

ACTA AGROPHYSICA



Stanisław Uziak, Zygmunt Brogowski,

Tomasz Komornicki

WŁAŚCIWOŚCI FRAKCJI GRANULOMETRYCZNYCH
GLEB WYTWORZONYCH
Z RÓŻNYCH UTWORÓW MACIERZYSTYCH

124

Instytut Agrofizyki
im. Bohdana Dobrzańskiego PAN
w Lublinie

Rozprawy i Monografie
2005 (7)

Komitet Redakcyjny

Redaktor Naczelny
Ryszard T. Walczak, czł. koresp. PAN

Zastępca Redaktora Naczelnego
Józef Horabik

Sekretarz Redakcji
Wanda Woźniak

Rada Redakcyjna

Tomasz Brandyk, czł. koresp. PAN – przewodniczący

Ryszard Dębicki	Jerzy Lipiec
Bohdan Dobrzański	Piotr P. Lewicki
Danuta Drozd	Stanisław Nawrocki, czł. rzecz. PAN
Franciszek Dubert	Edward Niedźwiecki
Tadeusz Filipek	Viliam Novák, Słowacja
Józef Fornal	Josef Pecen, Czechy
Jan Gliński, czł. rzecz. PAN	Tadeusz Przybysz
Grzegorz Józefaciuk	Stanisław Radwan, czł. koresp. PAU
Eugeniusz Kamiński	Jan Sielewiesiuk
Andrzej Kędziora	Witold Stepniewski
Tadeusz Kęsik	Zbigniew Ślipek
Krystyna Konstankiewicz	Bogusław Szot
Janusz Laskowski	

Opiniował do druku

Prof. dr hab. Ryszard Turski

Adres redakcji

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, P.O. Box 201
20-290 Lublin 27, tel. (0-81) 744-50-61, e-mail: editor@demeter.ipan.lublin.pl
<http://www.ipan.lublin.pl>

Badania wykonano w ramach problemu MR.II.8,
koordynowanego i finansowanego przez Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie

Publikacja indeksowana przez
Polish Scientific Journals Contents – Life Sci. w sieci Internet
pod adresem <http://www.psjc.icm.edu.pl>

©Copyright by Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, Lublin 2005

ISSN 1234-4125

Wydanie I. Nakład 150 egz. Ark. 12,2
Skład komputerowy: Wanda Woźniak, Agata Woźniak
Druk: Drukarnia ALF-GRAF, ul. Kościuszki 4, 20-006 Lublin

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	5
2. MORFOLOGIA PROFILI GLEBOWYCH	7
3. METODYKA BADAŃ	11
3.1. Wydzielanie frakcji granulometrycznych	11
3.2. Metodyka analityczna	11
4. WŁAŚCIWOŚCI PROFILI GLEBOWYCH	12
5. SKŁAD MINERALOGICZNY FRAKCJI GRANULOMETRYCZNYCH	33
6. NIEKTÓRE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE FRAKCJI GRANULOMETRYCZNYCH ...	43
7. ZWIĄZKI PRÓCHNICZNE I AZOT FRAKCJI GRANULOMETRYCZNYCH ...	49
8. WŁAŚCIWOŚCI SORPCYJNE FRAKCJI GRANULOMETRYCZNYCH	62
9. CAŁKOWITY SKŁAD CHEMICZNY FRAKCJI GRANULOMETRYCZNYCH	88
10. DYSKUSJA	102
10.1. Niektóre właściwości fizyczne frakcji granulometrycznych	102
10.2. Związki próchniczne i azot frakcji granulometrycznych	107
10.3. Sorpcyjne właściwości frakcji granulometrycznych	108
10.4. Całkowity skład chemiczny frakcji granulometrycznych	111
10.5. Korelacje zawartości składników w poszczególnych frakcjach granulometrycznych	142
11. WNIOSKI	153
12. PIŚMIENNICTWO	154
13. STRESZCZENIE	156
14. SUMMARY	157

1. WSTĘP

Celem pracy było zbadanie właściwości poszczególnych frakcji granulometrycznych jako składowych części każdej gleby mineralnej. Dotychczasowe badania miały raczej charakter fragmentaryczny, dotyczyły bowiem zwykle jednego lub kilku wybranych właściwości gleby, w zależności od wielkości frakcji [2,4,19]. Szereg prac było poświęconych związkom próchnicznym w wybranych frakcjach mechanicznych [5,9,18,23,27]. W ostatnich latach pojawiło się wiele prac traktujących o rozmieszczeniu niektórych mikroelementów w poszczególnych frakcjach [1,3,7,15,20,22,24-26].

Wiele prac poświęcono też badaniom frakcji ilastych pod względem chemicznym oraz składu mineralogicznego. W pierwszym przypadku dotyczyły one właściwości sorpcyjnych i żyzności gleb oraz powiązań z genezą gleb [6,14,17,21,28,29]. Natomiast skład mineralogiczny frakcji ilastych był rozpatrywany w różnych aspektach, od inwentaryzacji począwszy poprzez warunki wietrzenia i genezę minerałów po ich wpływ na właściwości chemiczne, fizyko-chemiczne i fizyczne gleb [8,10,13,18].

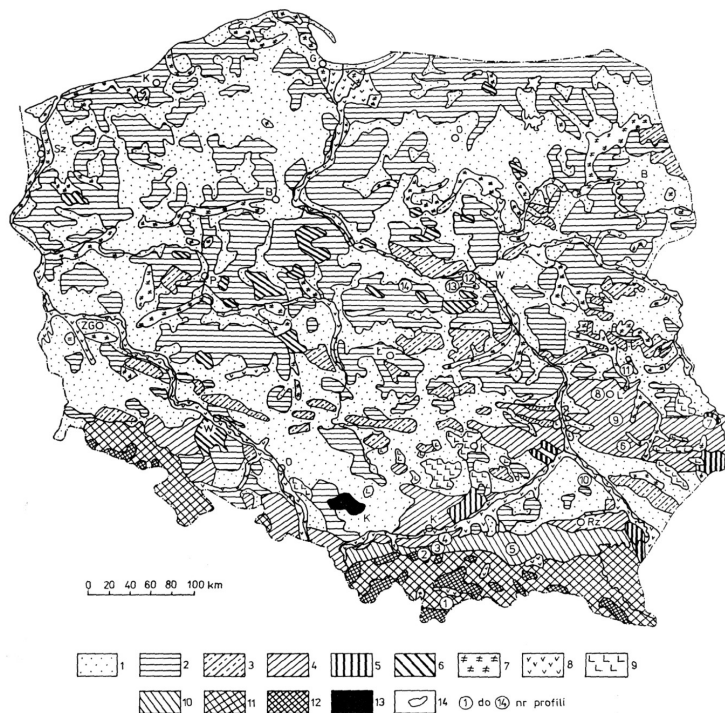
Warto też odnotować próby obliczania niektórych właściwości fizycznych na podstawie składu granulometrycznego [11].

Szczegółowe poznanie właściwości wszystkich frakcji granulometrycznych pozwoli na uściślenie obiegowych opinii stwierdzających, iż określona frakcja ziaren decyduje o poszczególnych właściwościach gleby. Dotychczasowe badania frakcji ilastej nie wydają się w pełni potwierdzać zasadności tego podejścia.

Myślą przewodnią naszych badań była więc próba stwierdzenia, czy na podstawie cech kilku wydzielonych frakcji granulometrycznych można określić podstawowe cechy całej masy glebowej, a także wyprowadzenie matematycznych uogólnień, oczywiście przy znajomości stosunków ilościowych. Trzeba było także uwzględnić różnicowanie wynikające z różnorodności skał macierzystych, jako że wiele cech gleba dziedziczy niejako ze skały.

Kierując się wyżej wymienionymi założeniami, wytypowano do badań 14 profili glebowych, reprezentujących gleby w różnych stadiach rozwoju i wytworzonych z następujących skał. Profile 1-5 reprezentują gleby wykształcone ze zwietrzliny skał fliszowych. Profile 6-9 dotyczą gleb wytworzonych z utworów lessowych i lessowatych, z okresu zlodowacenia bałtyckiego (Würmu), 10-11 wykształciły się z piasków plejstocenijskich teras akumulacyjnych. Profil 12 reprezentuje glebę aluwialną, profil 13 pochodzi ze starej terasy akumulacyjnej z początku holocenu, 14 zaś reprezentuje gleby z gliny zwałowej zlodowacenia środkowo-polskiego.

Załączona mapka (rys. 1) ilustruje rozmieszczenie badanych profili glebowych na tle mapy gleb Polski.



Rys. 1. Rozmieszczenie profili na tle mapy gleb Polski

Fig. 1. Distribution of soil pits in the pedological map of Poland

1. Kompleks gleb bielcowych, rdzawych i brunatnych utworzonych z piasków – Complex of podzolic, rusty and brown soils formed of sands
2. Kompleks gleb bielcowych, płowych, odgórnio oglejonych i brunatnych utworzonych z glin i z piasków naglinowych – Complex of podzolic, lessives, pseudogley and brown soils formed of loam and sand underlain by loam
3. Kompleks gleb płowych, brunatnych i odgórnio oglejonych utworzonych z utworów pyłowych wodnego pochodzenia – Complex of lessives, brown and pseudogley soils formed of silt sediments of water origin
4. Gleby płowe i brunatne utworzone z lessów i z utworów lessowatych – Lessives and brown soils formed of loess and loess-like sediments
5. Czarnoziemie i szare gleby leśne utworzone z lessów – Chernozems and forest gray soils formed of loess
6. Czarne ziemie i szare ziemie utworzone z różnych utworów – Black earths and gray soils formed of different sediment materials
7. Kompleks gleb zabagnianych, bagiennych i pobagiennych – Complex of bogged soils and post-bog soils
8. Mady – Alluvial soils
9. Rędziny – Rendzinas
10. Kompleks gleb płowych, brunatnych i odgórnio oglejonych pyłowych utworzonych ze skał flišowych – Complex of lessives, brown and pseudogley silt soils formed of flysh rocks
11. Kompleks gleb z przewagą brunatnych kwaśnych utworzonych z różnych skał masywnych – Complex of soils with pre dominant brown acids formed of different compact rocks
12. Gleby słabo wykształcone (szkieletowe) i inicjalne (skaliste) – Skeleton and rocky soils
13. Gleby zniszczone przez eksploatację górniczą i przemysłową – Soils of terrains destroyed by the mining and industrial exploitation
14. Jeziora – Lakes

Przy wyborze punktów badawczych nie uwzględniono wszystkich możliwych gleb i utworów pochodzących z różnych regionów. Przerastało to bowiem możliwości naszego zespołu badawczego. Ograniczono się zatem do obszarów znanych autorom najlepiej (krakowskiego, lubelskiego, częściowo rzeszowskiego oraz warszawskiego), a ponadto z terenów niezbyt odległych od zakładów pracy.

2. MORFOLOGIA PROFILI GLEBOWYCH

Skrócony opis morfologii zbadanych profili glebowych ilustruje poniższe zestawienie.

Miąższość poziomu (cm)	Symbol	Barwa	Skład granulometryczny	Układ	Przejsie do następnego poziomu
PROFIL 1. Bukowina Tatrzańska, 1025 m npm, użytek zielony poorny, gleba brunatna kwaśna z fliszu (piaskowiec i łupek ilasty górnego eocenu)					
0-16	Ap	szara	glina śred. pylasta, ~10% szkieletu	zwięzły	wyraźne
16-46	Bbr	brunatno-szara	glina ciężka, ~30% szkieletu	mocno zwięzły	stopniowe
46-(80)	BbrCg	siwe plamki	glina ciężka, ~50% szkieletu	mocno zwięzły	–
PROFIL 2. Stróża Górna k. Myślenic, 430 m npm, orna, gleba brunatna kwaśna z fliszu (piaskowiec magurski – oligocen / eocen)					
0-25	Ap	ciemno-szara	glina śred. pylasta, ~10% szkieletu	zwięzły	wyraźne
25-68	Bbr	ciemno-żółto-brunatna	glina ciężka pylasta, ~15% szkieletu	mocno zwięzły	stopniowe
68-88	BbrCg	brunatno-oliwkowa, siwe plamy, rdzawe naloty	ił, ~50% szkieletu	mocno zwięzły	wyraźne
< 88	C	–	utwór szkieletowy, gliniasty	–	–
PROFIL 3. Droginia k. Myślenic, 340 m npm, odłóg, gleba brunatna kwaśna z fliszu (piaskowiec i łupek ilasty – kreda)					
0-16	Ap	szara	glina średnio pylasta, ~10% szkieletu	zwięzły	wyraźne
16-45	Bbr	brunatno-żółta, naloty rdzawe żółtawa, naloty	glina ciężka, pojedyncze okruchy	mocno zwięzły	stopniowe
45-(130)	BbrCg	szare lub rdzawe	ił	mocno zwięzły	–

Miąższość poziomu (cm)	Symbol	Barwa	Skład granulometryczny	Układ	Przejście do następnego poziomu
PROFIL 4. Łyczanka, pow. Myślenice, 380 m npm, uprawna, gleba brunatna kwaśna z fliszu (piaskowiec – kreda)					
0-20	Ap	szaro-brunatny brunatny	piasek glin., ~20% szkieletu	dosyć zwięzły	wyraźne faliste
20-54	B1br	i rdzawy (nierównomierne)	piasek glin., ~40% szkieletu	dosyć zwięzły	wyraźne
54 -63	B2br	brunatno-rdzawy	glina szkieletowa	zwięzły	wyraźne
63-100	B2brC1	brunatno-beżowy	piasek słabo glin., ~30% szkieletu	dosyć zwięzły	stopniowe
100-150	B2brC2	brunatno-beżowy	piasek glin. lekki, ~35% szkieletu	dosyć zwięzły	–
PROFIL 5. Swoszowa, pow. Jasło, 450 m npm, las mieszany (młody), gleba brunatna kwaśna z fliszu (piaskowiec: cenoman – alb)					
1-0	A1	gęsta darni traw		stosunkowo zwięzły	stopniowe
1-14	A2	szaro-brunatna	glina, – 10% szkieletu	dosyć zwięzły	stopniowe
14-38	BbrC1	jasno-brunatna	glina, – 35 % szkieletu	dosyć zwięzły	wyraźnie
38-55	C1	żółto-brunatna	szkieletowy piasek, – 60 % szkieletu		
55-60	C2		głównie szkieletowy		
PROFIL 6. Zagrody, pow. Biłgoraj, uprawna, gleba płowa z lessu					
0-20	Ap	szara	pyłowy ilasty	pulchny	ostre kieszeniami
20-30	Eet	żółtawa	pyłowy ilasty	zwięźlejszy	i
30-40	Eetg	biaława	pyłowy ilasty	zwięźlejszy	stopniowe
40-100	B1t	czerwono-brązowa	pyłowy ilasty	zwięzły	stopniowe
100-150	B2t	brązowa	pyłowy ilasty	zwięzły	stopniowe
150-250	C	jasnobrązowa	pyłowy ilasty	mniej zwięzły	mało widoczne
< 250	Cca	słomkowa	pyłowy ilasty		
PROFIL 7. Hrubieszów, uprawna, czarnoziem zdegradowy z lessu					
0-30	Ap	czarna	pyłowy ilasty	pulchny	niewyraźne
30-75	A	niewyraźna	pyłowy ilasty	trochę zwięźlejszy	niewyraźne
75-103	AC	ciemnoszara	pyłowy ilasty	dosyć zwięzły	stopniowe
103-130	C	żółtawa	pyłowy ilasty	dosyć zwięzły	stopniowe
130-170	Cca	żółtawa, ciemne plamki	pyłowy ilasty	dosyć zwięzły	

Mięszość poziomu (cm)	Symbol	Barwa	Skład granulometryczny	Układ	Przeście do następnego poziomu
PROFIL 8. Lublin, uprawna, gleba brunatna właściwa z lessu					
0-27	Ap	ciemnoszara	pyłowy zwykły	pulchny	ostre
27-41	B1br	szaro- brązowa	pyłowy zwykły	lekko zwięzły	niewyraźne
41-76	B2br	jasnobrązowa warstewki	pyłowy ilasty	zwięzły	niewyraźne
76-110	B3br	jasnobrązowe i szaro- popielate	pyłowy ilasty	zwięzły	stopniowe
110-130	C	żółtawa	pyłowy zwykły	dosyć zwięzły	mało widoczne
130-170)	Cca	żółtawa	pyłowy zwykły	dosyć zwięzły	
PROFIL 9. Giełczew, pow. Lublin, uprawna, gleba płowa z utworu lessowatego, średnio głęboka na gezie kredowej					
0-25	Ap	szara	pyłowy ilasty	pulchny	wyraźne
25-37	Eet	żółtawa brązowa, niżej	pyłowy ilasty	zwięzlejszy	stopniowe
37-83	BtC	jaśniejsze plamy	pyłowy ilasty	zwięzły	wyraźne
< 83	IIC	żółtawo- zielonkawa	pyłowy ilasty	zwięzły	
PROFIL 10. Przędzel, pow. Nisko, uprawna, gleba brunatna kwaśna z piasku gliniastego, średnio głęboka					
0-27	Ap	ciemnoszara	piasek gliniasty	mało zwięzły	stopniowe
27-42	ABbr	brązowa	piasek gliniasty	mało zwięzły	stopniowe
42-60	Bbr	brązowa	piasek gliniasty	mało zwięzły	wyraźne
60-90	II C1	rdzawa	piasek luźny	dosyć zwięzły	ostre
90-105	II C2	żółta	piasek luźny	dosyć zwięzły	wyraźne
105-150	II C3	biaława	piasek luźny	dosyć zwięzły	
PROFIL 11. Piaseczno, pow. Łęczna, uprawna, gleba brunatna kwaśna z piasku słabo gliniastego, średnio głęboka					
0-25	Ap	szara	piasek gliniasty lekki	mało zwięzły	ostre
25-54	Bbr	brunatna	piasek słabo gliniasty	mało zwięzły	łagodne
54-70	II C1	żółta	piasek luźny	luźny	niewyraźne
70-83	II C2	biaława	piasek luźny	luźny	stopniowe
83-(150)	II C3	biaława, rdzawe warstewki	piasek luźny	rdzawe warstewki zwięzlejszy	
PROFIL 12. Wilanów (Wielka Warszawa) współczesny taras Wisły, teren płaski, gleba orna, mada właściwa pyłowa					
0-30	Ap	jasnobrązowo- szara	pył zwykły	dosyć zwięzły	wyraźne
30-60	Bbr	żółto-brunatna, pojedyncze konkrecje Fe – Mn	pyłowy ilasty	zwięzły	widoczne

Miąższość poziomu (cm)	Symbol	Barwa	Skład granulometryczny	Układ	Przejsięcie do następnego poziomu
60-90	Br C	żółto-brunatna, pojedyncze konkracje Fe – Mn	pył zwykły	zwięzły	stopniowe
90-120	C1 gg	jasnożółto-brunatna, plamki Fe – Mn i glejowe	pyłowy ilasty	zwięzły	stopniowe
120-150	C2 gg	jasnoszara z oglejeniem i konkracje Fe – Mn	pył zwykły	zwięzły	
Woda gruntowa poniżej 150 cm					
PROFIL 13. Kazuń Polski, pow. Nowy Dwór Mazowiecki, stary taras Wisły, obszar płaski, pole uprawne, gleba brunatna wylugowana z utworów gliniastych					
0-25	Ap	szara	glina lekka pylasta	stosunkowo zwięzły	stopniowe
25-50	A Bbr	szaro-brunatna	glina lekka pylasta	zwięzły	wyraźne
50-70	Bbr	brunatna	glina średnia pylasta	zwięzły	wyraźne
70-90	II Bbr	jasnobrunatna	pyłowy zwykły	zbity	wyraźne
90-120	III C1	warstewki żółte i brązowe	piasek gliniasty mocny pylasty	warstewki brązowe zbite	wyraźne
120-150	III C2	jasnożółta, konkracje Fe – Mn	piasek gliniasty mocny pylasty	zwięzły	wyraźne
150-175	III C3	jasnożółta	piasek gliniasty mocny pylasty	mało zwięzły	wyraźne
175-200	III C4	jasnożółta	piasek słabo gliniasty	mało zwięzły	
Woda gruntowa okresowo na głębokości 180-220 cm					
PROFIL 14. Gąbin, pow. Gostynin, teren płaski, pole uprawne, gleba brunatna z gliny zwałowej ciężkiej					
0-25	Ap	szaro-brunatna brunatna, jasne	piasek gliniasty mocny	zwięzły	wyraźne
25-50	Bbr	pasemka i plamki	glina lekka pylasta	zwięzły	wyraźne
50-75	II Bbr	jasnobrunatna	glina ciężka	zwięzły	wyraźne
75-100	II C	brunatna	glina ciężka	mocno zwięzły	stopniowe
100-125	II C1ca	brunatna	glina ciężka, konkracje CaCO ₃	mocno zwięzły	stopniowe
125-150	II C2ca	jasnobrązowa	glina ciężka, konkracje CaCO ₃	mocno zwięzły	stopniowe
150-175 oraz	II C3ca	brunatno-żółta	glina ciężka, konkracje CaCO ₃	mocno zwięzły	
175-200	II C4ca				

3. METODYKA BADAŃ

3.1. Wydzielanie frakcji granulometrycznych

Frakcje wydzielano sposobami wyłącznie fizycznymi, tzn. bez użycia chemicznych dyspergatorów. Dyspersję zawiesiny uzyskiwano przez gotowanie i ewentualne mechaniczne mieszanie.

Po wydzieleniu szkieletu (na sitach o ϕ 1 mm) wydzielano frakcje piaskowe 1,0-0,5; 0,5-0,25 i 0,25-0,10 mm (lub tylko 1,0-0,1 mm w lessach) również na sitach po uprzednim wygotowaniu gleby celem odmycia frakcji drobniejszych. Frakcje: 0,1-0,05; 0,05-0,02; 0,02-0,005; 0,005-0,002 i poniżej 0,002 mm wydzielano metodą sedymentacyjną. Frakcje poniżej 0,002 (oraz mniejszą od 0,0002 mm, a także mniejszą od 0,0001 mm) wydzielano przy użyciu wirówki. Frakcje te były następnie odparowywane do sucha.

W poziomach węglanowych gleb lessowych CaCO_3 rozkładano wyliczoną ilością 0,1 M HCl.

3.2. Metodyka analityczna

Skład granulometryczny określano metodą Bouyoucosa-Casagrande w modyfikacji Prószyńskiego, z wydzieleniem piasku na sitach. Ponadto określano procentową zawartość poszczególnych frakcji przez ich wydzielenie, wysuszenie i zważenie.

Właściwości fizyczne masy glebowej oznaczano następująco:

- gęstość – piknometrycznie;
- gęstość objętościowa oraz porowatość kapilarna – przy użyciu cylindrów Kopecky'ego;
- porowatość ogólna i niekapilarna – z wyliczenia lub przy użyciu poromierza Loebella;
- woda higroskopowa – metodą suszarkową;
- higroskopowość maksymalna – według Mitscherlicha (lub Nikołajewej – 95% wilgotności względnej);
- pF – w komorach nisko- i wysokociśnieniowych według Richarda.

Oznaczenie gęstości objętościowej dla poszczególnych frakcji wykonano sposobem nasypowym w cylinderkach miarowych (stałą objętość uzyskiwano przez wstrząsanie). Gęstość i porowatość całkowitą oznaczano jak w przypadku masy glebowej.

Właściwości chemiczne masy glebowej oznaczano następująco:

- pH w wodzie i 1 M KCl – elektromerycznie;
- zawartość CaCO_3 – przy użyciu aparatu Scheiblera;
- łatwo przyswajalne formy potasu i fosforu metodą Egnera – Riehma;
- węgiel organiczny – według Tiurina;

- azot całkowity – według Kjeldahla;
- kationy wymienne – wypierano je przez 1 M octanem amonu, przy czym potas, sód i wapń oznaczano fotometrem płomieniowym, magnez – kolorymetrycznie z żółcieniem tytanową lub aparatem ASA, jon wodorowy – według Kappena (z 1 M octanem wapnia), dla próbek zawierających CaCO_3 używano 0,5 M chlorku amonu o pH 8,2 według Pallmana;
- skład grupowy związków próchnicznych – według Boratyńskiego i Wilka;
- całkowity skład chemiczny oznaczano w stopach z Na_2CO_3 (z K_2CO_3 dla sodu), poszczególne składniki określano jak niżej: SiO_2 – wagowo, K_2O i Na_2O – fotometrycznie, MgO – kolorymetrycznie lub na ASA, Al_2O_3 – kolorymetrycznie z aluminonem lub z różnicy R_2O_3 wagowo minus Fe_2O_3 ; Fe_2O_3 – kolorymetrycznie, z rodankiem amonu lub kompleksometrycznie, TiO_2 – kolorymetrycznie z H_2O_2 i H_2SO_4 , P_2O_5 – kolorymetrycznie, Mn, Zn, Cu – kolorymetrycznie (ewentualnie metodą ASA).

Skład mineralogiczny wybranych frakcji oznaczono poniższymi metodami:

- uproszczony skład – mikroskopowo (kwarciec, skalenie, łyszczyki) we frakcjach 1-0,1; 0,1-0,05 i 0,05-0,02 mm – dla gleb pyłowych i ilów; dla gleb zawierających więcej piasku (piasków i glin) we frakcjach 1-0,5; 0,5-0,25; 0,25-0,1; 0,1-0,05 i 0,05-0,02 mm;
- minerały ciężkie (mikroskopowo po wydzieleniu bromoformem) we frakcjach 1-0,1; 0,1-0,02 mm dla piasków i glin, a 0,1-0,02 mm tylko dla pyłów i ilów;
- skład mineralny frakcji koloidalnej – przy użyciu metod rentgenowskich i DTA.

4. WŁAŚCIWOŚCI PROFILI GLEBOWYCH

Skład granulometryczny gleb karpackich (tab. 1) charakteryzuje się obecnością szkieletu, niekiedy znaczną, zwykle też wzrastającą z głębokością. Część profili (1-3) wykazuje skład glin ciężkich (i bardzo ciężkich), a zawartość części spławialnych i koloidalnych wzrasta z głębokością. Jest to zrozumiałe, gdyż omawiane gleby wykształciły się ze zwietrzelin warstwowych skał osadowych. Dwa profile (4 i 5) zalicza się do glin lekkich lub piasków gliniastych. Górne poziomy wszystkich gleb wykazują też zwiększone zawartości frakcji pyłowych.

Tabela 2 wskazuje na właściwości fizyczne trzech gleb karpackich (profil 1-3), tj. z glin ciężkich. Są one odzwierciedleniem składu granulometrycznego.

Omawiane gleby karpackie (tab. 3) odznaczają się przeciętną zawartością substancji organicznej (z wyjątkiem prof. 1). Stosunek C:N jest raczej wąski. Odczyn gleb można zaliczyć do silnie kwaśnych lub kwaśnych, co jest typowe dla gleb brunatnych kwaśnych (karpackich).

Tabela 1. Skład granulometryczny gleb karpackich (metodą areometryczną)
Table 1. Granulometric composition of Carpathian soils (by areometric method)

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Symbol Horizon	% ziarn o średnicy w milimetrach – Grains % of diameter in mm										
			>1,0	1,0-0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	1,0-0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,02	0,02- 0,006	0,006- 0,002	<0,002	<0,02
1	0-16	Ap	10				26	12	16	16	20	10	46
	16-46	Bbr	35				18	6	14	22	20	20	62
	50-80	BbrCg	55				12	6	8	24	16	34	74
2	0-23	Ap	10	1,8	7,2	17,0	26	10	16	22	14	12	48
	25-50	Bbr	15	1,1	4,9	12,0	18	12	12	24	12	18	54
	68-88	BbrCg	50	0,2	1,1	2,7	4	12	12	22	14	36	72
3	0-16	Ap	10	2,4	4,2	19,4	26	12	16	12	14	20	46
	16-45	Bbr	5	1,6	1,5	10,9	14	6	8	12	10	50	72
	45-100	BbrCg	0		6,0		6	8	12	20	18	36	74
4	0-20	Ap	20	11,6	12,9	15,6	40	9	22	15	8	6	29
	24-54	B1br	40	28,4	28,0	20,6	77	8	4	5	3	3	11
	63-100	B2brC1	30	28,2	29,0	24,8	82	7	3	3	2	3	8
	100- 145	B2brC2	35	34,9	27,8	17,8	80	7	3	4	2	4	10
5	1-14	A	10	16,5	18,4	19,1	54	12	13	10	5	6	21
	14-38	BbrC	35	16,0	19,8	21,2	57	9	13	10	5	6	21
	38-55	C	60	17,1	19,6	17,8	55	10	11	12	6	6	24

Tabela 2. Niektóre cechy fizyczne gleb karpackich
Table 2. Some physical properties of Carpathian soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Gęstość fazy stałej Particle density (Mg·m ⁻³)	Gęstość objęt. Bulk density (Mg·m ⁻³)	Porowat. objęt. Volume prosity (%)	Woda higroskopowa Hygroscopic water	
					zwycz. reg. (%)	maksym. max. (%)
1	0-16	2,65	1,37	48,3	2,26	8,12
	16-46	2,71	1,63	39,8	1,68	6,63
	50-80	2,73	1,83	32,9	1,67	7,14
2	0-23	2,64	1,62	38,6	0,99	3,96
	25-68	2,66	1,74	34,6	0,70	3,51
	68-88	2,65	1,75	33,9	0,96	4,01
3	0-16	2,63	1,71	35,0	0,87	4,01
	16-45	2,68	1,76	34,2	2,51	10,45
	45-100	2,71	1,84	32,1	2,22	9,41

Tabela 3. Substancja organiczna i odczyn gleb karpackich
Table 3. Organic matter and reaction of Carpathian soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Symbol Horizon	C (%)	N (%)	C/N	Próchnica Organic matter (%)	pH	
							H ₂ O	KCl
1	0-16	Ap	2,82	0,38	7,4	4,85	5,6	4,0
	16-46	Bbr	0,97	0,11	8,8	1,57	6,2	4,2
	50-80	BbrCg	0,46	0,07	6,6	0,79	6,5	4,7
2	0-23	Ap	1,46	0,15	9,7	2,52	6,0	4,5
	25-50	Bbr	0,40	0,08	5,0	0,69	5,5	3,8
	68-88	BbrCg	0,14	0,05	2,5	0,24	5,5	3,8
3	0-16	Ap	1,28	0,13	9,8	2,21	5,0	3,9
	16-45	Bbr	0,36	0,05	6,5	0,62	5,3	3,9
	45-100	BbrCg	0,31	0,11	3,0	0,53	5,4	4,1
4	0-20	Ap	1,26	0,10	12,6	2,18	6,1	5,1
	24-54	B1br					6,2	5,0
	63-100	B2brC1					5,1	4,4
	100-145	B2brC2					5,1	4,4
5	1-14	A	1,45	0,15	9,4	2,50	4,6	3,9
	14-38	BbrC	0,81	0,09	9,0	1,40	4,8	4,1
	38-55	C	0,32	0,04	8,2	0,55	4,7	4,1

W tabeli 4 ilustrującej właściwości sorpcyjne na uwagę zasługuje znaczny udział kationów H i Ca, ewentualnie też Mg. Mimo, iż mamy do czynienia z glebami brunatnymi kwaśnymi stopień wysycenia jest niski tylko w prof. 5. Natomiast w profilach 1 i 3 jest on dosyć wysoki, w pozostałych zaś profilach (2 i 4) – niektóre poziomy mają wysycenie znaczne, inne – niskie. Jony K i Na występują w części profili (1 i 3) w zbliżonych i znacznych ilościach, w pozostałych – w małych i podobnych ilościach.

W tabeli 5 zestawiono rezultaty badań tzw. próchnicy frakcjonowanej. Zwraca uwagę duża zawartość związków niehydrolizujących (około 35-45 % ogólnej substancji), znaczny jest też udział bitumin, zwłaszcza w profilu 4 i 5 (8-18 %), Warto też podkreślić przewagę kwasów huminowych nad fulwowymi rozpuszczalnych w NaOH w górnych poziomach gleb, a także rozpuszczalnych w NaOH po hydrolizie – we wszystkich poziomach glebowych.

Całkowity skład chemiczny gleb karpackich (tab. 6) nie jest specjalnie zróżnicowany. Dominuje, oczywiście SiO_2 , którego zawartość w profilu 1-3 (gliny ciężkie) maleje z głębokością, a wzrastają wszystkie pozostałe składniki. Natomiast w profilu 4 i 5 (gleby lżejsze) SiO_2 z głębokością lekko wzrasta, Fe_2O_3 i CaO z głębokością maleje, Al_2O_3 wykazuje w poziomach pewne wahania w zawartości, MgO , K_2O i Na_2O – są zróżnicowane w poszczególnych poziomach.

Skład granulometryczny profili 6-9 wskazuje na utwory pyłowe zwykłe i pyłowe ilaste, a profili 10 i 11 – na piaski gliniaste mocne i lekkie (tab. 7). Zróżnicowanie w składzie występuje w poszczególnych poziomach tych samych profili. Trzeba też zaznaczyć, że zawartości poszczególnych frakcji określone na podstawie ich wydzielania (tab. 8) nie pokrywają się zwykle z wynikami z oznaczeń metodą areometryczną (tab. 7). Trudno też niekiedy dopatrzeć się jakichś prawidłowości w tym zróżnicowaniu.

Wyniki oznaczeń fizycznych i fizyczno-wodnych, zawarte w tabeli 9 i 10, potwierdzają dużo korzystniejsze cechy gleb wytworzonych z utworów lessowych od analogicznych cech gleb piaszkowych. Niektóre właściwości chemiczne reprezentuje tabela 11. Badane gleby wykazują duże różnice w zależności od rodzaju ale także od typologii. Gleby wytworzone z piasków są mało próchniczne, silnie zakwaszone i o małej zasobności w łatwo przyswajalny fosfor i potas. Ale gleby wytworzone z lessów także różnią się pod względem chemizmu. Część gleb cechuje się również małą zawartością próchnicy; wyższą zawartością wyróżnia się czarnoziem i gleba brunatna. Gleba płowa z lessu jest silnie kwaśna, pozostałe – słabo kwaśne lub obojętne. Zwiększona zawartość fosforu lub w powierzchniowych poziomach potasu, jest zapewne związana z nawożeniem gleb. Skąpy mierzyste gleb z lessów zawierają węglany.

