50	4	gp
	Eet	7-20	10-15	0	2	4	5	8	21	16	34	10	0	40	50	10	gz
4	Bt	20-50	30-40	31	4	6	11	12	22	13	22	10	31	55	35	10	gl
	C	50+	50-55	5	4	3	7	10	20	8	25	23	5	44	33	23	gz
	A	0-23	5-15	0	2	5	16	26	14	14	23	0	0	63	37	0	gp
	Ees	23-28	25-28	15	3	7	21	23	12	9	22	3	15	66	31	3	gp
	Bhfe	28-46	40-45	0	4	9	20	26	10	7	20	4	0	69	27	4	gp
5	C	46+	60-70	64	8	11	16	29	17	2	12	4	64	81	15	4	uzp
	A	0-10	5-10	14	3	10	11	35	17	8	16	0	14	76	24	0	pg
	A/Ees	10-15	10-15	0	0	3	6	46	18	8	17	2	0	73	25	2	pg
	Ees	15-25	15-20	0	2	3	6	47	14	9	15	4	0	72	24	4	gp
	Bhfe	25-45	30-40	0	3	5	13	37	15	6	14	7	0	73	20	7	gp
	C	45+	65-70	23	2	4	12	36	19	4	13	10	23	73	17	10	gp

Tab. 45.cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19
6	A	0-10	5-10	7	6	15	41	19	7	5	7	0	7	88	12	0	ps
	A/Ees	10-20	10-20	0	7	16	42	21	3	4	6	1	0	89	10	1	ps
	Bhfe	20-40	25-35	12	7	17	39	22	4	4	7	0	12	89	11	0	ps
	Bhfe/C	40+	45-50	47	3	12	46	19	8	3	9	0	47	88	12	0	ps
7	A	0-6	0-5	16	1	6	23	44	8	6	10	2	16	82	16	2	pg
	Ees	6-17	11-17	0	2	11	27	42	4	3	8	3	0	86	11	3	pg
	Bhfe	17-30	17-25	0	3	13	30	40	6	0	6	2	0	92	6	2	pl
	Bhfe/C	30-60	25-45	0	2	11	31	40	5	3	4	4	0	89	7	4	ps
	C	60+	65-70	0	3	11	27	45	4	0	6	4	0	90	6	4	ps
8	A	0-5	0-5	49	34	9	16	13	9	5	9	5	49	81	14	5	pg
	Bbr	5-30	10-20	67	41	6	14	11	5	5	13	5	67	77	18	5	użp
	CR	30+	35-45	64	40	10	14	13	7	5	9	2	64	84	14	2	użp
9	Ees	0-7	0-5	1	2	16	27	43	4	1	4	3	1	92	5	3	ps
	Bh	7-16	10-15	3	6	12	28	32	10	4	8	2	3	88	12	2	ps
	Bfe	16-25	20-25	7	9	18	29	35	1	1	4	3	7	92	5	3	ps
	C	25+	28-35	5	6	13	30	42	1	1	5	2	5	92	6	2	pl
Gleby wytworzone z piaskowców pemskich																	
10	A	0-11	5-10	5	8	12	14	16	15	13	18	4	5	65	31	4	gp
	Bbr	11-37	15-25	9	16	10	24	22	14	2	8	4	9	86	10	4	pg
	CR	37+	40-45	13	18	8	21	18	10	6	12	7	13	75	18	7	gp
11	Ah	0-3	0-3	15	2	9	24	22	20	12	7	4	15	77	19	4	pg
	ABbr	3-8	5-8	13	2	7	13	23	17	11	19	8	13	62	30	8	gl
	Bbr	8-30	8-15	0	3	6	8	27	16	16	18	6	0	60	34	6	gp
			15-30	10	4	8	10	24	18	10	19	7	10	64	29	7	gp
	BbrC	30-65	40-55	10	4	11	17	17	12	9	21	9	10	61	30	9	gl
	C	65+	85-95	8	5	10	16	27	12	6	8	16	8	70	14	16	gp
12	AE	0-4	0-3	2	4	11	18	17	11	15	22	2	2	61	37	2	gp
	Bvs	4-10	5-8	9	4	10	16	14	11	17	22	6	9	55	39	6	gp
	Bv	10-25	10-15	0	4	9	16	18	13	18	16	6	0	60	34	6	gp
	1BvC	25-40	25-35	14	9	11	16	14	12	9	21	8	14	62	30	8	gl
	2BvC	40-75	40-50	18	4	10	15	19	12	14	16	10	18	60	30	10	gl
	C	75+	75-85	7	7	11	14	18	13	8	22	7	7	63	30	7	gp

Tab. 45. cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19
13	AE	0-3	0-3	13	5	13	13	16	9	19	24	1	13	56	43	1	gp
	Bv	3-18	3-10	17	6	10	12	17	13	14	22	6	17	58	36	6	gp
	BvC	18-45	10-18	10	7	11	12	15	10	11	28	6	10	55	39	6	gp
			18-25	24	11	11	12	13	9	13	23	8	24	56	36	8	gl
	2BvC	45-70	30-40	7	11	11	12	12	8	15	22	9	7	54	37	9	gl
14	C	70+	50-60	16	8	10	11	5	15	15	28	8	16	49	43	8	gz
			75-85	0	6	7	12	27	24	5	13	6	0	76	18	6	pg
	AE	0-5	0-5	0	5	8	11	28	24	9	12	3	0	76	21	3	pg
	Bv1	5-20	5-10	10	5	11	11	26	19	8	16	4	10	72	24	4	gp
			10-15	7	5	11	13	27	16	8	17	3	7	72	25	3	gp
15			15-20	10	5	10	16	22	16	8	12	11	10	69	20	11	gp
	Bv2	20-37	20-30	4	8	9	17	19	18	6	14	9	4	71	20	9	gp
	BvC	37-75	50-60	0	8	10	14	18	18	8	16	8	0	68	24	8	gp
	C	75+	75-85	17	2	8	17	22	31	5	8	7	17	80	13	7	pg
Gleby wytworzone z granitów monzonitowych																	
15	Ah	0-6	0-5	20	25	19	8	6	9	15	14	4	20	67	29	4	gp
	Bbr1	6-18	6-12	7	26	17	13	9	4	7	16	8	7	69	23	8	gp
	Bbr2	18-37	12-18	43	29	17	13	9	6	2	18	6	43	74	20	6	gp
			18-24	10	44	19	8	5	6	3	10	5	10	82	13	5	pg
			24-30	3	51	18	6	1	7	3	10	4	3	83	13	4	pg
16			30-37	13	26	21	12	8	8	3	12	10	13	75	15	10	gp
	BbrC	37-58	40-50	39	26	17	11	7	5	11	17	6	39	66	28	6	gp
	C	58-110	70-80	46	45	22	13	6	3	4	5	2	46	89	9	2	ps
	2CR	110+	-	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	Ah	0-5	0-5	24	24	25	13	9	9	8	12	0	24	80	20	0	pg
16	Bbr	5-26	5-10	24	22	19	14	18	7	8	8	4	24	80	16	4	pg
			10-15	15	21	20	14	16	6	5	12	6	15	77	17	6	pg
			15-20	65	18	22	16	14	6	6	14	4	65	76	20	4	uzp
			20-25	10	31	22	12	8	4	5	16	2	10	77	21	2	pg
	BbrC	26-55	30-40	14	40	22	13	9	4	2	8	2	14	88	10	2	ps
16			40-50	35	40	23	16	8	2	1	4	6	35	89	5	6	ps
	C	55+	55-65	53	40	19	11	8	4	3	13	2	53	82	16	2	pg

Tab. 45.cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19
17	Ah Bbr	0-5 5-40	0-5	41	18	26	15	6	18	7	8	2	41	83	15	2	pg
			5-10	0	37	19	10	7	6	4	14	3	0	79	18	3	pg
			10-15	18	22	21	13	10	8	6	6	4	18	74	22	4	pg
			15-20	36	29	22	14	5	6	4	14	6	36	76	18	6	pg
			20-25	14	33	21	12	8	4	2	12	8	14	78	14	8	pg
18	BbrC C(R)	40-60 60+	25-35	10	39	19	10	7	4	1	12	8	10	79	13	8	pg
			40-50	26	29	20	13	11	5	2	12	8	26	78	14	8	pg
			60-65	10	45	15	14	8	3	3	9	3	10	85	12	3	pg
			0-6	46	11	13	13	11	6	23	21	2	46	54	44	2	gp
			6-25	46	11	14	13	12	5	5	38	2	46	55	43	2	gp
19	A E B BC C	0-5 5-40 40-60 60-85 85+	10-20	65	8	19	18	16	8	9	20	2	65	69	29	2	użg
			30-40	73	5	21	23	18	1	8	17	7	73	68	25	7	użg
			50-55	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
			80-85	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
			0-5	31	8	16	17	16	8	14	19	2	31	65	33	2	gp
20	A AE Bbr C	0-9 9-20 20-50 50+	10-20	51	13	15	19	15	8	14	15	1	51	70	29	1	gp
			50-55	59	8	18	22	16	8	12	15	1	59	72	27	1	pg
			65-75	71	5	23	24	14	8	10	15	1	71	74	25	1	użp
			85-90	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
			0-9	20	28	12	12	14	5	20	8	1	20	71	28	1	pg
21	A ABbr Bbr BbrC C	0-13 13-21 21-35 35-60 60+	10-15	22	30	10	10	9	7	17	16	1	22	66	33	1	gp
			25-40	27	33	11	11	10	8	9	15	3	27	73	24	3	pg
			55-65	40	38	16	16	14	6	1	7	2	40	90	8	2	ps
			Gleby wytworzone z margli														
			0-5	29	1	6	5	10	20	23	29	6	29	42	52	6	pyg
21	A ABbr Bbr BbrC C	0-13 13-21 21-35 35-60 60+	5-10	10	2	2	4	6	18	20	40	8	10	32	60	8	pyg
			13-20	0	6	4	3	9	15	19	35	9	0	37	54	9	pyg
			21-28	10	0	1	2	9	20	16	36	16	10	32	52	16	pyi
			40-50	40	0	1	3	16	16	11	36	17	40	36	47	17	gz
			70-80	0	1	4	9	21	18	13	24	10	0	53	37	10	gl

Tab. 45.cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19
22	Ah	0-1	0-1	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	A	1-10	1-6	20	1	3	5	10	17	25	32	7	20	36	57	7	pyg
			6-10	17	2	2	2	5	19	24	37	9	17	30	61	9	pyg
	ABbr	10-16	10-16	26	2	3	3	7	21	23	33	8	26	36	56	8	pyg
	Bbr	16-35	16-25	26	2	3	4	8	21	21	32	9	26	38	53	9	pyg
23	BbrC	35-70	25-35	50	1	2	3	7	22	24	31	10	50	35	55	10	pyg
	C	70+	40-50	4	3	3	4	7	20	22	32	9	4	37	54	9	pyg
			70-80	13	1	2	4	24	20	19	24	6	13	51	43	6	gp
	A1	0-10	0-5	14	4	4	3	8	17	31	29	4	14	36	60	4	pyg
	A2	10-20	5-10	0	4	2	2	9	21	29	29	4	0	38	58	4	pyg
24	Bbr	20-31	15-20	20	1	10	6	21	12	22	26	2	20	50	48	2	gp
			20-31	0	4	6	7	19	15	23	22	4	0	51	45	4	gp
	Ah	0-6	0-5	12	6	6	6	11	20	24	23	4	12	49	47	4	gp
	ABbrg	6-15	6-10	25	0	2	3	17	19	21	34	4	25	41	55	4	pyg
			10-15	16	2	3	2	7	20	22	31	13	16	34	53	13	pyi
25	Bbrg	15-30	15-25	5	7	8	8	12	17	6	29	13	5	52	35	13	gl
	BC	30-55	40-50	16	1	2	3	8	22	18	37	9	16	36	55	9	pyg
	C(R)	55+	60-70	0	5	4	4	16	19	16	26	10	0	48	42	10	gz
	Ah	0-4	0-4	7	3	8	7	14	27	19	18	4	7	59	37	4	gp
	AhEes	4-12	4-8	39	0	2	3	17	23	22	30	3	39	45	52	3	pyg
26	Bbr	12-35	8-12	15	1	2	3	20	18	20	32	4	15	44	52	4	pyg
			12-20	0	5	4	5	20	19	13	30	4	0	53	43	4	gp
	BbrC	35-60	20-30	30	1	2	3	24	16	14	32	8	30	46	46	8	gz
	C(R)	60+	40-50	73	5	7	7	12	21	10	30	8	73	52	40	8	użg
			60-70	67	3	5	6	25	15	10	26	10	67	54	36	10	użg
	Ah	0-4	0-4	0	2	3	6	19	20	22	24	4	0	50	46	4	gp
	Bbrg1	4-8	4-8	0	1	2	3	23	14	17	32	8	0	43	49	8	gz
	Bbrg2	8-20	8-12	15	1	2	4	19	15	18	34	7	15	41	52	7	pyg
			12-20	0	1	1	2	28	13	15	32	8	0	45	47	8	gz
	Bbr	20-40	30-40	0	2	4	7	31	16	12	18	10	0	60	30	10	gl
	BbrC	40-55	40-50	0	2	4	8	24	28	8	17	9	0	66	25	9	gp
	C	55-80	60-70	0	2	3	5	19	22	15	20	14	0	51	35	14	gz
			80-90	14	2	3	6	18	18	12	20	21	14	47	32	21	gz
	2C	80+															

Tab. 46. Skład granulometryczny badanych gleb według normy BN-79/9180-11 z 1979 r.