Tabela 4. Właściwości sorpcyjne gleb karpaccich

Table 4. Sorptive properties of Carpathian soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Symbol Horizon	Kationy wymienne cmol (+)·kg ⁻¹ gleby Exchangeable cations cmol (+) kg ⁻¹ of soil							V%
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	H ⁺	T	
1	0-16	Ap	12,22	4,78	0,18	0,46	17,64	10,76	28,40	62,3
	16-45	Bbr	10,19	1,42	0,36	0,42	12,39	4,95	17,34	71,4
	50-80	BbrCg	11,99	2,79	0,44	0,49	15,71	4,26	19,97	78,7
2	0-23	Ap	2,04	0,69	0,06	0,11	2,90	6,80	9,70	29,9
	25-50	Bbr	2,14	0,00	0,05	0,05	2,24	4,80	7,04	31,8
	68-88	BbrCg	4,48	2,36	0,08	0,11	7,03	3,70	10,73	65,5
3	0-16	Ap	2,97	2,87	0,13	0,38	6,35	7,80	14,15	44,8
	16-45	Bbr	14,63	9,05	0,72	0,63	25,03	6,81	31,84	79,1
	45-100	BbrCg	13,00	6,39	0,64	0,56	20,59	4,90	25,49	80,6
4	0-20	Ap	3,34	0,18	0,26	0,10	3,82	5,10	8,92	42,9
	24-54	B1br	7,95	0,10	0,08	0,20	8,13	3,12	11,45	71,7
	63-100	B2brC1	7,75	0,72	0,07	0,03	8,57	3,82	12,39	69,2
	100-145	B2brC2	0,66	0,14	0,04	0,02	0,86	3,80	4,66	18,4
5	1-14	A	1,00	0,03	0,11		1,14	8,18	9,32	12,2
	14-38	BbrC	0,60	0,08	0,06		0,74	4,91	5,65	13,1
	38-55	C	0,60	0,05	0,04		0,69	3,88	4,57	15,1

$$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$$

$$T = S + \text{H}^{+}$$

$$V = S / T \cdot 100\%$$

Tabela 5. Skład frakcyjny próchnicy w glebach karpackich
Table 5. Fractional composition of humus of Carpathian soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth cm	C ogółem Total organic (%)	C bituminów C of bitumins (%)	C frakcji w 0,025 M Na ₄ P ₂ O ₇ C in 0,025 M Na ₄ P ₂ O ₇ (%)				C frakcji w 0,1M NaOH C in 0,1M NaOH (%)				C frakcji w 0,25 M H ₂ SO ₄ C in w 0,25 M H ₂ SO ₄ (%)	C frakcji w 0,1M NaOH po hydrol. C in 0,1M NaOH after hydrolysis (%)				C niehydrol. Non hydrolyzing C (%)	Suma C wydziel. Sum of extracted C (%)
				C całości Total C	Ck. hum. C of ha	Ck. fulw. C of fa	C _h : C _f	C Całości Total C	Ck. hum. C of ha	Ck. fulw. C of fa	Ck _h : Ck _f		C całości Total C	Ck. hum. C of ha	Ck. fulw. C of fa	Ck _h : Ck _f		
1	0-16	2,82	5,32	18,44				24,85	14,18	10,67	1,3	1,79	9,92	7,45	2,48	3,0	40,07	60,32
	16-46	0,98	4,08	31,42				22,24	10,20	12,04	0,8	3,26	9,79	8,16	2,04	4,0	30,82	70,79
	50-80	0,46	4,35	23,48				30,78	13,04	17,39	0,7	2,61	13,04	9,56	3,48	2,8	26,30	74,26
2	0-23	1,46	3,42	16,64				28,08	17,15	10,96	1,6	1,07	7,88	5,59	2,05	2,7	43,15	57,09
	25-50	0,38	5,26	17,63				18,94	10,92	8,16	1,3	2,21	7,58	5,05	2,63	1,9	35,80	51,62
3	0,16	1,28	3,13	24,22				27,34	16,41	10,94	1,5	3,36	11,72	8,59	3,13	2,8	31,25	69,76
4	0-20	1,26	8,33	15,83	5,83	10,00	0,60	21,67	13,33	8,33	1,6	1,00	6,75	3,75	3,00	1,3	44,44	53,58
5	1-14	1,45	18,44	13,47	4,25	9,22	0,46	25,53	10,85	11,35	1,8	1,13	3,40	1,98	1,42	1,4	37,29	61,97
	14-38	0,81	10,00	42,00	27,20	14,80	1,80	27,50	11,50	16,25	0,7	3,12	11,37	9,00	2,37	3,8	5,81	93,99

Tabela 6. Skład chemiczny całkowity gleb karpackich
Table 6. Total chemical composition of Carpathian soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Symbol Horizon	Składniki (w procentach wagowych) – Components, in weight %						
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
1	0-16	Ap	75,52	9,57	4,81	0,53	0,69	1,54	1,07
	16-46	Bbr	73,99	12,03	5,36	0,50	0,64	1,46	1,10
	50-80	BbrCg	66,38	14,25	7,87	1,13	1,67	2,02	1,16
2	0-23	Ap	80,63	7,08	3,47	0,43	0,52	1,37	1,50
	25-50	Bbr	80,15	10,59	2,27	0,74	0,72	1,46	1,33
	68-98	BbrCg	70,61	14,87	4,94	1,26	0,95	1,66	1,63
3	0-16	Ap	79,96	8,59	3,10	1,36	0,75	1,38	1,02
	16-45	Bbr	66,78	12,00	8,69	1,61	0,92	1,21	0,83
	45-100	BbrCg	66,33	13,75	6,26	1,81	1,08	2,42	1,75
4	0-20	Ap	84,92	6,91	1,55	0,91	0,22	1,32	0,40
	25-54	B1br	88,68	5,75	1,39	0,28	0,14	1,52	0,34
	63-100	B2brC1	88,70	6,94	0,60	0,25	0,25	1,78	0,62
	100-145	B2brC2	88,60	8,11	0,64	0,20	0,15	1,32	0,34
5	1-14	A	87,39	5,08	1,10	0,49	0,20	1,18	0,34
	14-38	BbrC	88,45	6,39	0,84	0,42	0,15	1,20	0,40
	38-55	C	89,81	5,88	0,76	0,22	0,20	1,80	0,24

Tabela 7. Skład granulometryczny gleb regionu lubelskiego (metodą areometryczną)
Table 7. Granulometric composition of the Lublin regions soils (by areometric method)

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Symbol Horizon	% ziarn o średnicy – Grains % of diameter in mm									
			1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	1-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	<0,02
6	5-15	Ap	0,0	0,1	0,3	0,4	16,6	47	25	2	9	27
	25-40	Eet	0,1	0,1	0,3	0,5	15,5	48	25	3	8	36
	50-70	Bt	0,0	0,1	0,2	0,3	17,7	41	18	4	19	39
	250-270	Cca	0,4	0,3	0,5	1,2	15,8	43	23	7	10	40
7	5-15	Ap	0,3	0,1	1,0	1,4	16,6	43	22	5	12	39
	50-65	A	0,3	0,1	0,9	1,3	16,7	41	23	2	16	41
	80-95	A/C	0,3	0,1	0,8	1,2	15,8	41	25	3	14	42
	140-160	Cca	0,1	0,1	0,3	0,5	15,5	53	20	5	6	31
8	5-15	Ap	0,5	0,9	1,6	3,0	19,0	54	12	1	11	24
	50-65	Bbr	0,2	0,1	0,3	0,6	17,4	45	17	4	16	37
	150-170	Cca	0,2	0,2	0,3	0,7	20,3	48	18	6	7	31
9	5-15	Ap	0,2	0,3	0,4	0,9	18,1	49	20	2	10	32
	27-37	Eet	0,2	0,2	0,3	0,7	16,3	42	24	4	13	41
	45-55	BtC	0,2	0,1	0,2	0,5	16,5	39	20	5	19	44
10	5-20	Ap				59	13	14	7	1	6	14
	30-40	ABbr				57	16	12	7	1	9	17
	45-55	Bbr				56	12	12	7	1	12	20
	70-80	IIC1				95	0	0	0	0	5	5
	90-100	IIC2				99	1	0	0	0	0	0
	120-140	IIC3				99	1	0		0	0	0
11	5-20	Ap				74	3	12	8	2	2	12
	30-40	Bbr				79	4	7	8	0	2	10
	55-65	IIC				98	1	1	0	0	0	0

Tabela 8. Procentowa zawartość frakcji granulometrycznych gleb regionu lubelskiego (po wydzieleniu)
Table 8. The percentage content of granulometric fraction of the Lublin region soils (after separation)

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	% ziarn o średnicy w mm Grains % of diameter in mm											
		1-0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	1-0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,02	0,02- 0,005	0,005- 0,002	<0,002	<0,001	0,002- 0,0002	<0,0002
6	5-15			7,9	0,6	7,0	47,5	30,0	7,0	7,9	2,7	2,7	5,2
	25-40			5,1	0,3	7,9	54,4	28,7	3,6	5,1	2,9	3,5	1,6
	50-70			20,6	0,2	7,1	49,6	18,2	4,3	20,6	17,7	9,6	11,0
	250-270			16,9	0,2	5,5	49,7	24,0	3,7	16,9	14,7	8,1	8,8
7	5-15			19,2	0,5	4,4	46,7	21,9	7,3	19,2	8,7	11,0	8,2
	50-70			21,5	0,1	4,8	49,3	20,1	4,2	21,5	8,9	13,0	8,5
	80-95			23,6	0,2	5,9	49,9	17,7	2,7	23,6	14,8	10,9	12,7
	140-160			14,3	0,3	6,7	60,2	15,5	3,0	14,3	9,2	5,1	9,2
8	5-15			9,4	3,7	12,1	46,3	24,3	4,2	9,4	8,5	6,9	2,5
	50-65			21,2	0,4	12,1	45,5	18,1	2,7	21,2	12,1	12,1	9,1
	140-160			11,0	0,9	13,1	52,6	20,0	2,4	11,0	8,1	6,0	5,0
9	5-15			8,0	1,8	10,5	45,9	27,9	5,9	8,0	3,4	5,9	2,1
	27-37			12,8	0,7	8,9	45,4	26,8	5,4	12,8	6,5	7,1	5,7
	45-55			23,8	0,5	7,6	46,2	18,8	3,1	23,8	12,4	12,6	11,2
10	5-20	5,0	23,0	37,8	65,8	9,2	12,7	5,7	2,3	4,3	2,2	3,7	0,6
	30-40	4,0	23,0	34,0	61,0	10,5	14,5	5,8	2,2	6,0	3,3	4,9	1,1
	45-55	5,4	18,8	30,0	54,2	10,2	14,2	6,4	2,4	12,6	9,1	6,9	5,7
11	5-15	16,3	40,8	17,0	74,1	2,5	10,7	7,8	2,5	2,4	1,3	2,1	0,3
	30-40	20,7	44,4	14,6	79,7	2,6	8,8	5,7	1,6	1,6	← 0,4	1,6	→
	55-65	18,6	59,5	19,1	97,2	0,8	1,2	←	0,8	←	→	→	→

Tabela 9. Niektóre cechy fizyczne gleb regionu lubelskiego
Table 9. Some physical properties of the Lublin region soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Gęstość fazy stałej Particle density (Mg·m ⁻³)	Gęstość objętośc. Bulk density (Mg·m ⁻³)	Porowatość ogólna Total porosity (%)	Woda higroskopowa Hygroscopic water	
					zwycz. reg. (%)	maks. max (%)
6	5-15	2,58	1,28	50,4	0,46	0,7
	25-40	2,63	1,51	42,6	0,19	0,4
	50-70	2,67	1,55	41,9	0,75	1,9
	250-270	2,67	1,58	40,8	0,46	1,2
7	5-15	2,56	1,32	48,4	1,15	2,3
	50-65	2,60	1,32	49,2	1,10	2,2
	80-95	2,63	1,35	48,6	0,72	1,9
	140-160	2,67	1,56	41,6	0,19	0,9
8	5-15	2,58	1,32	50,2	0,48	1,2
	50-65	2,67	1,47	44,9	0,65	2,0
	150-170	2,62	1,43	45,4	0,17	0,6
9	5-15	2,60	1,38	46,9	0,41	0,8
	27-37	2,65	1,51	43,0	0,38	1,0
	45-55	2,65	1,52	42,6	0,95	2,3
10	5-15	2,54	1,54	39,4	0,67	1,32
	35-40	2,61	1,50	42,5	0,56	1,37
	45-50	2,61	1,51	42,1	1,03	2,80
11	5-20	2,57	1,59	38,1	0,59	1,00
	30-40	2,60	1,65	36,5	0,35	0,71
	55-65	2,63	1,58	39,9	0,10	0,24

Tabela 10. Wybrane właściwości fizyczno-wodne gleb regionu lubelskiego

Table 10. Some physical-water properties of the Lublin region soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Zawartość wody w % objętościowych przy pF Water content in volumetric percentage at pF									Pory – Pores		
		0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	2,7	3,0	3,4	4,2	makro – macro pF 0-2	mezo – meso pF 2-4,2	Mikro – micro pF >4,2
6	5-15	48,5	47,5	46,5	44,5	33,0	26,5	13,5	12,0	6,0	7,2	38,5	6,0
	25-40	40,5	39,0	37,0	33,5	25,5	20,5	16,0	12,0	7,0	9,5	26,5	7,0
	50-70	41,0	40,5	39,0	37,0	34,0	33,0	30,5	26,5	19,0	4,5	18,0	19,0
	250-270	40,0	39,5	37,5	34,5	31,0	29,5	26,5	22,0	15,0	5,9	19,5	15,0
7	5-15	48,0	46,5	44,5	41,0	36,0	33,0	29,0	24,4	16,0	9,2	25,0	16,0
	50-65	47,0	45,0	41,5	37,5	33,0	31,5	28,5	25,5	19,0	12,7	18,5	19,0
	80-95	46,0	45,0	43,0	40,0	35,5	33,5	30,0	26,0	19,0	9,1	21,0	19,0
	140-160	39,5	39,0	38,0	36,0	29,0	25,0	19,0	14,5	8,5	5,1	27,5	8,5
8	5-15	49,0	48,5	46,5	41,0	27,5	23,5	19,0	15,0	10,0	9,2	31,0	10,0
	50-65	44,5	44,0	42,0	38,0	20,5	16,5	14,0	11,5	7,5	6,2	30,5	7,5
	150-170	45,0	44,5	43,5	39,0	19,5	16,0	13,0	10,5	7,0	7,0	32,0	7,0
9	5-15	44,0	43,0	42,0	40,5	35,5	31,5	21,0	12,0	7,0	7,4	33,5	7,0
	27-37	40,0	39,5	38,0	35,5	30,5	26,6	20,0	14,5	8,5	7,5	27,0	8,5
	45-55	41,5	40,5	38,5	35,5	31,5	29,5	26,0	21,0	14,5	7,1	21,0	14,5

Tabela 11. Niektóre właściwości chemiczne gleb regionu lubelskiego

Table 11. Some chemical properties of the Lublin region soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Symbol Horizon	C (%)	Próchnica Organic matter (%)	N (%)	C:N	CaCO ₃ (%)	pH		Przyswajalne mg/100 g gleby Available mg/100g of soil	
								H ₂ O	KCl	P ₂ O ₅	K ₂ O
6	5-15	Ap	1,20	2,10	0,10	12,0	0,0	4,8	4,3	2,8	11,2
	25-40	Eet	0,17	0,31	0,01	17,0	0,0	6,0	4,8	6,0	6,2
	50-70	Bt	0,11	0,20	0,01	11,8	0,0	5,5	4,2	8,7	8,1
	250-270	Cca					7,7	8,6	7,7	5,3	7,8
7	5-15	Ap	2,10	3,60	0,15	14,0	0,0	7,4	6,5	13,0	13,1
	50-65	A	1,50	2,60	0,09	16,7	0,0	7,7	6,9	3,0	6,2
	80-95	A/C	0,80	1,35	0,04	20,0	0,0	7,9	7,0	2,2	7,5
	140-160	Cca					8,7	8,5	7,9	8,7	6,2
8	5-15	Ap	1,86	3,20	0,14	13,3	0,0	7,2	6,8	26,0	45,0
	50-65	Bbr	0,19	0,30	0,01	19,0	0,0	7,9	7,0	21,7	8,1
	150-170	Cca					11,1	8,7	8,1	5,6	7,8
9	5-15	Ap	1,08	1,90	0,08	13,5	0,0	6,9	6,3	6,0	11,9
	27-37	Eet	0,25	0,40	0,03	8,3	0,0	5,6	4,5	6,3	3,7
	45-55	Bt	0,18	0,30	0,01	18,0	0,0	5,5	4,2	9,7	7,5
	90-100	IIC					0,0	6,4	5,4	26,7	8,1
10	5-20	Ap	0,65	1,12	7,3	7,3	0,0	4,2	3,8	4,6	9,0
	30-40	ABbr	0,20	0,34	8,0	8,0	0,0	5,4	4,4	1,6	2,2
	45-55	Bbr					0,0	5,7	5,0	2,2	4,5
11	5-20	Ap	1,15	1,98	0,05	23,0	0,0	4,8	3,7	8,1	9,0
	30-40	Bbr	0,40	0,69	0,02	20,0	0,0	4,7	4,0	3,8	1,5
	55-65	IIC					0,0	5,6	4,3	1,4	1,5

Zdolności sorpcyjne kształtują się głównie w zależności od składu granulometrycznego a ponadto od typu i poziomu genetycznego gleby (tab. 12). W glebach wytworzonych z lessów odbiegają one znacząco od analogicznych właściwości w glebach piaszkowych. W glebach z lessów kationem decydującym o sumie kationów w kompleksie sorpcyjnym, a także o stopniu nasycenia jest Ca. Jedynie w górnych poziomach gleby płowej w równorzędnej wielkości występuje H. W drugiej kolejności występuje Mg bądź Mg i H, w następnej – K i Na. Zawartość kationów zasadowych i stopień nasycenia kationami zasadowymi są w trzech profilach gleb lessowych bardzo wysokie. W glebach piaszkowych dominuje H, suma kationów zasadowych i pojemność sorpcyjna oraz stopień nasycenia są na ogół niskie.

W tabeli 13 zestawiono skład frakcjonalny próchnicy w badanych glebach. Duży udział substancji organicznej gleb, przede wszystkim w glebach lessowych, mają huminy i ulminy (37-43%). W glebach piaszkowych wynosi ona mniej (20-33%). Bituminy w glebach z lessów stanowią do kilku procent, trochę więcej natomiast w glebie piaskowej gliniastej mocnej. Cechą następną jest przewaga w glebach lessowych kwasów fulwowych nad huminowymi, i to zarówno rozpuszczalnych w pirofosforanie jak i w NaOH, a w glebie płowej lessowej i lessowatej – nawet rozpuszczalne w NaOH po hydrolizie. W glebie piaskowej jest to trochę bardziej zróżnicowane. Kwasy fulwowe rozpuszczalne w pirofosforanie przeważają w obu glebach, natomiast rozpuszczalne w NaOH przed i po hydrolizie występują w równych ilościach a nawet kwasy huminowe przeważają.

Całkowity skład chemiczny gleb (tab. 14) wykazuje na ogół małe zróżnicowanie. Najważniejszym składnikiem jest krzemionka (73-98%), następne miejsce przypada na glin ale zaledwie z zawartością kilku procent, maksymalnie do około 10%. W glebach piaszkowych obserwuje się jedynie trochę wyższą zawartość krzemionki a niższą potasu.

Ostatnie trzy profile reprezentują zupełnie inne gleby. Profil 12 wytworzony z osadów aluwialnych Wisły reprezentuje mady właściwe o składzie utworów pyłowych, przeważnie zwykłych (tab. 15), o odczynie zbliżonym do obojętnego (tab. 16) i wysokim stopniu wysycenia kationami o charakterze zasadowym (84-93%). W ich kompleksie sorpcyjnym dominuje Ca i Mg (tab. 17).

Gleba w profilu 13 zbudowana jest z warstw o różnym składzie granulometrycznym. Górne warstwy wykazują skład lekkich glin pylistych, dolne – piasków gliniastych pylistych a nawet słabo glinistych (tab. 15). Ich odczyn jest silnie kwaśny w całym profilu, w najgłębszym poziomie (podścielającym) – słabo kwaśny (tab. 16). W kompleksie sorpcyjnym dominują Ca i Mg, w górnych poziomach również H. Stopień wysycenia kationami o charakterze zasadowym, jak na silnie kwaśną glebę, jest wysoki (53% do prawie 89% – tab. 17). Stąd problem zaliczenia omawianej gleby do brunatnych kwaśnych czy wylugowanych.

Tabela 12. Właściwości sorpcyjne gleb regionu lubelskiego

Table 12. Sorptive properties of the Lublin region soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Symbol Horizon	Kationy wymienne cmol (+)·kg ⁻¹ gleby Exchangeable cations cmol (+) kg ⁻¹ of soil							
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	H ⁺	T	V%
6	5-15	Ap	5,92	0,41	0,42	0,14	6,80	5,40	12,29	56,06
	25-40	Eet	4,03	0,20	0,30	0,08	4,61	2,52	7,13	64,66
	50-70	Bt	20,60	1,60	0,42	0,56	23,18	3,81	26,99	85,88
	250-270	Cca	52,90	1,85	3,86	1,37	59,98	0,28	60,26	99,53
7	5-15	Ap	44,10	1,93	0,41	1,23	47,67	1,11	48,78	97,72
	50-65	A	33,10	2,28	0,27	0,87	36,52	0,75	37,27	97,99
	80-95	A/C	38,80	1,74	0,38	1,06	41,98	0,63	42,61	98,52
	140-160	Cca	46,25	1,52	3,00	1,25	52,92	0,27	53,19	99,49
8	5-15	Ap	31,80	1,72	1,30	0,93	35,75	1,71	37,46	95,43
	50-65	Bbr	30,20	1,93	0,42	0,92	33,47	1,18	34,65	96,59
	150-170	Cca	55,40	1,64	3,90	1,57	62,51	0,21	62,72	99,66
9	5-15	Ap	19,90	0,51	0,49	0,56	21,46	2,25	23,71	90,51
	27-37	Eet	12,00	0,56	0,25	0,30	13,11	3,39	16,50	79,45
	45-55	Bt	24,00	0,63	0,40	0,58	25,61	4,50	30,11	85,05
	90-100	IIC	29,00	0,81	0,36	0,87	31,04	2,19	33,23	93,41
10	5-20	Ap	0,47	0,39	0,17	0,01	1,04	5,20	6,24	16,66
	30-40	ABbr	2,30	0,48	0,05	0,06	2,89	1,80	4,69	61,62
	45-55	Bbr	4,17	1,08	0,10	0,12	5,47	1,03	6,50	84,15
11	5-20	Ap	0,59	0,13	0,19	0,05	0,96	3,70	4,66	20,60
	30-40	Bbr	0,32	0,12	0,05	0,02	0,51	2,38	2,89	17,65
	55-65	IIC	0,16	0,19	0,04	0,02	0,41	0,48	0,89	46,07

Tabela 13. Skład frakcyjny próchnicy gleb lubelskich
Table 13. Fractional composition of humus of the Lublin region soils

Profil nr – Profile No	Głębokość – Depth (cm)	Symbol – Horizon	C ogółem – Total organic C (%)	C bitumen – C of bitumins (%)	C frakcji w Na ₄ P ₂ O ₇ C in Na ₄ P ₂ O ₇ (%)				C rozpuszczalny w 0,1 M NaOH C in 0,1 M NaOH (%)				C rozpuszcz. w 0,1 M NaOH po hydrolizie C in 0,1 M NaOH after hydrolysis (%)					
					C całości – Total C (%)	C kh	C kf	C kh : C kf	C całości – Total C	C kh	C kf	C kh : C kf	C rozp. w 0,25 M H ₂ SO ₄ C in 0,25 M H ₂ SO ₄	C całości – Total C	C kh	C kf	C kh : C kf	C humin i ulmin C of humins and ulmins (%)
6	5-15	Ap	1,18	0,07*	0,27	0,09	0,18	0,50	0,34	0,11	0,23	0,48	0,02	0,06	0,02	0,04	0,50	0,42
			5,93**	22,88	7,63	15,25	28,81	9,32	19,49	1,70	5,08	1,69	3,39	35,60				
7	5-15	Ap	1,87	0,06	0,40	0,16	0,24	0,67	0,35	0,14	0,21	0,67	0,02	0,28	0,22	0,06	3,67	0,76
			3,21	21,39	8,56	12,83	18,72	7,49	11,23	1,07	14,97	11,76	3,21	40,64				
7	50-65	A	1,42	0,03	0,38	0,17	0,21	0,81	0,25	0,11	0,14	0,79	0,02	0,29	0,26	0,03	8,67	0,45
			2,11	26,76	11,97	14,79	17,61	7,75	9,89	1,41	20,42	18,31	2,11	31,69				
7	80-90	A/C	0,77	0,01	0,27	0,11	0,16	0,65	0,12	0,05	0,07	0,71	0,01	0,15	0,09	0,06	1,50	0,21
			1,30	35,06	14,29	20,77	15,58	6,49	9,09	1,30	19,48	11,69	7,79	27,28				
8	5-15	Ap	1,59	0,06	0,21	0,07	0,14	0,50	0,41	0,16	0,25	0,64	0,02	0,20	0,14	0,06	2,33	0,69
			3,77	13,21	4,40	8,81	25,79	10,06	15,73	1,26	12,58	8,81	3,77	43,39				
9	5-15	Ap	0,99	0,06	0,17	0,06	0,11	0,54	0,30	0,11	0,19	0,58	0,02	0,06	0,02	0,04	0,50	0,38
			6,06	17,17	6,06	11,11	30,30	11,11	19,19	2,02	6,06	2,02	4,04	38,39				

Tabela 13. cd.
Table 13. Cont.

Profil nr – Profile No	Głębokość – Depth cm	Symbol – Horizon	C ogółem – Total organic C (%)	C bitumin – C of bitumins (%)	C frakcji w Na ₄ P ₂ O ₇ C in Na ₄ P ₂ O ₇ (%)				C rozpuszczalny w 0,1 M NaOH C in 0,1 M NaOH (%)				C rozpuszcz. w 0,1M NaOH po hydrolizie C in 0,1 M NaOH after hydrolysis (%)				C humin i ulmin C of humins and ulmins (%)	
					C całości – Total C (%)	C kh	C kf	C kh : C kf	C całości – Total C	C kh	C kf	C kh : C kf	C rozp. w 0,25 M H ₂ SO ₄ C in 0,25 M H ₂ SO ₄	C całości – Total C	C kh	C kf		C kh : C kf
10	5-20	Ap	0,70	0,08	0,20	0,09	0,11	0,82	0,20	0,10	0,10	1,00	0,01	0,04	0,02	0,02	1,00	0,16
				11,42	28,57	12,86	15,71		28,57	14,28	14,28		1,43	5,71	2,85	2,85		22,87
10	30-40	ABbr	0,20	0,01	0,05	0,02	0,03	0,67	0,07	0,03	0,10	0,75	0,01	0,02	0,01	0,01	1,00	0,04
				5,00	25,00	10,00	15,00		35,00	15,00	14,28		5,00	10,00	5,00	5,00		20,00
11	5-20	Ap	1,12	0,02	0,31	0,12	0,19	0,63	0,32	0,20	0,12	1,67	0	0,05	0,04	0,01	4,00	0,37
				1,79	27,68	10,71	16,97		28,57	17,86	10,71			4,46	3,57	0,89		33,04
11	30-40	Bbr	0,33	0,02	0,16	0,07	0,09	0,78	0,08	0,04	0,04	1,00	0	0,02	0,01	0,01	1,00	0,04
				6,06	48,48	21,21	27,27		24,24	12,12	12,12			6,06	3,03	3,03		12,12

* W rzędzie górnym – udział w procentach wagowych w stosunku do ogólnej masy próbki.

In the top line – volumetric per cent content in relation to the total sample mass.

** W rzędzie dolnym – udział w procentach w stosunku do zawartości węgla glebowego,

In the bottom line – volumetric per cent content in relation to the soil carbon content.

Tabela 14. Całkowity skład chemiczny gleb regionu lubelskiego (w procentach)**Table 14.** Total chemical composition of the Lublin region soils (in per cent)

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Symbol Horizon	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
6	5-15	Ap	85,17	6,86	1,61	0,56	0,40	2,17	0,55	0,46	0,03
	25-40	Eet	86,79	6,89	1,48	0,52	0,37	2,37	0,52	0,41	0,04
	50-70	Bt	80,45	9,64	2,99	0,66	0,66	2,32	0,50	0,35	0,02
	250-270	Cca	75,16	8,32	2,18	4,62	1,13	2,17	0,92	0,36	0,04
7	5-15	Ap	78,25	7,73	2,86	1,36	0,73	2,27	0,55	0,25	0,04
	50-65	A	78,54	8,55	3,04	1,22	0,54	2,30	0,55	0,42	0,06
	80-95	A/C	80,98	8,27	2,89	0,98	0,60	2,30	0,62	0,52	0,08
	140-160	Cca	77,20	7,37	2,13	5,32	1,13	2,02	1,00	0,39	0,06
8	5-15	Ap	82,30	10,53	2,04	1,05	0,46	2,30	0,75	0,40	0,10
	50-65	Bbr	79,68	9,62	3,08	1,01	0,82	2,45	0,54	0,46	0,13
	150-170	Cca	73,72	7,54	1,73	6,44	1,46	2,17	0,97	0,37	0,06
9	5-15	Ap	83,94	7,05	1,45	0,70	0,40	2,22	0,47	0,32	0,04
	27-37	Eet	83,63	8,13	2,32	0,84	0,51	2,37	0,66	0,40	0,09
	45-55	Bt	79,06	9,97	3,75	0,70	0,71	2,37	0,45	0,47	0,13
10	5-20	Ap	89,85	5,49	0,89	0,38	0,62	0,82	0,68	0,24	0,07
	30-40	ABbr	89,19	6,37	1,25	0,49	0,59	0,90	0,69	0,30	0,04
	45-55	Bbr	86,05	8,03	2,14	0,56	0,78	0,98	0,73	0,27	0,05
11	5-20	Ap	93,22	2,95	0,52	0,21	0,25	0,64	0,18	0,15	0,07
	30-40	Bbr	94,58	3,19	0,52	0,17	0,18	0,64	0,17	0,15	0,05
	55-65	Cca	98,01	1,53	0,14	0,16	0,10	0,64	0,08	0,03	0,02

Tabela 15. Skład granulometryczny gleb regionu warszawskiego (po wydzieleniu)
Table 15. Granulometric composition of the Warsaw regions soils (after separation)

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Symbol Horizon	% ziarn o średnicy w mm – Grains % of diameter in mm										
			1- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	1-0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,02	0,02- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,002	<0,002	<0,02
12	0-30	Ap	0,0	6,0	20,3	26,3	22,6	20,2	7,5	8,4	5,0	10,0	30,9
	30-60	Bbr	0,0	0,2	6,8	7,0	19,0	35,0	10,4	1,4	7,8	19,4	39,0
	60-90	BbrC	0,0	2,5	21,3	23,8	12,0	26,3	6,5	4,1	4,5	12,8	27,9
	90-120	C1gg	0,0	1,3	6,7	8,0	14,5	40,3	11,4	6,2	4,1	15,5	37,2
	120-150	C2gg	0,0	0,0	22,5	22,5	15,5	29,6	10,0	3,1	2,8	16,5	32,4
13	0-25	Ap	1,1	7,1	33,2	41,4	13,2	17,9	6,7	4,3	3,5	13,0	27,5
	25-50	ABbr	1,2	6,3	34,9	42,4	12,3	18,9	6,5	3,0	3,5	12,4	25,4
	50-70	Bbr	0,4	3,8	27,7	31,9	13,0	15,6	6,2	3,4	4,1	25,8	39,5
	70-90	II Bbr	0,2	1,0	30,6	31,8	34,8	11,6	2,1	2,3	1,6	15,8	21,8
	90-120	III C1	0,1	2,7	48,6	51,4	14,6	14,4	2,8	1,7	1,4	13,6	19,5
	120-150	III C2	0,3	5,0	39,9	45,2	16,3	18,4	3,0	1,9	2,4	12,7	20,0
	150-175	III C3	0,3	20,2	46,3	66,8	11,0	6,7	10,0	0,6	1,0	3,8	15,4
175-200	III C4	0,2	26,1	52,7	79,0	10,2	4,6	0,8	0,4	0,6	4,4	6,2	
14	0-25	Ap	5,7	14,7	35,6	56,0	15,4	8,6	4,3	4,3	4,2	7,2	20,0
	25-50	Bbr	4,4	11,8	23,6	45,8	18,5	7,5	5,6	5,5	6,2	10,5	28,2
	50-75	II Bbr	1,5	2,7	13,2	23,4	14,8	6,7	5,5	7,3	3,4	32,3	55,1
	75-100	II C	1,3	4,6	16,8	22,7	13,7	6,0	7,0	7,7	3,1	33,8	57,6
	100-125	II C1ca	1,6	4,8	3,5	15,3	21,8	3,6	6,4	8,3	10,8	33,2	58,7
	125-150	II C2ca	1,8	5,2	14,6	21,6	13,3	6,9	8,8	8,6	8,0	32,8	58,2

Tabela 16. Niektóre właściwości chemiczne gleb regionu warszawskiego

Table 16. Some chemical properties of the Warsaw region soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Symbol Horizon	% ziarn o średnicy w mm – Grains % of diameter in mm										
			1- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	1-0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,02	0,02- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,002	<0,002	<0,02
12	0-30	Ap	0,0	6,0	20,3	26,3	22,6	20,2	7,5	8,4	5,0	10,0	30,9
	30-60	Bbr	0,0	0,2	6,8	7,0	19,0	35,0	10,4	1,4	7,8	19,4	39,0
	60-90	BbrC	0,0	2,5	21,3	23,8	12,0	26,3	6,5	4,1	4,5	12,8	27,9
	90-120	C1gg	0,0	1,3	6,7	8,0	14,5	40,3	11,4	6,2	4,1	15,5	37,2
	120-150	C2gg	0,0	0,0	22,5	22,5	15,5	29,6	10,0	3,1	2,8	16,5	32,4
13	0-25	Ap	1,1	7,1	33,2	41,4	13,2	17,9	6,7	4,3	3,5	13,0	27,5
	25-50	ABbr	1,2	6,3	34,9	42,4	12,3	18,9	6,5	3,0	3,5	12,4	25,4
	50-70	Bbr	0,4	3,8	27,7	31,9	13,0	15,6	6,2	3,4	4,1	25,8	39,5
	70-90	II Bbr	0,2	1,0	30,6	31,8	34,8	11,6	2,1	2,3	1,6	15,8	21,8
	90-120	III C1	0,1	2,7	48,6	51,4	14,6	14,4	2,8	1,7	1,4	13,6	19,5
	120-150	III C2	0,3	5,0	39,9	45,2	16,3	18,4	3,0	1,9	2,4	12,7	20,0
	150-175	III C3	0,3	20,2	46,3	66,8	11,0	6,7	10,0	0,6	1,0	3,8	15,4
175-200	III C4	0,2	26,1	52,7	79,0	10,2	4,6	0,8	0,4	0,6	4,4	6,2	
14	0-25	Ap	5,7	14,7	35,6	56,0	15,4	8,6	4,3	4,3	4,2	7,2	20,0
	25-50	Bbr	4,4	11,8	23,6	45,8	18,5	7,5	5,6	5,5	6,2	10,5	28,2
	50-75	II Bbr	1,5	2,7	13,2	23,4	14,8	6,7	5,5	7,3	3,4	32,3	55,1
	75-100	II C	1,3	4,6	16,8	22,7	13,7	6,0	7,0	7,7	3,1	33,8	57,6
	100-125	II C1ca	1,6	4,8	3,5	15,3	21,8	3,6	6,4	8,3	10,8	33,2	58,7
	125-150	II C2ca	1,8	5,2	14,6	21,6	13,3	6,9	8,8	8,6	8,0	32,8	58,2

Tabela 17. Właściwości sorpcyjne gleb regionu warszawskiego

Table 17. Some chemical properties of the Warsaw region soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth – (cm)	Symbol – Horizon	Kationy wymienne gleby cmol (+)·kg ⁻¹ Exchalanqeable cations cmol (+) kg ⁻¹ of soil							V%
			Ca	Mg	K	Na	S	H	T	
12	0-30	Ap	8,64	2,84	0,78	1,00	13,26	2,54	15,80	83,9
	30-60	Bbr	7,90	4,65	0,42	1,20	14,17	1,30	15,47	91,6
	60-90	BbrC	9,92	2,40	0,87	0,91	14,10	1,13	15,23	92,6
	90-120	C1gg	9,30	1,52	0,36	1,39	12,57	1,38	13,95	90,1
	120-150	C2gg	12,10	3,31	0,50	1,80	17,71	1,30	19,01	93,2
13	0-25	Ap	2,17	0,78	0,10	0,14	3,19	2,84	6,03	52,9
	25-50	ABbr	3,60	1,47	0,11	0,23	5,41	2,47	7,88	68,6
	50-70	Bbr	6,30	2,13	0,14	0,30	8,87	2,28	11,15	79,5
	70-90	II Bbr	7,80	2,37	0,17	0,47	10,81	2,81	13,62	79,4
	90-120	III C1	4,82	1,00	0,11	0,61	6,54	1,12	7,66	85,4
	120-150	III C2	6,15	1,08	0,14	0,63	8,00	1,50	9,50	84,2
	150-175	III C3	4,83	1,00	0,10	0,45	6,38	0,82	7,20	88,6
175-200	III C4	2,87	0,40	0,07	0,09	3,43	0,50	3,93	87,3	
14	0-25	Ap	2,40	0,16	0,58	0,06	3,20	5,50	8,70	36,8
	25-50	Bbr	2,17	0,20	0,20	0,09	2,66	3,74	6,40	41,6
	50-75	II Bbr	8,50	1,02	0,26	0,22	10,00	5,00	15,00	66,7
	75-100	II C	4,20	1,03	0,30	0,26	10,79	4,00	14,79	72,9
	100-125	II C1ca	21,25	1,45	0,31	0,45	23,46	3,00	26,46	88,7
	125-150	II C2ca	25,30	1,15	0,26	0,48	27,19	2,50	29,69	91,6
	150-175	II C3ca	27,12	1,15	0,24	0,52	29,03	2,50	31,53	92,1
	175-200	II C4ca	25,30	1,42	0,23	0,49	27,44	2,74	30,18	90,9

Profil 14 ilustruje glebę wytworzoną z glin zwałowych ciężkich, spiaszczonych silnie w wyniku procesów peryglacialnych w warstwach powierzchniowych (do głębokości około 50 cm, tab. 15). Omawiane gleby wykazują odczyn kwaśny, a w głębszych poziomach – obojętny; w tych też warstwach występują węglany (tab. 16). Stopień wysycenia w powierzchniowych poziomach jest niski (około 37%), rośnie z głębokością (do 92%) i jest skorelowany z zawartością węglanów. Głównymi kationami w górnych poziomach H oraz Ca, głębiej Ca z udziałem H i Mg (tab. 17). Opisywana gleba należy do brunatnych wylugowanych.

Należy również podkreślić, że opisane trzy profile glebowe odznaczają się, mimo znacznych różnic, niską zawartością próchnicy (1,6-2%) a także małą zawartością azotu. Stosunek C:N jest dosyć wąski (tab. 16).

Tabela 18 zawiera dane dotyczące niektórych cech fizycznych profili 12-14, natomiast w tabeli 19 zestawiono wyniki wiązania wody w profilach 13 i 14. Wynika z nich, że gleba z utworów staroaluwialnych (profil 13) wykazuje korzystniejsze stosunki wodne (większa zawartość mezopor i wody dostępnej dla roślin) niż z gliny ciężkiej (profil 14).

Podobnie jak w poprzednich glebach, całkowity skład chemiczny gleb warszawskich nie jest specjalnie złożony (tab. 20). Głównym składnikiem jest SiO_2 (od około 69 do 96%). Jednakże skład profilu nr 13 różni się nieco od składu profilu nr 14. W tym ostatnim więcej występuje tlenków glinu, żelaza i potasu; ich zawartości wahają się w przedziale 2,5-8%.

5. SKŁAD MINERALOGICZNY FRAKCJI GRANULOMETRYCZNYCH

W składzie mineralogicznym frakcji piasku oraz pyłowych w glebach karpackich nie ma wielkiego zróżnicowania (tab. 21). Dominuje, naturalnie, kwarc, którego zawartość wynosi około 80-90%, z wyjątkiem profilu 1 (50-80%). Skalenie, muskowit oraz ziarna nieprzezroczyste zajmują następną pozycję, choć daleko za kwarcem. Te ostatnie występują w ilościach 1-40% (sporadycznie), skalenie 2-17%, a muskowit 1-12%. Trudno jednak dopatrzeć się określonych prawidłowości w ich ilościowym występowaniu, czy to zależnie od profilu, poziomu glebowego czy też frakcji granulometrycznej.

Frakcja koloidalna składa się z szeregu minerałów, przy czym główną pozycję zajmuje kwarc, skalenie, kaolinit i illit (tab. 22). Kwarc i kaolinit w ilościach 15-40% występuje w profilu 4 i 5, a w trochę mniejszych – illit (15-30%), przy czym w profilu 1, 2, 3 jest go bardzo mało. Spore ilości kwarcu stwierdza się w profilu 1 i 2 (do 15%). Pozostałe minerały, jak: chloryt, wermikulit, illit/chloryt, illit/montmorillonit, kalcyt, dolomit, syderyt, hematyt, anataz występują w ilościach śladowych (do 1%) lub ich brak. Nie widzi się prawidłowości w ich ilościach, zależnych od gleby czy poziomu genetycznego.

Tabela 18. Niektóre cechy fizyczne gleb regionu warszawskiego
Table 18. Some physical properties of the Warsaw region soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Gęstość fazy stałej Particle density (Mg·m ⁻³)	Gęstość objęt. Bulk density (Mg m ⁻³)	Porowatość ogólna Total porosity (%)	Woda higroskop.- Hygroscopic water	
					zwycz. reg. (%)	maks. max (%)
12	0-30	2,60	1,50	42,3	2,18	4,51
	30-60	2,58	1,44	44,5	3,10	7,05
	60-90	2,61	1,40	46,7	1,21	3,67
	90-120	2,57	1,37	46,6	2,47	5,34
	120-150	2,62	1,47	42,7	2,48	4,82
13	0-25	2,58	1,38	45,2	4,56	8,71
	25-50	2,55	1,40	44,5	3,94	6,55
	50-70	2,56	1,36	46,9	5,26	7,41
	70-90	2,56	1,41	46,3	4,18	6,24
	90-120	2,56	1,46	42,5	5,02	7,04
	120-150	2,60	1,40	45,3	3,27	4,12
	150-175	2,57	1,52	40,9	2,86	3,86
175-200	2,56	1,50	40,4	2,64	4,16	
14	0-25	2,58	1,50	49,4	1,86	2,64
	25-50	2,63	1,62	47,8	2,04	3,30
	50-75	2,58	1,55	48,4	3,21	7,02
	75-100	2,55	1,65	47,7	2,17	4,80
	100-125	2,59	1,67	45,6	2,24	4,54
	125-150	2,60	1,72	46,6	3,28	5,36

Tabela 19. Wybrane właściwości fizyczno-wodne gleb regionu warszawskiego

Table 19. Some physical – water properties of the Warsaw region soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Symbol – Horizon	Zawartość wody w % objętościowych przy pF Water content in volumetric percentage at pF										Pory – Pores		
			0,03	0,06	0,10	0,15	0,25	0,34	0,70	1,00	15,00	50,00	makro – macro pF 0-2	mezo – meso pF 2-4,2	mikro – micro pF>4,2
12	0-30	Ap	32,1	27,6	24,5	22,1	19,8	18,6	16,4	14,7	4,6	3,1	17,8	19,9	4,6
	30-60	Bbr	34,2	26,4	25,6	23,2	20,4	19,2	18,2	16,5	5,4	3,4	18,9	20,2	5,4
	60-90	BbrC	26,4	23,6	22,1	21,4	19,6	18,4	17,8	15,3	3,7	2,7	24,6	18,4	3,7
	90-120	C1gg	31,2	30,0	27,6	24,7	22,1	21,3	20,1	17,6	4,2	3,7	19,0	23,4	4,2
	120-150	C2gg	32,4	29,7	28,1	26,2	24,6	22,4	21,6	14,6	5,4	4,2	14,6	22,7	5,4
13	0-25	Ap	31,3	29,7	28,0	26,2	23,9	20,7	18,6	15,8	2,9	2,2	17,2	25,1	2,9
	25-50	ABbr	31,6	27,9	25,5	23,6	22,5	21,1	18,8	16,9	4,5	3,3	19,0	21,0	4,5
	50-70	Bbr	33,6	30,6	30,3	28,7	28,0	25,9	25,0	23,1	8,8	6,3	16,6	21,5	8,8
	70-90	II Bbr	34,0	30,9	29,0	26,9	26,2	25,0	23,3	22,3	5,7	4,3	17,3	23,3	5,7
	90-120	III C1	32,9	30,2	28,4	26,0	24,8	23,7	21,5	19,8	5,2	3,9	14,1	23,2	5,2
	120-150	III C2	31,4	28,0	26,1	24,0	23,4	21,3	19,2	17,5	4,7	3,5	19,2	21,4	4,7
	150-175	III C3	27,2	24,9	23,0	19,3	16,6	14,5	10,4	8,2	2,7	2,0	17,9	20,3	2,7
175-200	III C4	23,5	15,5	11,1	10,2	10,0	8,8	7,7	6,0	1,9	1,4	29,3	9,2	1,9	
14	0-25	Ap	19,9	17,8	16,2	15,0	14,3	14,1	13,5	13,0	2,0	1,5	33,2	14,2	2,0
	25-50	Bbr	17,7	15,0	12,7	11,5	10,6	10,0	8,9	8,7	2,3	1,8	34,5	10,4	2,3
	50-75	II Bbr	19,0	17,8	17,1	16,6	n.o.	16,1	15,4	15,0	8,2	6,1	31,3	8,9	8,2
	75-100	II C	18,0	17,5	17,1	16,8	n.o.	16,6	16,2	16,1	8,4	6,3	30,6	8,7	8,4
	100-125	II C1ca	19,3	18,9	18,4	18,1	n.o.	17,9	17,4	17,3	8,4	6,3	27,2	10,0	8,4
	125-150	II C2ca	19,1	18,5	18,1	17,8	n.o.	17,5	17,0	16,6	7,0	5,2	28,5	11,1	7,0
	150-175	IIC3ca	24,5	23,0	21,7	20,8	19,9	19,4	19,3	18,6	7,0	5,2		14,7	7,0
175-200	IIC4ca	22,6	22,1	20,7	19,8	19,0	18,4	17,8	17,3	6,4	4,8		14,3	6,4	

Tabela 20. Całkowity skład chemiczny gleb regionu warszawskiego w %
Table 20. Total chemical composition of the Warsaw region soils (percent)

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
13	0-25	85,5	1,94	1,18	0,21	0,17	1,89	0,12
	25-50	82,9	2,48	2,11	0,42	0,37	2,26	0,12
	50-70	74,5	7,84	4,07	0,66	0,56	2,24	0,18
	70-90	81,9	4,26	2,75	0,51	0,43	2,10	0,15
	90-120	86,1	3,42	2,54	0,49	0,39	1,90	0,19
	120-150	90,5	1,92	0,89	0,31	0,18	1,56	0,07
	150-175	90,1	2,35	1,29	0,27	0,17	1,70	0,09
	175-200	90,6	1,16	0,90	0,28	0,14	1,36	0,10
14	0-25	86,4	3,50	2,40	0,31	1,04	2,58	0,12
	25-50	83,1	4,25	2,79	0,14	1,11	2,72	0,07
	50-75	72,4	7,65	6,78	0,23	1,17	3,58	0,13
	75-100	75,0	8,13	6,40	0,46	1,26	3,62	0,10
	100-125	72,4	8,22	6,60	0,75	1,13	3,84	0,11
	125-150	68,8	7,75	6,00	1,43	1,72	4,20	0,15

Tabela 21. Skład mineralny frakcji piasku i pyłu gleb karpaccich (w procentach objętościowych)
Table 21. The mineral content of sand and silt fractions of Carpathian soils in volumetric percentage

Profil nr Profile No	Frakcja Fraction (mm)	Poziom Horizon 0-16 cm					Poziom Horizon 16-46 cm					Poziom Horizon 46-80 cm				
		Q	Sk	M	No	Op	Q	Sk	M	No	Op	Q	Sk	M	No	Op
1	1-0,1	61	3	4		32	65	4	6		25	51	2	5		42
	0,10-0,05	74	5	11		10	76	4	9		11	70	2	1	2	14
	0,05-0,02	80	2	12	4	2	88	2	8	1	1	80	2	2	1	8
9																
2	Poziom 0-23 cm					Poziom 25-50 cm					Poziom 68-88 cm					
	1-0,5	80	13		1	6	79	11	1	1	8	85	7			8
	0,5-0,25	84	8	1		7	84	6			10	82	7			11
	0,25-0,10	82	6	1	1	10	86	5	1	2	6	80	8	1		11
	0,10-0,05	83	9	1		7	90	5	1	1	3	84	8	5	1	2
0,05-0,02	85	7	2	1	5	84	8	6	1	1	83	11	4	1	1	
3	Poziom 0-16 cm					Poziom 16-45 cm					Poziom 45-100 cm					
	1-0,5	80	11			9	76	15			9					
	0,5-0,25	87	7			6	75	13	1		11	>80	13	1		6
	0,25-0,10	87	7	1	2	3	79	12	1	1	7					
	0,10-0,05	81	8	5	2	4	83	10			6	83	9	1	2	5
0,05-0,02	79	14	4	1	2	79	12	3	2	4	81	12	1	3	3	
5	Poziom 0-14 cm					Poziom 14-38 cm					Poziom 38-55 cm					
	1-0,5	83	7	1		9	85	5			10	84	5			11
	0,5-0,25	86	7	2		5	84	8	1		7	83	9			8
	0,25-0,10	86	6	2		6	86	8	1		5	84	9			7
	0,10-0,05	86	9	4		1	89	9	2			82	16	1		1
0,05-0,02	88	8	2	2		81	17	2			86	12	1		1	
4	Poziom 0-20 cm					Poziom 24-54 cm					Poziom 63-100 cm					
	1-0,5	87	8	1		4 ⁺	83	8	-1	1	7 ⁺	87	7	-1		5
	0,5-0,25	84	12	-1		3	84	9		2	5	88	6	1	-1	+
	0,25-0,10	84	10	1	1	4	89	8	-1	1	1	89	6	1	1	4
	0,10-0,05	92	6		1	1	83	14		2	1	90	4	-1	1	3
0,05-0,02	91	7	-1		1	90	7	1	1	1	89	7	-1	1	4	
2																
4	Poziom 100-145 cm															
	1-0,5	87	6	-1	-1	6 ⁺										
	0,5-0,25	84	8	2	1	5										
	0,25-0,10	83	12	3		2										
	0,10-0,05	86	9		1	4										
0,05-0,02	86	11		2	1											

Q – kwarc, quartz, Sk – skalenie, feldspars
M – muskowitz, muscovite
No – nie oznaczone i minerały ciężkie,
non-identified and heavy minerals
Op – ziarna nieprzezroczyste, opaque grains,
- 1 – mniej niż 1, less than 1
⁺ – ziarna ożelazione, prawdopodobnie skalenie, iron
coated grains, propably feldspars

Tabela 22. Skład mineralny frakcji koloidalnej gleb karpackich
Table 22. Mineral composition of colloidal fraction of Carpathian soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Minerały w procentach (suma składników krystalicznych = 100 %) Minerals per cent (sum of elements = 100 %)													Suma Sum
		Q	Sk	Kn	Il	Ch	Vr	Il/Mm	Il/Ch	Kc	Dl	Sd	Hm	An	
1	0-16	10	5	6	+	+		+	+	1	1	1			24
	16-46	10	5	8	+	+		+		1	1	1			26
	50-90	7	5	7	+	+		+	+	1	1	1			22
2	0-23	13	5	6	+	+		+		1	1	1			27
	25-50	15	5	8	+	+		+		1	1	1		ślad	31
	68-88	10	7	8	+	+		+	+	1	1	1		trace	28
3	0-16	8	5	10	+	+		+	+	1	1	1		ślad – trace	26
	16-45	5	3		+	+		+		1				10-15	22
	50-100	5	5	15	+	+		+	+	1	1	1		ślad – trace	28
4	0-20	30	2	20	+	+	+	+		1					53
	25-54	25	3	35	20	+	7	+		1					83
	63-100	25	2	30	20	+	+	+					1		78
	100-145	15	2	40	30	+		+							87
5	1-14	30	2	15	20	+	?	+				?			67
	14-38	35	5	20	15	+	+	+		1	1				77
	38-55	40	3	15	15	+	?	+		?					74

Q – kwarc, quartz; Sk – skalenie, feldspars; Kn – kaolinit, kaolinite; Il – illit (miki), illite Ch – chloryt, chlorite Vr – wermikulit, vermiculite, Il/Mm – illit/montmorillonit, illite/montmorillonite; Il/Ch – illit/chloryt, illite/chlorite; Kc – kalcyt, calcite; Dl – dolomit, dolomite; Sd – syderyt, siderite; Hm – hematyt, haematite; An – anastaz, anatase; + – small amount; ? – probable presence.

W glebach wytworzonych z lessów i utworów lessowatych (profile 6-9) skład mineralny frakcji lekkiej w cząstkach piasku (1-0,1 mm) oraz pyłu grubego (0,1-0,05 mm) i drobnego (0,05-0,02 mm) jest zróżnicowany w zależności od wielkości frakcji (tab. 23). Ogólnie można stwierdzić zdecydowaną przewagę ziarn kwarcu (90-94,6%). Nie ma dużych różnic w składzie między poszczególnymi poziomami tych samych profili. Na ogół kwarc wykazuje trochę wyższą zawartość we frakcji pyłu grubego w porównaniu z frakcją pyłu drobnego. Natomiast jest odwrotnie w przypadku skaleni i muskowitu (więcej ich we frakcji pyłu drobnego). Zapewne jest to rezultatem łatwiejszego rozdrabniania minerałów.

W przypadku frakcji piasku, obok kwarcu, wysoką zawartość wykazują zlepki pyłowe żelaza i CaCO_3 (w profilu 6 przeważają nawet nad kwarcem). Należy dodać, że skalenie należą głównie do potasowych (ortoklaz i mikrolin) i kwaśnych plagioklazów (w przewodzie oligoklaz).

Zawartość frakcji ciężkiej (tab. 24) w cząstkach pyłowych (0,1-0,02 mm) wynosi 0,2-1%, przy czym wahania zawartości są widoczne w profilach, jak i w poszczególnych poziomach. W części profili ich zawartość z głębokością maleje. W składzie mineralnym frakcji ciężkiej, duży udział mają minerały nieprzezroczyste (tlenki żelaza i tytanu) – 24-36%. Obok nich występuje w zasadzie jeden zespół minerałów ciężkich o stosunkowo mało zróżnicowanym składzie w poszczególnych gatunkach minerałów.

W zespole tym dominującą rolę odgrywają zarówno minerały bardzo odporne, jak cyrkon i rutil, oraz średnio i mało odporne, jak epidot, granat i amfibol. Pozostałe minerały występują w niewielkiej ilości, przeciętnie do kilku procent. Do minerałów spotykanych sporadycznie należy anataz i biotyt. Brak takich minerałów jak sylimanit, andaluzyt, glaukonit.

W profilach zaznacza się pewne zróżnicowanie w procentowym udziale poszczególnych gatunków minerałów; dotyczy to zwłaszcza cyrkonu i rutilu oraz granatu i amfibolu. Odnośnie minerałów mało odpornych, jak amfibol, to być może spowodowane jest intensywnością procesu wietrzenia w poszczególnych poziomach utworów pyłowych.

Wszystkie minerały ciężkie, z wyjątkiem cyrkonu i epidotu oraz blaszek muskowitu i chlorytu, wykazują słaby stopień obróbki mechanicznej ziarn. Przeważają ziarna kanciaste i częściowo obtoczone. Fakt ten może wskazywać na krótki transport materiału pyłowego.

Skład jakościowy minerałów ilastych w wybranych frakcjach granulometrycznych (0,002-0,0002 mm, < 0,001 i < 0,0002 mm), podany w tabeli 25, jest we wszystkich glebach podobny. Natomiast proporcje ilościowe są wyraźnie zależne od uziarnienia. Zawartość minerału mieszanopakietowego wzrasta we frakcjach najdrobniejszych. Pozostałe minerały wykazują tendencję odwrotną.

Tabela 23. Skład mineralny frakcji lekkiej cząstek pyłowych i piasku gleb regionu lubelskiego w %
Table 23. Mineral composition of silt and sand particles of the Lublin region soils (per cent)

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Fracja – Fraction												
		0,05-0,02 mm			0,1-0,05 mm			1,0-0,1 mm			Zlepki pyłowe			
		Kwarc Quartz	Skalenie Feldspars	Muskowit Muscovite	Kwarc	Skalenie	Muskowit	Kwarc	Skalenie	Muskowit	Fe	CaCO ₃	Zlepki inne Other agglomerations	
6	5-15	94,4	4,8	0,7	96,3	3,0	0,7							
	25-40	93,7	5,1	1,2	95,2	3,6	1,2	29,9	1,4	0,5	68,2			
	50-70	94,1	4,5	1,4	95,6	4,1	0,3					76,5		
	250-270	92,6	6,1	1,3	95,0	3,5	1,5	9,9	1,4	1,4	10,1		<1,0	
7	5-15	94,6	4,2	1,2	95,6	3,5	0,9	80,0	2,2	6,6	8,0	3,2		
	50-56	92,4	7,1	0,5	95,6	4,1	0,3							
	80-95	91,8	6,4	1,8	95,4	3,8	0,8							
	140-160	91,9	7,1	1,0	96,3	3,5	0,2	89,2	4,8	0,6	5,4			
8	5-15	91,1	8,2	0,7	94,9	3,9	1,2	65,7	1,8		31,5			
	27-37	92,3	6,3	1,4	96,8	2,9	0,3							
	45-55	90,9	7,4	1,7	90,7	8,4	0,9							
	90-100													
9	5-15	90,2	8,2	1,6	93,8	5,3	0,9	75,0	5,3		6,8	0,4	12,5	
	50-65	90,0	8,5	1,5	92,3	6,4	1,3							
	150-170	91,7	7,1	1,2	90,0	7,8	1,2							

Tabela 24. Skład mineralny frakcji ciężkiej cząstek pyłowych (0,1-0,02 mm)* gleb regionu lubelskiego
Table 24. Mineral composition of heavy fraction of silt particles (0,1-0,02 mm)* of the Lublin region soils

Profil nr – Profile No	Głębokość – Depth (cm)	Procentowy udział we frakcji ciężkiej** – Percentage share in heavy fraction **																	Frakcja ciężka Heavy fraction (%)				
		Nieprzezroczyste Opaque grains	Cyrykon – Zircon	Rutyl – Rutile	Turmalin – Tourmaline	Dysten – Disthene	Staurolit – Staurolite	Sylimanit – Sillimanite	Muskowit – Muscovite	Andaluzyt – Andalusite	Tytanit – Titanite	Anataz – Anatase	Epidot – Epidote	Zoizyt – Zoisite	Granat – Garnet	Amfibol – Amphibole	Piroksen – Pyroxene	Biotyt – Biotite		Chloryt – Chlorite	Apatyt – Apatite	Glaukonit – Glauconite	
6	5-15	36,0	17,5	12,5	5,5	0,9	0,4		3,7	2,3		14,4	4,6	12,0	19,8	3,2		0,9	2,3				1,02
	25-40	25,9	32,1	16,5	2,0	0,6	1,0		5,9	1,0		4,3	2,0	11,9	16,8	2,9		2,0	1,0				0,83
	50-70	32,6	30,9	16,6	4,1	0,3	0,7		3,4	3,0		6,4	1,1	11,6	17,0	1,8		1,1	1,8				0,47
	250-270	31,1	25,0	10,4	2,4	0,9			7,5	3,3		10,4	3,8	14,1	16,0	1,9	0,5	3,3	0,5				0,48
7	5-15	31,1	22,4	13,0	1,2	0,6	0,6		3,1	1,9	0,6	14,3	6,2	11,2	21,8	0,6		1,9	0,6				0,28
	50-65	31,0	27,8	12,1	1,0	0,5	0,5		2,0	4,5	0,5	11,6	7,1	15,8	13,6	1,5		1,0	0,5				0,20
	80-95	28,7	17,6	11,3	2,3	1,4	1,8		5,4	3,2		9,9	5,8	16,3	22,2	0,5		1,4	0,9				0,29
	140-160	25,0	15,8	9,5	1,3	0,9	0,4		7,6	2,7	0,4	10,4	4,5	17,6	20,8	0,9		4,5	2,7				0,34
8	5-15	32,5	26,4	14,8	2,6	1,0	1,0		4,2	2,1		7,4	4,2	11,6	19,0	2,1		3,1	0,5				0,55
	27-37	33,9	25,0	16,9	1,1	0,4	1,1		4,8	2,9	0,4	11,4	4,4	11,8	16,2	0,7	0,7	0,4	1,8				0,48
	45-55	30,8	23,5	19,5	2,1	0,4	1,7		5,0	2,5		9,2	5,5	13,9	12,6	0,8		0,8	2,1				0,39
	90-100	33,3	27,4	22,0	3,7	1,2			4,3	1,8		8,5	5,5	11,0	12,2		0,6	0,6	1,2				0,12
9	5-15	28,2	14,7	10,4	1,7	0,9	0,9		4,8	5,2		7,3	3,9	18,6	25,6	2,6		3,0	0,4				0,55
	50-65	24,1	17,9	9,1	2,4	1,6	0,4		7,2	2,8		8,4	4,8	18,3	21,9	0,8	0,4	2,8	1,2				0,39
	150-170	25,8	15,9	11,8	1,1	1,1	0,7		6,1	4,4		8,5	3,7	14,0	25,9	1,4	0,7	2,9	1,8				0,62

* W tabeli uszeregowano minerały w przybliżonej kolejności zmniejszania się odporności na wietrzenie.

In the table minerals are ordered in approximate sequence according to diminishing resistance to weathering.

** Suma minerałów przezroczystych traktowana jako 100 % – Sum of transparent minerals as 100%.

Tabela 25. Skład mineralogiczny wybranych frakcji granulometrycznych gleb regionu lubelskiego

Table 25. Mineral composition of some granulometric fractions of the Lublin region soils

Profil nr Profile No	Głębokość Depth (cm)	Frakcja Fraction (mm)	Zawartość minerałów % – Mineral content per cent							
			Kwarc – Quartz	Plagioklaz Plagioclase	Skaleń potasowy Potassium feldspar	Kalcyt – Calcite	Kaolinit – Kaolinite	Illit – Illite	min. mieszanopakietowy mixed-layer mineral	min. mieszanopakietowy + chloryt mixed – layer mineral + chlorite
6	5-15	0,002-0,0002	24	1	8	1	2	5		59
		<0,001	13	<1	3	1	3	3		76
		<0,0002	12				2			86
6	250-270	0,002-0,0002	13	1	8	3	3	21	51	
		<0,001	8	1	7	1	2	15	66	
		<0,0002					1	12	87	
7	5-15	0,002-0,0002	14	1	8	1	3	33	40	58
		<0,001	10	<1	5	<1	2	15	66	69
		<0,0002	3				1	11	85	
7	140-160	0,002-0,0002	24	<1	10	1	5	29	30	
		<0,001	9	<1	5	<1	3	15	66	
		<0,0002	8		5		2	15	70	
8	5-15	0,002-0,0002	19	1	8	1	4	9		
		<0,001	13	<1	5		5	7		
		<0,0002	7	<1	5		2	6	74	

W skład minerałów ilastych wchodzi kilka rodzajów. W największych ilościach (30-87%) występują minerały o strukturze mieszanopakietowej, a więc illit – montmorillonit (z przewagą ostatniego), niekiedy z chlorytem. Na drugim miejscu znajduje się illit (3-33%) oraz kwarc (3-24%). Grupę trzecią stanowią pozostałe minerały (w ilości 1-10%), tj. skaień potasowy, kaolinit i plagioklaz. Illit występuje w większych ilościach w czarnoziemiu (profil 7) oraz w skale macierzystej gleby płowej (profil 6). Stosunkowo mniejsza jest wtedy zawartość minerałów mieszanopakietowych.

Skład mineralogiczny (tab. 26) badanych czterech frakcji granulometrycznych w obrębie trzech ostatnich profili jest dosyć zróżnicowany, szczególnie w madzie (profil 12) i brunatnej z gliny ciężkiej (profil 14). We frakcjach 0,02-0,002 mm duży udział mają minerały pierwotne, jak kwarc i skalenie, minerały wtórne zaś, tj. ilaste występują w dużych ilościach we frakcjach drobniejszych. W madzie w znacznych ilościach występuje illit, chloryt i smektyt oraz mieszano-pakietowe illit ze smektytem. W glebie brunatnej z utworu staroaluwialnego występuje kaolinit, illit i smektyt. W profilu 14 z gliny ciężkiej jest dużo illitu i chlorytu, ponadto illit-smektyt i wermikulit, a w głębszych warstwach – chloryt z wermikulitem.

6. NIEKTÓRE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE FRAKCJI GRANULOMETRYCZNYCH

Z właściwości fizycznych zbadano jedynie gęstość objętościową, tzw. nasypową poszczególnych frakcji granulometrycznych wszystkich badanych grup glebowych (tab. 27, 28).

Ścisła interpretacja w odniesieniu do wszystkich frakcji jest trochę utrudniona, gdyż w glebach wietrzeniowych (karpackich) frakcje piaskowe nie zostały rozdzielone na podfrakcje a w glebach wytworzonych z lessów frakcje piaskowe występują w ilościach śladowych.

Najogólniej można powiedzieć, że wraz ze zmniejszaniem wielkości frakcji do pewnej granicy, gęstość objętościowa maleje, a następnie znów wzrasta. Najniższą gęstość nasypową wykazują frakcje 0,005-0,002 mm. W szczegółach wygląda to następująco.

W glebach wietrzeniowych (karpackich), piaskowych oraz osadów staroaluwialnych i z gliny zwałowej zmniejszanie gęstości zaznacza się wyraźnie od frakcji spławialnych by wzrosnąć od frakcji koloidalnej. Podobnie jest w glebach z utworów lessowych, przy czym frakcje $<0,02$ i $<0,0002$ mm mają często zbliżone gęstości objętościowe.

Trzeba też zaznaczyć, że w glebach z podfrakcjami piasku, gęstości objętościowe wyraźnie odbiegają od gęstości frakcji drobniejszych (tab. 28). Warto również podkreślić, że różnice w gęstości objętościowej w poszczególnych poziomach glebowych danego profilu są na ogół niewielkie (z wyjątkiem gleby z osadów staroaluwialnych, co jest zrozumiałe).

Tabela 26. Skład mineralogiczny wybranych frakcji granulometrycznych gleb regionu warszawskiego
Table 26. Mineral composition of some granulometric fractions of the Warsaw region soils

Profil nr Profile No	Poziom – Horizon (cm)	Frakcja Fraction (mm)	Kwarc – Quartz	Skalenie – Feldspars	Amfibole Amphiboles	Kaolinit Kaolinite	Illit – Illite	Chloryt – Chlorite	Wermikulit Vermiculite	Smektyt – Smectite	Illit-smektyt Illite-smectite	Chloryt-smektyt Chlorite-smectite	Chloryt-wernikulit Chlorite-vermiculite	
12	0-30	0,01-0,005	+	+			+++			++				
		0,005-0,002	++				+++	++	++					
		<0,002	+				+++	++		+++			++	
	30-60	0,02-0,01	+++	++			++				++	+		
		0,01-0,005	+	+			++	++			+++	++		
		0,005-0,002	+				++	++	++	+++				
		<0,002	+				+++	++		+++			+++	
	90-120	0,02-0,01	+++	++			++	++			+			
		0,01-0,005	+	+			++	++				+++	+++	
		0,005-0,002	+				++	++		+++	+++	++		
		<0,002	+				++	++	+++	+++				
	0-25	0,02-0,01	+++	+++	+		++	++						
0,01-0,005		+++	++			++	++							
0,005-0,002		++	++			+++	++	+						
<0,002		++				+++	+++			+				
14	50-75	0,02-0,01	++	++			+++	++			++			
		0,01-0,005	++	++			+++	+++	+		++			
		0,005-0,002	++	++			++	++	+					
		<0,002	++	++			+++	++			+	+++	+	

Tabela 26. cd.
Table 26. Cont.

Profil nr Profile No	Poziom Horizon (cm)	Frakcja Fraction (mm)	Kwarc – Quartz	Skalenie Feldspars	Amfibole Amphiboles	Kaolinit – Kaolinite	Illit – Illite	Chloryt Chlorite	Wermikulit Vermiculite	Smektyt Smectite	Illit-smektyt Illite-smectite	Chloryt-smektyt Chlorite-smectite	Chloryt-wernikulit Chlorite-vermiculite	
14	125-150	0,02-0,01	++	++	+		+++	+++	+	+	++			
		0,01-0,005	++	+			+++	+					+++	
		0,005-0,002	++	++			+++	+++	+++				+	
		<0,002	+				++	++		+	+++	+		
13	5-30	0,02-0,01		+++			+							
		0,01-0,005		+++		+	+							
		0,005-0,002		+++		+	++			+				
		<0,002		++		++	++			++				
13	70-90	0,02-0,01		+++		+	+			+				
		0,01-0,005		++		+	+			++				
		0,005-0,002		++		+	++			++				
		<0,002		++		+++	+			+++				
13	180-200	0,02-0,01		+++		+	++							
		0,01-0,005		+++		+	+							
		0,005-0,002		+++		+	++			+				
		<0,002		+		+	+			+++				

+++ - zawartość duża large amount,
 ++ - zawartość średnia average amount,
 + - zawartość mała small amount.

Tabela 27. Gęstość objętościowa frakcji granulometrycznych gleb
Table 27. Bulk density of granulometric fractions of soils

Nr profilu Profile No	Głębokość Depth (cm)	Gęstość objętościowa frakcji granulometrycznych o średnicy Bulk density of soil granulometric fractions of diameters (mm)						
		0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	<0,001	0,002- 0,0002
Gleby karpackie – Carpathian soils								
1	0-16	–	1,26	1,11	0,85	0,85		
	16-45	–	1,32	1,08	–	0,85		
	50-80	1,32	1,32	1,14	0,89	0,91		
2	0-23	1,48	1,33	1,23	0,88	0,97		
	25-50	1,42	1,42	1,19	0,96	0,90		
	68-90	1,43	1,33	1,26	1,00	1,03		
3	0-16	1,48	1,38	1,21	–	1,01		
	16-45	1,48	1,43	1,22	1,00	1,00		
	45-50	1,49	1,37	1,15	0,85	1,14		
4	0-20	1,48	1,43	1,21	0,80	0,80		
	25-54	1,39	1,31	1,03	–	0,80		
	63-100	1,42	1,33	0,93	–	0,97		
	100-145	1,37	1,33	1,05	0,67	0,77		
5	0-15	1,48	1,40	1,25	0,87	0,82		
	15-40	1,49	1,42	1,25	1,01	0,74		
	40-55	1,54	1,43	1,25	0,98	0,74		

Tabela 27. cd.
Table 27. Cont.

Nr profilu Profile No	Głębokość Depth (cm)	Gęstość objętościowa frakcji granulometrycznych o średnicy Bulk density of soil granulometric fractions of diameters (mm)							
		0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	<0,001	0,002- 0,0002	<0,0002
Gleby z lessów – Soils formed of loess									
6	5-15	1,52	1,40	1,13	0,89	0,98	0,97	0,86	1,10
	25-40	1,52	1,45	1,22	1,07	1,08	1,13	0,93	1,23
	50-70	1,50	1,46	1,21	1,13	1,35	1,42	1,18	1,30
	250-270	1,46	1,46	1,26	1,03	1,37	1,37	1,16	1,38
7	5-15	1,55	1,35	1,06	0,86	1,38	1,32	1,19	1,32
	50-65	1,50	1,43	1,23	0,89	1,34	1,34	1,29	1,37
	80-95	1,53	1,48	1,20	0,94	1,36	1,33	1,23	1,29
	140-160	1,50	1,44	1,28	0,88	1,43	1,27	1,10	1,35
8	5-15	1,55	1,48	1,04	0,76	1,22	1,21	1,09	1,25
	50-65	1,52	1,46	1,28	0,90	1,37	1,35	1,23	1,32
	150-170	1,57	1,49	1,28	0,83	1,35	1,29	1,17	1,35
9	5-15	1,52	1,43	1,25	0,87	1,04	1,22	0,98	1,33
	27-37	1,57	1,47	1,32	1,00	1,12	1,25	0,92	1,34
	45-55	1,50	1,43	1,34	0,89	1,32	1,32	1,09	1,30

Tabela 28. Gęstość objętościowa frakcji granulometrycznych gleb
Table 28. Bulk density of granulometric fractions of soils

Nr profilu Profile No	Głębokość Depth (cm)	Gęstość objętościowa frakcji granulometrycznych o średnicy Bulk density of soil granulometric fractions of diameters (mm)									
		0,1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,01	0,01- 0,005	0,02- 0,005	0,005- 0,002	<0,002
Gleby z piasków – Soils formed of sands											
10	5-20	1,74	1,75	1,70	1,55	1,44	–	–	1,17	0,82	0,85
	30-40	1,74	1,73	1,64	1,53	1,44	–	–	1,21	1,03	1,08
	45-55	1,74	1,73	1,65	1,53	1,46	–	–	1,25	0,89	1,28
11	5-20	1,74	1,78	1,71	1,55	1,41	–	–	1,20	0,85	0,85
	30-40	1,76	1,74	1,70	1,52	1,36	–	–	1,20	0,79	0,74
	55-65	1,81	1,77	1,72	1,45	1,35	–	–	1,06	–	–
Gleba z osadów staroaluwialnych – Soil formed of old – alluvial sediment											
13	0-25	1,48	1,60	1,65	1,47	1,37	1,12	1,05	–	1,00	0,96
	25-50	1,48	1,45	1,61	1,50	1,41	1,20	1,04	–	1,02	1,12
	50-70	1,50	1,48	1,55	1,44	1,40	1,16	1,05	–	1,00	1,28
	70-90	1,52	1,50	1,51	1,50	1,39	1,13	1,07	–	1,32	1,41
	90-120	1,61	1,55	1,58	1,47	1,33	1,10	1,08	–	1,00	1,23
	120-150	1,60	1,66	1,60	1,51	1,39	1,12	1,11	–	0,98	1,32
	150-175	1,62	1,63	1,63	1,49	1,38	1,10	1,12	–	0,96	1,21
	175-200	1,64	1,68	1,63	1,49	1,39	1,10	1,10	–	0,95	1,32
Gleba z gliny zwałowej – Soil formed of bulder loam											
14	0-25	1,54	1,67	1,58	1,46	1,31	1,14	1,00	–	0,94	1,00
	25-50	1,61	1,64	1,60	1,49	1,36	1,16	1,12	–	0,97	1,00
	50-75	1,58	1,64	1,65	1,46	1,34	1,19	1,15	–	1,00	1,11
	75-100	1,60	1,66	1,60	1,53	1,37	1,22	1,21	–	1,05	1,11
	100-125	1,66	1,60	1,63	1,67	1,43	1,30	1,22	–	1,15	1,14
	125-150	1,61	1,65	1,58	1,51	1,42	1,35	1,24	–	1,09	1,11

7. ZWIĄZKI PRÓCHNICZNE I AZOT FRAKCJI GRANULOMETRYCZNYCH

Zawartość węgla i azotu jest w glebach karpackich dość ściśle uzależniona od poziomu glebowego oraz wielkości frakcji mechanicznej (rys. 2) Jest regułą, iż zawartości ich wzrastają wraz ze zmniejszeniem rozmiarów frakcji, do około 10 razy między frakcją 0,02-0,005 mm a frakcją poniżej 0,002 mm. Stosunek C:N jest różny i nie wykazuje takiej prawidłowości jak w przypadku zawartości C i N.

Z rysunku 3 wynika duży udział związków próchnicznych nie hydrolizujących (ok. 30 do 57% całości). Zawartość bituminów dochodzi do 7%. W związkach próchnicznych rozpuszczalnych w NaOH we frakcji 0,005-0,002 mm przeważają na ogół kwasy huminowe nad fulwowymi, natomiast we frakcji < 0,002 mm przewagę mają kwasy fulwowe. Jeszcze inaczej ma się rzecz w próchnicy rozpuszczalnej w NaOH po hydrolizie w H₂SO₄. Przede wszystkim jest ich znacznie mniej niż przed hydrolizą. Ponadto w obu frakcjach granulometrycznych przeważają kwasy huminowe. Wskazuje na to wyraźnie stosunek C_{kh}:C_{kf} (rys. 4).

W glebach z lessów duża zawartość węgla zaznacza się już od frakcji poniżej 0,005 mm, a jeszcze większa we frakcji poniżej 0,002 mm oraz < 0,0002 mm. Zawartość azotu układa się w zasadzie podobnie do zawartości węgla (rys. 5).

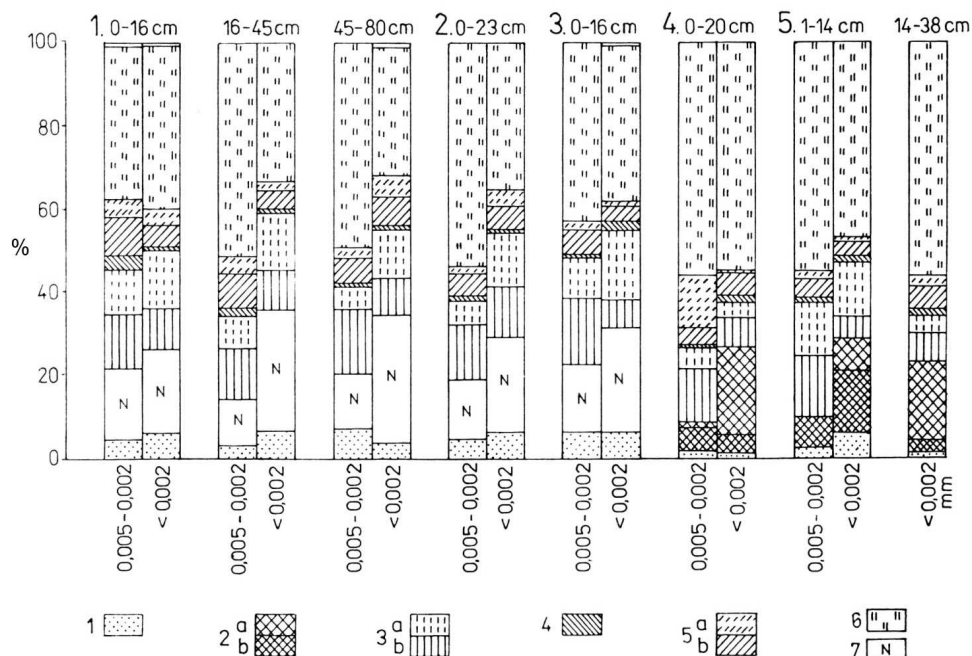
Stosunek C:N jest najwyższy w części gleb (profil 6,9 i 7 – poz. Ap) we frakcji 0,05-0,02 mm, w dalszych frakcjach jest on niższy, w pozostałych glebach (profil 8 i 7 – poz. A i A/C) od frakcji poniżej 0,02 mm i mniejszych jest stosunkowo wyrównany.

W glebach wytworzonych z piasków zawartość węgla w górnych poziomach jest największa we frakcji poniżej 0,002 mm, a zwłaszcza poniżej 0,0002 mm (rys. 6). Azot występuje w najwyższych ilościach we frakcji poniżej 0,0002 mm, a także poniżej 0,002 mm.