Nr profilu	Poziom genetyczny	Głębokość poziomu [cm]	Głębokość pobrania [cm]	Zawartość poszczególnych frakcji [%]										Suma			Definicja grupy
				>1	1-0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,02	0,02- 0,006	0,006- 0,002	<0,002	Części szkieł.	Piaski	Pyły	Iły	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Gleby wytworzone z piaskowców ciosowych																	
1	AEes	0-5	2-5	0	6	34	24	14	8	6	3	5	0	64	22	14	pł
	Eesg	5-18	12-18	0	5	23	41	10	3	5	6	7	0	69	13	18	pgm
	Bhs1	18-30	20-30	0	6	37	30	9	4	6	3	5	0	73	13	14	pł
	Bhs2	30-40	30-35	7	5	25	45	9	4	4	4	4	7	75	13	12	pł
	Bs	40-55	42-50	3	3	14	57	8	6	4	6	2	3	74	14	12	pł
2	C	55+	55-60	41	9	37	35	6	3	4	3	3	41	81	9	10	pł
	(A)Ees	0-3	0-3	0	2	16	49	10	9	7	5	2	0	67	19	14	pł
	Eesg	3-11	5-10	0	3	19	51	7	2	5	8	5	0	73	9	18	pgm
	Bh	11-15	12-15	16	2	12	62	6	2	8	4	4	16	76	8	16	pgm
	Bhs	15-22	17-20	6	5	36	32	9	4	6	4	4	6	73	13	14	pł
	Bs	22-40	25-30	1	4	19	61	4	2	4	2	4	1	84	6	10	pł
	2BsC	40-70	45-60	1	4	15	61	10	0	6	2	2	1	80	10	10	pł
	C	70+	70-75	1	8	25	49	7	2	2	1	6	1	82	9	9	psg
	A	0-7	3-7	1	4	6	14	21	21	17	13	4	1	24	42	34	pyz
	Eet	7-20	10-15	2	5	5	9	21	16	18	16	10	2	19	37	44	gsp
3	Bt	20-50	30-40	35	6	11	13	23	14	13	10	10	35	30	37	33	glp
	C	50+	50-55	9	3	7	10	22	8	15	11	24	9	20	30	50	gsp
	A	0-23	5-15	2	6	16	27	14	14	15	8	0	2	49	28	23	glp
	Ees	23-28	25-28	18	7	22	24	13	9	14	8	3	18	53	22	25	gl
4	Bhfe	28-46	40-45	4	10	21	27	10	7	15	6	4	4	58	17	25	gl
	C	46+	60-70	72	12	17	32	18	3	9	5	4	72	61	21	18	zp
	A	0-10	5-10	17	10	11	37	18	8	11	5	0	17	58	26	16	pgmp
	A/Ees	10-15	10-15	0	3	6	46	18	8	11	6	2	0	55	26	19	pgmp
5	Ees	15-25	15-20	2	3	6	48	15	9	9	6	4	2	57	24	19	pgm
	Bhfe	25-45	30-40	3	5	13	38	15	7	10	5	7	3	56	22	22	gl
	C	45+	65-70	25	5	12	37	19	4	8	5	10	25	54	23	23	gl

Tab. 46. cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6	A	0-10	5-10	13	16	44	20	7	5	4	4	0	13	80	12	8	psg
	A/Ees	10-20	10-20	7	17	45	23	3	4	4	3	1	7	85	7	8	psg
	Bhfe	20-40	25-35	19	18	42	24	4	4	8	0	0	19	84	8	8	psg
	Bhfe/C	40+	45-50	50	12	47	21	8	3	8	1	0	50	80	11	9	psg
7	A	0-6	0-5	17	6	23	44	8	6	4	6	3	17	73	14	13	pgl
	Ees	6-17	11-17	2	11	28	43	4	3	2	6	3	2	82	7	11	pgl
	Bhfe	17-30	17-25	3	13	31	41	6	1	0	6	2	3	85	7	8	psg
	Bhfe/C	30-60	25-45	2	11	32	41	5	3	2	2	4	2	84	8	8	psg
	C	60+	65-70	3	11	28	46	4	1	2	4	4	3	85	5	10	psg
8	A	0-5	0-5	52	14	24	19	13	7	10	5	8	52	57	20	23	zg
	Bbr	5-30	10-20	70	11	22	19	10	8	16	6	8	70	52	18	30	zg
	CR	30+	35-45	68	16	24	21	11	8	9	7	4	68	61	19	20	zp
9	Ees	0-7	0-5	2	16	27	44	5	1	3	1	3	2	87	6	7	ps
	Bh	7-16	10-15	5	13	29	34	10	4	6	2	2	5	76	14	10	ps
	Bfe	16-25	20-25	9	20	32	39	1	1	3	1	3	9	91	2	7	ps
	C	25+	28-35	6	14	32	44	2	1	4	1	2	6	90	3	7	ps
Gleby wytworzone z piaskowców permskich																	
10	A	0-11	5-10	10	13	15	18	16	14	14	6	4	10	46	30	24	glp
	Bbr	11-37	15-25	19	12	29	25	17	2	6	4	5	19	66	19	15	pgl
	CR	37+	40-45	22	10	26	22	12	7	10	5	8	22	58	19	23	gl
11	Ah	0-3	0-3	17	9	26	22	20	12	6	1	4	17	57	32	11	pglp
	ABbr	3-8	5-8	15	7	13	23	17	13	12	7	8	15	43	30	27	glp
	Bbr	8-30	8-15	3	6	9	28	16	16	14	5	6	3	43	32	25	glp
			15-30	14	8	10	25	19	11	11	9	7	14	43	30	27	glp
	BbrC	30-65	40-55	14	11	18	18	13	9	13	9	9	14	47	22	31	gl
12	C	65+	85-95	13	11	17	28	13	6	6	2	17	13	56	19	25	gl
	AE	0-4	0-3	6	11	19	18	11	16	15	8	2	6	48	27	25	glp
	Bvs	4-10	5-8	13	10	17	15	11	18	15	8	6	13	42	29	29	glp
	Bv	10-25	10-15	4	9	17	19	14	19	10	6	6	4	45	33	22	glp
	1BvC	25-40	25-35	23	12	18	15	13	10	14	9	9	23	45	23	32	gl
	2BvC	40-75	40-50	22	10	16	20	13	15	10	6	10	22	46	28	26	glp
	C	75+	75-85	14	12	15	19	14	9	14	9	8	14	46	23	31	gl

Tab. 46. cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
13	AE	0-3	0-3	18	14	14	17	9	19	15	11	1	18	45	28	27	glp
	Bv	3-18	3-10	23	11	13	18	14	15	17	6	6	23	42	29	29	glp
	BvC	18-45	10-18	17	12	13	16	11	12	19	11	6	17	41	23	36	gs
	2BvC	45-70	18-25	35	12	13	15	10	15	17	9	9	35	40	25	35	glp
14	C	70+	30-40	18	12	13	13	10	17	16	9	10	18	38	27	35	glp
	AE	0-5	50-60	24	11	12	5	16	16	22	9	9	24	28	32	40	gsp
	Bv1	5-20	75-85	6	7	13	29	26	5	10	4	6	6	49	31	20	pgrp
	Bv2	20-37	0-5	5	9	12	29	25	9	8	5	3	5	50	34	16	pgrp
15	BvC	37-75	5-10	15	12	12	28	20	8	8	8	4	15	52	28	20	pgrp
	C	75+	10-15	12	12	14	28	17	8	7	11	3	12	54	25	21	glp
			15-20	15	10	17	23	17	8	13	0	12	15	50	25	25	glp
			20-30	12	10	17	21	20	7	14	1	10	12	48	27	25	glp
16			50-60	8	11	15	20	20	8	13	4	9	8	46	28	26	glp
			75-85	19	9	17	22	32	5	5	3	7	19	48	37	15	pgrp
	Gleby wytworzone z graniów monzoniowych																
15	Ah	0-6	0-5	45	25	12	8	12	20	13	5	5	45	45	32	23	glp
	Bbr1	6-18	6-12	33	23	18	12	6	9	16	5	11	33	53	15	32	gl
	Bbr2	18-37	12-18	72	24	18	13	8	4	17	8	8	72	55	12	33	zg
			18-24	54	34	14	9	11	5	13	5	9	54	57	16	27	zg
16			24-30	54	37	12	2	14	6	12	8	9	54	51	20	29	zg
	BbrC	37-58	30-37	39	28	16	11	11	4	11	5	14	39	55	15	30	gl
	C	58-110	40-50	65	23	15	9	7	15	19	4	8	65	47	22	31	zg
	2CR	110+	70-80	91	40	24	11	5	7	7	2	4	91	75	12	13	zp
16	Ah	0-5	-	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	Bbr	5-26	0-5	48	33	17	12	11	11	8	8	0	48	62	22	16	pgm
			5-10	46	24	18	23	9	10	8	3	5	46	65	19	16	pgm
			10-15	36	25	18	20	8	6	12	3	8	36	63	14	23	gl
16			15-20	83	27	20	17	7	7	12	5	5	83	64	14	22	zg
	BbrC	26-55	20-25	41	32	17	12	6	7	13	10	3	41	61	13	26	gl
	C	55+	30-40	54	37	21	15	7	3	7	7	3	54	73	10	17	zp
			40-50	75	38	27	13	3	2	4	3	10	75	78	5	17	zp
16			55-65	93	32	18	13	7	5	13	8	4	93	63	12	25	zg

Tab. 46. cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
17	Ah	0-5	0-5	59	32	18	7	22	9	6	4	2	59	57	31	12	zp
	Bbr	5-40	5-10	37	30	16	11	10	6	13	10	4	37	57	16	27	gl
			10-15	40	27	17	13	10	8	10	10	5	40	57	18	25	gl
			15-20	65	31	20	7	8	6	14	6	8	65	58	14	28	zg
			20-25	47	31	18	12	6	3	9	9	12	47	61	9	30	gl
18	BbrC	40-60	25-35	49	31	16	11	7	2	10	10	13	49	58	9	33	gl
	C(R)	60+	40-50	55	28	18	15	7	3	11	6	12	55	61	10	29	zg
	A	0-6	60-65	55	27	25	15	5	5	7	9	7	55	67	10	23	zg
	E	6-25	10-20	57	15	15	12	7	26	22	1	2	57	42	33	25	zg
	B	25-60	30-40	73	21	20	17	9	10	16	5	2	73	58	12	44	zg
19	BC	60-80	50-55	78	22	24	19	2	8	14	4	7	78	65	19	23	zg
	C	80+	80-85	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	10	25	zg
	A	0-5	0-5	39	17	19	17	9	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	E	5-40	10-20	64	17	22	17	9	15	13	8	2	39	53	24	23	gl
	B	40-60	50-55	67	20	24	17	9	16	16	2	1	64	56	25	19	zp
20	BC	60-85	65-75	76	24	25	15	8	13	14	2	1	67	61	22	17	zp
	C	85+	85-90	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	11	11	5	1	76	64	19	17	zp
	A	0-9	0-9	38	16	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	AE	9-20	10-15	43	15	14	13	10	7	27	10	2	38	52	34	14	pglp
	Bbr	20-50	25-40	50	17	17	15	11	24	18	4	2	43	42	34	24	glp
21	C	50+	55-65	61	25	25	23	10	14	20	2	4	50	49	25	26	glp
									2	10	1	4	61	73	12	15	zp
	Gleby wytworzone z margli																
	A	0-13	0-5	30	6	5	10	20	23	17	13	6	30	21	43	36	pyi
	ABbr	13-21	5-10	12	3	4	7	18	20	24	16	8	12	14	38	48	gsp
21	Bbr	21-35	13-20	6	4	3	10	16	20	20	17	10	6	17	36	47	gsp
	BbrC	35-60	21-28	10	1	2	9	20	16	19	17	16	10	12	36	52	gcp
	C	60+	40-50	40	1	3	16	16	11	20	16	17	40	20	27	53	gcp
			70-80	1	4	9	21	18	13	16	9	10	1	34	31	35	glp

Tab. 46. cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
22	A	1-10	1-6	21	3	5	10	17	25	19	14	7	21	18	42	40	pyi
	ABbr	10-16	6-10	19	3	3	5	19	24	21	16	9	19	11	43	46	pyi
	Bbr	16-35	10-16	28	3	3	7	21	23	21	13	9	28	13	44	43	pyi
	BbrC	35-70	16-25	28	3	4	8	21	22	21	12	9	28	15	43	42	pyi
23	C	70+	25-35	51	3	3	7	22	24	20	11	10	51	13	46	41	zg
	A1	0-10	40-50	7	3	4	7	21	23	19	14	9	7	14	44	42	pyi
	A2	10-20	70-80	14	2	4	24	20	19	15	10	6	14	30	39	31	glp
	Bbr	20-31	0-5	18	4	3	8	19	32	22	8	4	18	15	51	34	pyz
24	BbrC	31+	5-10	4	2	3	9	22	30	22	8	4	4	14	52	34	pyz
	Ah	0-6	10-15	15	5	6	12	19	22	22	9	5	15	23	41	36	pyi
	ABbrg	6-15	15-20	21	10	6	21	12	22	14	12	3	21	37	34	29	glp
	Bbrg	15-30	20-30	4	6	7	20	16	24	19	4	4	4	33	40	27	pyz
25	BC	30-55	-	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	C(R)	55+	0-5	18	6	6	12	21	26	19	6	4	18	24	47	29	pyz
	Ah	0-4	6-10	25	2	3	17	19	21	23	11	4	25	22	40	38	pyi
	AhEes	4-12	10-15	18	4	2	8	20	22	19	12	13	18	14	42	44	pyi
26	Bbr	12-35	15-25	12	8	9	13	18	6	23	9	14	12	30	24	46	Gs
	BbrC	35-60	40-50	17	2	3	9	22	18	21	16	9	17	14	40	46	pyi
	C(R)	60+	60-70	5	4	4	17	20	17	19	8	11	5	25	37	38	gsp
	Ah	0-4	0-4	10	8	7	15	28	20	15	3	4	10	30	48	22	pyz
26	AhEes	4-12	4-8	39	2	3	17	23	22	20	10	3	39	22	45	33	pyz
	Bbr	12-35	8-12	16	2	3	20	19	20	24	8	4	16	25	39	36	gsp
	BbrC	35-60	12-20	5	4	5	21	20	14	19	13	4	5	30	34	36	gsp
	C(R)	60+	20-30	31	2	3	24	16	14	22	11	8	31	29	30	41	gsp
26	Ah	0-4	40-50	78	7	7	13	22	11	19	13	8	78	27	33	40	zg
	Bbrg1	4-8	60-70	70	6	6	26	16	10	16	10	10	70	38	26	36	zg
	Bbrg2	8-20	0-4	2	3	6	19	20	22	17	8	5	2	28	42	30	pyz
	Bbr	20-40	4-8	1	2	3	23	15	17	24	8	8	1	28	32	40	gsp
26	BbrC	40-55	8-12	16	2	4	20	15	18	23	11	7	16	26	33	41	gsp
	C	55-80	12-20	1	1	2	28	14	15	24	8	8	1	31	29	40	gsp
	2C	80+	30-40	2	4	7	32	16	12	12	7	10	2	43	28	29	glp
			40-50	2	4	8	24	29	8	11	7	9	2	36	37	27	glp
26			60-70	2	3	6	20	22	15	12	8	14	2	29	37	34	glp
			80-90	16	3	6	19	19	13	12	7	21	16	28	32	40	gsp

Tab. 47. Powierzchnia właściwa frakcji i gęstość właściwa badanych gleb

Nr profilu	Poziom genetyczny	Głębokość poziomu [cm]	Głębokość pobrania	Powierzchnia właściwa [m ² g ⁻¹]	Gęstość właściwa [gcm ⁻³]
1	2	3	4	5	6
Gleby wytworzone z piaskowców ciosowych					
1	Oh(Ah)	1-0	1-0	129,75	n.o.
	AEes	0-5	2-5	34,76	2,50
	Eesg	5-18	12-18	26,44	2,63
	Bhs1	18-30	20-30	48,84	2,64
	Bhs2	30-40	30-35	45,72	2,64
	Bs	40-55	42-50	52,35	2,60
	C	55+	55-60	42,71	2,62
2	(A)Ees	0-3	0-3	22,44	2,59
	Eesg	3-11	5-10	16,59	2,62
	Bh	11-15	12-15	51,42	2,61
	Bhs	15-22	17-20	43,66	2,63
	Bs	22-40	25-30	40,28	2,69
	2BsC	40-70	45-60	45,57	2,61
	C	70+	70-75	41,15	2,66
3	A	0-7	3-7	52,08	2,53
	Eet	7-20	10-15	48,56	2,62
	Bt	20-50	30-40	52,18	2,62
	C	50+	50-55	90,09	2,64
4	A	0-23	5-15	41,78	2,58
	Ees	23-28	25-28	26,61	2,64
	Bhfe	28-46	40-45	49,96	2,65
	C	46+	60-70	41,10	2,63
5	A	0-10	5-10	29,75	2,55
	A/Ees	10-15	10-15	17,60	2,59
	Ees	15-25	15-20	19,91	2,61
	Bhfe	25-45	30-40	36,51	2,66
	C	45+	65-70	46,09	2,63
6	A	0-10	5-10	32,48	2,54
	A/Ees	10-20	10-20	22,52	2,59
	Bhfe	20-40	25-35	33,98	2,62
	Bhfe/C	40-65	45-50	34,41	2,63
7	A	0-6	0-5	37,35	2,56
	Ees	6-17	11-17	22,41	2,62
	Bhfe	17-30	17-25	13,47	2,71
	Bhfe/C	30-60	25-45	13,18	2,65
	C	60+	65-70	13,24	2,64
8	A	0-5	0-5	39,24	2,55
	Bbr	5-30	10-20	29,12	2,69
	CR	30+	35-45	15,27	2,67
9	Ees	0-7	0-5	30,12	2,56
	Bh	7-16	10-15	34,56	2,64
	Bfe	16-25	20-25	32,44	2,63
	C	25+	28-35	22,32	2,67
Gleby wytworzone z piaskowców permskich					
10	A	0-11	5-10	36,91	2,56
	Bbr	11-37	15-25	21,57	2,62
	CR	37+	40-45	13,60	2,65

Tab. 47. cd.

1	2	3	4	5	6
11	Ah	0-3	0-3	42,12	2,55
	ABbr	3-8	5-8	37,84	2,61
	Bbr	8-30	8-15	33,24	2,61
			15-30	29,92	2,72
	BbrC	30-65	40-55	23,14	2,66
	C	65+	85-95	42,76	2,68
12	AE	0-4	0-3	37,24	2,54
	Bvs	4-10	5-8	36,14	2,65
	Bv	10-25	10-15	30,96	2,60
	1BvC	25-40	25-35	22,64	2,70
	2BvC	40-75	40-50	27,89	2,66
	C	75+	75-85	27,63	2,67
13	AE	0-3	0-3	37,68	2,53
	Bv	3-18	3-10	39,47	2,63
			10-18	30,82	2,69
	BvC	18-45	18-25	29,15	2,64
			30-40	30,82	2,68
	2BvC	45-70	50-60	24,07	2,65
14	C	70+	75-85	36,05	2,67
	AE	0-5	0-5	30,50	2,53
	Bv1	5-20	5-10	35,00	2,63
			10-15	37,93	2,64
			15-20	29,59	2,67
	Bv2	20-37	20-30	26,91	2,67
	BvC	37-75	50-60	23,51	2,65
	C	75+	75-85	33,96	2,66
Gleby wytworzone z granitów monzonitowych					
15	Ah	0-6	0-5	57,60	2,61
	Bbr1	6-18	6-12	40,76	2,70
			12-18	43,82	2,68
	Bbr2	18-37	18-24	38,61	2,67
			24-30	34,99	2,67
			30-37	35,28	2,72
	BbrC	37-58	40-50	43,20	2,72
	C	58-110	70-80	23,96	2,73
	2CR	110+	-	n.o.	n.o.
16	Ah	0-5	0-5	n.o.	2,59
	Bbr	5-26	5-10	34,14	2,66
			10-15	44,66	2,66
			15-20	32,30	2,67
			20-25	34,78	2,68
	BbrC	26-55	30-40	21,85	2,70
			40-50	29,70	2,69
	C	55+	55-65	32,78	2,75
17	Ah	0-5	0-5	n.o.	2,53
	Bbr	5-40	5-10	39,19	2,61
			10-15	38,21	2,66
			15-20	37,11	2,65
			20-25	29,25	2,71
			25-35	30,67	2,68
	BbrC	40-60	40-50	34,85	2,68
	C(R)	60+	60-65	26,48	2,66

Tab. 47. cd.

1	2	3	4	5	6
18	A	0-6	4-6	61,18	2,55
	E	6-25	10-20	45,16	2,49
	B	25-60	30-40	43,15	2,63
	BC	60-80	50-55	38,65	2,66
	C	80+	80-85	30,21	2,63
19	A	0-5	0-5	66,26	2,49
	E	5-40	10-20	57,62	2,63
	B	40-60	50-55	42,23	2,65
	BC	60-85	65-75	35,84	2,63
	C	85+	85-90	n.o.	n.o.
20	A	0-9	0-9	59,33	2,55
	AE	9-20	10-15	52,42	2,61
	Bbr	20-50	25-40	44,00	2,63
	C	50+	55-65	32,85	2,65
Gleby wytworzone z margli					
21	A	0-13	0-5	63,21	2,53
			5-10	50,68	2,61
	ABbr	13-21	13-20	47,04	2,68
	Bbr	21-35	21-28	51,01	2,66
	BbrC	35-60	40-50	45,51	2,63
22	C	60+	70-80	55,36	2,65
	Ah	0-1	0-1	89,93	2,51
	A	1-10	1-6	68,23	2,52
			6-10	59,39	2,53
	ABbr	10-16	10-16	57,14	2,57
23	Bbr	16-35	16-25	63,51	2,62
			25-35	47,65	2,62
	BbrC	35-70	40-50	51,86	2,61
	C	70+	70-80	54,56	2,63
	A1	0-10	0-5	42,04	2,54
24	A2	10-20	5-10	60,17	2,58
			10-15	99,68	2,57
	Bbr	20-31	15-20	52,65	2,62
	BbrC	31-40	20 -30	55,57	2,61
			-	n.o.	n.o.
25	Ah	0-6	0-5	68,27	2,45
	ABbrg	6-15	6-10	50,45	2,45
			10-15	50,68	2,54
	Bbrg	15-30	15-25	54,12	2,64
	BC	30-55	40-50	47,58	2,63
26	C(R)	55+	60-70	59,79	2,58
	Ah	0-4	0-4	91,06	2,53
	AhEes	4-12	4-8	54,22	2,55
			8-12	54,72	2,56
	Bbr	12-35	12-20	50,50	2,63
27			20-30	35,76	2,65
	BbrC	35-60	40-50	36,83	2,67
	C(R)	60+	60-70	n.o.	2,71
	Ah	0-4	0-4	62,47	2,53
	Bbrg1	4-8	4-8	49,45	2,62
28	Bbrg2	8-20	8-12	47,28	2,61
			12-20	43,52	2,63
	Bbr	20-40	30-40	50,46	2,65
	BbrC	40-55	40-50	51,26	2,63
	C	55-80	60-70	69,36	2,68
29	2C	80+	80-90	81,88	2,68