W poziomie podpróchnicznym zawartość węgla i azotu jest dużo niższa niż w poziomie A. Jest ona jednak najwyższa w tych samych frakcjach, co w poziomie powierzchniowym, tzn. od frakcji poniżej 0,005 mm.

Stosunek C:N jest najwyższy w obu glebach piaskowych i ich poziomach we frakcji 0,02-0,005 mm, w pozostałych frakcjach niższy.

W składzie frakcyjnym próchnicy gleb wytworzonych z lessów zaznacza się duży udział humin i ulmin (20-38%). W przybliżeniu można przyjąć, iż stanowią one około 1/3 całej substancji organicznej (rys. 7). W glebach piaskowych jest on jeszcze wyższy (około 30-50% w profilu 10, a w profilu 11 około 15-40% (rys. 8). Ponadto w glebach piaskowych zawartość humin i ulmin maleje wraz ze zmniejszaniem frakcji mechanicznych. W płowych glebach lessowych (profil 6 i 9) zaznacza się to w mniejszym stopniu, zaś w profilu 8 i 7 brak takiej prawidłowości, a w poziomie przejściowym czarnoziemiu (profil 7) obserwuje się nawet wzrost ze zmniejszaniem wymiarów frakcji.



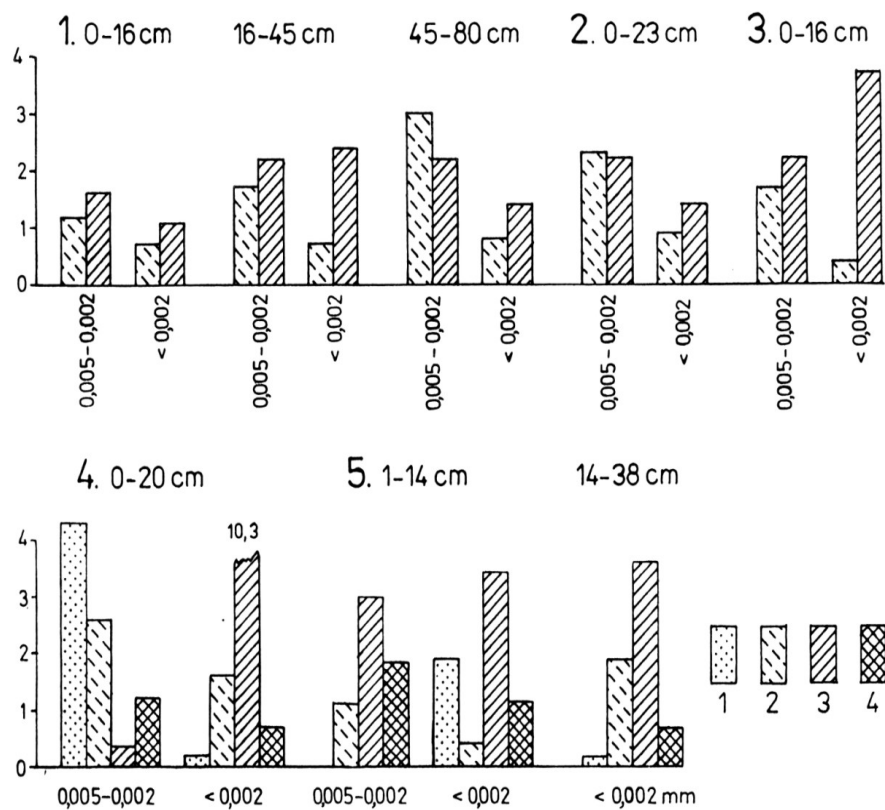
Rys. 3. Frakcyjny skład próchnicy gleb karpacczych w % 1-C bitumin, 2 – frakcja rozpuszczalna w 0,025 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, 3 – frakcja rozpuszczalna w 0,1 M NaOH, 4 – frakcja rozpuszczalna w 0,25 M H_2SO_4 , 5 – frakcja rozpuszcz. w 0,1 M NaOH po hydrolizie, a – C kwasów fulwowych (CKf), b – C kwasów huminowych (CKh), 6 – C związków nierozpuszczalnych (humin i ulmin), 7 – CKh + CKf frakcji rozpuszcz. w 0,025 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

Fig. 3. Fractional composition of humus of Carpathian soils in percentage 1 – C bitumens, 2 – C in 0,025 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, 3 – fraction extracted with 0,1 M NaOH, 4 – fraction extracted with 0,25 M H_2SO_4 , 5 – fraction extracted with 0,1 M NaOH after hydrolysis, a – C of fulvic acids (Cfa), b – C of humic acids (Cha), 6 – C of nonhydrolyzing compounds (humins i ulmins), 7 – Cha + Cfa of compounds extracted with 0.025 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

Zawartość bitumin w glebach piaszkowych wynosi do kilku procent, a w glebach wytworzonych z lessów jest ona wyższa (we frakcji 0,02-0,005 mm dochodzi nawet do 20%).

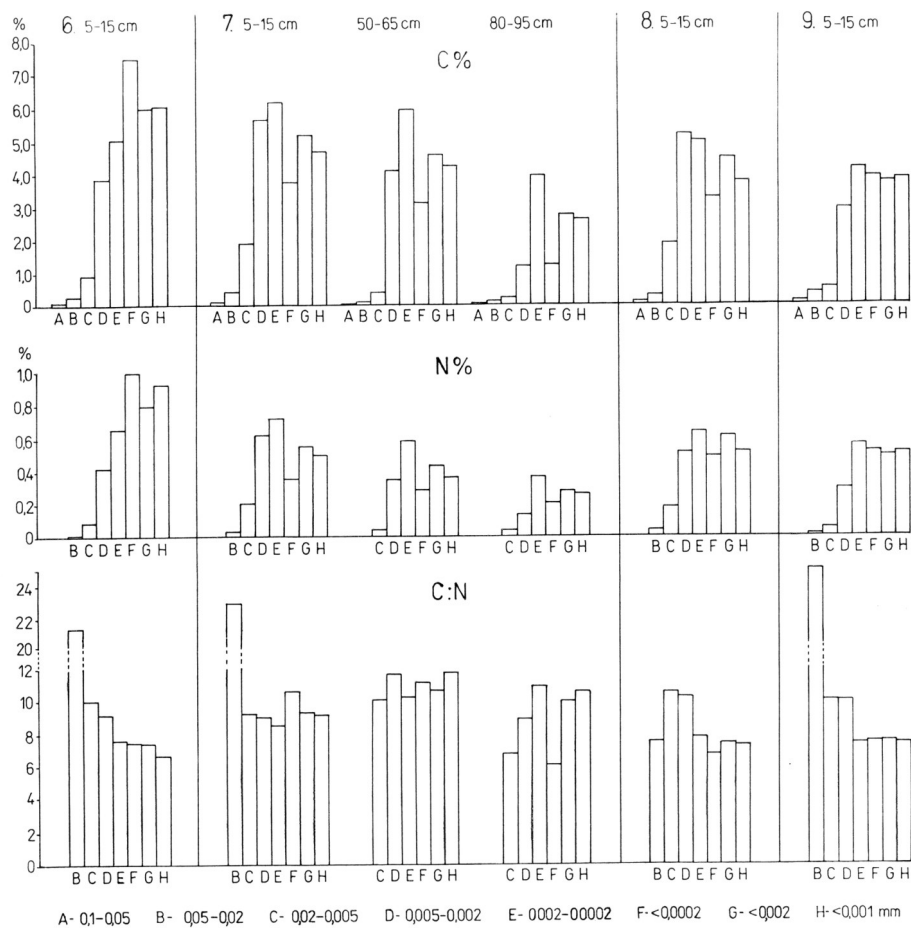
Ogólna zawartość kwasów huminowych w stosunku do fulwowych w glebach lessowych zmienia się (rys. 7). W glebach pyłowych (profil 6 i 9) przeważają zwykle kwasy fulwowe, zwłaszcza we frakcjach drobniejszych (<0,002 mm).

W glebach piaszkowych kwasy huminowe dominują we frakcjach 0,02-0,002 mm (rys. 8).

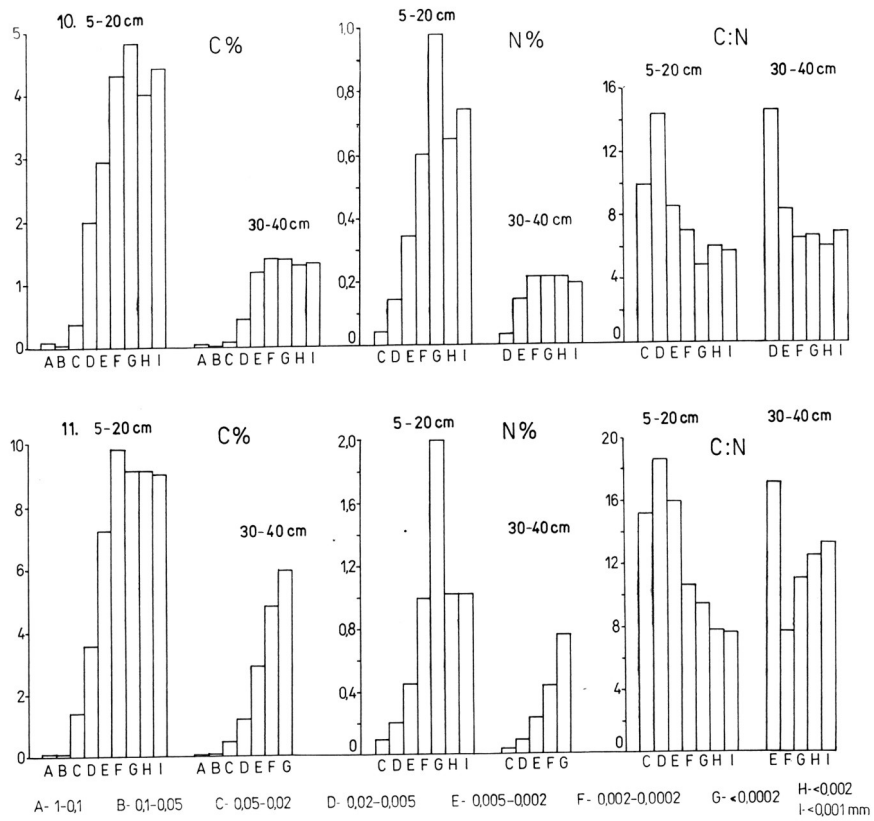


Rys. 4. Stosunek CKh:CKf w poszczególnych frakcjach gleb karpacczych 1 – C związków rozpuszczalnych w 0,025 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, 2 – C związków rozpuszczalnych w 0,1 M NaOH, 3 – C związków rozpuszczalnych w 0,1 M NaOH po hydrolizie, 4 – C ogółem

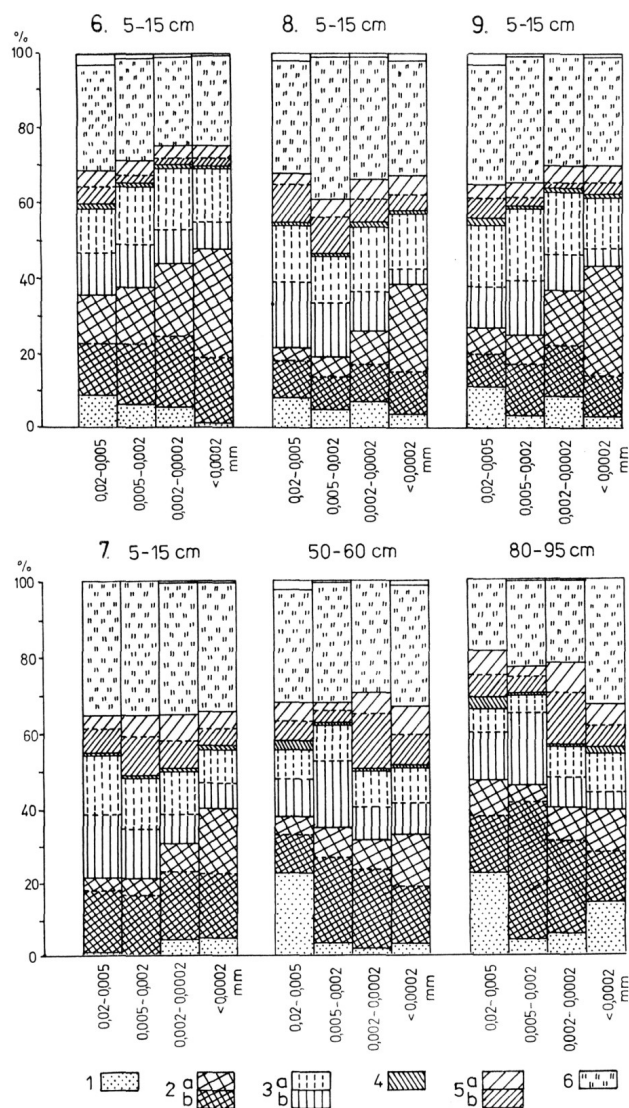
Fig. 4. Cha:Cfa ratio in individual fractions of Carpathians soils 1 – C of compounds extracted with 0,025 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, 2 – C of compounds extracted with 0.1 M NaOH, 3 – C of compounds extracted with 0.1 M NaOH after hydrolysis, 4 – total C



Rys. 5. Zawartość węgla i azotu w % oraz C:N w poszczególnych frakcjach gleb pyłowych
Fig. 5. The content of organic carbon and total nitrogen in percentage and C:N ratio in individual fractions of silt soils

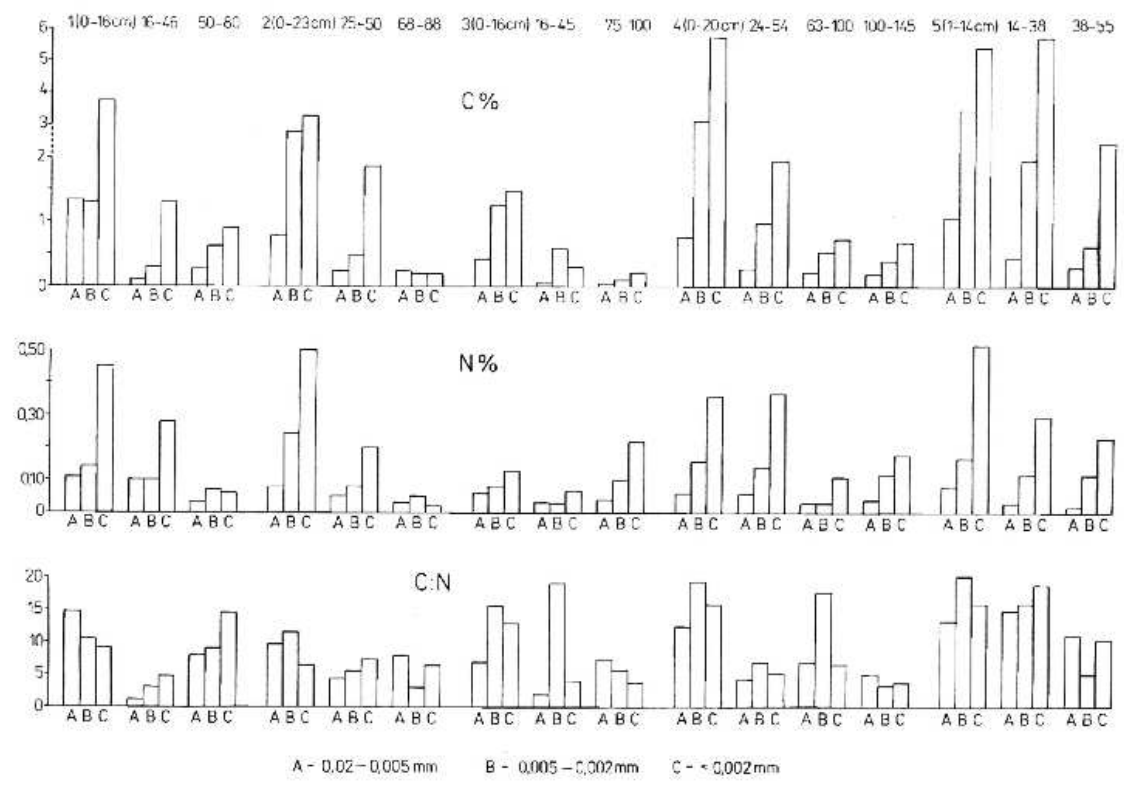


Rys. 6. Zawartość węgla i azotu w % oraz C:N w poszczególnych frakcjach gleb piaskowych
Fig. 6. The content of organic carbon and total nitrogen in percentage and C:N ratio in individual fractions of sandy soils



Rys. 7. Frakcyjny skład próchnicy gleb pyłowych w % 1 – C bitumin, 2 – frakcja rozpuszczalna w 0,025 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, 3 – frakcja rozpuszczalna w 0,1 M NaOH, 4 – frakcja rozpuszczalna w 0,25 M H_2SO_4 , 5 – frakcja rozpuszczalna w 0,1 M NaOH po hydrolizie, a – C kwasów fulwowych (CKf), b – C kwasów huminowych (CKh), 6 – C związków nierozpuszczalnych (humin i ulmin)

Fig. 7. Fractional composition of humus of silt soils in percentage. 1-6 as in Fig. 3

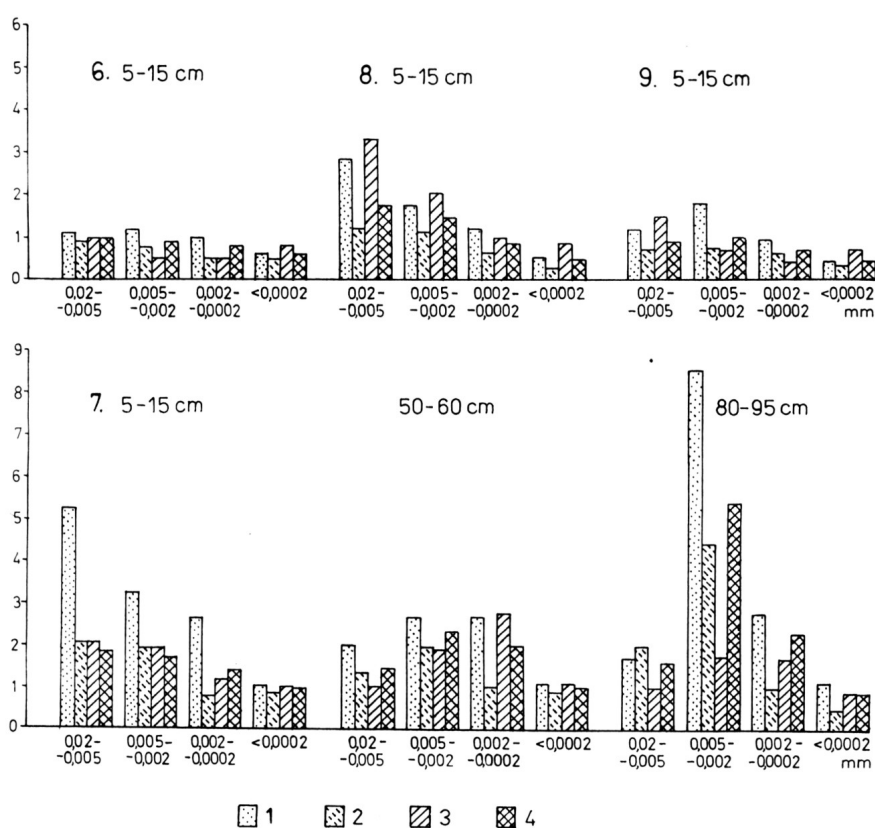


Rys. 2. Zawartość węgla i azotu ogólnego w % oraz C:N w poszczególnych frakcjach gleb Karpackich
Fig. 2. The content of organic carbon and total nitrogen in percentage and C:N ratio in individual granulometric fractions of Carpathian soils

Wymienione relacje wynikają również z rysunków 9 i 10, ilustrujących stosunek Ckh:CKf.

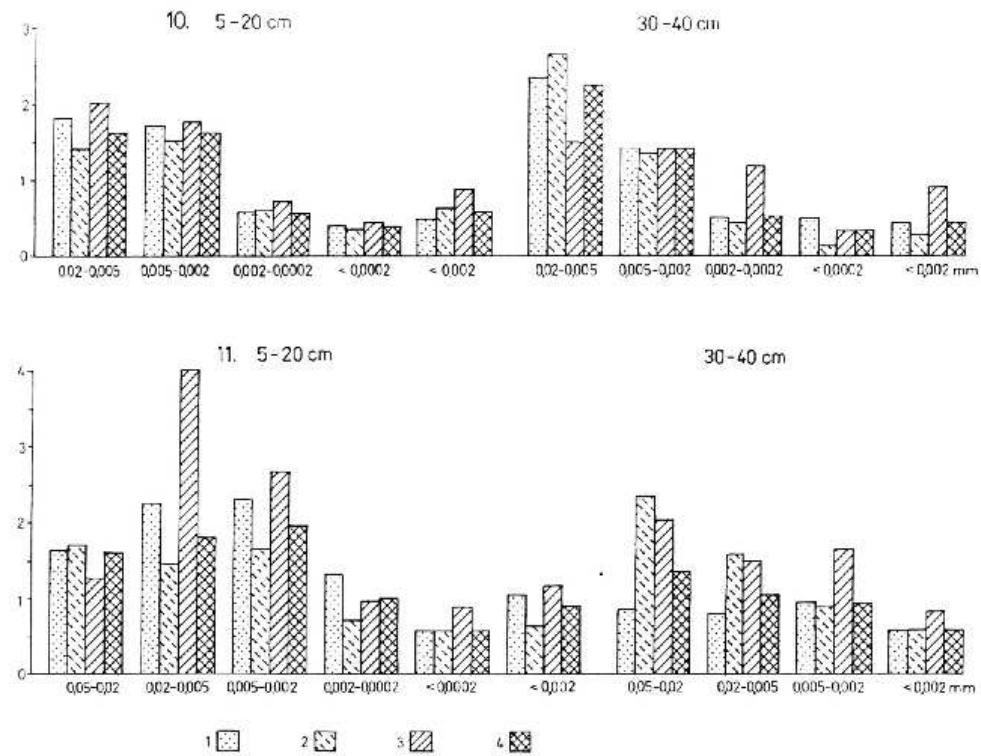
Rozpatrując zawartość kwasów huminowych i fulwowych rozpuszczalnych w pirofosforanie i NaOH, stan przedstawia się jeszcze bardziej zróżnicowanie.

W związkach rozpuszczalnych w pirofosforanie sodu nawet w płowych glebach lessowych we frakcjach 0,02-0,002 mm dominują kwasy huminowe, w drobniejszych frakcjach kwasy fulwowe. Podobnie jest w przypadku gleby brunatnej. W czarnoziemie natomiast przeważają kwasy huminowe.



Rys. 9. Stosunek CKh:CKf w poszczególnych frakcjach gleb pyłowych 1 – C związków rozpuszczalnych w 0,025 M Na₄P₂O₇, 2 – C związków rozpuszczalnych w 0,1M NaOH, 3 – C związków rozpuszczalnych w 0,1M NaOH po hydrolizie, 4 – C ogółem

Fig. 9. Cha:Cfa ratio in individual fractions of silt soils. 1- 4 as in Fig. 4

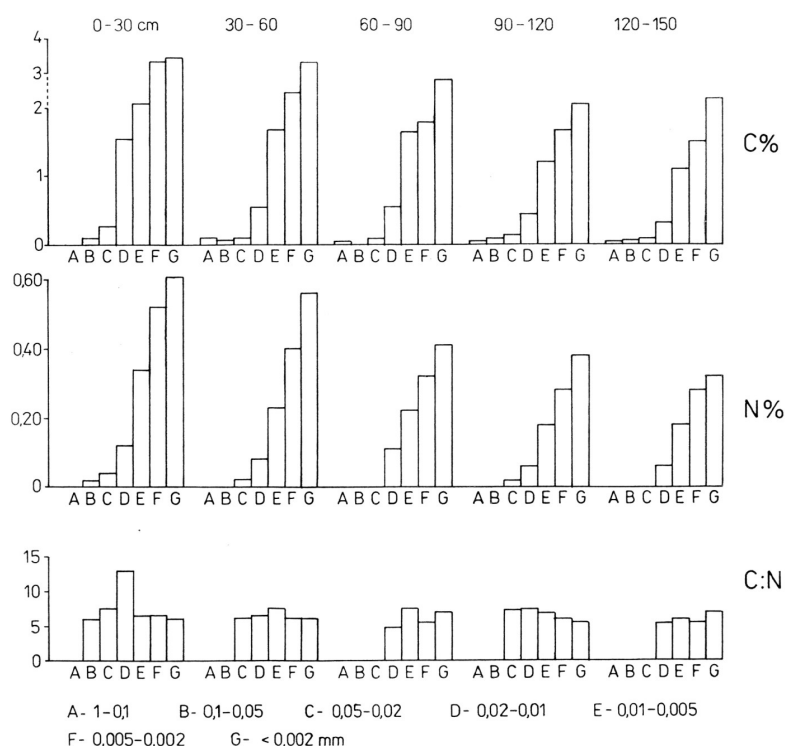


Rys. 10. Stosunek CKh:CKf w poszczególnych frakcjach gleb piaskowych 1 – C związków rozpuszczalnych w 0,025 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, 2 – C związków rozpuszczalnych w 0,1 M NaOH, 3 – C związków rozpuszczalnych w 0,1 M NaOH po hydrolizie, 4 – C ogółem
Fig. 10. Cha:Cfa ratio in individual fractions of sandy soils. 1-4 as in Fig. 4

Związki próchniczne rozpuszczalne w NaOH gleb płowych, a także frakcji poniżej 0,002 mm czarnoziemów i gleby brunatnej charakteryzują się przewagą kwasów fulwowych. Zawartość związków rozpuszczalnych w NaOH po hydrolizie jest nie mniej złożona. W glebach płowych we frakcji 0,02-0,005 mm jest więcej kwasów huminowych lub w równej ilości z kwasami fulwowymi, w czarnoziemie i glebie brunatnej we frakcji poniżej 0,0002 mm dominują kwasy fulwowe.

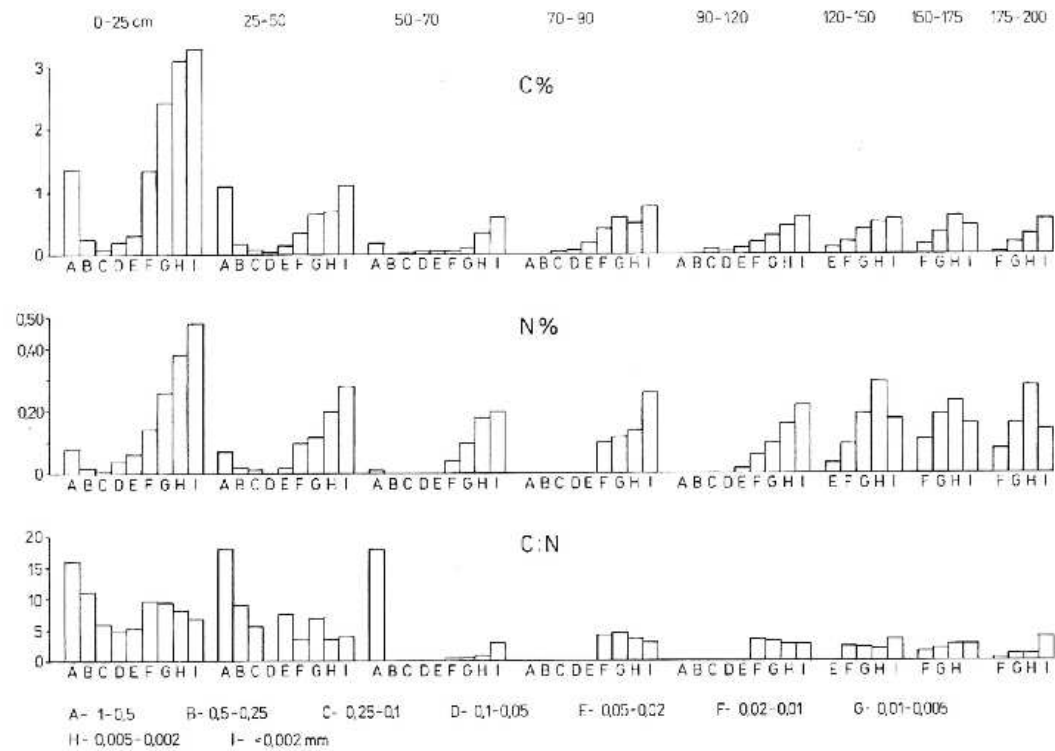
W glebach piaszkowych w związkach rozpuszczalnych w pirofosforanie w grubszych frakcjach dominują kwasy huminowe, we frakcjach poniżej 0,002 mm lub poniżej 0,001 mm przeważają kwasy fulwowe. Podobnie układają się stosunki pod względem rozpuszczalności w NaOH, także po hydrolizie.

Procentowe rozmieszczenie węgla w glebie profilu 12 jest najwyższe we frakcji <0,002 mm (ponad 40%), ale duży wzrost zaznacza się już od frakcji <0,01 mm i jest w całym profilu zbliżone (rys. 11).



Rys. 11. Zawartość węgla i azotu ogólnego w % oraz C:N w poszczególnych frakcjach gleby regionu warszawskiego – profil 12

Fig. 11. The content of organic carbon and total nitrogen in percentage and C:N ratio in individual granulometric fractions of soil in the Warsaw region – profile 12

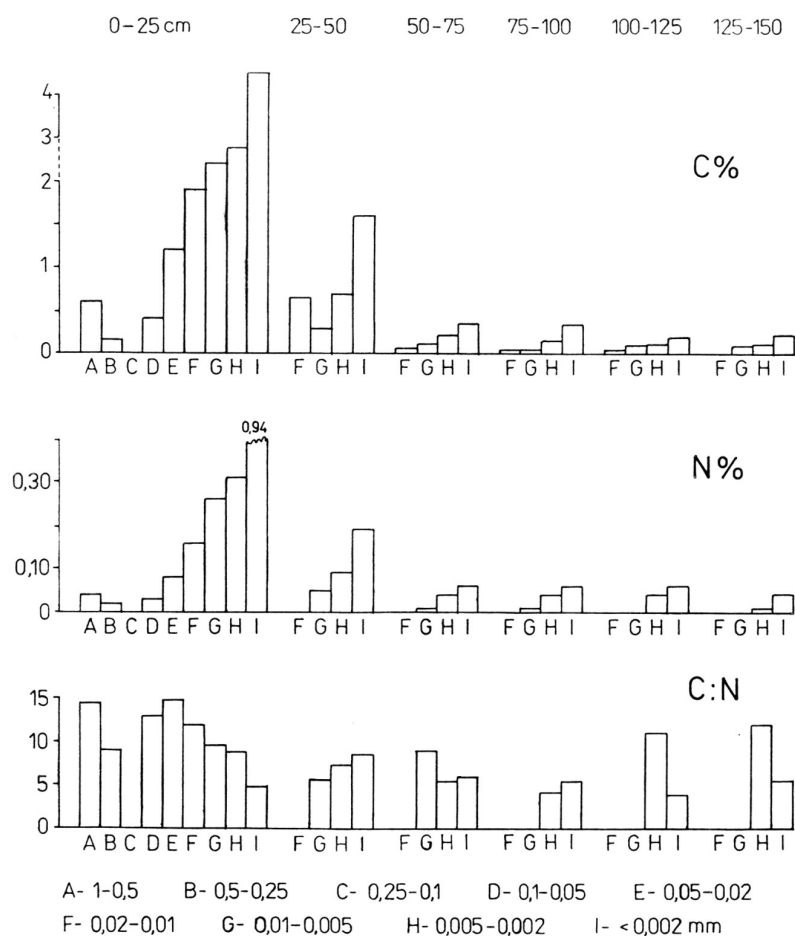


Rys. 12. Zawartość węgla i azotu ogólnego w % oraz C:N w poszczególnych frakcjach gleby regionu warszawskiego – profil 13
Fig. 12. The content of organic carbon and total nitrogen in percentage and C:N ratio in individual fractions of soil in the Warsaw region soil – profile 13

Podobnie układa się rozmieszczenie azotu a stosunek C:N nie wykazuje większego zróżnicowania (waha się na ogół między 5,5 a 7,5; rys. 11).

Zbliżony obraz jak w poprzednim profilu można stwierdzić również w glebie profilu 13, przy czym wyższe wartości zaczynają się już we frakcji <0,02 mm (rys. 12).

Profil 14 przypomina poprzedni, przy czym rozmieszczenie węgla we frakcji <0,002 mm może przekraczać nawet 50% (rys. 13).



Rys. 13. Zawartość węgla i azotu ogólnego w % oraz C:N w poszczególnych frakcjach gleby regionu warszawskiego – profil 14

Fig. 13. The content of organic carbon and total nitrogen in percentage and C:N ratio in individual granulometric fractions of soil in the Warsaw region – profile 14

8. WŁAŚCIWOŚCI SORPCYJNE FRAKCJI GRANULOMETRYCZNYCH

W przypadku kationów a także pojemności sorpcyjnej i stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleb karpackich prawie wszędzie powtarza się ta sama prawidłowość: ich wartości wzrastają wraz ze stopniem rozdrobnienia ziarn glebowych (rys.14-21). Szczególnie wyraźnie zaznacza się to we frakcji poniżej 0,002 mm. Wśród kationów wymienionych pod względem zawartości wyróżniają się H^+ i Ca^{++} . Znaczny jest też udział Mg^{++} , zwłaszcza we frakcji najdrobniejszej, podobnie jak K^+ i Na^+ . Dostyc duży jest stopień wysycenia kompleksu kationami, zwłaszcza w profilu 1-3, który zwykle rośnie także z głębokością profilu.

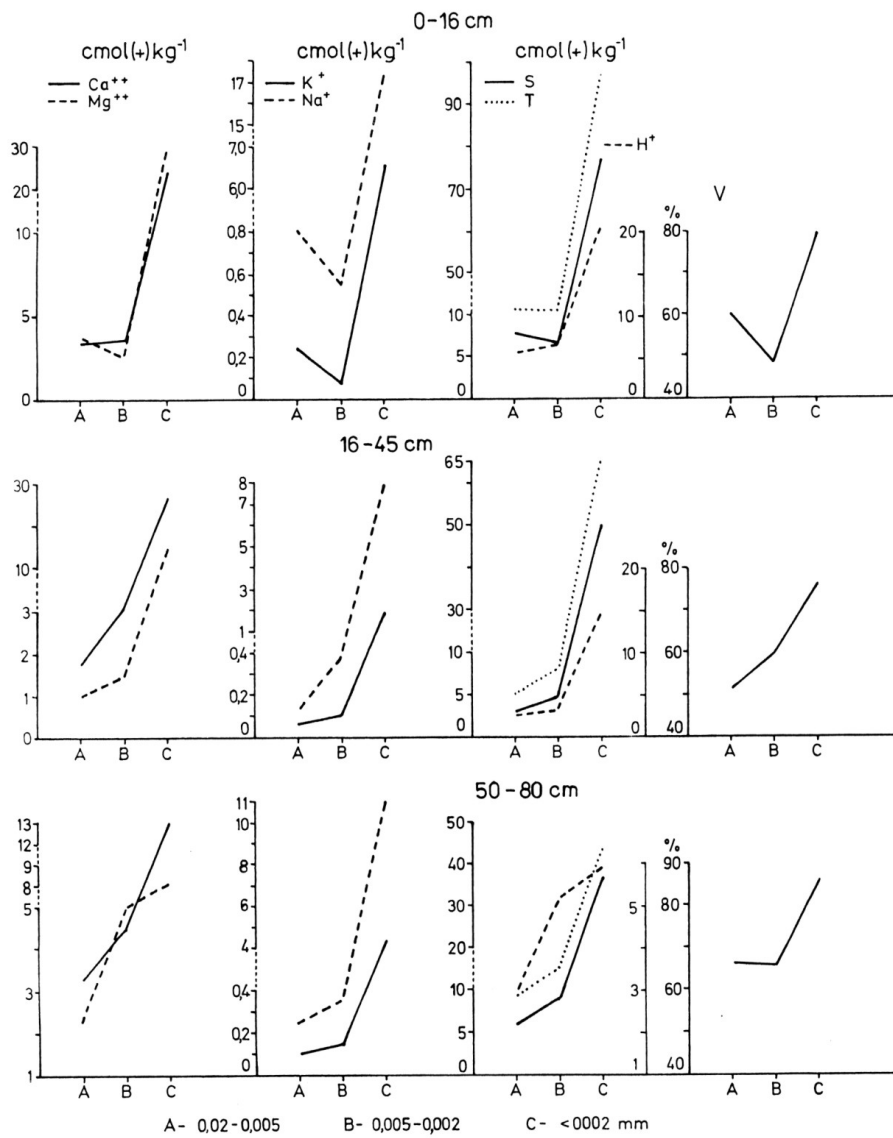
W glebach lessowych są one związane głównie z wielkością frakcji granulometrycznych, zawartość zaś niektórych kationów uzależniona jest również od typu gleby i jej poziomu genetycznego (rys. 22-29). Z reguły zawartość kationów wymienionych we frakcji poniżej 0,002 mm i mniejszych, a często nawet już poniżej 0,005 mm, jest wielokrotnie wyższa niż we frakcjach grubszych. Wyjątek stanowi Ca^{++} , który w lessowej skale macierzystej występuje w znacznych ilościach również we frakcji 0,005-0,002 mm, a niekiedy nawet we frakcji poniżej 0,1 mm.

W pierwszej kolejności pod względem zawartości występują H^+ i Ca^{++} , zależnie od typu i poziomu genetycznego, w dalszej Mg^{++} , na ostatnim miejscu – K^+ i Na^+ . Z reguły potas występuje w większych ilościach od sodu, ale w skale lessowej sytuacja jest odwrotna. Większe ilości H^+ znajdują się we frakcjach mechanicznych z gleb płowych (w poziomach A, Aet a nawet Bbr). Zawartość kationów w kompleksie sorpcyjnym we frakcjach 1-0,02 mm jest na ogół mała (z wyjątkiem Ca, jak już wspomniano).

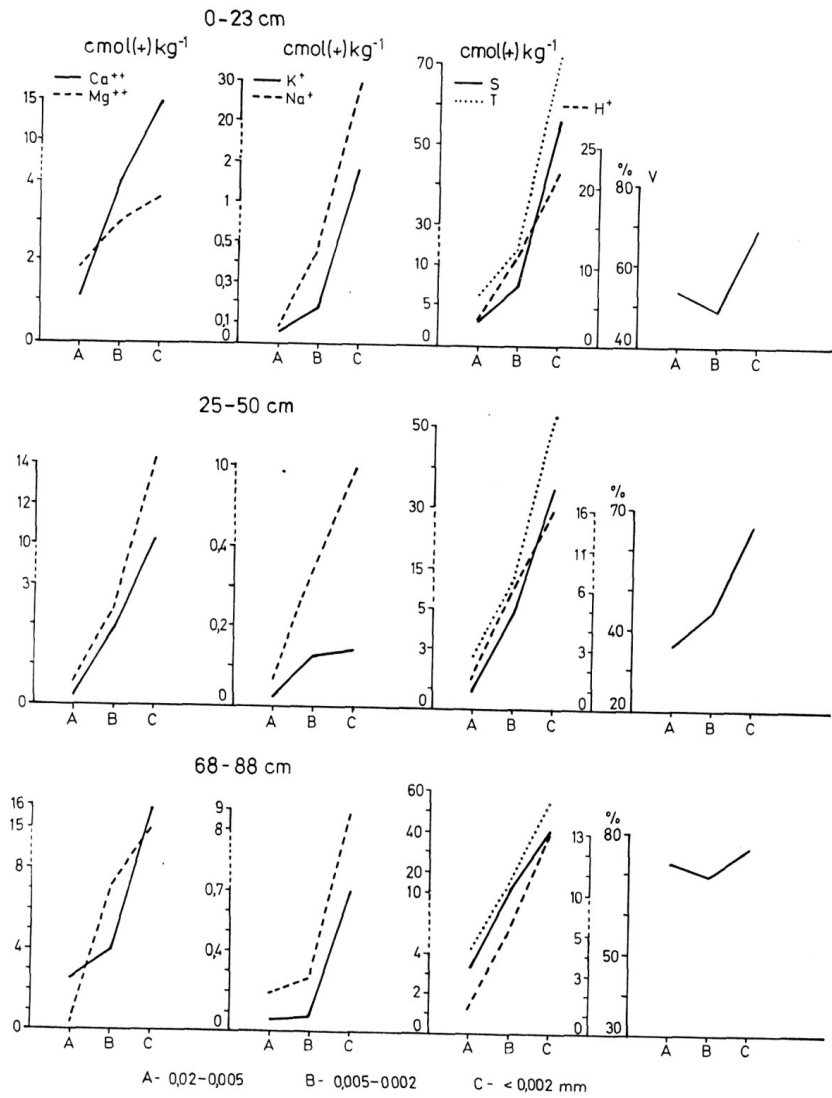
Pojemność sorpcyjna gleb wytworzonych z lessu jest dość znaczna, decydują o niej głównie jony H, Ca, niekiedy też Mg. Warto też dodać, że pojemność sorpcyjna frakcji mechanicznych z górnych warstw glebowych jest zwykle wyższa niż w dolnych poziomach.

Właściwości sorpcyjne gleb piaskowych podlegają podobnym prawidłowościom jak gleby lessowe. Skład kompleksu sorpcyjnego i jego wartości są zależne głównie od wielkości frakcji mechanicznej, w mniejszym stopniu od typu gleby czy poziomu genetycznego (rys. 30-32). Tak więc zawartość kationów jest tu najwyższa we frakcjach najdrobniejszych, często już od frakcji poniżej 0,005 mm, a nawet poniżej 0,02 mm.

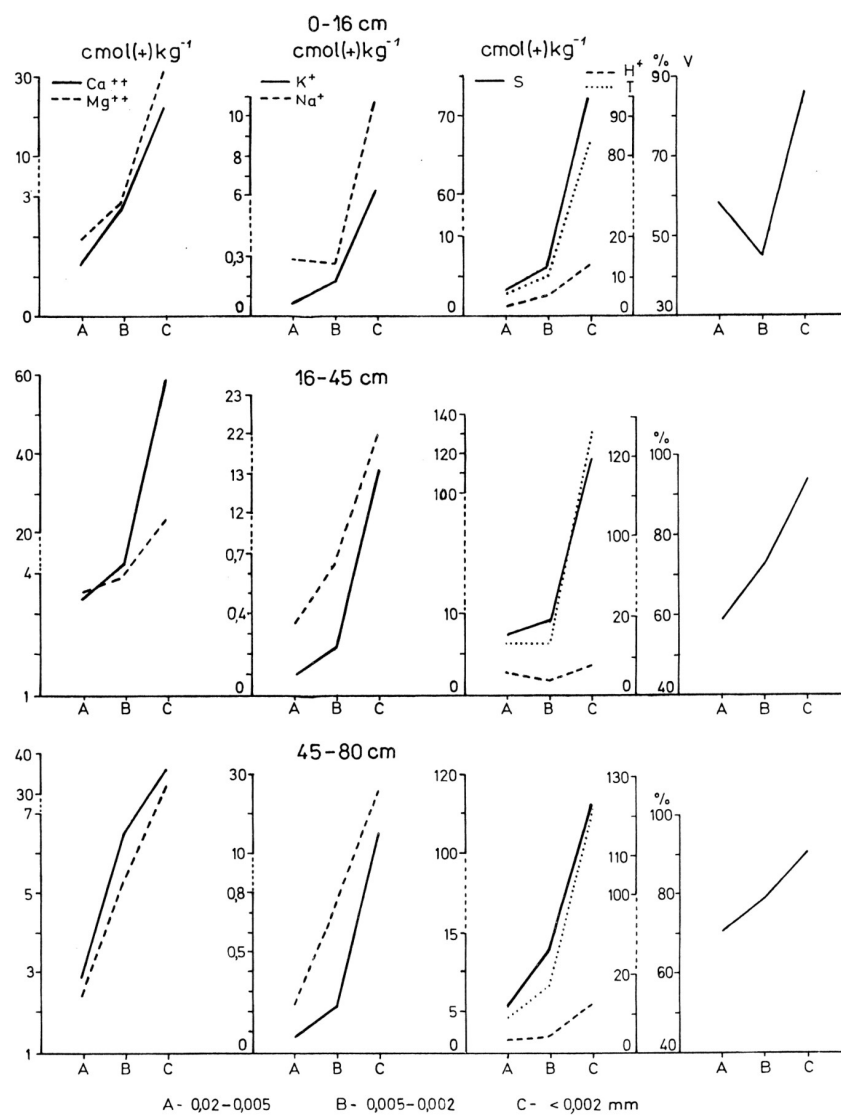
Pojemność sorpcyjna w omawianych glebach jest wysoka, ale na jej wartość wpływają w głównej mierze jony H^+ (których zawartość na ogół jest najwyższa w poziomie A). Znaczna jest też zawartość Ca^{++} i Mg^{++} , zwłaszcza w piasku gliniastym mocnym (profil 10), przy czym z głębokością ich wartość wzrasta. W profilu 11 ich zawartość jest znaczna tylko w poziomie A, z głębokością maleje, podobnie też K^+ i Na^+ . Zwykle też potas przeważa nad sodem.



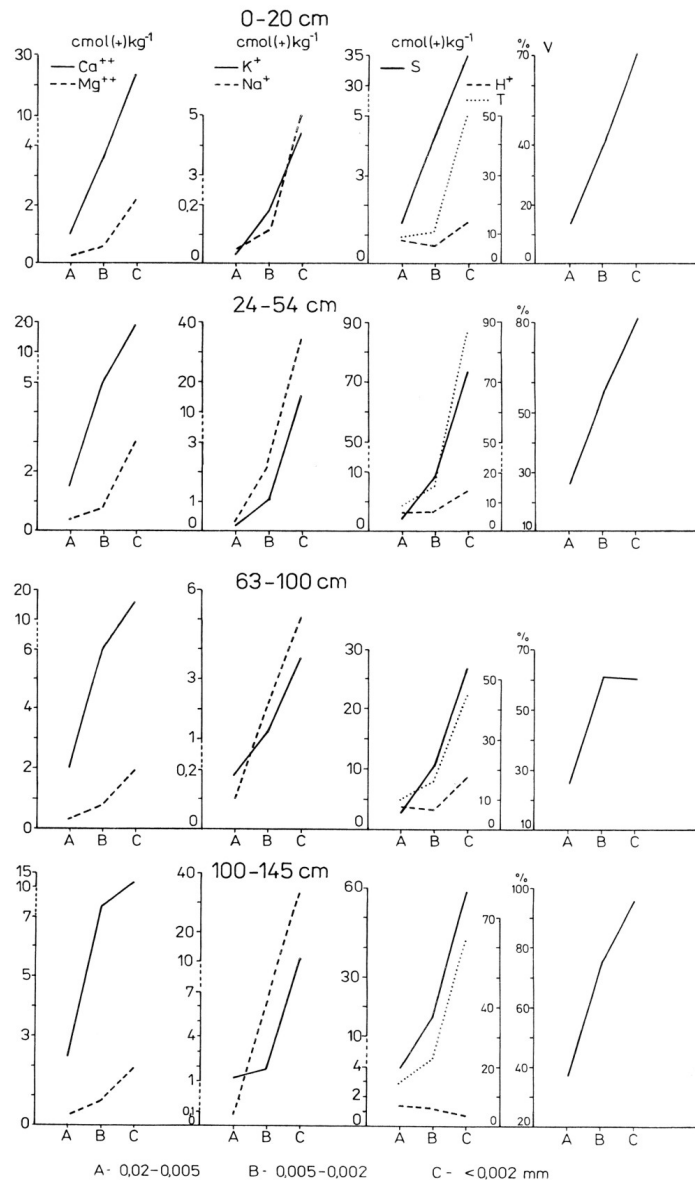
Rys. 14. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby karpackiej – profil 1
Fig. 14. The content of exchangeable cations in granulometric fractions of Carpathian soil – profile 1



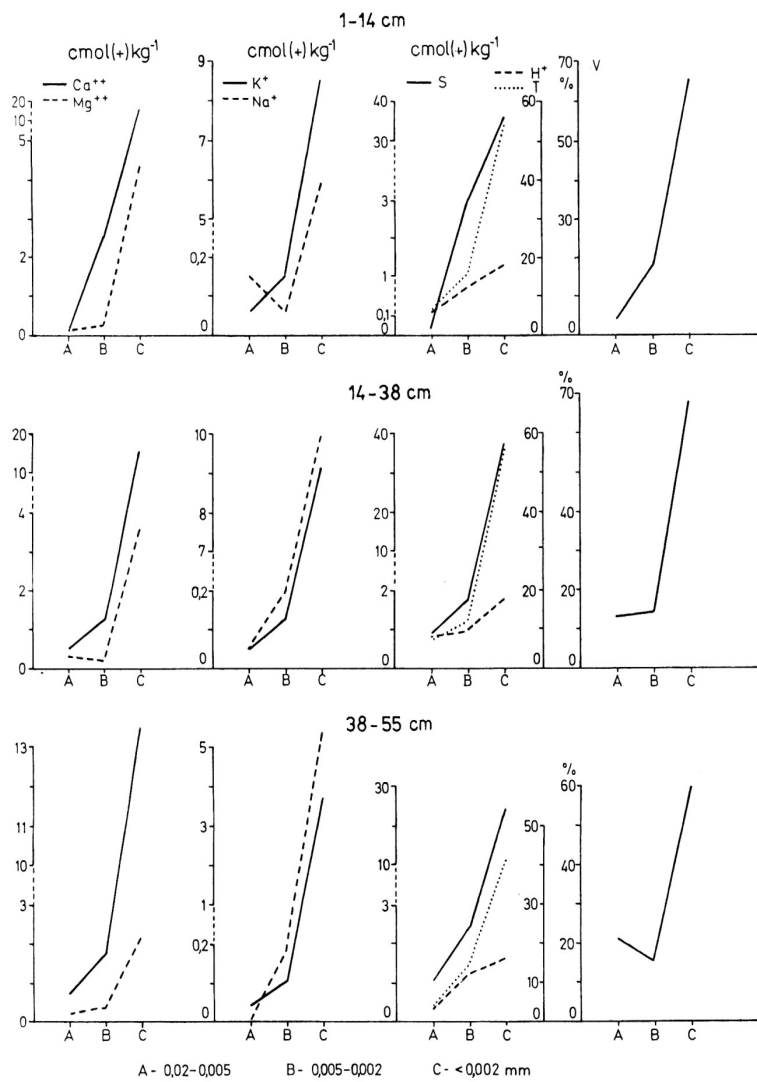
Rys. 15. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby karpackiej – profil 2
Fig. 15. The content of exchangeable cations in granulometric fractions of Carpathian soil – profile 2



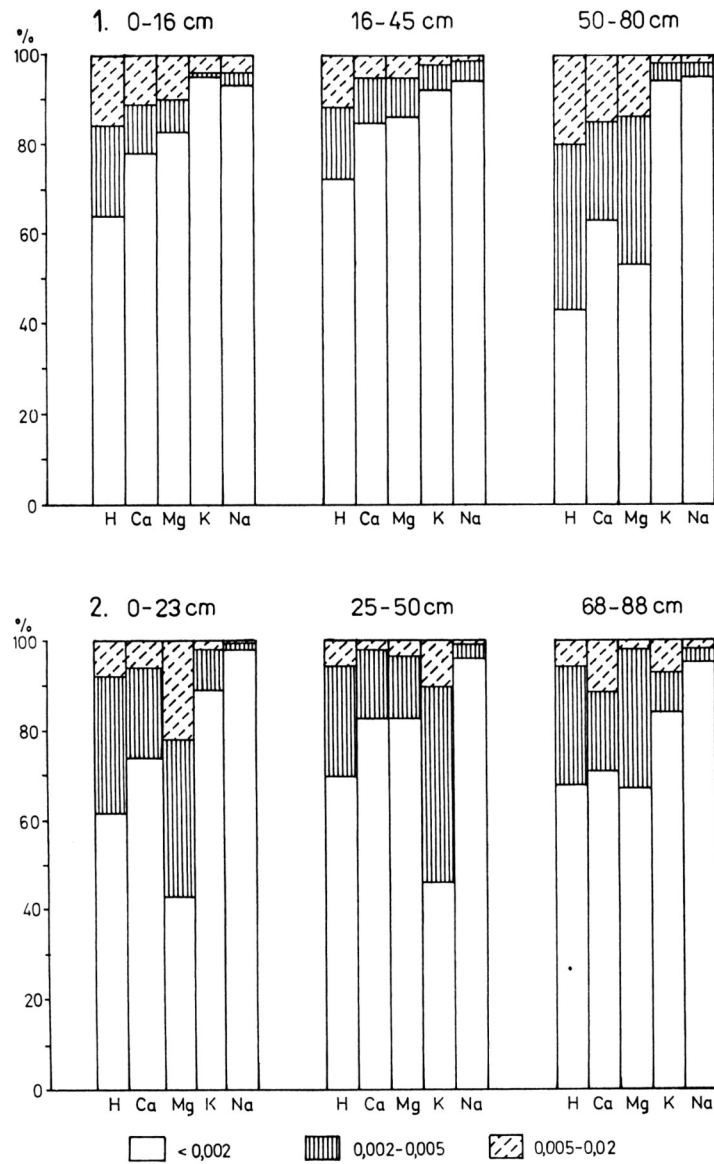
Rys. 16. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby karpackiej – profil 3
Fig. 16. The content of exchangeable cations in granulometric fractions of Carpathian soil – profile 3



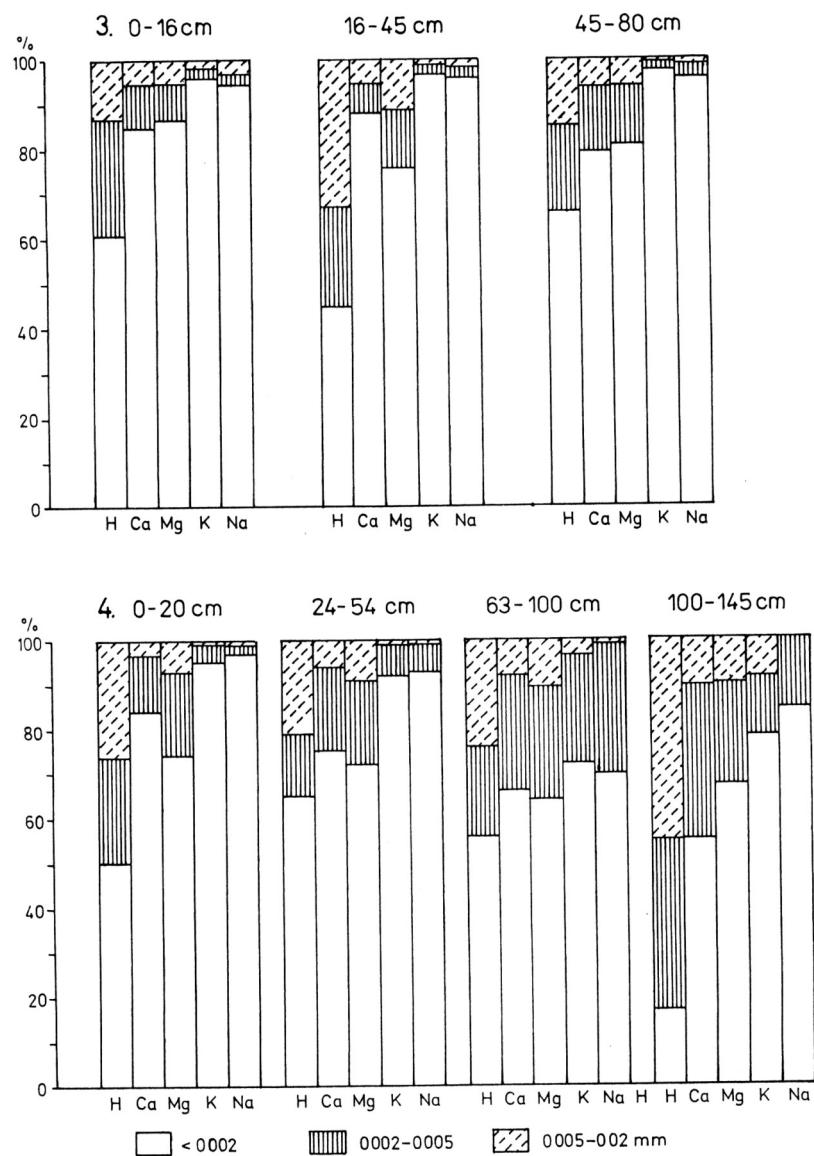
Rys. 17. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby karpackiej – profil 4
Fig. 17. The content of exchangeable cations in granulometric fractions of Carpathian soil – profile 4



Rys. 18. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby karpackiej – profil 5
Fig. 18. The content of exchangeable cations in granulometric fractions of Carpathian soil – profile 5

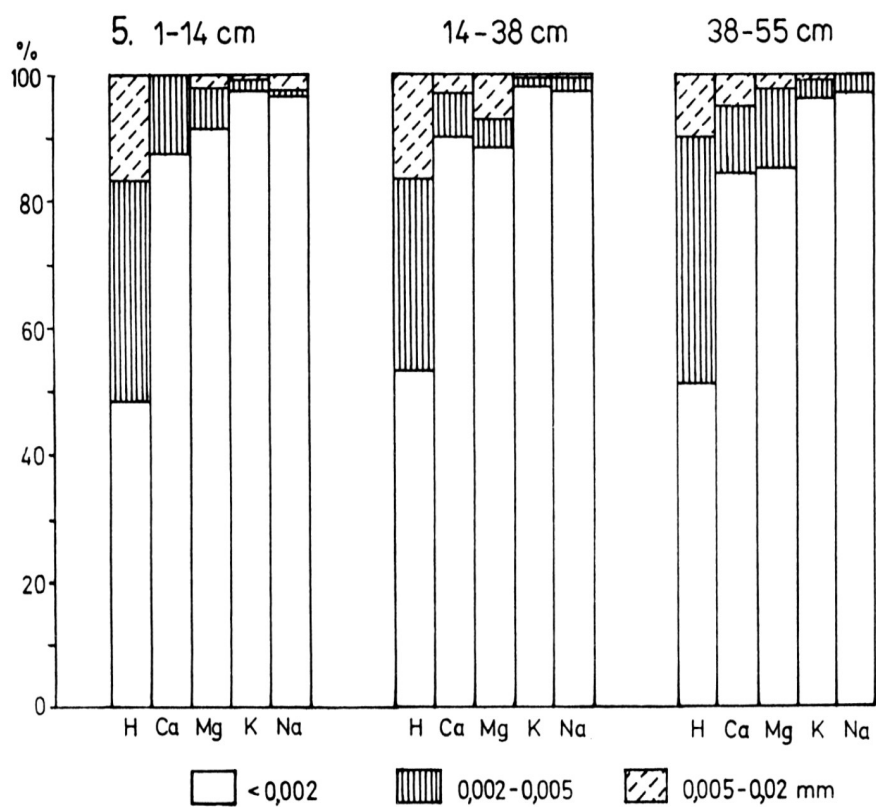


Rys. 19. Procentowa zawartość danego kationu w poszczególnych frakcjach gleb karpackich profile 1, 2
Fig. 19. The percentage content of a definite cation in individual granulometric fractions of Carpathan soils – profile 1 and 2

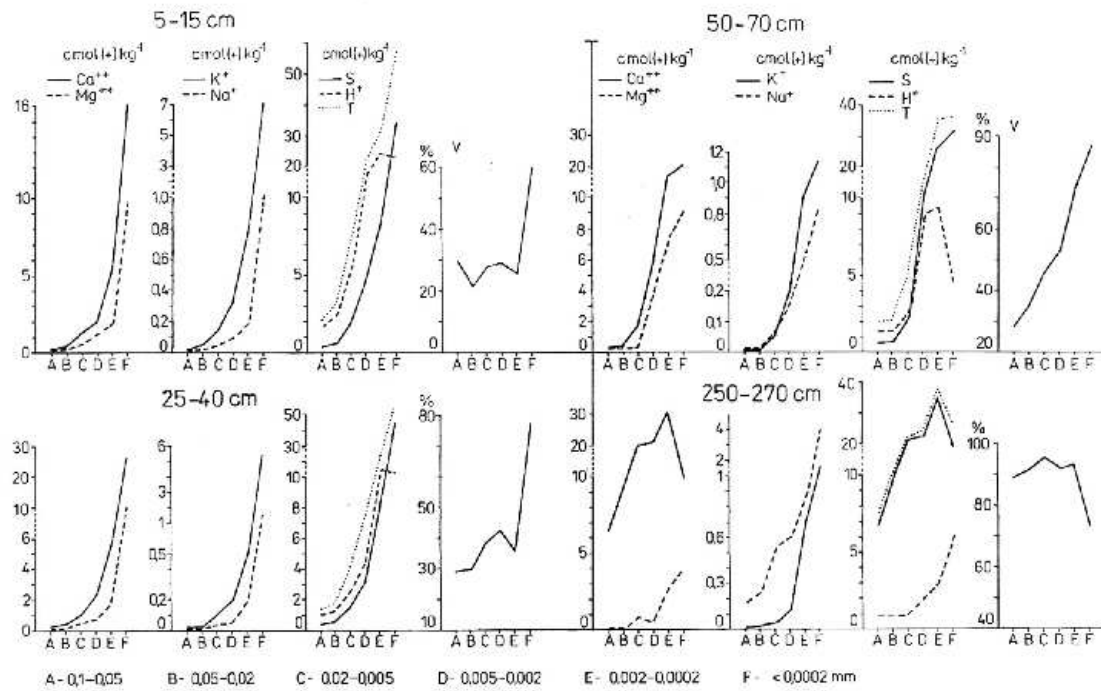


Rys. 20. Procentowa zawartość danego kationu w poszczególnych frakcjach gleb karpackich – profile 3, 4

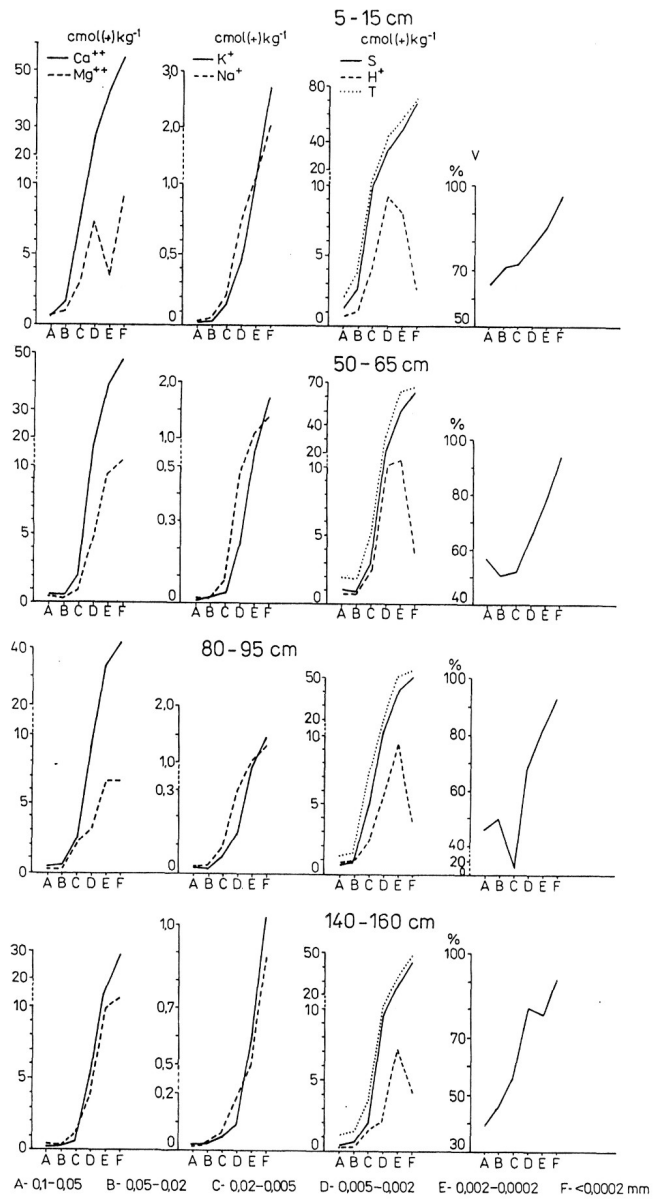
Fig. 20. The percentage content of a definite cation in individual granulometric fractions of Carpathan soils – profile 3 and 4



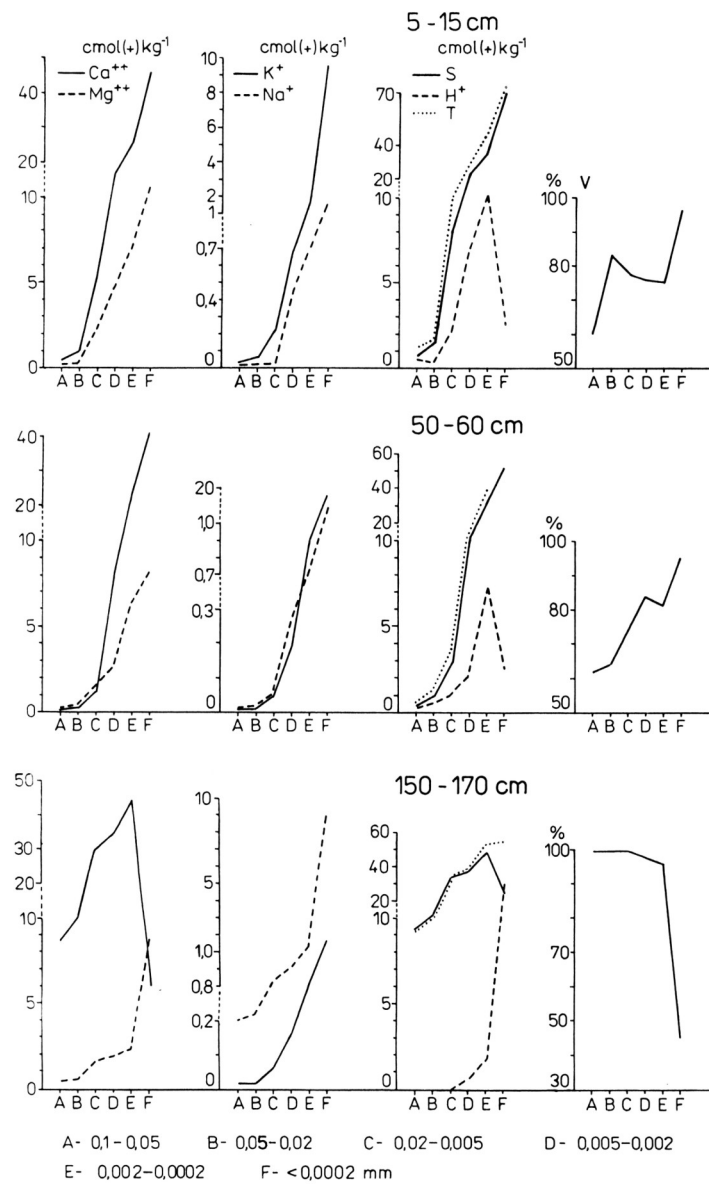
Rys. 21. Procentowa zawartość danego kationu w poszczególnych frakcjach gleb karpackich – profil 5
Fig. 21. The percentage content of a definite cation in individual granulometric fractions of Carpathan soils – profile 5



Rys. 22. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby pyłowej – profil 6
Fig. 22. The content of exchangeable cations in granulometric fractions of silt soils – profile 6

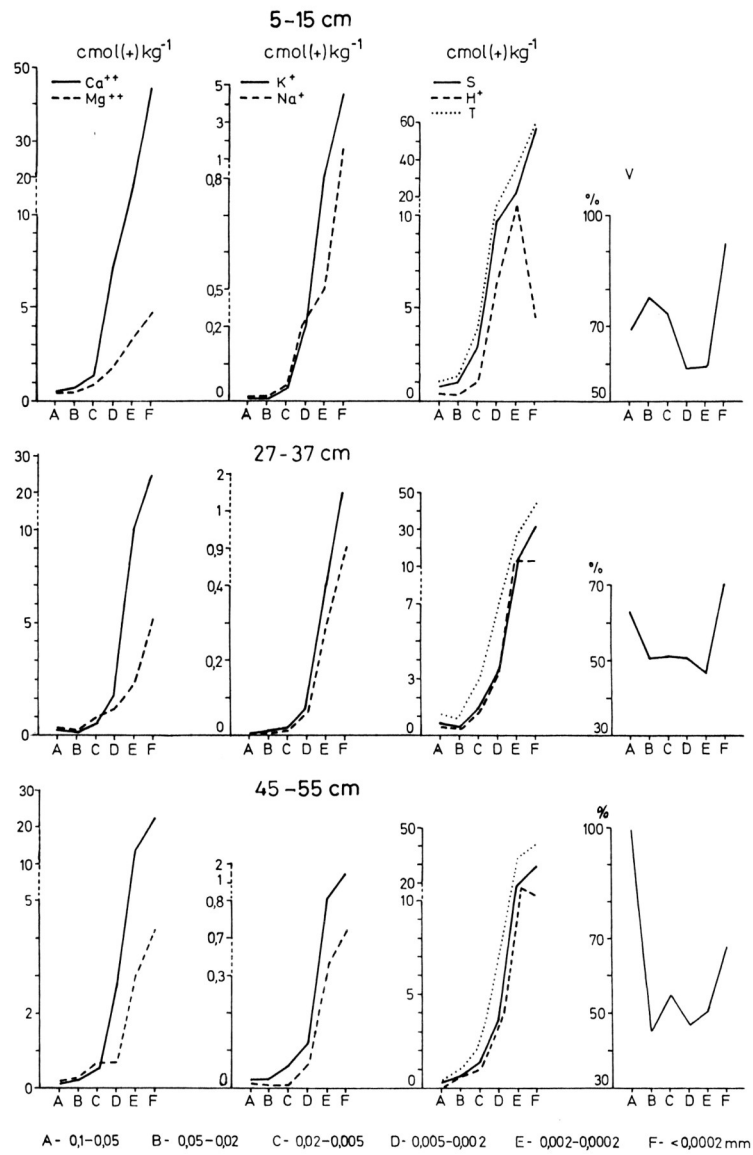


Rys. 23. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby pyłowej – profil 7
Fig. 23. The content of exchangeable cations in granulometric fractions of silt soils – profile 7

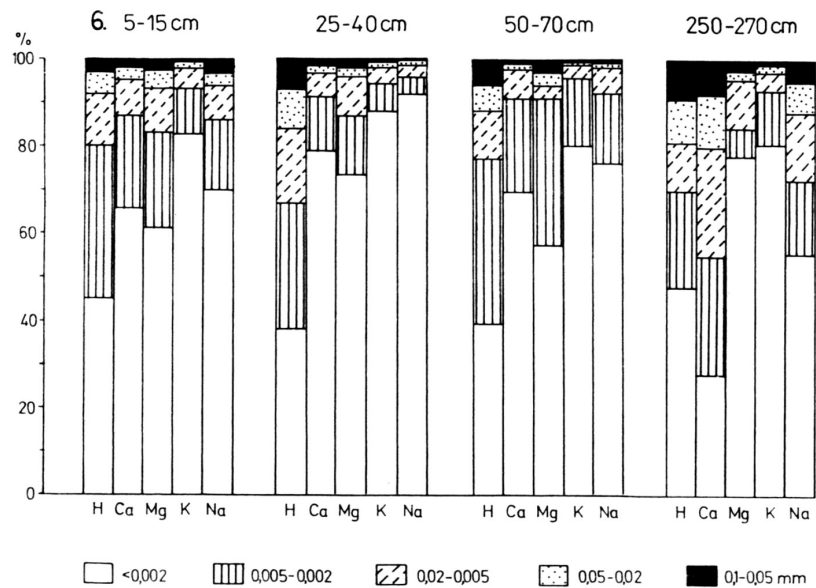


Rys. 24. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby pyłowej – profil 8

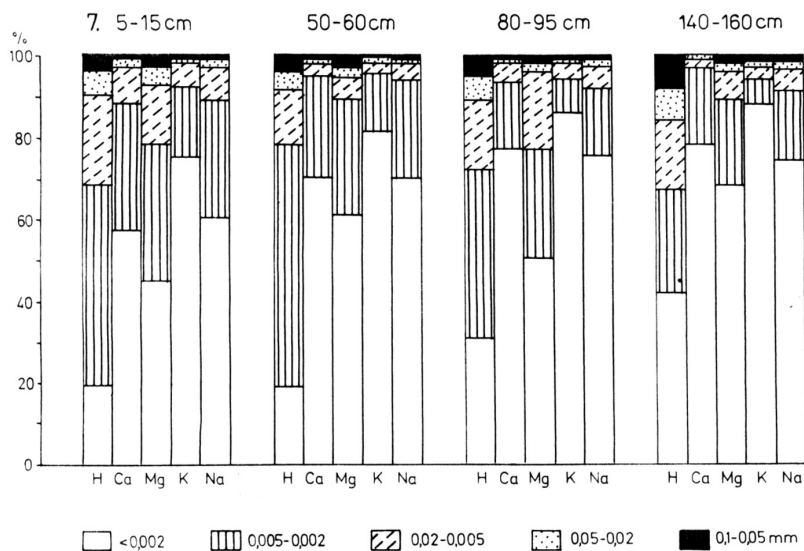
Fig. 24. The content of exchangeable cations in granulometric fractions of silt soils – profile 8



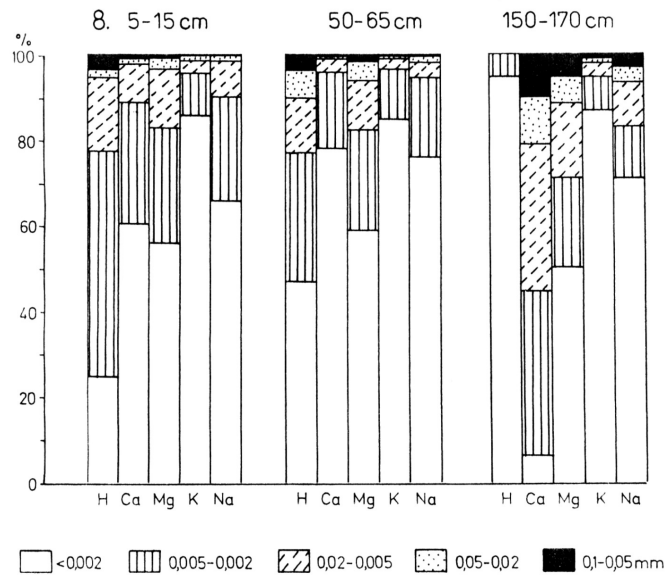
Rys. 25. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby pyłowej – profil 9
Fig. 25. The content of exchangeable cations in granulometric fractions of silt soils – profile 9



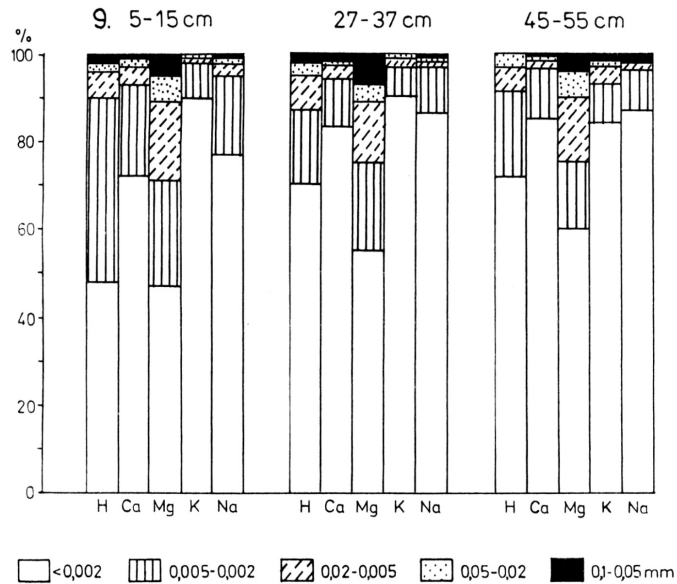
Rys. 26. Procentowa zawartość danego kationu w poszczególnych frakcjach gleby pyłowej – profil 6
Fig. 26. The percentage content of a definite cation in individual granulometric fractions of silt soils – profile 6