Tab. 48. Właściwości chemiczne i fizyko-chemiczne badanych gleb

Nr profilu	Poziom genetyczny	Głębokość poziomu [cm]	Głębokość pobrania	pH			Corg. [g·kg ⁻¹]	Zawartość próchnicy [%]	Straty żarowe	Nog. [g·kg ⁻¹]	C:N
				H ₂ O	CaCl ₂	KCl					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gleby wytworzone piaskowców ciosowych											
1	Ol	6-4	6-4	4,3	4,0	3,7	n.o.	-	35,76	12,6	-
	Of	4-1	4-1	3,8	3,5	3,0	n.o.	-	42,40	15,8	-
	Oh(Ah)	1-0	1-0	3,6	3,1	2,7	n.o.	-	28,07	11,6	-
	AEes	0-5	2-5	3,6	3,2	2,9	44,2	7,62	n.o.	1,8	24,53
	Eesg	5-18	12-18	4,0	3,5	3,1	13,4	2,31	n.o.	0,5	26,73
	Bhs1	18-30	20-30	3,8	3,3	3,3	18,7	3,22	n.o.	0,7	25,32
	Bhs2	30-40	30-35	3,8	3,4	3,3	20,2	3,48	n.o.	0,7	28,06
	Bs	40-55	42-50	4,3	3,6	3,8	18,0	3,10	n.o.	0,6	28,06
	C	55+	55-60	4,5	4,4	4,2	6,4	1,10	n.o.	0,1	71,11
2	Ol	10-8	10-8	4,2	3,8	3,5	n.o.	-	47,99	15,3	-
	Of	8-3	8-3	3,6	3,2	2,8	n.o.	-	46,83	16,3	-
	Oh	3-0	3-0	3,6	3,1	2,3	n.o.	-	23,11	7,3	-
	(A)Ees	0-3	0-3	3,5	3,0	2,9	22,9	3,95	n.o.	0,8	28,27
	Eesg	3-11	5-10	4,1	3,2	3,1	7,4	1,27	n.o.	0,2	32,35
	Bh	11-15	12-15	4,0	3,8	3,3	18,4	3,17	n.o.	0,7	26,72
	Bhs	15-22	17-20	4,4	3,9	4,0	15,2	2,62	n.o.	0,0	-
	Bs	22-40	25-30	4,7	4,2	4,3	9,9	1,71	n.o.	0,7	14,82
	2BsC	40-70	45-60	4,7	4,2	4,3	5,0	0,86	n.o.	0,1	71,43
3	Ol	10-7	10-7	3,8	3,5	3,3	n.o.	-	49,30	n.o.	-
	Ofh	7-0	7-0	3,1	3,0	2,7	n.o.	-	26,79	n.o.	-
	A	0-7	3-7	3,5	3,4	2,8	24,7	4,26	n.o.	n.o.	-
	Eet	7-20	10-15	3,9	3,7	3,3	10,1	1,74	n.o.	0,3	40,40
	Bt	20-50	30-40	4,0	3,9	3,5	4,1	0,71	n.o.	n.o.	-
	C	50+	50-55	4,2	4,0	3,7	3,1	0,53	n.o.	n.o.	-
4	Ol	2-0	2-0	3,8	3,3	3,3	n.o.	-	50,04	n.o.	-
	A	0-23	5-15	3,3	3,1	3,0	33,7	5,81	n.o.	n.o.	-
	Ees	23-28	25-28	3,7	3,5	3,3	7,7	1,33	n.o.	0,0	-
	Bhfe	28-46	40-45	4,0	3,9	3,8	9,7	1,67	n.o.	0,2	54,06
	C	46+	60-70	4,2	4,0	3,8	4,4	0,76	n.o.	n.o.	-
5	Ol	5-0	5-0	3,5	3,2	2,8	n.o.	-	48,38	n.o.	-
	A	0-10	5-10	3,2	3,0	2,5	65,6	11,31	n.o.	n.o.	-
	A/Ees	10-15	10-15	3,4	3,2	2,7	10,0	1,72	n.o.	n.o.	-
	Ees	15-25	15-20	3,3	3,1	2,8	6,6	1,13	n.o.	0,1	73,11
	Bhfe	25-45	30-40	3,5	3,2	3,3	8,9	1,53	n.o.	0,0	-
	C	45+	65-70	4,0	3,8	3,7	2,8	0,48	n.o.	n.o.	-
6	Ol	5-0	0-5	3,8	3,2	3,3	n.o.	-	49,66	n.o.	-
	A	0-10	5-10	3,3	3,1	3,0	36,7	6,33	n.o.	n.o.	-
	A/Ees	10-20	10-20	3,9	3,7	3,7	16,0	2,76	n.o.	n.o.	-
	Bhfe	20-40	25-35	4,0	4,0	3,7	14,1	2,43	n.o.	0,4	38,03
	Bhfe/C	40-65	45-50	4,1	4,0	3,8	16,6	2,86	n.o.	0,0	-
7	Ol	5-0	5-0	3,6	3,3	3,0	n.o.	-	51,00	n.o.	-
	A	0-6	0-5	3,2	2,9	2,5	48,6	8,38	n.o.	n.o.	-
	Ees	6-17	11-17	3,5	3,0	2,8	8,7	1,50	n.o.	n.o.	-
	Bhfe	17-30	17-25	4,1	4,0	4,0	3,6	0,62	n.o.	n.o.	-
	Bhfe/C	30-60	25-45	4,1	4,0	4,0	3,8	0,65	n.o.	n.o.	-
	C	60+	65-70	4,1	4,0	4,0	2,5	0,43	n.o.	n.o.	-

Tab. 48. cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	Ol	5-3	5-3	4,8	4,6	4,2	n.o.	-	85,17	16,5	-
	Oh	3-0	3-0	4,7	4,4	4,0	n.o.	-	n.o.	12,3	-
	A	0-5	0-5	4,2	3,7	3,2	38,9	6,71	n.o.	2,8	13,89
	Bbr	5-30	10-20	4,1	3,8	3,6	10,8	1,86	n.o.	0,9	12,00
	CR	30+	35-45	4,2	3,9	3,8	5,5	0,95	n.o.	n.o.	-
9	Of	9-5	9-5	3,5	3,1	2,6	n.o.	-	92,88	16,5	-
	Oh	5-0	5-0	3,6	3,2	2,7	n.o.	-	n.o.	13,1	-
	Ees	0-7	0-5	4,0	3,5	3,1	4,5	0,77	n.o.	0,5	9,00
	Bh	7-16	10-15	3,6	3,3	2,9	28,3	4,88	n.o.	1,9	14,89
	Bfe	16-25	20-25	4,5	4,4	4,2	6,6	1,14	n.o.	0,5	13,20
	C	25+	28-35	4,6	4,4	4,3	1,8	0,31	n.o.	n.o.	-
Gleby wytworzone z piaskowców permских											
10	Ol	1-0	1-0	5,3	5,0	4,9	n.o.	-	62,52	13,5	-
	A	0-11	5-10	5,3	4,8	4,4	40,3	6,95	n.o.	2,7	14,93
	Bbr	11-37	15-25	5,2	4,6	4,1	1,1	0,19	n.o.	0,4	2,75
	CR	37+	40-45	5,3	4,6	4,1	2,6	0,45	n.o.	n.o.	-
11	Ol	3-1	3-1	4,1	3,6	3,3	n.o.	-	44,02	14,1	-
	Of	1-0	1-0	3,9	3,4	3,1	n.o.	-	29,57	10,8	-
	Ah	0-3	0-3	3,9	3,3	3,0	70,3	12,12	n.o.	n.o.	-
	ABbr	3-8	5-8	3,7	3,1	2,9	18,1	3,12	n.o.	0,7	26,66
	Bbr	8-30	8-15	3,8	3,3	3,2	9,4	1,62	n.o.	0,2	44,90
			15-30	4,0	3,5	3,3	6,1	1,05	n.o.	0,0	-
	BbrC	30-65	40-55	4,2	3,9	3,7	3,1	0,53	n.o.	śląd	-
	C	65+	85-95	4,2	3,7	3,6	1,0	0,17	n.o.	śląd	-
12	Ol	4-3	4-3	3,9	3,3	3,2	n.o.	-	41,20	n.o.	-
	Ofh	3-0	3-0	3,7	3,3	2,8	n.o.	-	29,86	7,9	-
	AE	0-4	0-3	3,5	3,2	2,7	33,0	5,69	n.o.	n.o.	-
	Bvs	4-10	5-8	3,7	3,5	3,1	14,1	2,43	n.o.	0,4	39,17
	Bv	10-25	10-15	3,8	3,7	3,6	11,5	1,98	n.o.	0,2	52,41
	1BvC	25-40	25-35	3,8	3,7	3,7	1,9	0,33	n.o.	śląd	-
	2BvC	40-75	40-50	3,9	3,7	3,7	2,2	0,38	n.o.	śląd	-
	C	75+	75-85	4,0	3,9	3,8	1,7	0,29	n.o.	śląd	-
13	Ol	4-3	4-3	5,0	4,6	4,4	n.o.	-	46,27	12,6	-
	Ofh	3-0	3-0	4,8	4,2	3,9	n.o.	-	39,63	13,1	-
	AE	0-3	0-3	3,9	3,2	3,0	35,5	6,12	n.o.	1,6	22,61
	Bv	3-18	3-10	3,6	3,1	3,4	16,4	2,82	n.o.	0,5	32,84
			10-18	4,0	3,9	3,9	8,7	1,50	n.o.	0,2	36,42
	BvC	18-45	18-25	4,0	4,0	4,0	4,6	0,79	n.o.	śląd	-
			30-40	4,1	4,0	4,0	3,1	0,53	n.o.	śląd	-
	2BvC	45-70	50-60	4,1	4,0	3,9	1,4	0,24	n.o.	śląd	-
14	C	70+	75-85	4,4	4,1	3,9	0,9	0,15	n.o.	śląd	-
	Ol	10-9	10-9	4,7	4,3	3,9	n.o.	-	47,20	11,6	-
	Of	9-7	9-7	4,1	3,7	3,2	n.o.	-	45,59	14,9	-
	Ohf	7-0	7-0	3,8	3,2	2,8	n.o.	-	20,98	6,8	-
	AE	0-5	0-5	3,8	3,2	2,9	19,0	3,27	n.o.	0,5	37,94
	Bv1	5-20	5-10	4,0	3,3	3,1	14,8	2,55	n.o.	0,5	32,11
			10-15	4,0	3,5	3,3	11,7	2,02	n.o.	0,3	40,24
			15-20	4,3	3,8	3,7	6,6	1,14	n.o.	0,1	59,55
	Bv2	20-37	20-30	4,4	4,0	3,9	3,7	0,64	n.o.	śląd	-
	BvC	37-75	50-60	4,4	4,1	4,0	1,9	0,33	n.o.	śląd	-
	C	75+	75-85	4,4	4,1	3,9	1,1	0,19	n.o.	śląd	-

Tab. 48. cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gleby wytworzone z granitów monzonitowych											
15	Ol	3-2	3-2	5,6	5,2	4,8	n.o.	-	47,16	11,5	-
	Of	2-0	2-0	5,9	5,3	5,1	n.o.	-	35,37	11,0	-
	Ah	0-6	0-5	4,2	3,7	3,4	61,1	10,53	n.o.	2,7	22,47
	Bbr1	6-18	6-12	4,0	3,6	3,4	17,3	2,98	n.o.	0,7	24,08
			12-18	4,4	3,8	3,4	20,6	3,55	n.o.	0,8	25,48
	Bbr2	18-37	18-24	4,5	3,8	3,5	12,4	2,14	n.o.	0,6	22,47
			24-30	4,6	3,9	3,5	8,0	1,38	n.o.	0,4	22,25
			30-37	4,9	4,1	3,6	7,3	1,26	n.o.	0,0	-
	BbrC	37-58	40-50	4,5	4,1	3,6	8,2	1,41	n.o.	0,2	35,61
16	C	58-110	70-80	4,7	4,3	3,9	2,5	0,43	n.o.	śląd	-
	2CR	110+	-	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	-	n.o.	n.o.	-
	Ol	3-2	3-2	5,5	5,1	4,8	n.o.	-	27,26	7,1	-
	Ofh	2-0	2-0	5,3	4,9	4,5	n.o.	-	20,55	8,0	-
	Ah	0-5	0-5	3,9	3,3	3,1	29,4	5,07	n.o.	1,5	19,70
	Bbr	5-26	5-10	4,0	3,5	3,3	18,9	3,26	n.o.	1,6	12,01
			10-15	4,3	3,6	3,4	23,3	4,02	n.o.	1,6	14,93
			15-20	5,4	5,0	4,5	9,4	1,62	n.o.	0,8	11,20
			20-25	5,2	4,8	4,2	8,4	1,45	n.o.	0,5	18,67
17	BbrC	26-55	30-40	5,5	5,2	4,1	5,2	0,90	n.o.	0,2	26,10
			40-50	5,5	5,2	4,0	3,0	0,52	n.o.	śląd	-
	C	55+	55-65	5,4	5,3	4,3	4,7	0,81	n.o.	śląd	-
	Ol	3-2	3-2	5,5	5,2	4,9	n.o.	-	45,04	10,7	-
	Of	2-0	2-0	5,5	5,2	4,8	n.o.	-	37,37	11,2	-
	Ah	0-5	0-5	3,8	3,5	3,3	43,7	7,53	n.o.	n.o.	-
	Bbr	5-40	5-10	4,1	3,7	3,5	17,7	3,05	n.o.	0,9	20,39
			10-15	4,3	4,2	3,5	15,6	2,69	n.o.	0,6	28,29
			15-20	4,2	4,1	3,5	12,9	2,22	n.o.	0,6	21,11
18			20-25	4,4	4,2	3,5	11,4	1,96	n.o.	0,6	19,34
			25-35	4,5	4,2	3,5	10,2	1,76	n.o.	0,3	30,85
	BbrC	40-60	40-50	4,5	4,4	3,5	8,6	1,48	n.o.	0,5	19,20
	C(R)	60+	60-65	4,9	4,4	3,3	3,6	0,62	n.o.	śląd	-
	Ol	9-5	9-5	3,6	3,2	3,0	n.o.	-	63,82	n.o.	-
	Of	5-3	5-3	3,6	3,2	3,0	n.o.	-	42,11	n.o.	-
	Ohf	3-0	3-0	4,0	3,6	3,5	n.o.	-	21,83	n.o.	-
	A	0-6	4-6	3,9	3,5	3,4	61,4	10,59	n.o.	7,1	8,65
	E	6-25	10-20	4,0	3,6	3,4	22,4	3,86	n.o.	2,7	8,30
19	B	25-60	30-40	4,8	4,3	4,0	10,1	1,74	n.o.	0,8	12,63
	BC	60-80	50-55	4,4	4,1	3,8	5,1	0,88	n.o.	0,4	12,75
	C	80+	80-85	n.o.	n.o.	n.o.	2,5	0,43	n.o.	0,1	25,00
	Ol	8-5	8-5	4,0	3,6	3,4	n.o.	-	75,98	n.o.	-
	Of	5-2	5-2	3,6	3,2	3,0	n.o.	-	53,80	n.o.	-
	Ohf	2-0	2-0	3,6	3,2	3,1	n.o.	-	28,60	n.o.	-
	A	0-5	0-5	3,7	3,3	3,2	42,1	7,26	n.o.	6,2	6,79
	E	5-40	10-20	4,1	3,7	3,5	17,7	3,05	n.o.	2,3	7,70
	B	40-60	50-55	4,1	3,8	3,7	8,3	1,43	n.o.	0,9	9,22
20	BC	60-85	65-75	4,3	3,8	3,7	4,1	0,71	n.o.	n.o.	-
	C	85+	85-90	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	-	n.o.	n.o.	-
	Of	3-0	3-0	4,3	4,0	3,6	n.o.	-	47,28	15,8	-
	A	0-9	0-9	4,0	3,6	3,2	86,1	14,84	n.o.	5,9	14,59
	AE	9-20	10-15	4,2	3,9	3,6	22,9	3,95	n.o.	2,0	11,45
	Bbr	20-50	25-40	4,3	4,0	3,9	10,6	1,83	n.o.	1,1	9,64
	C	50+	55-65	4,4	4,1	3,7	2,5	0,43	n.o.	n.o.	-

Tab. 48. cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gleby wytworzone z margli											
21	Olf	2-0	2-0	4,7	4,3	4,2	n.o.	-	34,36	9,4	-
	A	0-13	0-5	3,8	3,4	3,2	47,3	8,15	n.o.	3,1	15,30
			5-10	4,0	3,2	3,3	23,3	4,02	n.o.	0,0	-
	ABbr	13-21	13-20	4,1	3,6	3,4	13,3	2,29	n.o.	1,0	13,29
	Bbr	21-35	21-28	4,9	4,1	3,7	7,8	1,34	n.o.	0,3	23,76
	BbrC	35-60	40-50	5,2	4,5	3,8	6,0	1,03	n.o.	0,0	-
	C	60+	70-80	5,4	4,7	4,0	4,5	0,77	n.o.	śląd	-
22	Ol	4-2	4-2	4,0	3,7	3,4	n.o.	-	50,60	12,6	-
	Ofh	2-0	2-0	3,5	3,0	2,7	n.o.	-	48,66	15,5	-
	Ah	0-1	0-1	3,1	2,8	2,5	n.o.	-	28,50	10,4	-
	A	1-10	1-6	3,4	3,0	2,8	45,0	7,76	n.o.	2,2	20,19
			6-10	3,5	3,0	2,9	35,6	6,14	n.o.	1,8	19,33
	ABbr	10-16	10-16	3,8	3,4	3,2	21,5	3,71	n.o.	1,4	15,56
	Bbr	16-35	16-25	4,0	3,5	3,4	15,2	2,62	n.o.	1,2	12,97
			25-35	4,3	3,5	3,5	12,1	2,09	n.o.	0,8	15,54
	BbrC	35-70	40-50	4,6	3,6	3,7	9,9	1,71	n.o.	0,7	13,74
	C	70+	70-80	5,1	4,1	3,8	9,6	1,65	n.o.	0,5	18,04
23	Ol	3-2	3-2	4,2	3,8	3,5	n.o.	-	54,11	12,4	-
	Ofh	2-0	2-0	3,5	3,1	2,8	n.o.	-	40,47	11,4	-
	A1	0-10	0-5	3,6	3,1	2,9	42,4	7,31	n.o.	2,1	20,69
			5-10	3,8	3,3	3,2	24,9	4,29	n.o.	1,6	15,73
	A2	10-20	10-15	4,0	3,4	3,3	21,1	3,64	n.o.	2,7	7,88
			15-20	4,0	3,5	3,3	16,8	2,90	n.o.	1,4	11,80
	Bbr	20-31	20-30	4,5	4,3	3,6	11,6	2,00	n.o.	1,0	11,98
	BbrC	31-40	-	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	-	n.o.	n.o.	-
24	Ol	2-1	2-1	4,8	4,5	4,3	n.o.	-	46,76	14,7	-
	Of	1-0	1-0	4,6	4,4	4,0	n.o.	-	n.o.	9,9	-
	Ah	0-6	0-5	3,7	3,3	3,0	62,3	10,74	n.o.	3,6	17,15
	ABbrg	6-15	6-10	3,7	3,3	3,0	34,9	6,02	n.o.	2,1	16,52
			10-15	3,7	3,2	2,8	26,8	4,62	n.o.	1,7	15,49
	Bbr	15-30	15-25	4,0	3,5	3,1	11,5	1,98	n.o.	0,6	20,52
	BC	30-55	40-50	3,8	3,3	3,0	18,4	3,17	n.o.	0,3	70,85
	C(R)	55+	60-70	4,2	3,5	3,3	17,8	3,07	n.o.	0,9	20,03
25	Ol	6-4	6-4	3,9	3,5	3,2	n.o.	-	46,49	12,0	-
	Ofh	4-0	4-0	3,4	2,5	2,6	n.o.	-	45,70	14,4	-
	Ah	0-4	0-4	3,0	2,7	2,5	149,0	-	25,69	6,7	-
	AhEes	4-12	4-8	3,3	2,9	2,7	42,3	7,29	n.o.	1,7	24,72
			8-12	3,4	2,9	2,8	31,2	5,38	n.o.	1,5	21,08
	Bbr	12-35	12-20	3,5	3,1	2,9	21,2	3,65	n.o.	0,8	26,82
			20-30	3,8	3,6	3,3	11,6	2,00	n.o.	0,5	21,96
	BbrC	35-60	40-50	4,2	3,7	3,6	5,9	1,02	n.o.	0,1	49,42
	C(R)	>60	60-70	4,3	3,7	3,6	3,4	0,59	n.o.	śląd	-
26	Ol	4-2	4-2	4,2	3,8	3,5	n.o.	-	41,90	1,4	36,92
	Ofh	2-0	2-0	3,9	3,6	3,2	n.o.	-	23,24	9,7	24,05
	Ah	0-4	0-4	3,7	3,4	3,0	69,4	11,96	n.o.	n.o.	-
	Bbrg1	4-8	4-8	4,0	3,6	3,3	18,5	3,19	n.o.	0,9	19,66
	Bbrg2	8-20	8-12	4,1	3,7	3,6	12,3	2,12	n.o.	0,6	21,88
			12-20	4,2	3,7	3,5	8,6	1,48	n.o.	0,5	15,83
	Bbr	20-40	30-40	4,3	3,8	3,6	3,0	0,52	n.o.	n.o.	-
	BbrC	40-55	40-50	4,6	3,7	3,5	2,4	0,41	n.o.	n.o.	-
	C	55-80	60-70	4,8	3,7	3,5	2,2	0,38	n.o.	0,0	72,67
	2C	80+	80-90	5,0	3,8	3,5	2,6	0,45	n.o.	0,1	31,88

Tab. 49. Właściwości sorpcyjne badanych gleb

Nr profilu	Poziom genetyczny	Głębokość poziomu [cm]	Głębokość pobrania [cm]	K _w [cmol(+)-kg ⁻¹]	Al _w [cmol(+)-kg ⁻¹]	Al _w : K _w [%]	Kationy wymienne [cmol(+)-kg ⁻¹]					BC	CECe	BS	V _{Al^w} [%]
							Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Gleby wytworzone z piaskowców ciosowych															
1	AEes	0-5	2-5	3,74	3,25	86,90	0,40	0,12	0,21	0,12	0,85	4,59	18,53	70,81	
	Eesg	5-18	12-18	4,26	4,03	94,60	0,16	0,07	0,16	0,09	0,48	4,74	10,12	85,02	
	Bhs1	18-30	20-30	6,40	6,20	96,88	0,16	0,07	0,13	0,07	0,43	6,83	6,30	90,78	
	Bhs2	30-40	30-35	5,44	5,29	97,24	0,00	0,07	0,13	0,07	0,27	5,71	4,73	92,64	
	Bs	40-55	42-50	5,56	5,47	98,38	0,00	0,05	0,11	0,05	0,21	5,77	3,64	94,80	
2	C	55+	55-60	2,75	2,69	97,82	0,16	0,03	0,08	0,05	0,32	3,07	10,42	87,62	
	(A)Ees	0-3	0-3	3,10	2,68	86,45	0,16	0,08	0,20	0,07	0,51	3,61	14,14	74,24	
	Eesg	3-11	5-10	2,76	2,57	93,12	0,16	0,05	0,12	0,06	0,39	3,15	12,36	81,59	
	Bh	11-15	12-15	6,04	5,85	96,85	0,00	0,08	0,15	0,17	0,40	6,44	6,21	90,84	
	Bhs	15-22	17-20	4,26	4,13	96,95	0,00	0,05	0,12	0,10	0,27	4,53	5,96	91,17	
	Bs	22-40	25-30	1,93	1,84	95,34	1,28	0,03	0,08	0,07	1,46	3,39	43,03	54,28	
	2BsC	40-70	45-60	1,65	1,57	95,15	0,00	0,03	0,08	0,07	0,18	1,83	9,83	85,79	
	C	70+	70-75	4,30	4,23	98,37	0,00	0,04	0,12	0,05	0,21	4,51	4,66	93,79	
	A	0-7	3-7	7,23	6,94	95,99	0,00	0,10	0,13	0,16	0,39	7,62	5,12	91,08	
	Eet	7-20	10-15	5,41	5,40	99,82	0,64	0,54	0,12	0,26	1,56	6,97	22,37	77,47	
3	Bt	20-50	30-40	4,10	4,04	98,54	2,00	0,53	0,15	0,26	2,94	7,04	41,79	57,39	
	C	50+	50-55	8,29	8,15	98,31	2,64	0,84	0,35	0,33	4,16	12,45	33,40	65,46	
4	A	0-23	5-15	3,69	3,44	93,22	0,80	0,54	0,09	0,24	1,67	5,36	31,18	64,18	
	Ees	23-28	25-28	2,84	2,77	97,54	2,00	1,00	0,15	0,42	3,57	6,41	55,68	43,21	
	Bhfe	28-46	40-45	3,72	3,67	98,66	0,96	0,48	0,11	0,24	1,79	5,51	32,46	66,61	
	C	46+	60-70	3,30	3,24	98,18	0,96	0,51	0,09	0,26	1,82	5,12	35,53	63,28	
5	A	0-10	5-10	3,52	2,83	80,40	1,68	0,57	0,30	0,23	2,78	6,30	44,13	44,92	
	A/Ees	10-15	10-15	1,50	1,30	86,67	0,00	0,03	0,00	0,14	0,17	1,67	10,19	77,84	
	Ees	15-25	15-20	2,12	1,93	91,04	1,20	0,48	0,12	0,28	2,08	4,20	49,47	45,95	
	Bhfe	25-45	30-40	4,30	4,21	97,91	0,80	0,44	0,09	0,24	1,57	5,87	26,74	71,72	
	C	45+	65-70	5,47	5,43	99,27	0,96	0,50	0,20	0,21	1,87	7,34	25,49	73,98	