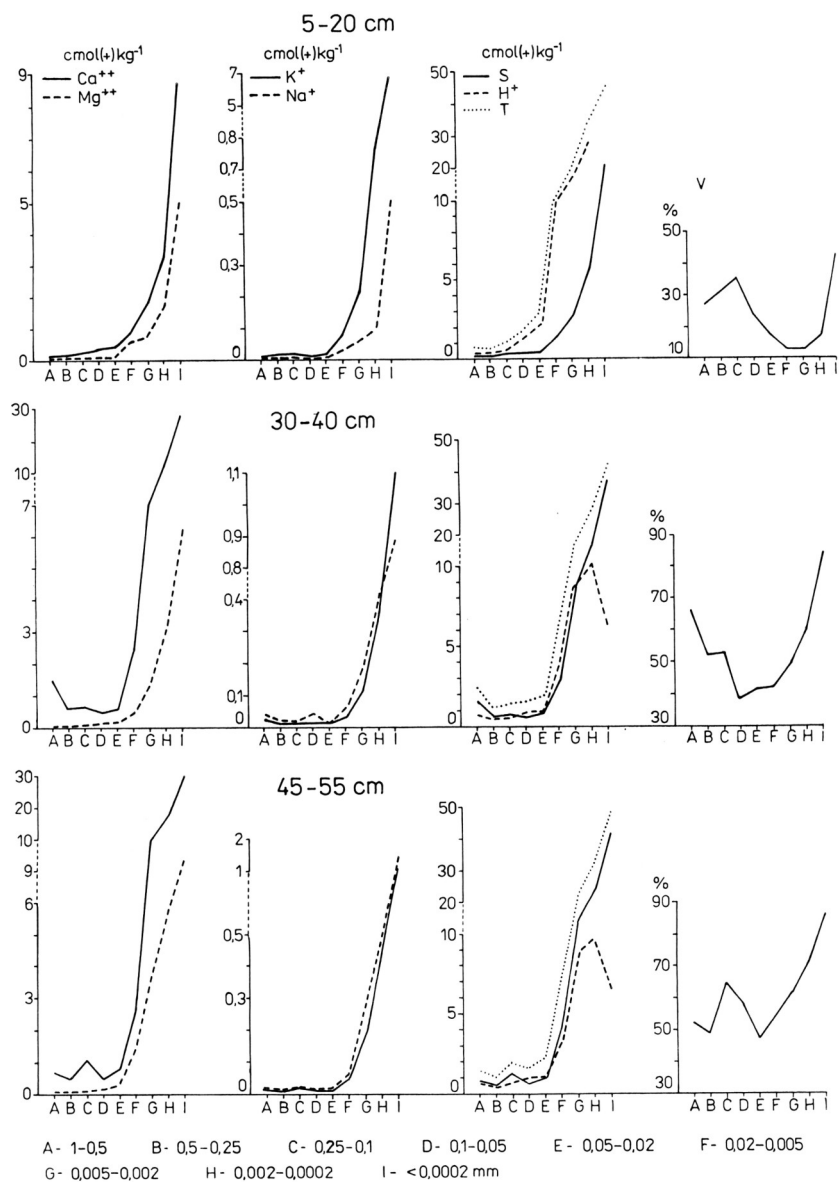
Rys. 27. Procentowa zawartość danego kationu w poszczególnych frakcjach gleby pyłowej – profil 7
Fig. 27. The percentage content of a definite cation in individual granulometric fractions of silt soils – profile 7



Rys. 28. Procentowa zawartość danego kationu w poszczególnych frakcjach gleby pyłowej – profil 8
Fig. 28. The percentage content of a definite cation in individual granulometric fractions of silt soils – profile 8

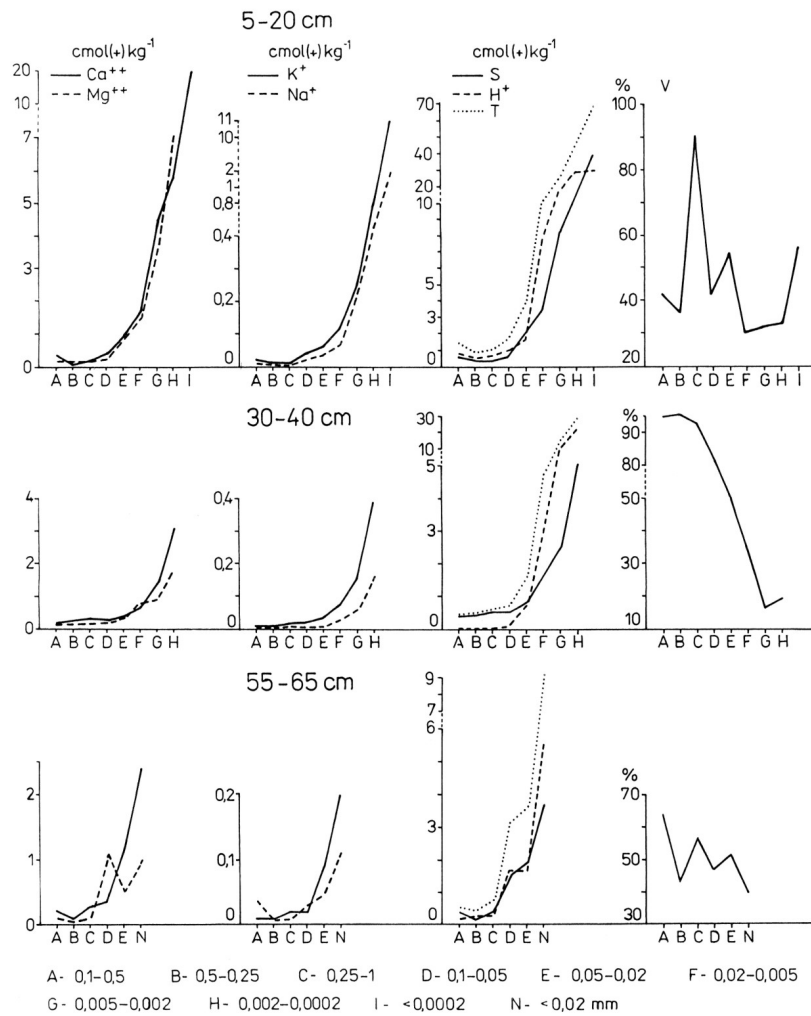


Rys. 29. Procentowa zawartość danego kationu w poszczególnych frakcjach gleby pyłowej – profil 9
Fig. 29. The percentage content of a definite cation in individual granulometric fractions of silt soils – profile 9



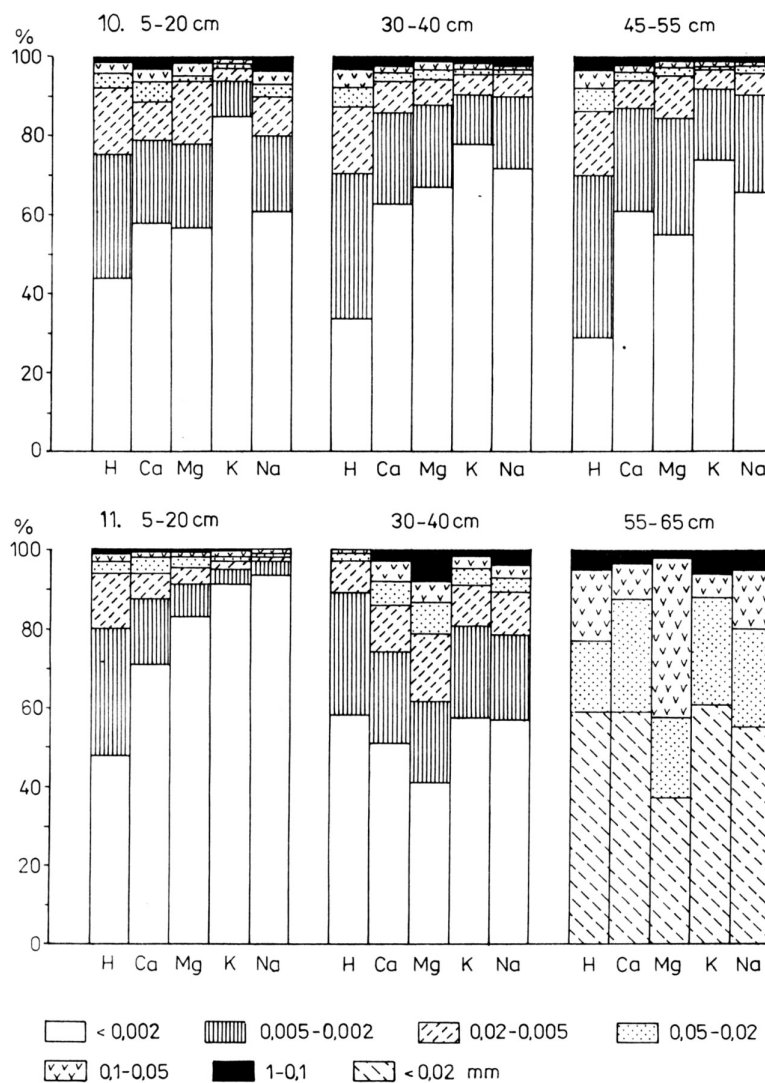
Rys. 30. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby piaskowej – profil 10

Fig. 30. The content of exchangeable cations in granulometric fractions of sandy soils – profile 10



Rys. 31. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby piaskowej – profil 11

Fig. 31. The content of exchangeable cations in granulometric fractions of sandy soils – profile 11

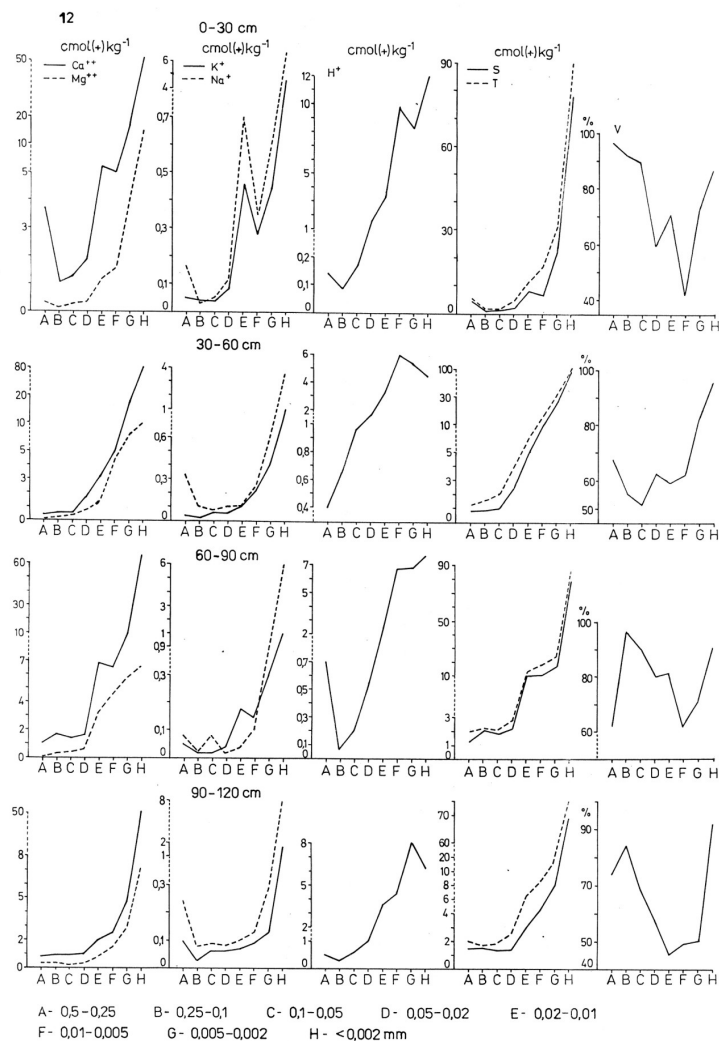


Rys. 32. Procentowa zawartość danego kationu w poszczególnych frakcjach gleb piaskowych – profile 10, 11

Fig. 32. The percentage content of a definite cation in individual granulometric fractions of sandy soils – profile 10 and 11

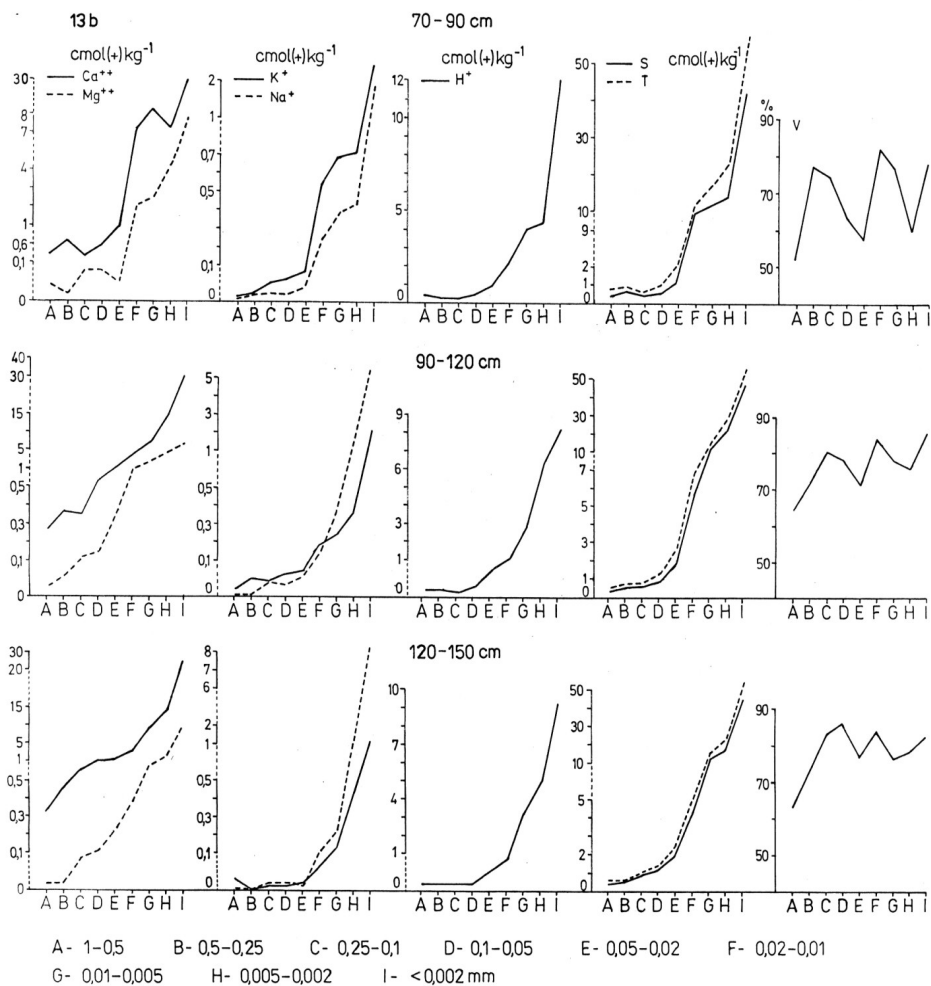
Właściwości sorpcyjne trzech gleb regionu warszawskiego, podobnie jak wcześniej omówionych, są ściśle uzależnione od wielkości frakcji granulometrycznych. Kationy Ca, Mg, K i Na występują w większych ilościach we frakcji <0,002 mm,

choć mogą występować w wyższych ilościach we frakcjach $<0,005$ mm, a nawet grubszych ($<0,01$ mm; rys. 33-40). Kationy H występują w zwiększonych ilościach w warstwach powierzchniowych gleb, zwłaszcza we frakcji $<0,005$ lub $0,01$ mm (profil 12). Suma kationów o charakterze zasadowym a także całkowita pojemność sorpcyjna czy wreszcie stopień wysycenia gleb są pochodnymi od wcześniej omówionych elementów, tj. poszczególnych kationów.

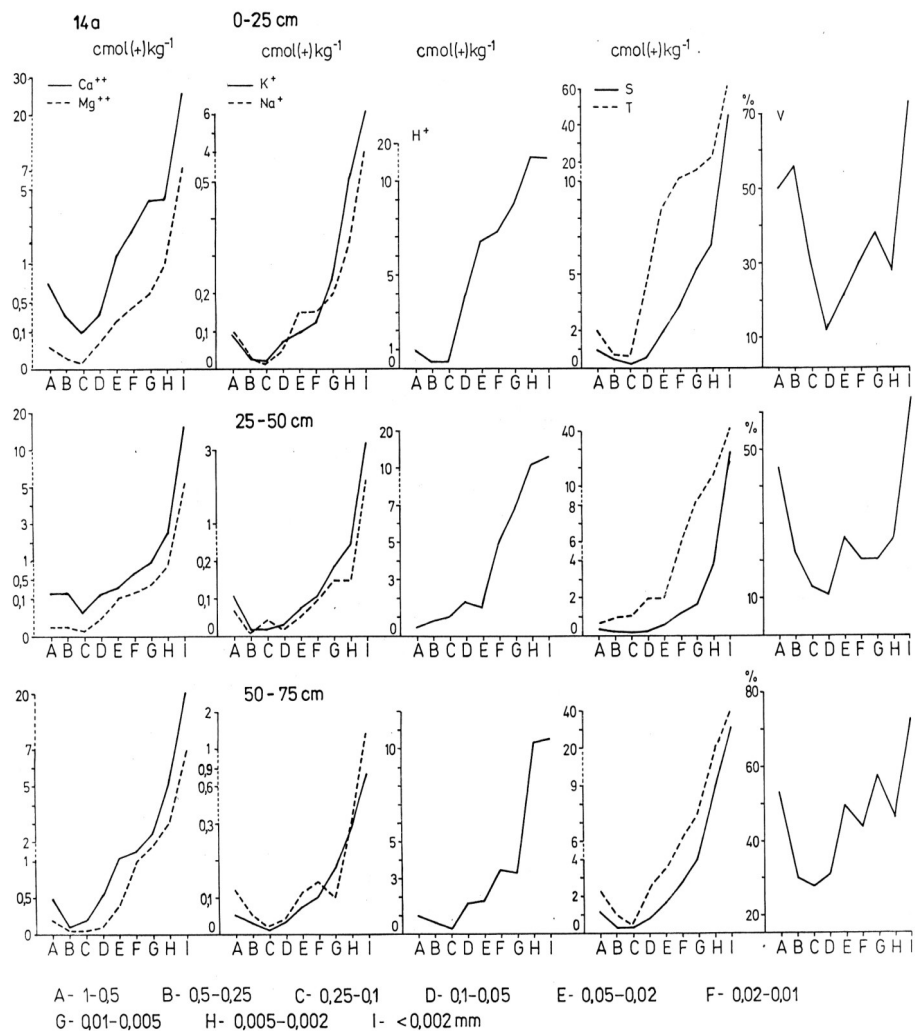


Rys. 33. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby regionu warszawskiego – profil 12

Fig. 33. Content of exchangeable cations in granulometric fractions of soil in the Warsaw region – profile 12

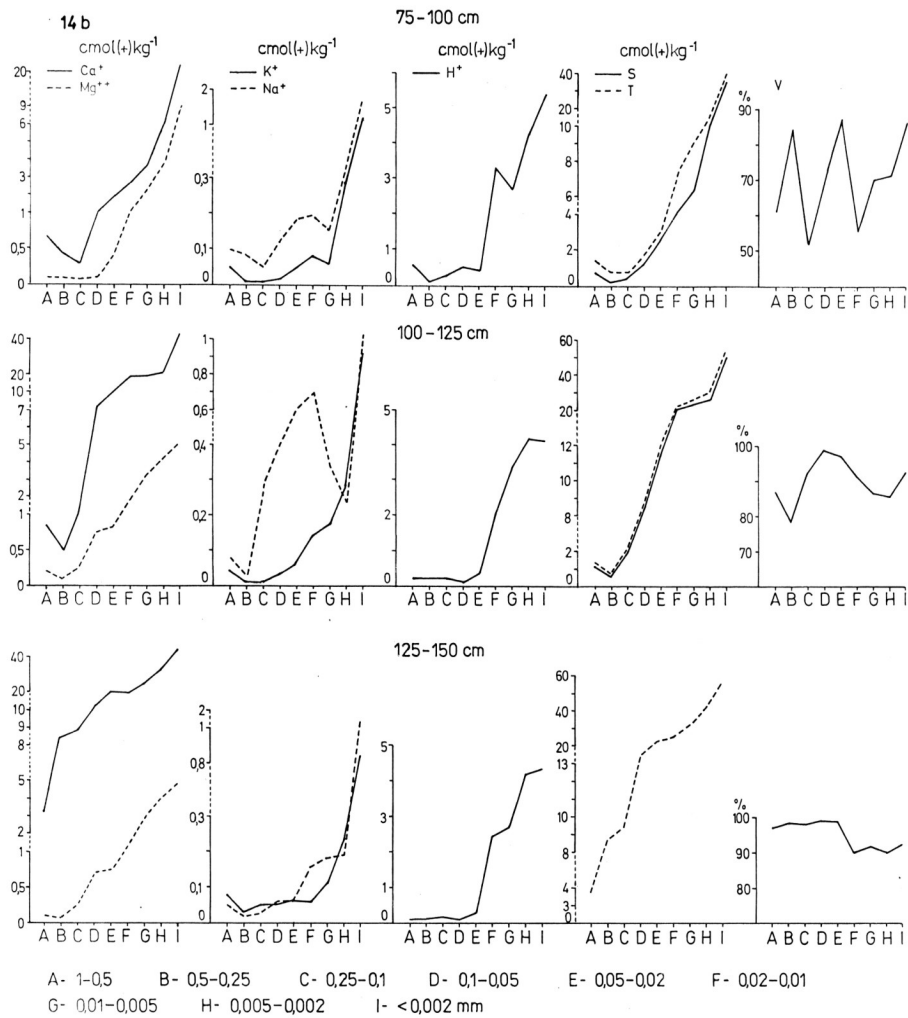


Rys. 35. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby regionu warszawskiego – profil 13b (część dolna)
Fig. 35. Content of exchangeable cations in granulometric fractions of soil in the Warsaw region – profile 13b (bottom part)



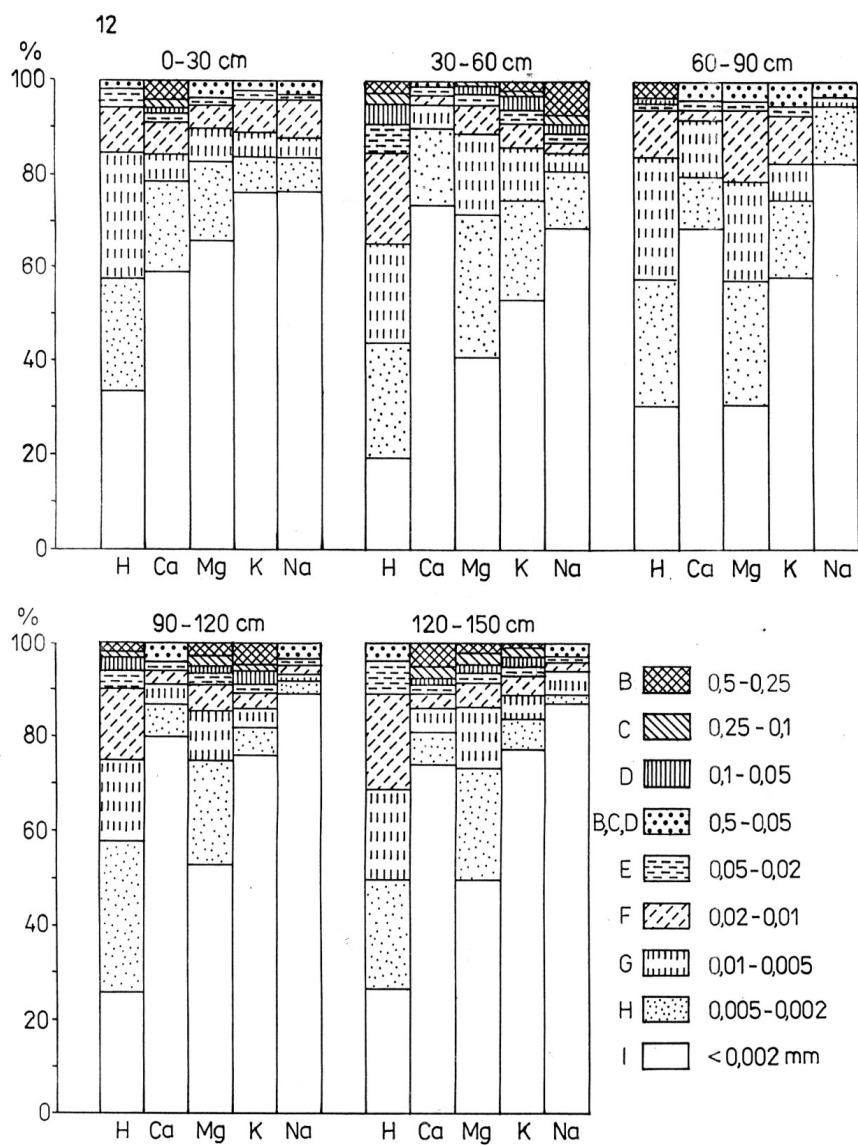
Rys. 36. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby regionu warszawskiego – profil 14a (część górna)

Fig. 36. Content of exchangeable cations in granulometric fractions of soil in the Warsaw region – profile 14a (top part)



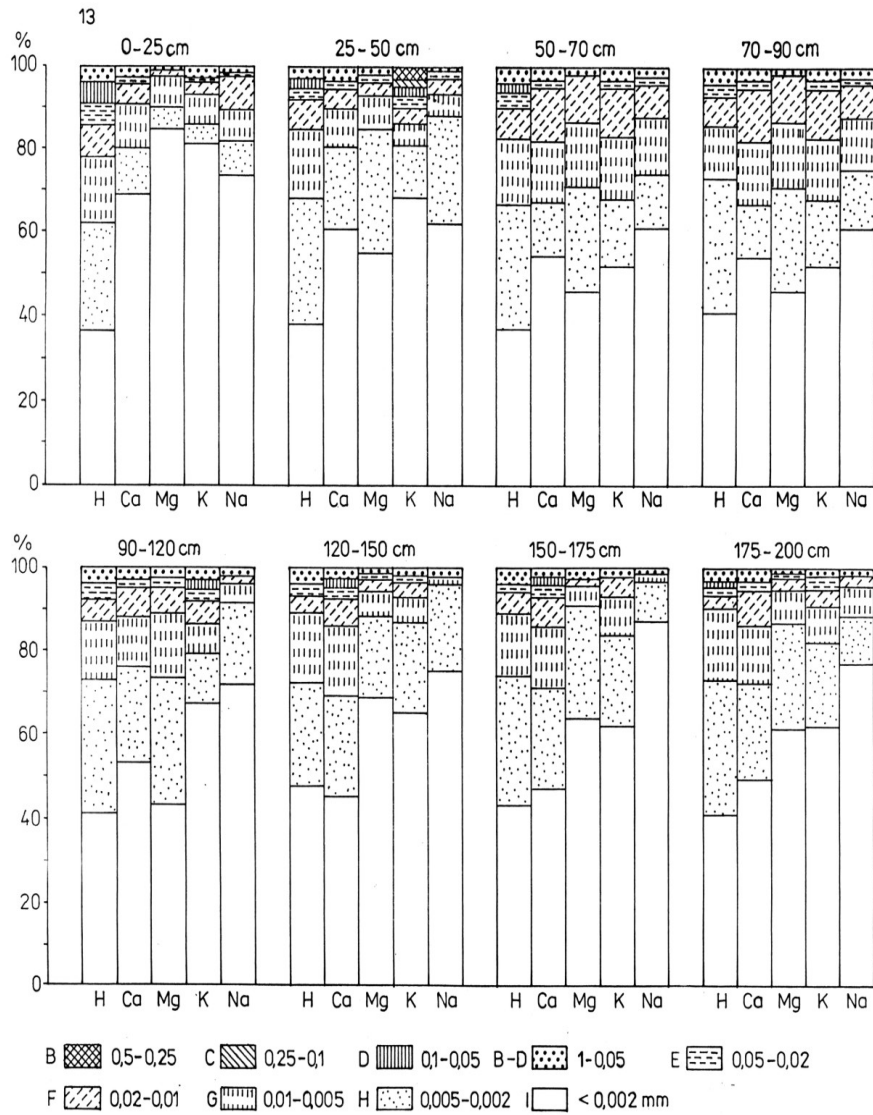
Rys. 37. Zawartość kationów wymiennych we frakcjach granulometrycznych gleby regionu warszawskiego profil 14b (część dolna)

Fig. 37. Content of exchangeable cations in granulometric fractions of soil in the Warsaw region – profile 14b (bottom part)



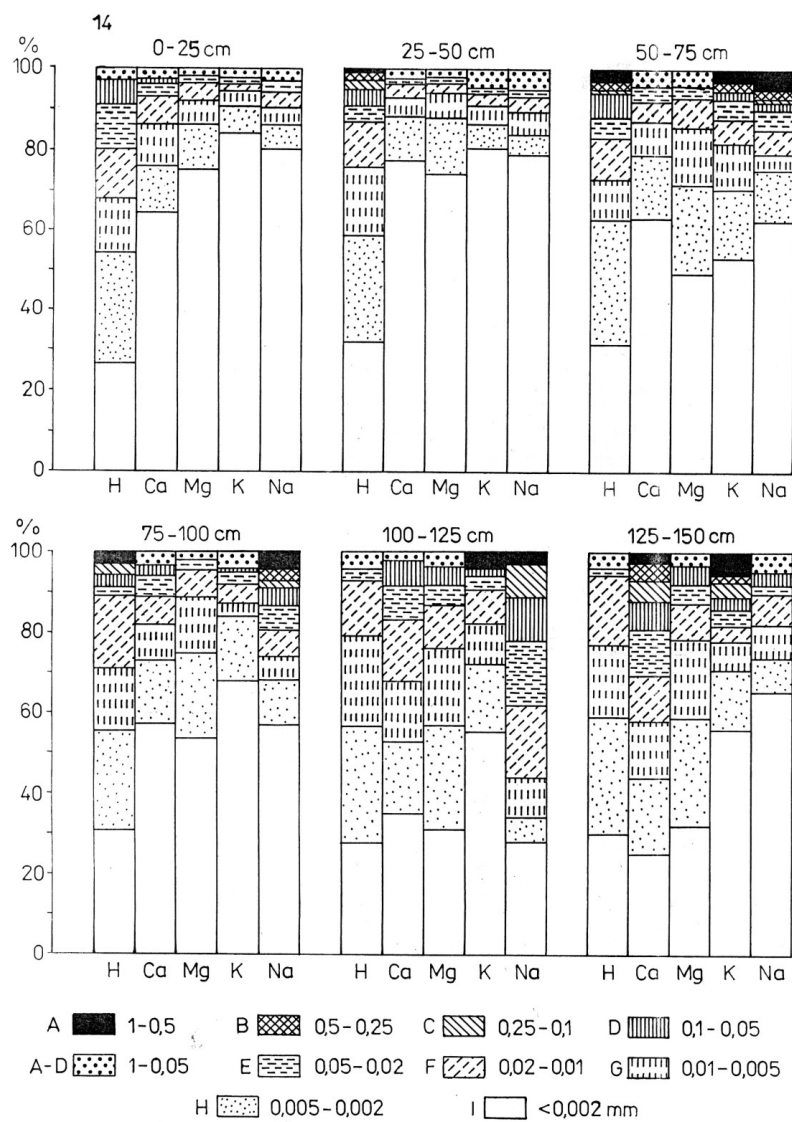
Rys. 38. Procentowa zawartość danego kationu w poszczególnych frakcjach gleby regionu warszawskiego – profil 12

Fig. 38. Percentage content of a definite cation in individual fractions of soil in the Warsaw region – profile 12



Rys. 39. Procentowa zawartość danego kationu w poszczególnych frakcjach gleby regionu warszawskiego – profil 13

Fig. 39. Percentage content of a definite cation in individual fractions of soil in the Warsaw region – profile 13



Rys. 40. Procentowa zawartość danego kationu w poszczególnych frakcjach gleby regionu warszawskiego – profil 14

Fig. 40. Percentage content of a definite cation in individual fractions of soil in the Warsaw region – profile 14

9. CAŁKOWITY SKŁAD CHEMICZNY FRAKCJI GRANULOMETRYCZNYCH

Dane dotyczące składu chemicznego gleb karpackich odnoszą się do 5 frakcji, tj. od 0,1 do poniżej 0,002 mm (rys. 41-45). Zawartość SiO_2 maleje wraz z rozdrobnieniem frakcji (od 92% do 45%), zwłaszcza we frakcji < 0,002 mm (zwykle 50-42 %). Odwrotnie jest z Al_2O_3 , który rośnie od 4 do 27%, zwłaszcza we frakcji 0,005-0,002 i < 0,002 mm. Również Fe_2O_3 wzrasta od około 1 do 13%, zwykle najwięcej we frakcji < 0,002 mm. W profilu 4 i 5 zawartości Fe_2O_3 są na ogół niższe niż w profilach 1-3. Zawartości CaO , MgO , K_2O i Na_2O zwykle nie przekraczają ułamka procenta do około 3%. Często frakcje od 0,005 do poniżej 0,002 mm zawierają mniej wymienionych składników niż frakcje grubsze (0,1-0,02 mm). Ale określonych prawidłowości trudno się tu dopatrzeć.

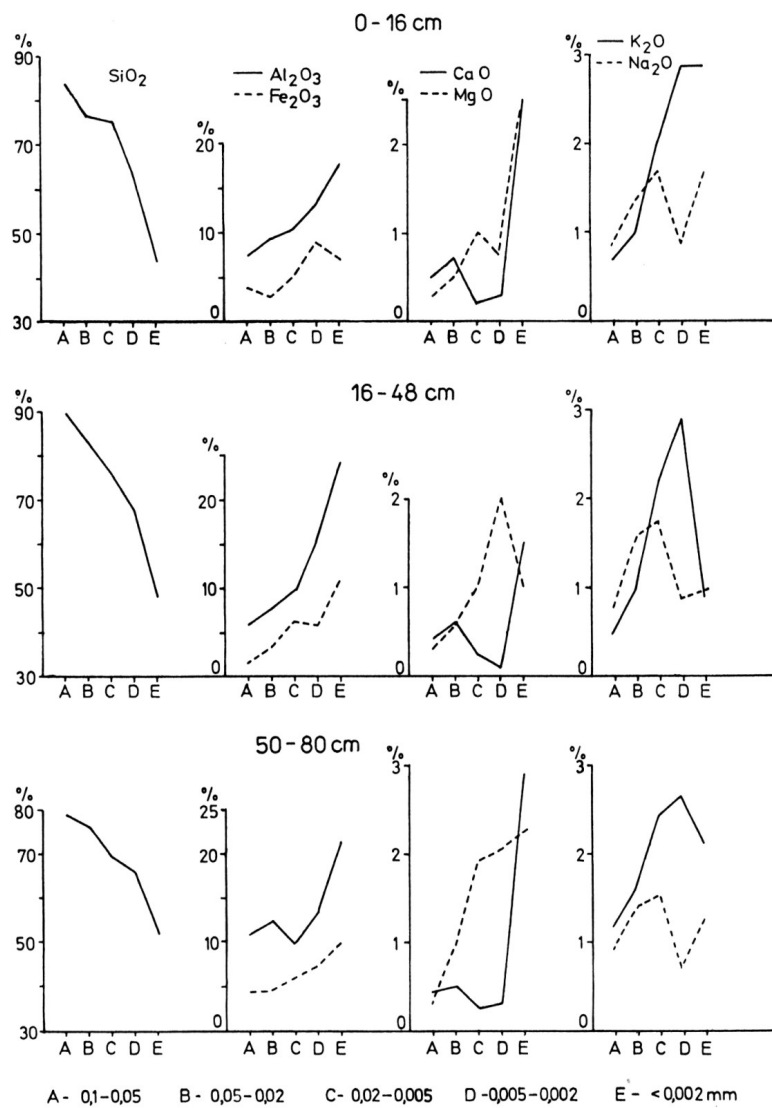
Procentowa zawartość pierwiastków w poziomach gleb wytworzonych z lessów zależy przede wszystkim od frakcji granulometrycznych (rys. 46-49). Nie zauważa się większego zróżnicowania w chemizmie gleb, biorąc pod uwagę ich przynależność typologiczną.

Wraz z rozdrobnieniem cząstek glebowych maleje zawartość SiO_2 , a wzrasta Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , a także innych. Najmniej SiO_2 występuje we frakcjach poniżej 0,002 mm, największe natomiast zawartości Al_2O_3 występują we frakcjach poniżej 0,005 mm (czasem poniżej 0,02 mm), podobnie Fe_2O_3 (niekiedy też poniżej 0,002 mm). Zawartość MgO i CaO zależy nie tylko od frakcji mechanicznych, ale od obecności w glebie Ca CO_3 (np. w lessowej skale macierzystej). W poziomach bezwęglanowych zawartość CaO i MgO wzrasta znacznie we frakcjach poniżej 0,002 mm oraz poniżej 0,005 mm, przy czym w niektórych MgO przeważa nad CaO . W poziomach węglanowych wartość CaO może w niektórych profilach wzrastać we wszystkich frakcjach (np. w profilu 6 i 8).