Tab. 49. cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	A	0-10	5-10	2,41	2,12	87,97	1,36	0,55	0,19	0,24	2,34	4,75	49,30	44,63
	A/Ees	10-20	10-20	2,24	2,17	96,88	0,00	0,04	0,07	0,16	0,27	2,51	10,76	86,45
	Bhfe	20-40	25-35	3,79	3,75	98,94	0,96	0,46	0,09	0,26	1,77	5,56	31,84	67,45
	Bhfe/C	40+	45-50	1,78	1,74	97,75	0,48	0,45	0,09	0,21	1,23	3,01	40,87	57,81
7	A	0-6	0-5	2,98	2,42	81,21	0,24	0,10	0,16	0,14	0,64	3,62	17,67	66,85
	Ees	6-17	11-17	2,76	2,59	93,84	1,36	0,53	0,12	0,28	2,29	5,05	45,30	51,29
	Bhfe	17-30	17-25	1,15	1,12	97,39	0,00	0,02	0,07	0,12	0,21	1,36	15,42	82,35
	Bhfe/C	30-60	25-45	1,22	1,15	94,26	0,00	0,02	0,07	0,16	0,25	1,47	17,05	78,23
8	C	60+	65-70	1,61	1,57	97,52	1,20	0,45	0,08	0,19	1,92	3,53	54,35	44,48
	A	0-5	0-5	3,71	3,45	92,99	3,11	0,75	0,24	0,21	4,31	8,02	53,74	43,02
	Bbr	5-30	10-20	6,67	6,51	97,60	1,29	0,52	0,10	0,16	2,07	8,74	23,68	74,49
	CR	30+	35-45	5,82	5,73	98,45	1,11	0,45	0,10	0,16	1,82	7,64	23,82	75,00
9	Ees	0-7	0-5	0,73	0,45	61,64	0,81	0,39	0,05	0,11	1,36	2,09	65,07	21,53
	Bh	7-16	10-15	7,70	6,87	89,22	0,89	0,46	0,12	0,12	1,59	9,29	17,12	73,95
	Bfe	16-25	20-25	1,90	1,81	95,26	0,75	0,37	0,05	0,10	1,27	3,17	40,06	57,10
	C	25+	28-35	0,93	0,84	90,32	0,72	0,31	0,05	0,10	1,18	2,11	55,92	39,81
Gleby wytworzone z piaskowców permskich														
10	A	0-11	5-10	0,53	0,41	77,36	9,13	1,37	0,19	0,31	11,00	11,53	95,40	3,56
	Bbr	11-37	15-25	1,05	0,96	91,43	2,94	0,68	0,10	0,17	3,89	4,94	78,74	19,43
	CR	37+	40-45	0,87	0,80	91,95	4,66	1,00	0,12	0,20	5,98	6,85	87,30	11,68
11	Ah	0-3	0-3	1,78	1,40	78,65	3,60	1,52	0,64	0,43	6,19	7,97	77,70	17,57
	ABbr	3-8	5-8	2,77	2,56	92,42	0,80	0,61	0,23	0,17	1,81	4,58	39,56	55,90
	Bbr	8-30	8-15	2,49	2,39	95,98	0,88	0,42	0,21	0,24	1,75	4,24	41,29	56,37
	BbrC	30-65	15-30	2,11	2,10	99,53	0,80	0,48	0,15	0,17	1,60	3,71	43,12	56,60
12	C	65+	40-55	1,32	1,29	97,73	1,04	0,53	0,13	0,19	1,89	3,21	58,82	40,19
	AE	0-4	85-95	2,04	2,03	99,51	1,20	0,58	0,20	0,18	2,16	4,20	51,41	48,33
	Bvs	4-10	0-3	2,51	2,09	83,27	1,20	0,62	0,21	0,21	2,24	4,75	47,18	44,00
	Bv	10-25	5-8	2,64	2,55	96,59	0,80	0,53	0,13	0,19	1,65	4,29	38,46	59,44
	1BvC	25-40	10-15	2,07	2,04	98,55	1,52	0,96	0,20	0,39	3,07	5,14	59,77	39,69
	2BvC	40-75	25-35	1,40	1,33	95,00	1,12	0,52	0,09	0,26	1,99	3,39	58,62	39,23
	C	75+	40-50	1,54	1,53	99,35	1,36	0,44	0,15	0,30	2,25	3,79	59,31	40,37
			75-85	1,29	1,23	95,35	1,12	0,54	0,12	0,21	1,99	3,28	60,64	37,50

Tab. 49. cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
13	AE	0-3	0-3	5,28	4,89	92,61	1,44	0,73	0,27	0,19	2,63	7,91	33,25	61,82
	Bv	3-18	3-10	6,29	6,16	97,93	1,04	0,60	0,19	0,21	2,04	8,33	24,50	73,95
	BvC	18-45	10-18	4,20	4,13	98,33	2,64	1,74	0,17	0,49	5,04	9,24	54,57	44,70
			18-25	3,53	3,45	97,73	0,80	0,45	0,12	0,21	1,58	5,11	30,93	67,51
	2BvC	45-70	30-40	3,54	3,47	98,02	0,96	0,54	0,12	0,19	1,81	5,35	33,83	64,86
14	C	70+	50-60	3,04	2,97	97,70	0,88	0,02	0,19	0,35	1,44	4,48	32,17	66,29
			75-85	2,96	2,90	97,97	1,92	0,89	0,30	0,26	3,37	6,33	53,23	45,81
	AE	0-5	0-5	5,41	5,15	95,19	1,12	0,61	0,19	0,19	2,11	7,52	28,04	68,48
	Bv1	5-20	5-10	6,03	5,83	96,68	0,00	0,10	0,12	0,14	0,36	6,39	5,63	91,24
			10-15	6,26	6,07	96,96	0,00	0,08	0,12	0,17	0,37	6,63	5,58	91,55
15	Bv2	20-37	15-20	4,88	4,80	98,36	0,80	0,55	0,13	0,19	1,67	6,55	25,51	73,28
			20-30	3,87	3,80	98,19	0,00	0,05	0,12	0,14	0,31	4,18	7,42	90,91
	BvC	37-75	50-60	3,25	3,19	98,15	0,96	0,55	0,12	0,26	1,89	5,14	36,76	62,06
			75-85	3,70	3,62	97,84	1,04	0,52	0,21	0,35	2,12	5,82	36,43	62,20
	C	75+												
Gleby wytworzone z granitów monzonitowych														
15	Ah	0-6	0-5	5,72	5,53	96,68	2,08	1,20	0,54	0,24	4,06	9,78	41,51	56,54
	Bbr1	6-18	6-12	7,33	7,09	96,73	1,12	0,79	0,20	0,17	2,28	9,61	23,72	73,78
	Bbr2	18-37	12-18	7,25	7,09	97,79	1,20	0,77	0,13	0,21	2,31	9,56	24,18	74,16
			18-24	5,87	5,68	96,76	1,20	0,80	0,13	0,21	2,34	8,21	28,50	69,18
			24-30	3,67	3,57	97,28	2,00	1,03	0,11	0,24	3,38	7,05	47,97	50,64
16	BbrC	37-58	30-37	2,82	2,71	96,10	2,80	1,24	0,12	0,26	4,42	7,24	61,03	37,43
			40-50	3,65	3,54	96,99	4,00	2,02	0,15	0,44	6,61	10,26	64,40	34,50
	C	58-110	70-80	1,39	1,30	93,53	3,92	1,91	0,15	0,40	6,38	7,77	82,15	16,73
	2CR	110+	-	n.o.	n.o.	-	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	-	-	-	-
	Ah	0-5	0-5	n.o.	n.o.	-	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	-	-	-	-
16	Bbr	5-26	5-10	3,81	3,72	97,64	3,20	1,04	0,15	0,26	4,65	8,46	55,00	43,97
			10-15	3,24	3,14	96,91	1,44	0,72	0,15	0,17	2,48	5,72	43,37	54,90
	BbrC	26-55	15-20	0,69	0,65	94,20	4,80	1,71	0,15	0,31	6,97	7,66	90,96	8,49
			20-25	0,40	0,39	97,50	6,00	1,91	0,17	0,35	8,43	8,83	95,44	4,42
			30-40	0,28	0,24	85,71	5,60	1,75	0,19	0,31	7,85	8,13	96,59	2,95
16	C	55+	40-50	0,40	0,36	90,00	5,04	1,77	0,15	0,28	7,24	7,64	94,72	4,71
			55-65	0,40	0,35	87,50	5,20	1,87	0,17	0,28	7,52	7,92	94,91	4,42

Tab. 49. cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
17	Ah	0-5	0-5	n.o.	n.o.	-	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	-	-	-	-
	Bbr	5-40	5-10	6,34	6,25	98,58	0,96	0,63	0,19	0,21	1,99	8,33	23,90	75,03
			10-15	6,55	6,45	98,47	0,96	0,63	0,20	0,17	1,96	8,51	23,03	75,79
			15-20	5,96	5,87	98,49	0,80	0,65	0,17	0,24	1,86	7,82	23,79	75,06
			20-25	4,25	4,17	98,12	0,96	0,65	0,19	0,26	2,06	6,31	32,67	66,09
18			25-35	4,50	4,45	98,89	1,20	0,74	0,13	0,30	2,37	6,87	34,51	64,77
	BbrC	40-60	40-50	4,25	4,21	99,06	1,44	0,74	0,11	0,24	2,53	6,78	37,34	62,09
	C(R)	60+	60-65	2,92	2,89	98,97	2,08	1,05	0,19	0,26	3,58	6,50	55,05	44,46
	A	0-6	4-6	9,88	9,44	95,55	1,20	0,66	0,16	0,15	2,17	12,05	18,01	78,34
	E	6-25	10-20	6,71	6,51	97,02	1,11	0,59	0,16	0,12	1,98	8,69	22,78	74,91
	B	25-60	30-40	3,52	3,36	95,45	2,56	0,91	0,14	0,19	3,80	7,32	51,91	45,90
	BC	60-80	50-55	4,08	4,00	98,04	1,92	0,49	0,16	0,15	2,72	6,80	40,00	58,82
	C	80+	80-85	n.o.	n.o.	-	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	-	-	-	-
19	A	0-5	0-5	12,32	11,20	90,91	0,80	0,66	0,13	0,14	1,73	14,05	12,31	79,72
	E	5-40	10-20	8,56	8,28	96,73	1,12	0,77	0,13	0,15	2,17	10,73	20,22	77,17
	B	40-60	50-55	5,32	5,12	96,24	1,04	0,52	0,12	0,13	1,81	7,13	25,39	71,81
	BC	60-85	65-75	4,44	4,32	97,30	1,04	0,44	0,15	0,15	1,78	6,22	28,62	69,45
	C	85+	85-90	n.o.	n.o.	-	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	-	-	-	-
20	A	0-9	0-9	11,62	10,91	93,89	1,81	1,04	0,31	0,17	3,33	14,95	22,27	72,98
	AE	9-20	10-15	8,51	8,26	97,06	0,82	0,47	0,11	0,14	1,54	10,05	15,32	82,19
	Bbr	20-50	25-40	4,56	4,48	98,25	0,96	0,49	0,10	0,17	1,72	6,28	27,39	71,34
	C	50+	55-65	4,25	4,20	98,82	1,11	0,38	0,09	0,12	1,70	5,95	28,57	70,59
Gleby wytworzone z margli														
21	A	0-13	0-5	4,47	4,20	93,96	2,96	1,07	0,50	0,26	4,79	9,26	51,71	45,36
			5-10	5,76	5,66	98,26	1,60	0,73	0,30	0,21	2,84	8,60	33,03	65,81
	ABbr	13-21	13-20	5,12	5,07	99,02	1,44	0,72	0,23	0,21	2,60	7,72	33,70	65,67
	Bbr	21-35	21-28	2,51	2,46	98,01	4,16	1,16	0,17	0,33	5,82	8,33	69,89	29,53
	BbrC	35-60	40-50	0,84	0,82	97,62	5,92	1,17	0,15	0,33	7,57	8,41	89,97	9,75
	C	60+	70-80	0,47	0,45	95,74	6,56	1,21	0,19	0,38	8,34	8,81	94,71	5,11

Tab. 49. cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
22	Ah	0-1	0-1	9,24	8,32	90,04	2,72	1,07	0,50	0,31	4,60	13,84	33,23	60,12
	A	1-10	1-6	7,67	7,27	94,78	1,20	0,66	0,19	0,19	2,24	9,91	22,61	73,36
	ABbr	10-16	6-10	11,67	11,46	98,20	0,96	0,69	0,12	0,19	1,96	13,63	14,38	84,08
	ABbr	10-16	10-16	6,43	6,31	98,13	0,96	0,67	0,12	0,24	1,99	8,42	23,65	74,94
	Bbr	16-35	16-25	5,81	5,75	98,97	1,12	0,67	0,20	0,26	2,25	8,06	27,91	71,34
23	Bbr	35-70	25-35	4,76	4,71	98,95	1,60	0,72	0,20	0,26	2,78	7,54	36,86	62,47
	BbrC	35-70	40-50	2,69	2,65	98,51	3,20	1,08	0,20	0,30	4,78	7,47	64,01	35,48
	C	70+	70-80	1,34	1,33	99,25	4,72	1,43	0,20	0,37	6,72	8,06	83,33	16,50
	A1	0-10	0-5	6,10	5,87	96,23	2,56	0,73	0,26	0,30	3,85	9,95	38,70	58,99
	A2	10-20	5-10	6,07	5,90	97,20	0,96	0,64	0,17	0,26	2,03	8,10	25,05	72,84
24	Bbr	20-31	10-15	5,54	5,44	98,19	0,96	0,65	0,16	0,35	2,12	7,66	27,66	71,02
	Ah	0-6	15-20	5,18	5,14	99,23	1,04	0,65	0,15	0,28	2,12	7,30	29,05	70,41
	ABbrg	6-15	20-30	3,52	3,48	98,86	1,92	0,85	0,15	0,30	3,22	6,74	47,81	51,63
	Bbrg	15-30	0-5	2,41	2,14	88,80	2,80	0,94	0,39	0,35	4,48	6,89	65,05	31,06
	BC	30-55	6-10	3,05	2,77	90,82	1,60	0,72	0,27	0,28	2,87	5,92	48,49	46,79
25	C(R)	55+	10-15	3,28	3,26	99,39	1,36	0,61	0,20	0,25	2,42	5,70	42,49	57,19
	Ah	0-4	15-25	4,09	4,02	98,29	1,20	0,66	0,19	0,35	2,40	6,49	36,99	61,94
	AhEes	4-12	40-50	3,24	3,00	92,59	1,20	0,63	0,15	0,28	2,26	5,50	41,10	54,55
	Bbr	12-35	60-70	3,71	3,61	97,30	1,20	0,67	0,19	0,38	2,44	6,15	39,67	58,70
	BbrC	35-60	0-4	3,79	2,63	69,39	1,76	0,84	0,36	0,28	3,24	7,03	46,11	37,41
26	C(R)	60+	4-8	2,61	2,49	95,77	2,40	1,37	0,30	0,42	4,49	7,10	63,20	35,07
	Ah	0-4	8-12	2,71	2,46	90,77	1,44	0,67	0,21	0,25	2,57	5,28	48,68	46,59
	Bbrg1	4-8	12-20	3,07	2,80	91,21	0,80	0,47	0,23	0,19	1,69	4,76	35,52	58,82
	Bbrg2	8-20	20-30	3,14	3,10	98,73	1,20	0,64	0,21	0,24	2,29	5,43	42,19	57,09
	Bbr	20-40	40-50	2,65	2,55	96,23	1,92	1,22	0,24	0,43	3,81	6,46	58,96	39,47
26	BbrC	40-55	60-70	2,67	2,65	99,25	1,44	0,71	0,27	0,25	2,67	5,34	49,99	49,63
	C	55-80	0-4	1,95	1,79	91,79	3,04	0,92	0,44	0,26	4,66	6,61	70,47	27,08
	2C	80+	4-8	2,68	2,61	97,39	1,76	0,65	0,26	0,21	2,88	5,56	51,76	46,94
			8-12	2,31	2,29	99,13	1,44	0,57	0,20	0,19	2,40	4,71	51,00	48,62
			12-20	2,21	2,18	98,64	1,28	0,58	0,19	0,22	2,27	4,48	50,73	48,66

Tab. 50. Zawartość wybranych metali ciężkich w badanych glebach

Nr profilu	Poziom genetyczny	Głębokość poziomu [cm]	Głębokość pobrania [cm]	metale ciężkie		
				Zn	Cu mg·kg ⁻¹	Pb
1	2	3	4	5	6	7
Gleby wytworzone z piaskowców ciosowych						
1	Ol	6-4	6-4	42,95	11,00	12,50
	Of	4-1	4-1	55,45	16,50	21,60
	Oh(Ah)	1-0	1-0	57,35	27,60	22,80
	AEes	0-5	2-5	17,60	5,95	34,60
	Eesg	5-18	12-18	17,00	3,40	16,80
	Bhs1	18-30	20-30	18,25	3,60	28,95
	Bhs2	30-40	30-35	14,95	3,80	30,95
	Bs	40-55	42-50	17,35	4,65	34,20
	C	55+	55-60	20,65	4,65	21,60
2	Ol	10-8	10-8	45,30	13,10	26,10
	Of	8-3	8-3	50,55	22,85	28,70
	Oh	3-0	3-0	38,35	27,65	36,80
	(A)Ees	0-3	0-3	14,10	4,10	21,75
	Eesg	3-11	5-10	12,40	3,85	16,50
	Bh	11-15	12-15	16,55	4,40	35,85
	Bhs	15-22	17-20	15,85	3,90	26,55
	Bs	22-40	25-30	27,05	3,45	17,65
	2BsC	40-70	45-60	23,45	4,05	12,85
3	Ol	10-7	10-7	59,55	10,40	21,55
	Ofh	7-0	7-0	50,15	22,80	23,60
	A	0-7	3-7	18,70	5,00	31,95
	Eet	7-20	10-15	15,90	4,80	14,70
	Bt	20-50	30-40	27,20	6,30	9,50
	C	50+	50-55	47,25	8,45	10,95
4	Ol	2-0	2-0	172,80	155,30	20,50
	A	0-23	5-15	13,75	5,15	38,20
	Ees	23-28	25-28	8,35	2,65	11,15
	Bhfe	28-46	40-45	20,30	4,35	9,60
	C	46+	60-70	19,90	4,50	8,35
5	Ol	5-0	5-0	68,40	15,80	90,50
	A	0-10	5-10	14,50	9,65	89,50
	A/Ees	10-15	10-15	7,60	2,65	14,35
	Ees	15-25	15-20	8,95	2,45	9,90
	Bhfe	25-45	30-40	12,00	3,25	9,90
	C	45+	65-70	26,10	5,45	11,85
6	Ol	5-0	0-5	90,20	13,25	37,05
	A	0-10	5-10	16,95	5,90	23,65
	A/Ees	10-20	10-20	15,35	3,65	17,60
	Bhfe	20-40	25-35	17,55	3,25	9,35
	Bhfe/C	40-65	45-50	20,25	2,80	5,10
7	Ol	5-0	5-0	75,10	14,85	61,00
	A	0-6	0-5	18,55	6,10	65,00
	Ees	6-17	11-17	12,90	2,20	27,75
	Bhfe	17-30	17-25	9,55	1,40	7,30
	Bhfe/C	30-60	25-45	8,55	3,15	2,65
	C	60+	65-70	9,75	2,50	1,95

Tab. 50. cd.

1	2	3	4	5	6	7
8	Ol	5-3	5-3	n.o.	n.o.	n.o.
	Oh	3-0	3-0	99,11	26,20	32,11
	A	0-5	0-5	22,46	5,76	30,78
	Bbr	5-30	10-20	17,81	6,03	13,28
	CR	30+	35-45	19,08	3,41	7,43
9	Of	9-5	9-5	n.o.	n.o.	n.o.
	Oh	5-0	5-0	46,12	14,22	45,52
	Ees	0-7	0-5	5,93	0,26	1,89
	Bh	7-16	10-15	10,18	4,36	22,61
	Bfe	16-25	20-25	7,34	n.o.	5,43
	C	25+	28-35	5,26	n.o.	3,68
Gleby wytworzone z piaskowców permskich						
10	Ol	1-0	1-0	75,18	15,42	19,44
	A	0-11	5-10	67,22	18,37	18,07
	Bbr	11-37	15-25	23,61	4,11	11,78
	CR	37+	40-45	33,32	3,66	19,25
11	Ol	3-1	3-1	50,00	15,40	4,80
	Of	1-0	1-0	54,60	13,80	23,80
	Ah	0-3	0-3	42,20	10,70	46,55
	ABbr	3-8	5-8	48,80	9,80	34,70
	Bbr	8-30	8-15	42,05	8,10	23,25
			15-30	41,35	9,45	20,30
	BbrC	30-65	40-55	24,45	6,30	12,85
	C	65+	85-95	43,50	22,65	20,20
12	Ol	4-3	4-3	36,60	10,10	10,10
	Ofh	3-0	3-0	37,30	11,20	45,70
	AE	0-4	0-3	21,00	4,15	19,40
	Bvs	4-10	5-8	31,40	14,05	31,20
	Bv	10-25	10-15	29,60	11,30	19,90
	1BvC	25-40	25-35	29,90	10,00	12,00
	2BvC	40-75	40-50	29,25	8,30	11,90
	C	75+	75-85	27,10	8,45	12,50
13	Ol	4-3	4-3	61,10	12,20	14,00
	Ofh	3-0	3-0	57,00	15,40	41,50
	AE	0-3	0-3	34,60	21,80	34,35
	Bv	3-18	3-10	32,45	12,10	31,15
			10-18	40,20	5,40	14,80
	BvC	18-45	18-25	45,65	6,05	20,20
			30-40	45,00	7,85	17,55
	2BvC	45-70	50-60	30,55	7,50	11,05
	C	70+	75-85	10,50	10,50	18,75
14	Ol	10-9	10-9	48,10	11,20	15,20
	Of	9-7	9-7	39,00	14,70	23,40
	Ohf	7-0	7-0	55,00	16,10	25,20
	AE	0-5	0-5	31,00	8,65	24,80
	Bv1	5-20	5-10	33,40	14,55	30,20
			10-15	34,05	7,15	32,50
			15-20	31,50	7,25	25,35
	Bv2	20-37	20-30	32,55	7,10	13,90
	BvC	37-75	50-60	29,80	7,25	11,60
	C	75+	75-85	37,50	9,85	17,35

Tab. 50. cd.

1	2	3	4	5	6	7
Gleby wytworzone z granitów monzonitowych						
15	Ol	3-2	3-2	52,30	18,90	10,30
	Of	2-0	2-0	61,20	19,30	25,90
	Ah	0-6	0-5	49,80	11,80	77,50
	Bbr1	6-18	6-12	53,40	11,55	36,50
	Bbr2	18-37	12-18	59,80	12,35	33,20
			18-24	49,60	10,90	28,20
			24-30	47,60	14,55	24,45
			30-37	42,30	11,20	21,50
	BbrC	37-58	40-50	54,80	12,65	24,40
C	58-110	70-80	44,50	15,55	15,10	
2CR	110+	-	n.o.	n.o.	n.o.	
16	Ol	3-2	3-2	71,70	18,20	39,90
	Ofh	2-0	2-0	69,30	20,70	56,20
	Ah	0-5	0-5	58,25	15,20	47,40
	Bbr	5-26	5-10	61,24	10,60	48,35
	BbrC	26-55	10-15	71,08	11,95	54,50
			15-20	45,27	7,80	28,85
			20-25	53,22	8,70	33,80
			30-40	52,39	7,90	21,60
			40-50	62,87	14,80	29,35
			C	55+	55-65	59,75
17	Ol	3-2	3-2	95,10	19,20	12,50
	Of	2-0	2-0	99,90	22,20	26,20
	Ah	0-5	0-5	63,90	9,70	45,25
	Bbr	5-40	5-10	60,50	6,55	35,20
	BbrC	40-60	10-15	61,80	5,95	35,25
			15-20	2,00	5,55	30,20
			20-25	57,35	6,10	27,35
			25-35	53,50	5,05	26,15
			40-50	63,00	6,55	28,00
	C(R)	60+	60-65	63,50	8,00	12,00
20	Of	3-0	3-0	55,61	10,10	39,29
	A	0-9	0-9	54,76	12,00	82,24
	AE	9-20	10-15	59,16	4,15	27,06
	Bbr	20-50	25-40	75,36	3,66	17,90
	C	50+	55-65	88,59	4,19	22,41
Gleby wytworzone z margli						
21	Olf	2-0	2-0	52,80	8,20	24,70
	A	0-13	0-5	53,55	10,20	55,50
	ABbr	13-21	5-10	55,40	8,55	60,00
			13-20	63,35	30,25	41,20
			21-28	39,55	7,00	19,25
	BbrC	35-60	40-50	33,75	7,00	12,75
	C	60+	70-80	37,65	7,05	12,95

Tab. 50. cd.