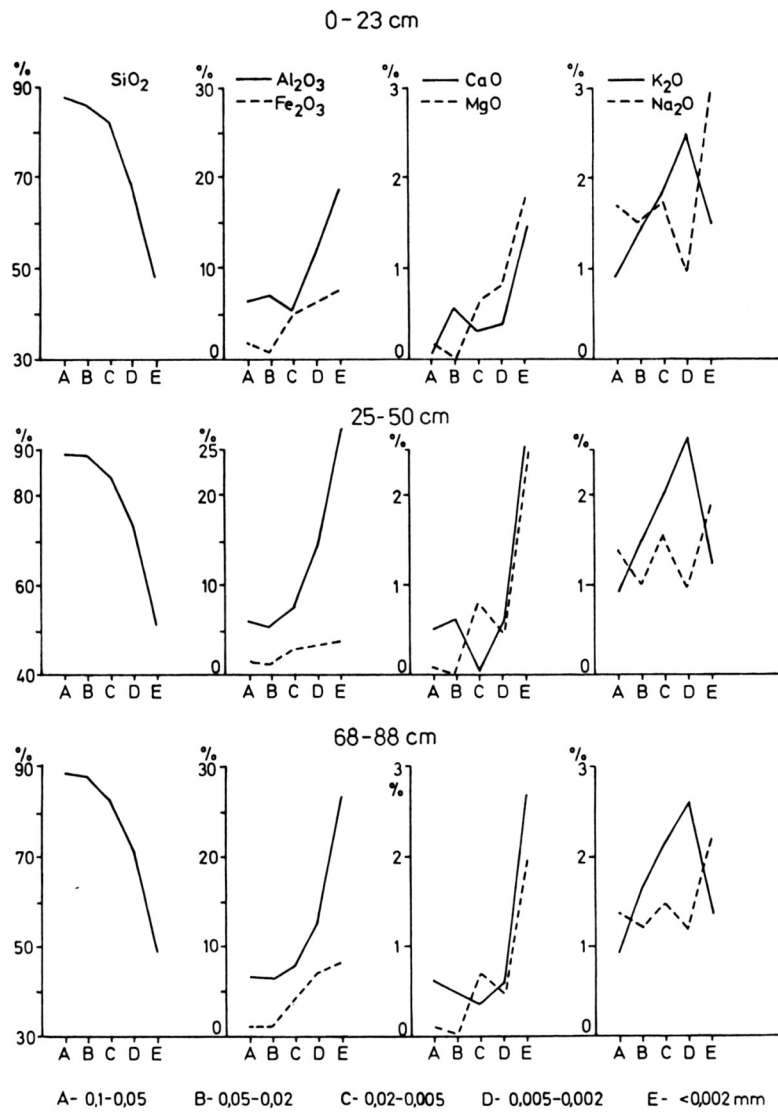
K_2O jest stosunkowo mało zróżnicowany w poszczególnych frakcjach, a najwyższe zawartości Na_2O nie muszą być związane z określoną frakcją. Zawartość TiO_2 , P_2O_5 i MnO są niewielkie, a ich wzrost zaznacza się we frakcjach poniżej 0,002 mm lub poniżej 0,005 mm, choć czasem trudno dopatrzeć się ściśle określonych prawidłowości.

W glebach piaszkowych obserwuje się zasadniczo podobne prawidłowości jak w glebach wytworzonych z utworów lessowych (rys. 50, 51). Dotyczy to takich składników jak SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , a także P_2O_5 i MnO . Różnice zaznaczają się w odniesieniu do K_2O , Na_2O i TiO_2 , których zawartość wzrasta już we frakcjach poniżej 0,1 mm.

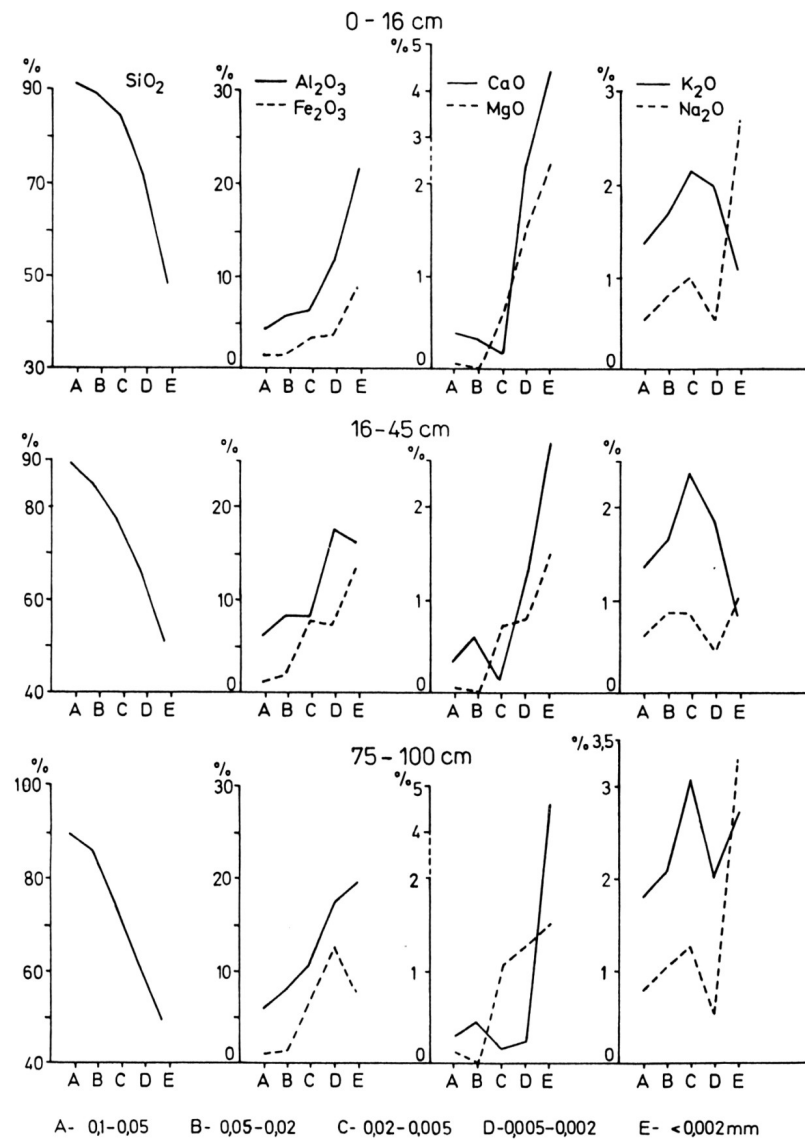
Całkowity skład chemiczny gleb regionu warszawskiego jest również ściśle związany z rozdrobnieniem cząstek glebowych, przy czym poszczególne tlenki zachowują się różnie. Zawartość SiO_2 w profilu 13 maleje ze wzrostem rozdrobnienia (od około 96% we frakcji 1-0,5 mm, do około 40% we frakcji <0,002 mm), przy czym wyraźny spadek ma miejsce już od frakcji <0,01 mm (rys. 52).



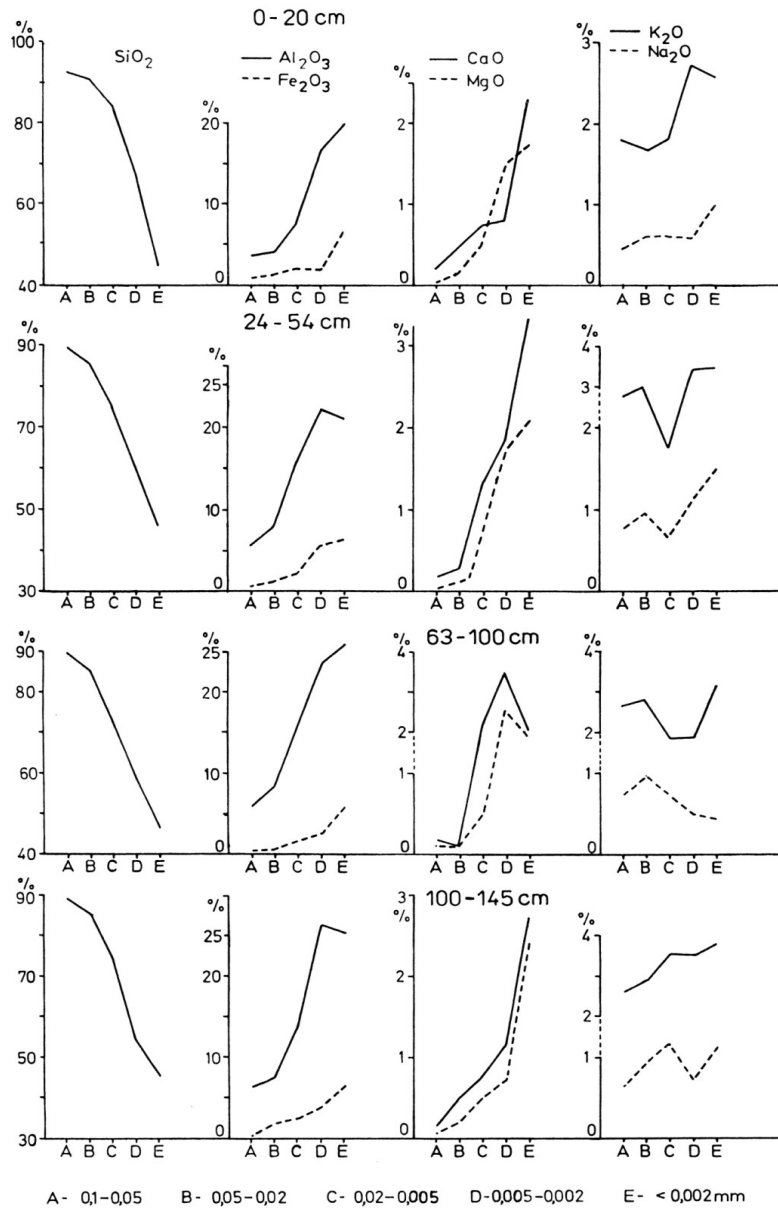
Rys. 41. Całkowity skład chemiczny w % frakcji granulometrycznych gleby karpackiej – profil 1
Fig. 41. Total chemical composition in percentage of granulometric fractions of Carpathian soil – profile 1



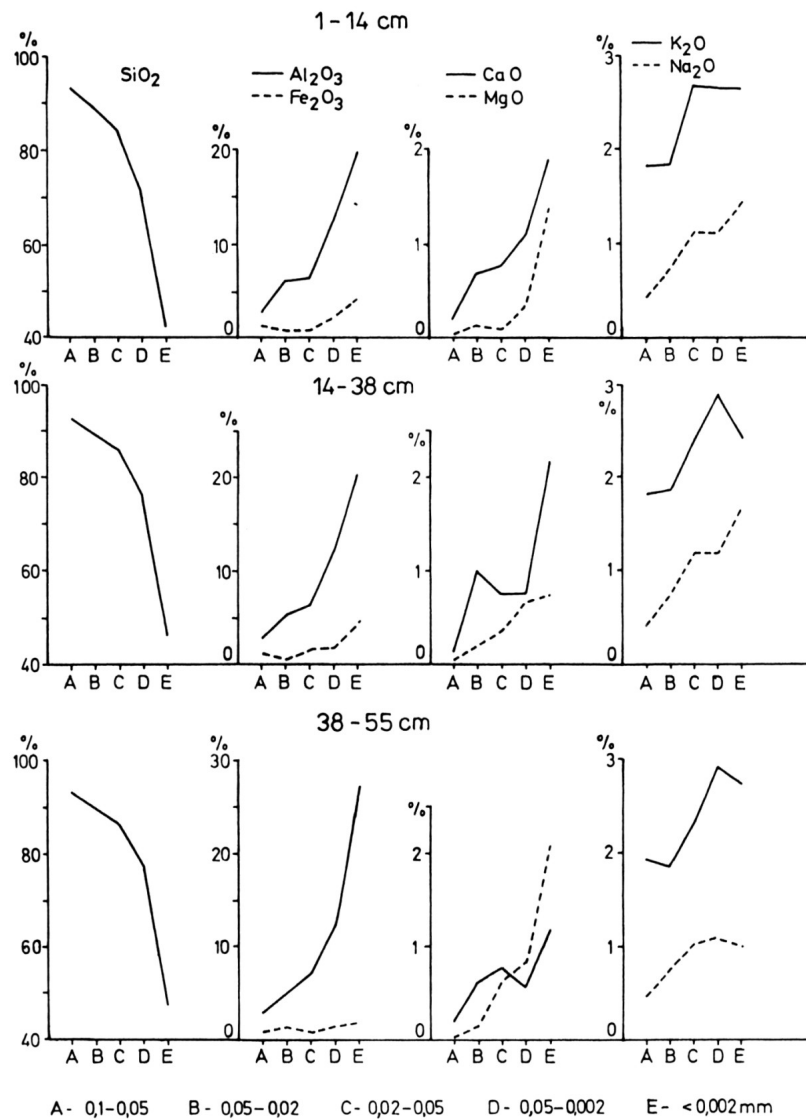
Rys. 42. Całkowity skład chemiczny w % frakcji granulometrycznych gleby karpackiej – profil 2
Fig. 42. Total chemical composition in percentage of granulometric fractions of Carpathian soil – profile 2



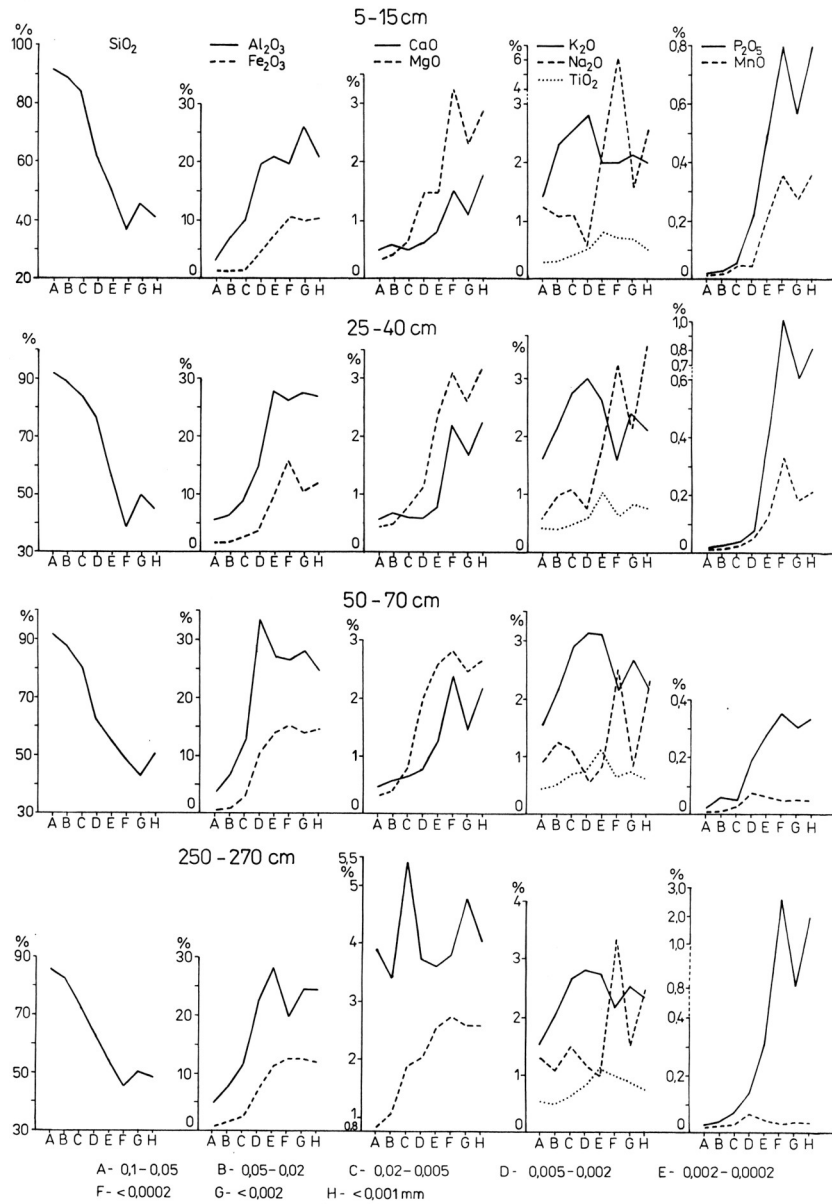
Rys. 43. Całkowity skład chemiczny w % frakcji granulometrycznych gleby karpackiej – profil 3
Fig. 43. Total chemical composition in percentage of granulometric fractions of Carpathian soil – profile 3



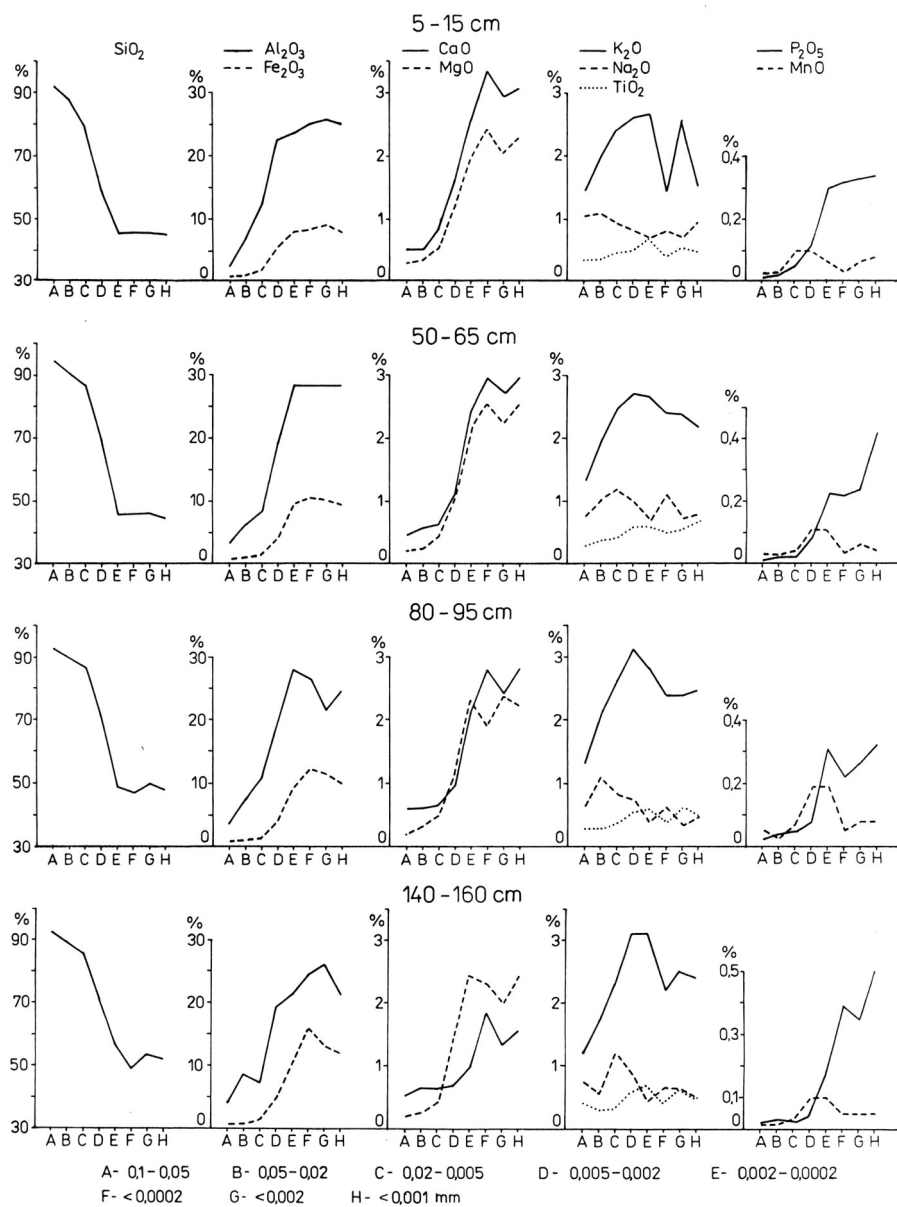
Rys. 44. Całkowity skład chemiczny w % frakcji granulometrycznym gleby karpackiej – profil 4
Fig. 44. Total chemical composition in percentage of granulometric fractions of Carpathian soil – profile 4



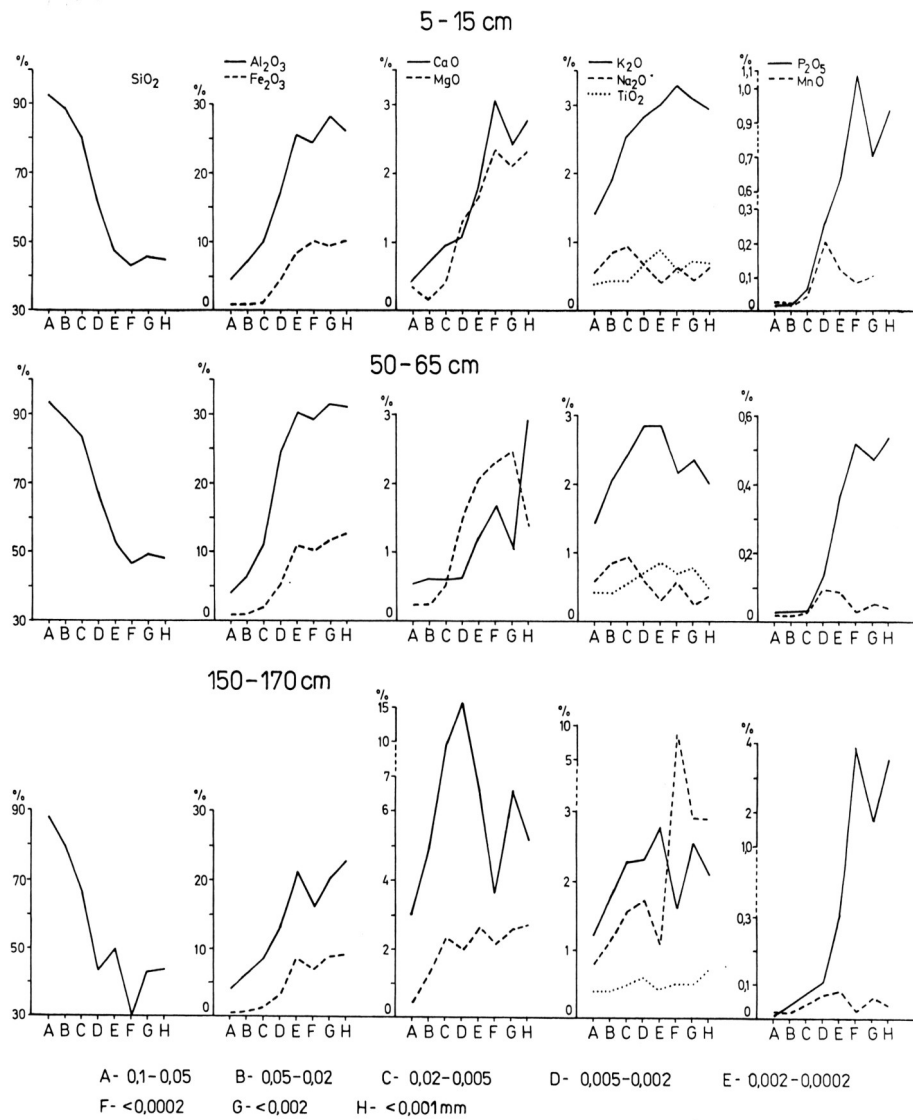
Rys. 45. Całkowity skład chemiczny w % frakcji granulometrycznych gleby karpackiej – profil 5
Fig. 45. Total chemical composition in percentage of granulometric fractions of Carpathian soil – profile 5



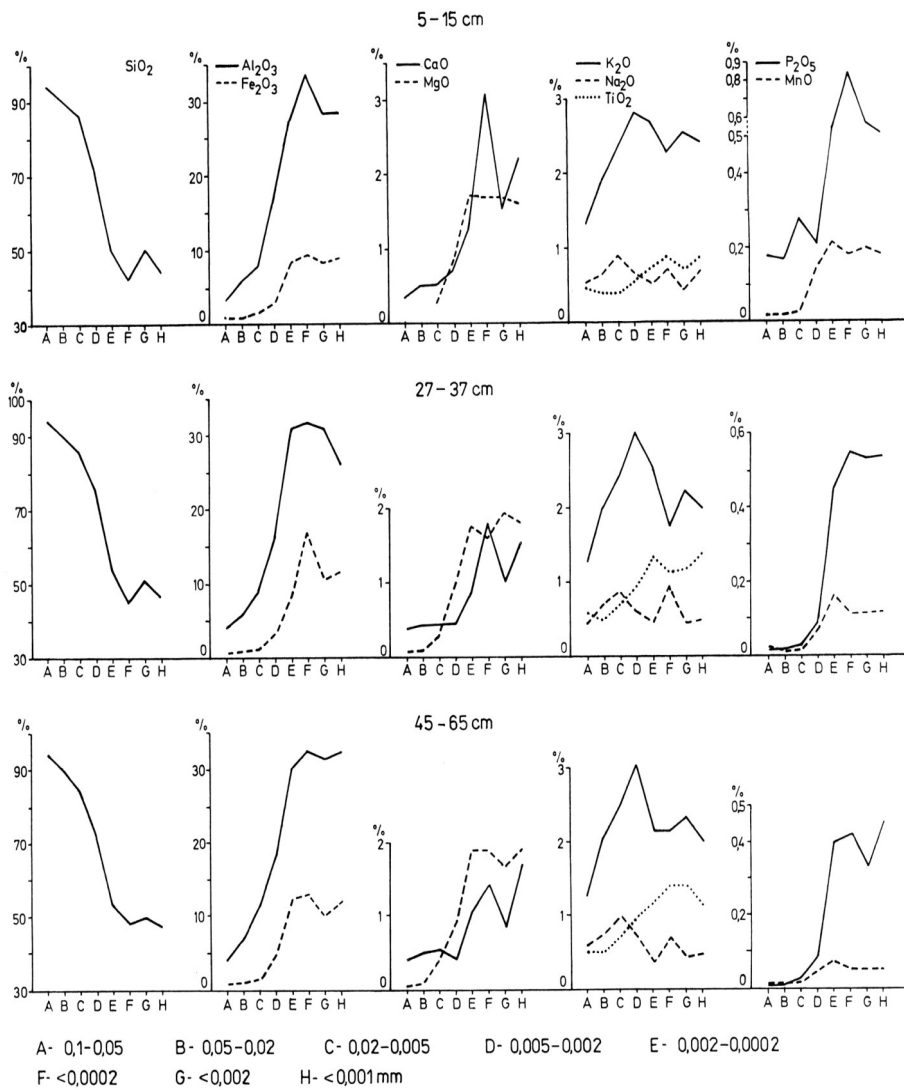
Rys. 46. Całkowity skład chemiczny w % frakcji granulometrycznych gleby pyłowej – profil 6
Fig. 46. Total chemical composition in percentage of granulometric fractions of silt soil – profile 6



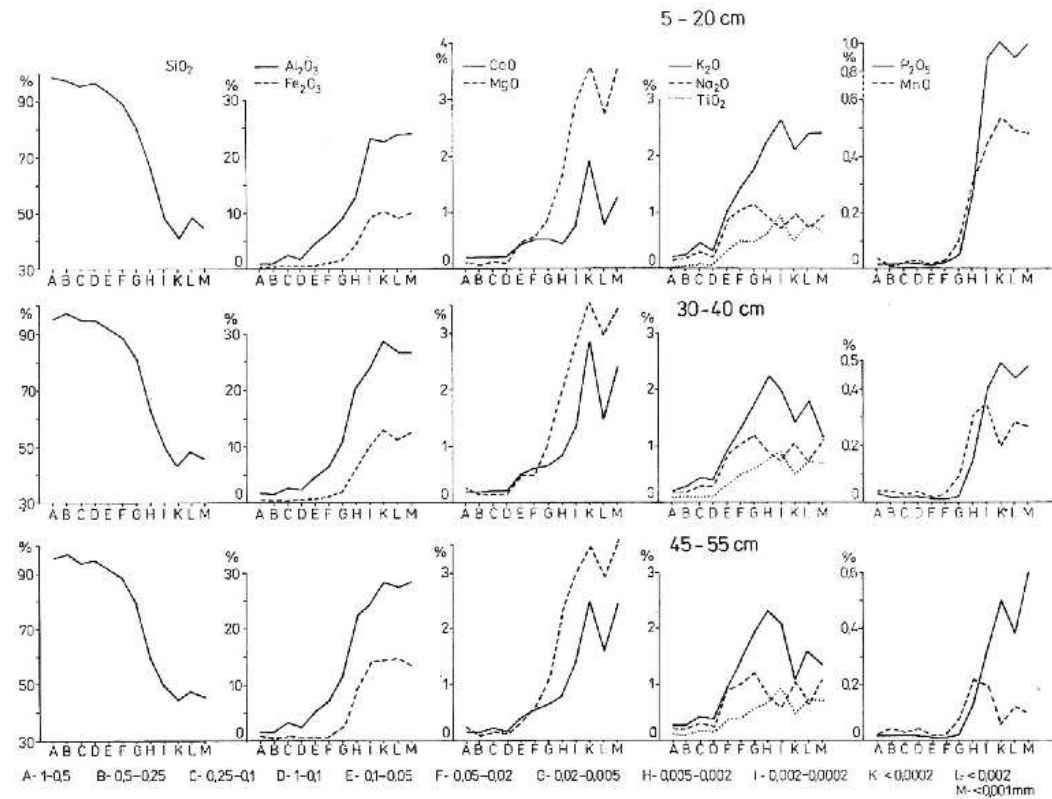
Rys. 47. Całkowity skład chemiczny w % frakcji granulometrycznych gleby pylowej – profil 7
Fig. 47. Total chemical composition in percentage of granulometric fractions of silt soil – profile 7



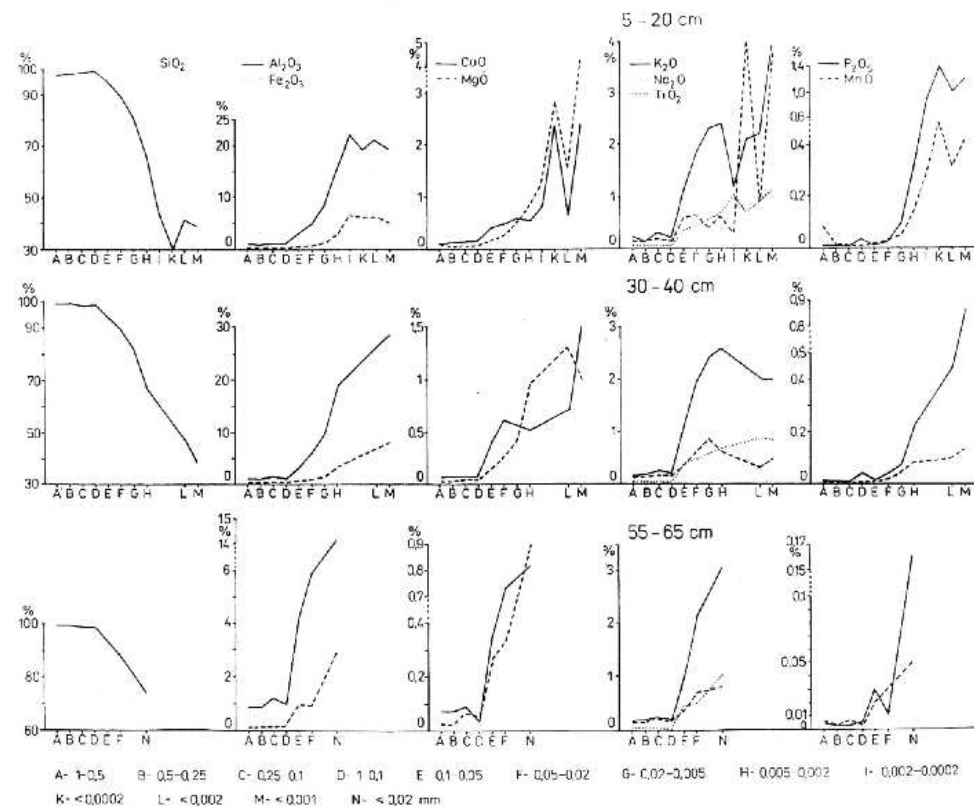
Rys. 48. Całkowity skład chemiczny w % frakcji granulometrycznych gleby pyłowej – profil 8.
Fig. 48. Total chemical composition in percentage of granulometric fractions of silt soil – profile 8



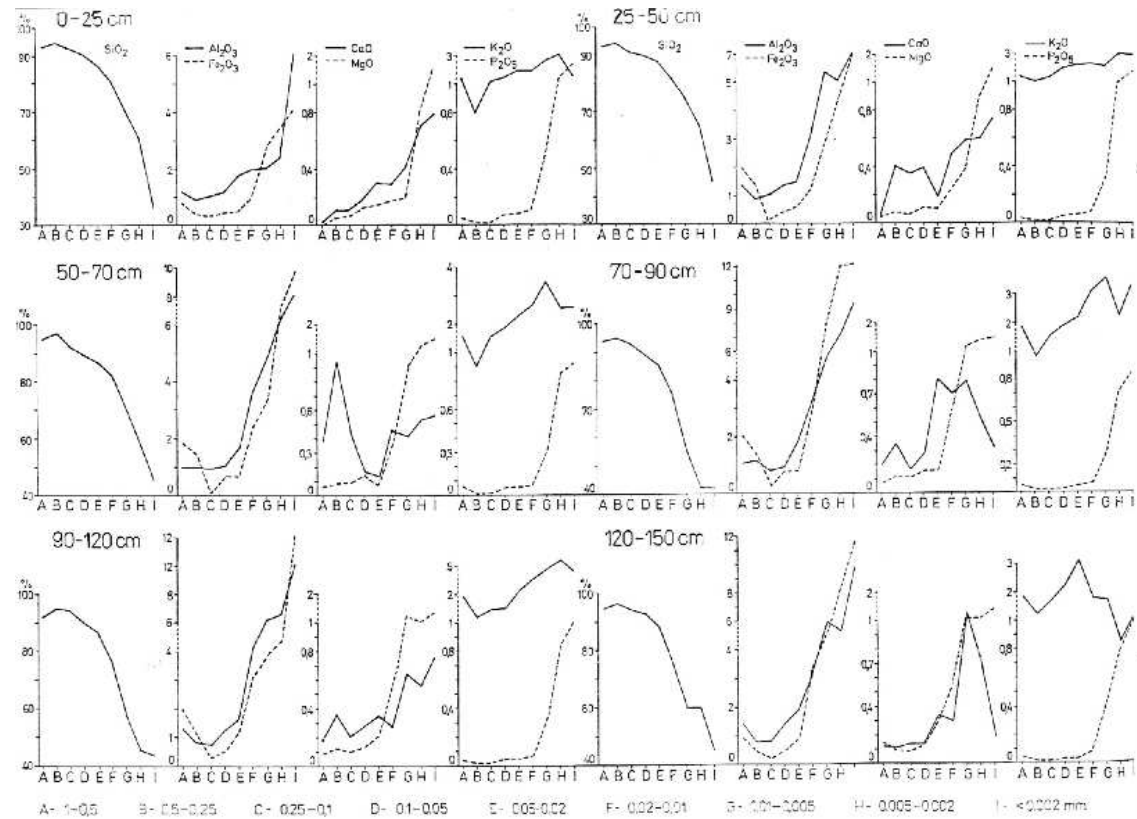
Rys. 49. Całkowity skład chemiczny w % frakcji granulometrycznych gleby pyłowej – profil 9
Fig. 49. Total chemical composition in percentage of granulometric fractions of silt soil – profile 9



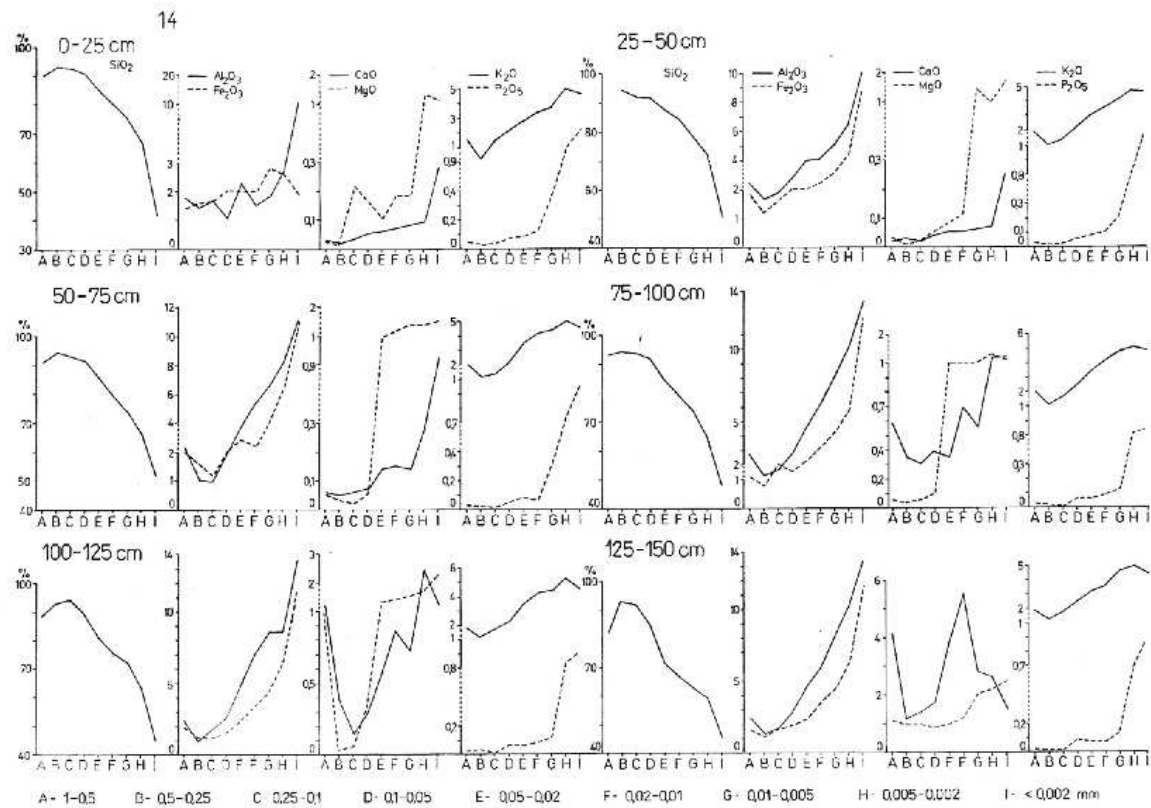
Rys. 50. Całkowity skład chemiczny w % frakcji granulometrycznych gleby piaskowej – profil 10
Fig. 50. Total chemical composition in percentage of granulometric fractions of sandy soil – profile 10



Rys. 51. Całkowity skład chemiczny w % frakcji granulometrycznych gleby piaskowej – profil 11
Fig. 51. Total chemical composition in percentage of granulometric fractions of sandy soil – profile 11



Rys. 52. Całkowity skład chemiczny w % frakcji granulometrycznych gleby warszawskiej – profil 13
Fig. 52. Total chemical composition in percentage of granulometric fractions of soil in the Warsaw region – profile 13



Rys. 53. Całkowity skład chemiczny w % frakcji granulometrycznych gleby regionu warszawskiego – profil 14

Fig. 53. Total chemical composition in percentage of granulometric fractions of soil in the Warsaw region – profile 14

W profilu 14 zmniejszenie zawartości SiO_2 odznacza się wyraźnie od frakcji $<0,005$ mm (rys. 53).