1	2	3	4	5	6	7
22	Ol	4-2	4-2	145,50	137,90	36,30
	Ofh	2-0	2-0	68,90	27,10	41,20
	Ah	0-1	0-1	77,80	31,75	58,50
	A	1-10	1-6	53,75	12,90	56,00
			6-10	50,45	7,65	47,50
	ABbr	10-16	10-16	50,00	8,15	30,20
			16-25	45,25	8,00	20,15
	Bbr	16-35	25-35	43,30	12,80	13,20
	BbrC	35-70	40-50	49,10	25,05	10,50
	C	70+	70-80	40,70	10,50	8,30
23	Ol	3-2	3-2	68,20	11,90	24,90
	Ofh	2-0	2-0	71,00	21,90	49,90
	A1	0-10	0-5	60,65	9,00	64,00
			5-10	61,25	10,55	48,50
	A2	10-20	10-15	65,95	10,95	43,80
			15-20	63,45	10,95	42,00
	Bbr	20-31	20 -30	47,00	8,55	22,50
	BbrC	31-40	-	n.o.	n.o.	n.o.
24	Ol	2-1	2-1	78,60	17,10	33,70
	Of	1-0	1-0	n.o.	n.o.	n.o.
	Ah	0-6	0-5	46,10	13,20	80,00
	ABbrg	6-15	6-10	39,10	7,20	65,00
			10-15	42,20	7,45	49,85
	Bbrg	15-30	15-25	45,90	6,70	17,45
	BC	30-55	40-50	38,95	6,30	34,10
	C(R)	55+	60-70	48,05	6,30	27,30
25	Ol	6-4	6-4	47,40	17,10	50,90
	Ofh	4-0	4-0	49,90	26,10	48,30
	Ah	0-4	0-4	45,75	20,55	41,60
	AhEes	4-12	4-8	30,80	6,25	38,80
			8-12	29,35	5,50	30,15
	Bbr	12-35	12-20	33,25	6,10	21,20
			20-30	28,00	4,60	12,30
	BbrC	35-60	40-50	29,15	6,30	6,85
	C(R)	60+	60-70	29,15	6,20	7,55
26	Ol	4-2	4-2	46,70	11,80	26,00
	Ofh	2-0	2-0	48,10	13,90	70,50
	Ah	0-4	0-4	41,80	11,60	78,00
	Bbrg1	4-8	4-8	41,30	6,05	47,75
	Bbrg2	8-20	8-12	40,20	6,45	29,30
			12-20	44,70	6,65	18,25
	Bbr	20-40	30-40	37,90	8,90	8,90
	BbrC	40-55	40-50	33,55	7,25	11,35
	C	55-80	60-70	33,25	8,00	13,45
	2C	80+	80-90	58,40	8,18	11,75

Tab. 51. Zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w badanych glebach³

Nr profilu	Poziom genetyczny	Głębokość poziomu [cm]	formy przyswajalne ICP-AES					
			P_2O_5 mg·100g ⁻¹ gleby	klasa zawartości	K_2O mg·100g ⁻¹ gleby	klasa zawartości	Mg mg·100g ⁻¹ gleby	klasa zawartości
1	2	3	5	6	7	8	9	10
Gleby wytworzone z piaskowców ciosowych								
1	AEes	0-5	1,39	V	8,62	IV	1,54	V
	Eesg	5-18	<0,09	V	9,05	IV	1	V
	Bhs1	18-30	0,83	V	6,92	IV	1,36	V
	Bhs2	30-40	1,07	V	7,69	IV	1,17	V
	Bs	40-55	0,66	V	3,82	V	1,03	V
	C	55+	<0,09	V	4,71	V	0,74	V
2	(A)Ees	0-3	0,75	V	7,13	IV	1,15	V
	Eesg	3-11	<0,09	V	7,7	IV	0,89	V
	Bh	11-15	0,67	V	8,71	IV	0,97	V
	Bhs	15-22	<0,09	V	5,36	IV	1,18	V
	Bs	22-40	<0,09	V	6,32	IV	1,13	IV
	2BsC	40-70	<0,09	V	6,24	IV	1,37	IV
	C	70+	<0,09	V	6,37	IV	0,8	V
3	A	0-7	0,69	V	6,62	V	2,94	V
	Eet	7-20	0,35	V	7,16	V	2,38	V
	Bt	20-50	<0,09	V	7,45	V	3,55	V
	C	50+	0,42	V	11,6	IV	4,73	IV
4	A	0-23	0,91	V	7,07	V	1,2	V
	Ees	23-28	0,96	V	6,68	V	1,05	V
	Bhfe	28-46	0,93	V	9,17	IV	1,04	V
	C	46+	0,7	V	6,52	IV	0,85	V
5	A	0-10	0,4	V	8,32	IV	1,54	V
	A/Ees	10-15	0,58	V	4,88	V	1,08	V
	Ees	15-25	<0,09	V	4,7	V	1,24	V
	Bhfe	25-45	0,21	V	7,01	V	1,42	V
	C	45+	<0,09	V	8,46	IV	2,03	V
6	A	0-10	0,86	V	6,65	IV	1,7	IV
	A/Ees	10-20	1,26	V	6,07	IV	0,89	V
	Bhfe	20-40	0,56	V	5,78	IV	0,81	V
	Bhfe/C	40-65	<0,09	V	3,68	IV	1,04	IV
7	A	0-6	0,17	V	7,27	IV	1,83	V
	Ees	6-17	0,82	V	5,07	V	1,1	V
	Bhfe	17-30	<0,09	V	6,68	IV	1,3	IV
	Bhfe/C	30-60	<0,09	V	5,88	IV	0,93	V
	C	60+	0,18	V	0,93	V	1,01	IV
8	Oh	3-0	n.o.	-	n.o.	-	n.o.	-
	A	0-5	2,21	V	9,52	IV	5,04	IV
	Bbr	5-30	0,63	V	3,34	V	1,12	V
	CR	30+	1,14	V	3,92	V	0,82	V

³ Do oceny stopnia zasobności gleby w przyswajalny fosfor i potas użyto liczby graniczne odnoszące się do metody Egnera-Riehma, zaś ocenę zawartości magnezu w badanych glebach w oparciu o kryteria wykorzystywane w metodzie Schachtschabela. Wyznaczone klasy zawartości opierają się o liczby graniczne opisujące gleby użytkowane rolniczo. Zastosowanie ich w opisie wyników ma charakter wyłącznie informacyjny.

Tab. 51. cd.

1	2	3	5	6	7	8	9	10
9	Ees	0-7	0,5	V	0,22	V	0,42	V
	Bh	7-16	2,81	V	5,31	IV	1,11	IV
	Bfe	16-25	2,62	V	0,84	V	0,45	V
	C	25+	2,31	V	0,62	V	0,33	V
Gleby wytworzone z piaskowców permskich								
10	A	0-11	2,12	V	5,64	V	10,00	I
	Bbr	11-37	1,13	V	2,41	V	3,82	III
	CR	37+	0,64	V	3,45	V	6,81	III
11	Ah	0-3	3,8	V	17,8	II	3,08	IV
	ABbr	3-8	0,88	V	9,53	IV	1,78	V
	Bbr	8-30	1,24	V	7,82	IV	1,88	V
			1,24	V	7,55	V	1,39	V
	BbrC	30-65	0,63	V	4,39	V	1,05	V
	C	65+	0,93	V	8,94	IV	2,64	V
12	AE	0-4	0,35	V	10,3	IV	3,92	IV
	Bvs	4-10	<0,09	V	7,86	IV	2,27	V
	Bv	10-25	<0,09	V	9,45	IV	1,39	V
	1BvC	25-40	0,8	V	7,69	IV	1,02	V
	2BvC	40-75	0,16	V	8,94	IV	1,6	V
	C	75+	0,78	V	6,84	IV	2,1	V
13	AE	0-3	<0,09	V	9,75	IV	3,76	IV
	Bv	3-18	1,26	V	5,09	V	1,69	V
			0,61	V	6,74	V	1,76	V
	BvC	18-45	1,22	V	4,85	V	1,08	V
			<0,09	V	10,4	IV	1,03	V
	2BvC	45-70	0,4	V	10,1	IV	1,67	V
	C	70+	<0,09	V	15	III	4,65	III
14	AE	0-5	1,19	V	4,89	V	3,02	IV
	Bv1	5-20	1,04	V	8,71	IV	3,01	IV
			0,27	V	8,35	IV	2,02	V
			0,17	V	8,43	IV	1,98	V
	Bv2	20-37	0,16	V	8,19	IV	2,53	V
	BvC	37-75	<0,09	V	10	IV	1,5	V
	C	75+	0,34	V	10,6	III	3,16	III
Gleby wytworzone z granitów monzonitowych								
15	Ah	0-6	1,74	V	16,3	III	4,39	IV
	Bbr1	6-18	0,98	V	7,13	V	3,13	IV
			0,83	V	6,11	V	2,76	V
	Bbr2	18-37	1,2	V	5,56	V	1,9	V
			0,23	V	6,79	V	3,35	IV
			<0,09	V	4,82	V	4,38	IV
	BbrC	37-58	0,41	V	7,13	V	6,18	III
	C	58-110	0,12	V	5,51	IV	7,95	I
	2CR	110+	n.o.	-	n.o.	-	n.o.	-
16	Ah	0-5	3,03	V	12,5	III	3,19	IV
	Bbr	5-26	0,74	V	7	IV	2,63	V
			0,99	V	8,19	IV	6,64	III
			<0,09	V	8,07	IV	13,5	I
			0,34	V	9,52	IV	13,2	I
	BbrC	26-55	<0,09	V	8	IV	11,3	I
			<0,09	V	9,31	IV	17,3	I
	C	55+	0,54	V	10,6	IV	14,3	I

Tab. 51. cd.

1	2	3	5	6	7	8	9	10
17	Ah	0-5	2,66	V	12,8	III	3,71	III
	Bbr	5-40	1,52	V	10,3	IV	3,38	IV
			<0,09	V	10,7	IV	1,83	V
			0,74	V	7,76	IV	2,28	V
			0,42	V	7,6	IV	2,66	V
			1,74	V	7,48	V	3,46	IV
	BbrC	40-60	0,63	V	8,04	IV	3,96	IV
	C(R)	60+	1,1	V	8,65	IV	6,56	III
20	A	0-9	2,91	V	10,84	III	7,05	II
	AE	9-20	1,01	V	2,52	V	1,66	V
	Bbr	20-50	1,22	V	1,11	V	0,81	V
	C	50+	2,11	V	1,70	V	0,82	V
Gleby wytworzone z margli								
21	A	0-13	2,42	V	15,5	III	6,88	III
			1,1	V	11,2	IV	3,73	V
	ABbr	13-21	<0,09	V	7,99	V	2,78	V
	Bbr	21-35	<0,09	V	8,54	V	6,35	III
	BbrC	35-60	0,58	V	8,39	V	7,67	III
	C	60+	0,45	V	7,44	V	7,7	III
22	Ah	0-1	n.o.	-	n.o.	-	n.o.	-
	A	1-10	1,23	V	11,6	IV	2,4	V
			1,13	V	8,74	V	3,11	V
	ABbr	10-16	<0,09	V	7,68	V	2,4	V
	Bbr	16-35	<0,09	V	8,05	V	2,26	V
			0,8	V	6,72	V	2,96	V
	BbrC	35-70	1,03	V	8,35	V	3,23	V
	C	70+	0,18	V	5,76	V	8,12	II
23	A1	0-10	<0,09	V	8,98	IV	4,2	IV
			1,56	V	5,7	V	2,64	V
	A2	10-20	<0,09	V	6,62	V	2,13	V
			<0,09	V	7,37	V	2,06	V
	Bbr	20-31	0,2	V	7,54	IV	5,02	IV
	BbrC	31-40	n.o.	-	n.o.	-	n.o.	-
24	Ah	0-6	2,14	V	15,2	III	6,11	III
	ABbrg	6-15	0,13	V	9,64	V	2,88	V
			1,39	V	8,45	V	2,99	V
	Bbrg	15-30	0,45	V	6,77	V	2,87	V
	BC	30-55	0,51	V	5,43	V	2,13	V
	C(R)	55+	<0,09	V	8,19	V	2,29	V
25	Ah	0-4	2,69	V	11,5	IV	5,06	IV
	AhEes	4-12	2,68	V	7,45	V	2,99	V
			1,04	V	9,72	V	2,58	V
	Bbr	12-35	1	V	7,82	V	2,98	V
			0,17	V	8,82	V	3,26	V
	BbrC	35-60	0,55	V	10,9	IV	2,95	V
	C(R)	60+	<0,09	V	8,67	V	3,35	V
26	Ah	0-4	7,13	IV	15,9	III	4,59	IV
	Bbrg1	4-8	1,37	V	13,1	IV	2,2	V
	Bbrg2	8-20	1,19	V	10,8	IV	1,91	V
			1,51	V	9,04	V	1,33	V
	Bbr	20-40	0,82	V	13,2	III	2,44	V
	BbrC	40-55	<0,09	V	14,7	III	3,88	IV
	C	55-80	0,96	V	21,6	II	8,88	III
	2C	80+	1,05	V	10,4	IV	15,7	I