Tlenki Al, Fe, K i P wykazują największy wzrost zawartości we frakcji $<0,02$ mm, natomiast poszczególne tlenki mogą odznaczać się wyraźnym wzrostem już od frakcji 0,02; 0,01, a nawet $<0,05$ mm (rys. 52, 53).

Zawartość tlenków Ca i Mg układa się w zależności od zawartości CaCO_3 w glebie. W profilu 13 CaO gromadzi się na poziomie Bbr we wszystkich frakcjach. W innych poziomach obserwuje się pewne wzbogacenie we frakcji $<0,05$ mm. W glebie profilu 14, w której CaCO_3 występuje w skale macierzystej, CaO występuje w zwiększonych ilościach we wszystkich frakcjach.

W profilu 13 najwięcej MgO jest we frakcji $<0,02$ mm (rys. 52), zaś w profilu 14 – we frakcji $<0,01$ mm a w poziomie Bbr także we frakcji $<0,05$ mm (rys. 53).

10. DYSKUSJA

Dyskusję ujęto w formie podrozdziałów, dotyczących poszczególnych cech frakcji granulometrycznych. Pod względem objętościowym są one nierównomierne. Najobszerniej potraktowany został całkowity skład chemiczny oraz korelacje między poszczególnymi składnikami w wydzielonych frakcjach uziarnienia.

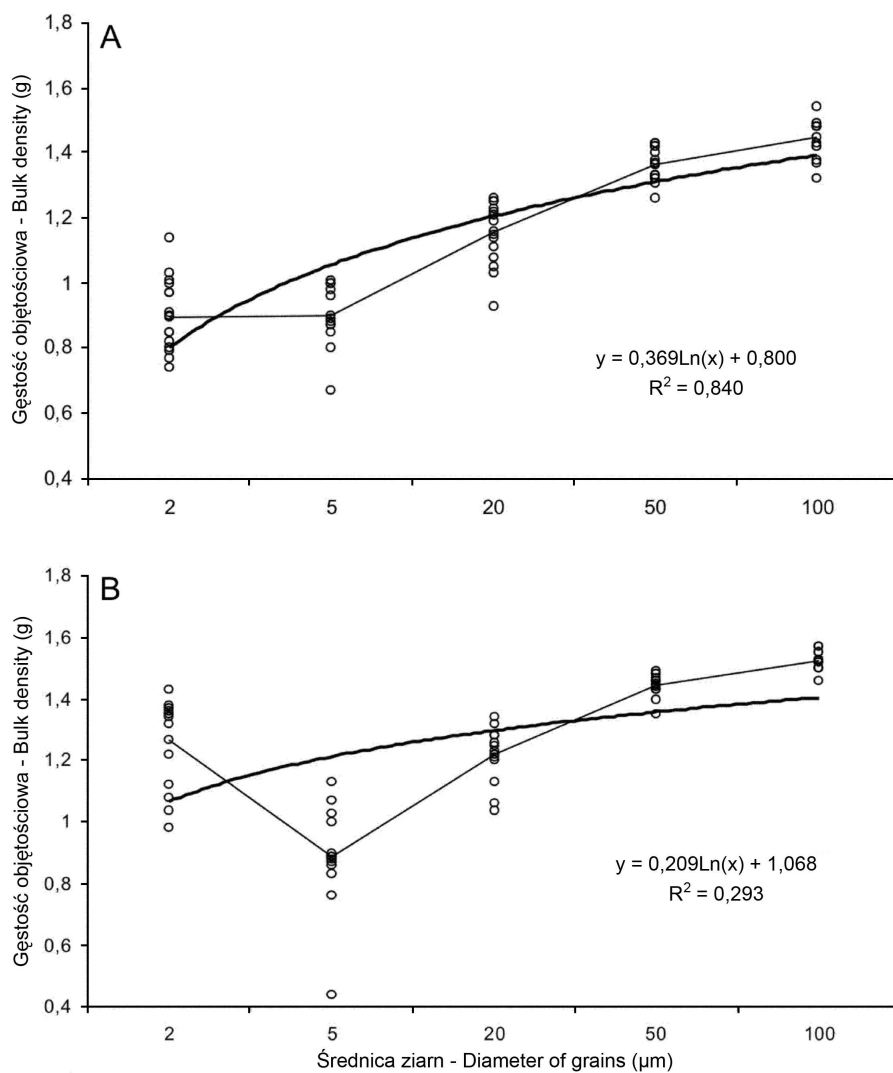
10.1. Niektóre właściwości fizyczne frakcji granulometrycznych

Gęstość objętościowa frakcji wydzielonych ze zróżnicowanych pod względem geologicznym gleb wykazuje podobną tendencję (rys. 54, 55). Najniższą gęstością objętościową charakteryzują się frakcje o średnicy 0,005-0,002 mm.

Niska gęstość frakcji ilu pyłowego drobnego 0,002-0,005 mm jest powodowana, jak należy sądzić, obecnością większej ilości illitu w tej frakcji. Illit o budowie płytkowej uniemożliwia ugniecenie tej frakcji w trakcie badań i w związku z tym powstają duże przestrzenie wolne, tworząc dużą porowatość ogólną. Zarówno gęstość objętościowa jak i gęstość fazy stałej, a na tej podstawie porowatość ogólną frakcji, można obliczyć dla całej masy glebowej w oparciu o dobrze wykonaną analizę granulometryczną. Mogą one dotyczyć wszystkich gleb krzemianowych, natomiast współczynniki te nie mogą być wykorzystywane do obliczeń wyżej wymienionych właściwości w glebach wytworzonych z wapieni, gipsów, próchnicznych czarnoziemów, gleb murszowych i murszowatych.

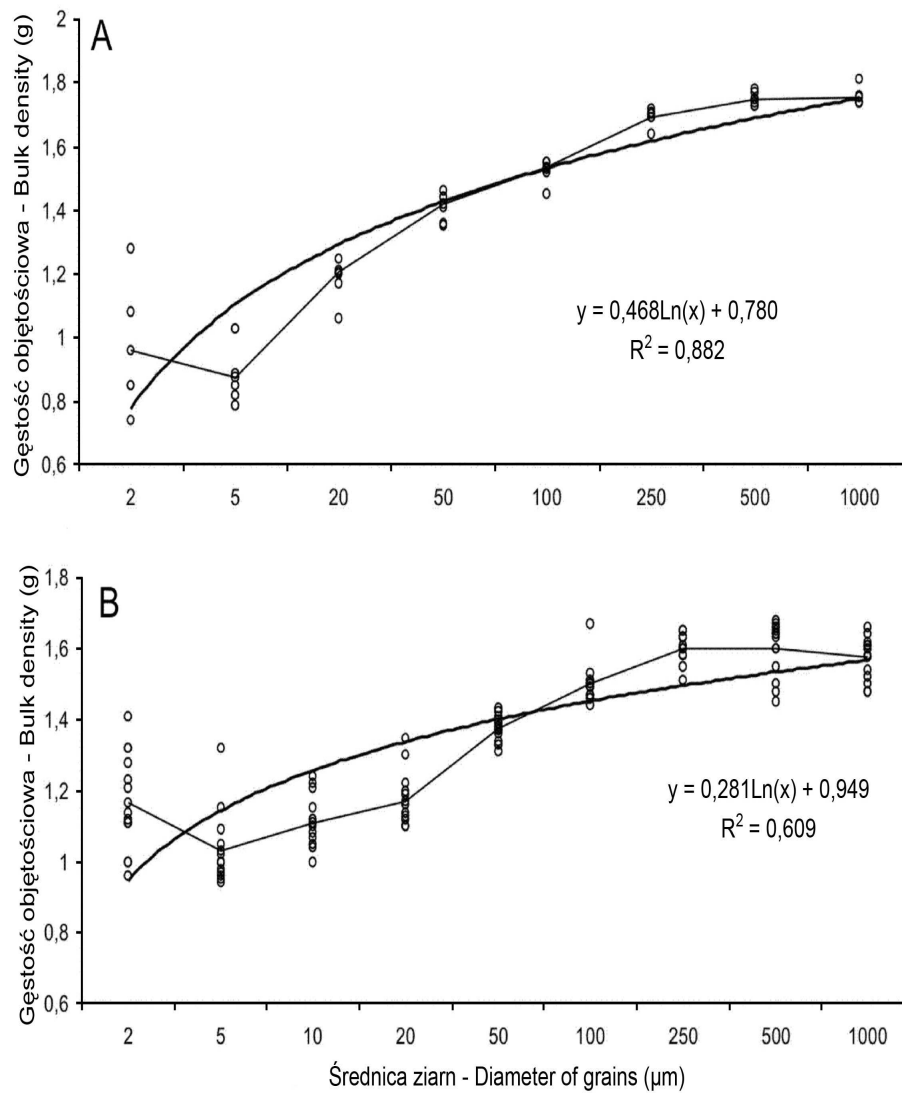
Współczynniki korelacji między średnicami ziarn glebowych a gęstością objętościową nasypową są silnie zróżnicowane w łonie tej samej frakcji, wydzielonej z różnych utworów (tab. 29). Wysokie dodatnie współczynniki obserwujemy w glebach wietrzniowych górskich, za wyjątkiem frakcji ilastej, a w utworach piaszkowych – wysokie ujemne. W pozostałych utworach współczynniki korelacji są silnie zróżnicowane.

wane, wskazują na to wykresy (rys. 54, 55), w których to linie trendu odbiegają wyraźnie od średnich danych.



Rys. 54. Gęstość objętościowa frakcji, A – gleb górskich (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – gleb lessowych (prof. 6, 7, 8, 9)

Fig. 54. Bulk density of grains, A – mountain soils (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – loessial soils (prof. 6, 7, 8, 9)



Rys. 55. Gęstość objętościowa frakcji, A – gleb piaszkowych (prof. 10, 11), B – gleb z utworu aluwialnego i gliny zwałowej (prof. 13, 14)

Fig. 55. Bulk density of grains, A – sandy soils (prof. 10, 11), B – old alluvial and boulder loam soils (prof. 13, 14)

Tabela 29. Współczynniki korelacji gęstości objętościowej w poszczególnych grupach frakcji**Table 29.** Correlation coefficients of bulk density content in separate group of grains

Frakcje gleb górskich – Mountain soil grain fractions					
	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002
0,1-0,05	1,00				
0,05-0,02	0,70	1,00			
0,02-0,005	0,59	0,60	1,00		
0,005-0,002	0,38	0,39	0,75	1,00	
<0,002	0,06	-0,10	0,05	0,26	1,00

Frakcje gleb lessowych – Loessial soil grain fractions					
	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002
0,1-0,05	1,00				
0,05-0,02	0,11	1,00			
0,02-0,005	-0,24	0,38	1,00		
0,005-0,002	-0,31	-0,13	0,25	1,00	
<0,002	-0,24	0,11	0,14	-0,18	1,00

Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions									
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	
1-0,5	1,00								
0,5-0,25	0,41	1,00							
0,25-0,1	0,51	0,71	1,00						
0,1-0,05	-0,97	-0,23	-0,33	1,00					
0,05-0,02	-0,81	-0,48	-0,70	0,70	1,00				

Tabela 29. cd.
Table 29. Cont.

Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions									
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	
0,02-0,005	-0,89	-0,59	-0,73	0,80	0,70	1,00			
0,005-0,002	-0,51	-0,42	-0,25	-0,16	0,54	0,36	1,00		
<0,002	-0,57	-0,55	-0,89	-0,19	0,80	0,82	0,62	1,00	
Frakcje gleb utworu aluwialnego i gliny zwałowej – Old alluvial and boulder loam soil grain fractions									
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002
1-0,5	1,00								
0,5-0,25	0,64	1,00							
0,25-0,1	0,28	0,46	1,00						
0,1-0,05	0,51	0,11	0,19	1,00					
0,05-0,02	0,08	-0,29	-0,04	0,57	1,00				
0,02-0,01	0,22	0,05	0,03	0,57	0,53	1,00			
0,01-0,005	0,69	0,42	0,23	0,62	0,43	0,73	1,00		
0,005-0,002	-0,09	-0,40	-0,54	0,44	0,43	0,35	0,26	1,00	
<0,002	0,14	-0,29	-0,48	0,01	0,32	-0,29	-0,04	0,39	1,00

10.2. Związki próchniczne i azot frakcji granulometrycznych

Zawartość węgla związków organicznych zależy głównie od procesów glebotwórczych i glebowych. Ziarna piaskowe w polskich warunkach klimatycznych wykazują w większości śladowe ilości węgla związków organicznych, nieco więcej wykazują ziarna pyłowe (0,1-0,02 mm), a głównym magazynem węgla organicznego są ziarna <0,02 mm, zwłaszcza zaś ziarna <0,002 mm. W ziarnach piaskowych i pyłowych występują głównie szczątki organiczne roślin niezhumifikowane lub też częściowo rozłożone. Natomiast w ziarnach <0,02 mm występują głównie związki humusowe w różnym stopniu wykształcone. Na ilościowy stan związków humusowych wyraźny wpływ posiada ilość frakcji ilastej <0,002 mm. Im mniej tej frakcji w tworzywie glebowym (np. w piaskach luźnych) tym więcej na tę frakcję przypada związków organicznych węgla. Frakcja ilasta wydzielona z gleb ciężkich zawiera znacznie mniej związków organicznych niż wydzielona z gleb lekkich (rys. 6, 13).

Należy wyraźnie podkreślić, że frakcje piaskowe i pyłowe zawierają śladowe lub bardzo niewielkie ilości związków organicznych, głównie w poziomach objętych procesem mineralizacji i humifikacji lub przemywania i bielnicowania, które to procesy powodują już wtórną dystrybucję związków humusowych wśród poziomów genetycznych określonych typów gleb. Natomiast frakcja ilasta <0,002 mm zawiera mniej lub więcej związków organicznych w całym profilu glebowym, niezależnie od procesu glebotwórczego (rys. 2, 5, 12, 13).

Rozpuszczalność związków humusowych w zbadanych frakcjach granulometrycznych niektórych gleb (gleby górskie i lessowe) jest zróżnicowana. Rośnie od frakcji <0,02 mm do 0,0002 mm. Stąd pozostałość po ekstrakcji związków organicznych (huminy i ulminy) maleje stopniowo od frakcji grubszych do drobniejszych. Stosunki kwasów huminowych do fulwowych w glebach wytworzonych z lessów maleją bardzo wyraźnie w większości przypadków (za wyjątkiem głębszych poziomów czarnoziemiu) od frakcji o większej średnicy do frakcji najmniejszej. Podobne tendencje obserwujemy we frakcjach granulometrycznych gleb górskich (za nielicznymi wyjątkami). Uzyskane wyniki potwierdzają wcześniejsze badania polskie i rosyjskie przeprowadzone na frakcjach granulometrycznych różnych gleb.

Różnicowanie zawartości kwasów huminowych i fulwowych w poszczególnych frakcjach granulometrycznych, jak wynika z badań, nie zależy od procesu glebotwórczego, a głównie od średnicy frakcji.

Zawartość azotu całkowitego w badanych frakcjach granulometrycznych wydzielonych ze zróżnicowanych pod względem geologicznym i granulometrycznym gleb, pokrywa się stosunkowo ściśle z zawartością związków organicznych – humusowych. Różnicowanie występuje głównie w ziarnach wydzielonych z głębszych poziomów oraz między frakcjami gleb o zróżnicowanej genezie glebotwórczej.

Stąd też pewne zróżnicowanie stosunku C:N w poszczególnych grupach frakcji. W niektórych profilach stosunek C:N zmniejsza się stopniowo od frakcji piaskowych do frakcji ilastej <0,002 mm. Najczęściej we frakcjach piaskowych zawartość azotu występuje w śladowych, trudnych do oznaczenia ilościach, podobnie jak ilości węgla związków organicznych.

Rozmieszczenie węgla i azotu w poszczególnych grupach frakcji nie kwalifikuje się do poszukiwania korelacji między średnicą ziaren, a ilością tych składników. Nie istnieje też możliwość wypracowania wiarygodnych współczynników, umożliwiających obliczenia ilości tych składników w glebach w oparciu jedynie o skład granulometryczny, ponieważ oba te pierwiastki nie są wytworem procesów geologicznych, a pochodzą z zewnątrz, z resztek organizmów żywych.

10.3. Sorpcyjne właściwości frakcji granulometrycznych

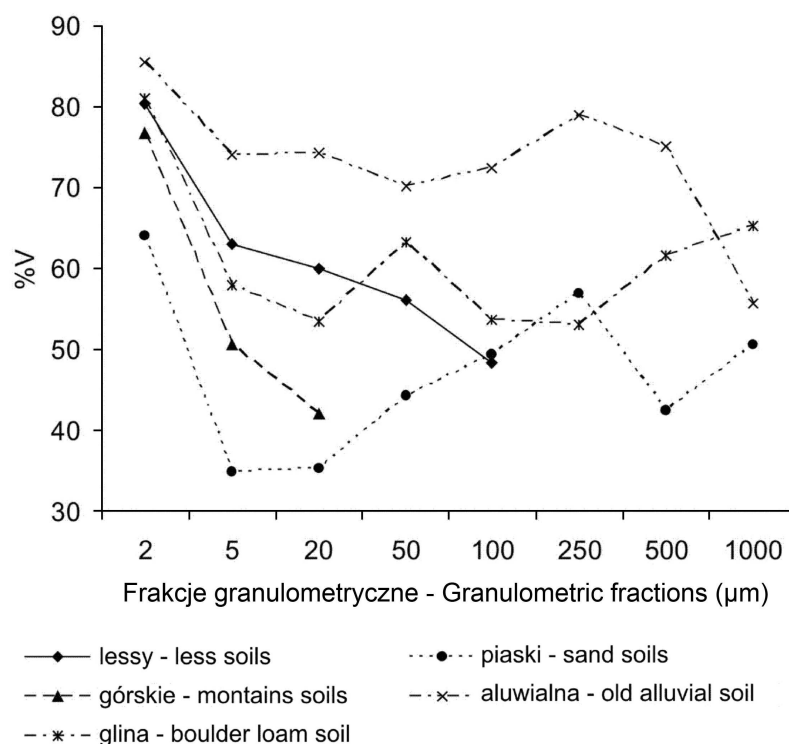
Pojemność sorpcyjna wymienna gleb zależy od ilościowej zawartości części spławianych i ich składu mineralnego – minerałów ilastych (główne sorbenty naturalne) oraz wolnych tlenków i wodorotlenków, a w poziomach ornopróchnicznych od zawartości próchnicy. Należy wyraźnie podkreślić, że wśród naturalnych sorbentów próchnica charakteryzuje się najwyższymi zdolnościami sorpcyjnymi w stosunku do kationów.

Pojemność sorpcyjna poszczególnych grup frakcji granulometrycznych badanych gleb różni się diametralnie w łonie tej samej frakcji wydzielonej z gleb różnych obszarów. Dotyczy to szczególnie frakcji <0,02 mm. Frakcje pyłu (0,1-0,02 mm) i frakcje piaskowe (1-0,1 mm) o minimalnej zdolności sorpcyjnej nie wykazują większego zróżnicowania ilościowego w pojemności sorpcyjnej. We wszystkich przypadkach pojemność sorpcyjna frakcji maleje w miarę wzrostu ich średnicy. Podobnie jest na ogół w przypadku stopnia wysycenia badanych gleb kationami zasadowymi (rys. 56).

Wśród badanych kationów dominujące miejsce zajmują wapń bądź wodór hydrolytyczny (rys. 57). Stąd też można zaproponować następujące szeregi malejącej ilości kationów we wszystkich frakcjach niezależnie od ich średnicy: Ca>H>Mg>K>Na lub H>Ca>Mg>K>Na lub H>Ca>Mg>Na>K lub Ca>H>Mg>Na>K.

We frakcjach wydzielonych z gleb górskich i piaskowych dominuje wodór nad wapniem, za wyjątkiem ziaren <0,002 w których dominuje wapń lub oba pierwiastki są w równowadze. Natomiast we frakcjach wydzielonych z gleby staroaluwialnej wyraźnie dominuje Ca nad Hh. We wszystkich frakcjach gleby wytworzonej z gliny zwałowej mniejszych od 0,1 mm dominuje Ca natomiast w ziarnach piasku (1-0,1 mm) przeważa nieznacznie wodór (rys. 57). Ciekawym obiektem są frakcje wydzielone z gleb wytworzonych z lessu. Udział Ca w kom-

pleksie sorpcyjnym tych frakcji wyraźnie maleje wraz ze wzrostem średnicy ziaren, a wzrasta zawartość wodoru (rys. 57).

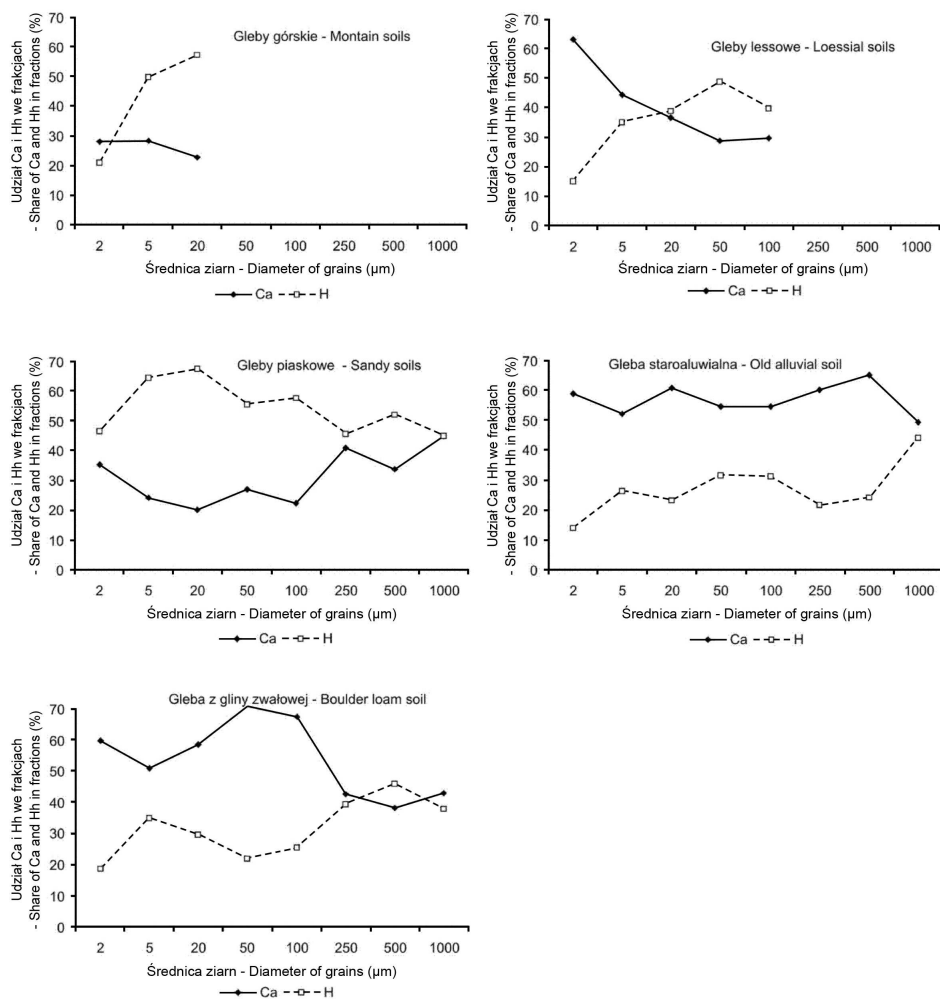


Rys. 56. Stopień wysycenia wymiennymi kationami zasadowymi frakcji granulometrycznych gleb w procentach (V)

Fig. 56. Saturation degree by basic exchangeable cations of granulometric fractions of soils in percent (V)

We frakcjach gleb górskich, gleb wytworzonych z lessów, z utworów staroaluwialnych i glin zwałowych obserwuje się wzrost zawartości wodoru we frakcjach grubszych, tj. piaskowych (1-0,1 mm), a zmniejszanie się stopnia wysycenia kationami zasadowymi. Należy przypuszczać, że frakcje te łatwiej oddają kationy wymienne roślinom lub też łatwiej są usuwane w wyniku procesów ługowania ze względu na mniejszą energię wiązania ich w porównaniu do wodoru. W wielu przypadkach podobnie jak H zachowuje się Mg wymienny. Jego udział procentowy w sumie kationów wymiennych wzrasta wraz ze wzrostem średnicy frakcji. Natomiast ziarna o mniejszej średnicy silniej wiążą kationy zasadowe (za wyjątkiem

w wielu przypadkach Mg) i w związku z tym trudniej są z nich usuwane w procesach biologicznych lub ługowania ze względu na większe być może zagęszczenie ładunków elektrostatycznych na ich powierzchni.



Rys. 57. Procentowy udział (uśredniony) Ca wymiennego i Hh hydrolytycznego we frakcjach granulometrycznych różnych rodzajów gleb

Fig. 57. Percentage share (average) of exchangeable Ca and hydrolytic Hh in granulometric fractions of different kinds of soils

Fracje o średnicy 0,02 do 0,1 mm wiążą już śladowe ilości kationów wymiennych. Obserwuje się natomiast niewielki wzrost pojemności sorpcyjnej ziaren piasku grubego (1-0,5 mm) w wyniku zawartości w nich niezhumifikowanych szczątków organicznych występujących w tych ziarnach.

10.4. Całkowity skład chemiczny frakcji granulometrycznych

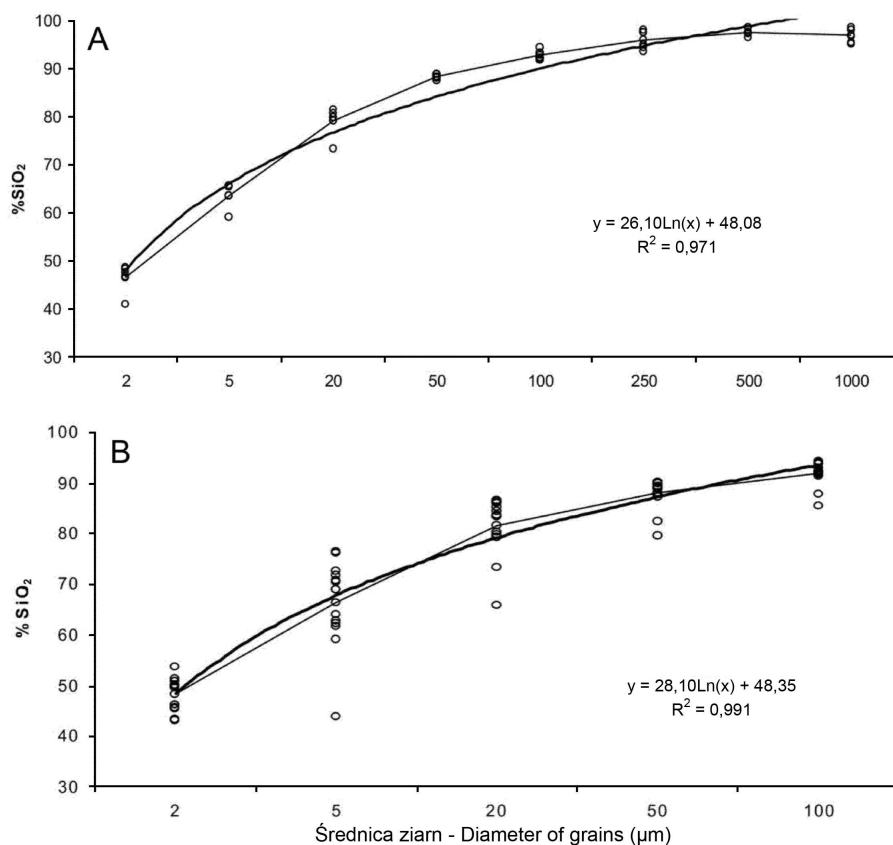
Rozmieszczenie składników w poszczególnych grupach ziaren glebowych zależy w głównej mierze od ich średnicy i składu mineralogicznego. Skład mineralogiczny jest w zasadzie skorelowany z wielkością – średnicą ziaren części ziemistych gleby. Ziarna piaskowe (1-0,1 mm) i pyłowe (0,1-0,02 mm) są najczęściej zbudowane z minerałów pierwotnych, pochodnych skał magmowych zarówno głębinowych jak i wylewnych. Ziarna o mniejszej średnicy (<0,02 mm) są zbudowane już tylko częściowo z minerałów pierwotnych, a głównie z minerałów wtórnych powstałych w procesie wietrzenia minerałów pierwotnych. Wśród minerałów wtórnych główną rolę w tworzywie glebowym stanowią minerały ilaste z takich grup jak: kaolinitowa, smektytowa, chlorytowa, illitowa, wermikulitowa oraz mieszanopaketowe. Ponadto wśród produktów wietrzenia mogą wystąpić połączenia alofanowe, tlenki i wodorotlenki różnych pierwiastków. Stąd też, skład chemiczny całkowity poszczególnych grup ziaren – frakcji wydzielonych, zgodnie z podziałem przyjętym w różnych klasyfikacjach tworzywa glebowego, jest jednocześnie odbiciem ich składu mineralogicznego.

Zawartość SiO_2 w poszczególnych grupach frakcji granulometrycznych jest silnie zróżnicowana. Ziarna piaskowe (1-0,1 mm) są zdominowane przez ten składnik ze względu na dominację w nich kwarcu. W ziarnach tych (1-0,1 mm) zawartość krzemionki waha się od 91,4 do 98,6% za wyjątkiem ziaren piasku grubego (1-0,5 mm), wydzielonego z gleby wytworzonej z gliny zwałowej ciężkiej. W wymienionej glebie frakcja piasku grubego w poziomach głębszych jest zbudowana z kwarcu oraz w znaczących ilościach ze skaleni, a w głębszych poziomach również z CaCO_3 .

Zawartość SiO_2 we frakcjach drobniejszych maleje stopniowo w miarę zmniejszania się średnicy frakcji. Wynika to z mniejszej zawartości w tych frakcjach kwarcu a wzrostu w nich minerałów wtórnych – ilastych. stąd też, we frakcji <0,002 mm zawartość krzemionki w porównaniu do jej zawartości w ziarnach piaskowych maleje o połowę i waha się od 42,6 do 53,6%. Współczynniki zmienności w zawartości krzemionki w poszczególnych grupach frakcji niezależnie od genezy geologicznej materiału glebowego nie przekraczają 5%.

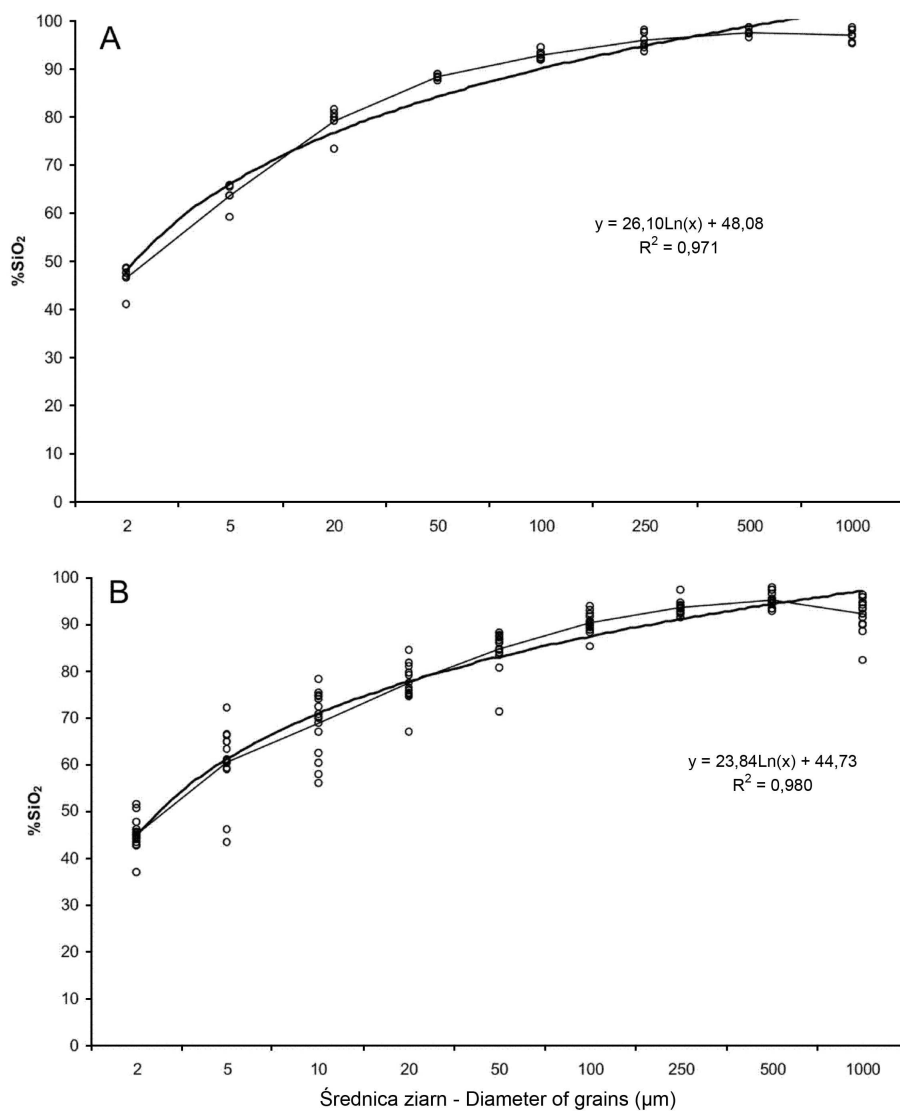
Krzywe trendu i dane uśrednione są w wysokim stopniu skorelowane ze sobą (rys. 58, 59). Natomiast współczynniki korelacji między średnicami poszczególnych grup frakcji a zawartością w nich SiO_2 oraz genezą geologiczną materiału

glebowego są wyraźnie zróżnicowane (tab. 30). W glebach obszarów górskich wysoki stopień korelacji w zawartości SiO_2 wykazują frakcje 0,1-0,02 mm i frakcje 0,05-0,005 mm. Pozostałe frakcje wykazują ujemne lub niskie współczynniki korelacji. Natomiast gleby lessowe w zakresie ziaren $<0,1$ mm wykazują w większości wysoką korelację dodatnią. Świadczy to o małym zróżnicowaniu zawartości SiO_2 we frakcjach o różnej średnicy. Frakcje pozostałych badanych gleb w większości wykazują ujemną korelację między zawartością SiO_2 a średnicami frakcji, co jest zrozumiałe ze względu na silniej zróżnicowany skład mineralogiczny tych gleb i ich frakcji granulometrycznych w porównaniu do bardziej jednorodnego materiału lessowego pod tym względem.



Rys. 58. Zawartość SiO_2 we frakcjach granulometrycznych, A – gleb górskich (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – gleb lessowych (prof. 6, 7, 8, 9)

Fig. 58. Content of SiO_2 in granulometric fractions, A – mountain soils (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – loessial soils (prof. 6, 7, 8, 9)



Rys. 59. Zawartość SiO₂ we frakcjach granulometrycznych, A – gleb piaszkowych (prof. 10, 11), B – gleb z utworu aluwialnego i gliny zwałowej (prof. 13, 14)

Fig. 59. Content of SiO₂ in granulometric fractions, A – sandy soils (prof. 10, 11), B – old alluvial and boulder loam soils (prof. 13, 14)

Tabela 30. Współczynniki korelacji zawartości SiO₂ w poszczególnych grupach frakcji
Table 30. Correlation coefficients of SiO₂ content in particular groups of grain fractions

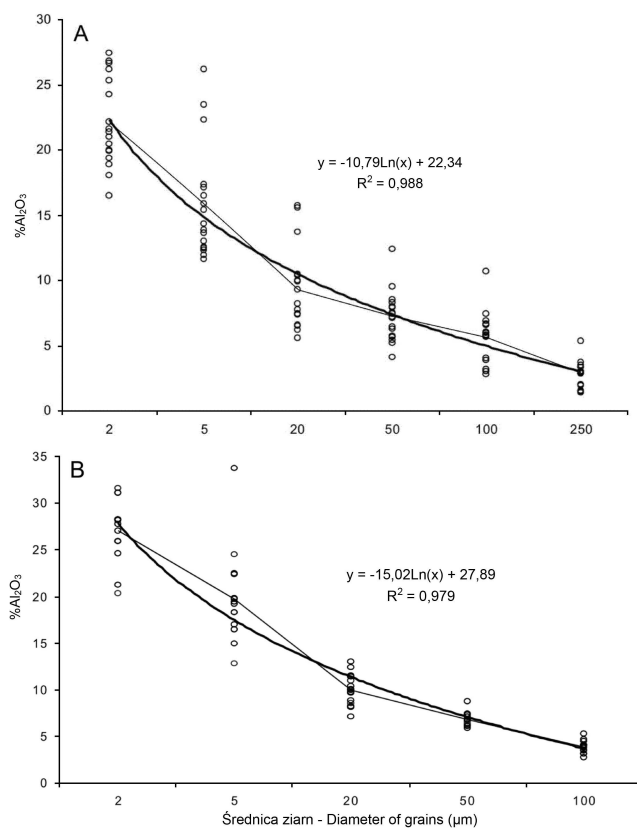
Frakcje gleb górskich – Mountain soil grain fractions								
	1-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002		
1-0,1	1,00							
0,1-0,05	-0,20	1,00						
0,05-0,02	-0,27	0,90	1,00					
0,02-0,005	-0,30	0,66	0,79	1,00				
0,005-0,002	-0,11	0,25	0,39	0,79	1,00			
<0,002	0,07	-0,40	-0,20	-0,23	0,17	1,00		
Frakcje gleb lessowych – Loessial soil grain fractions								
	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002			
0,1-0,05	1,00							
0,05-0,02	0,91	1,00						
0,02-0,005	0,84	0,97	1,00					
0,005-0,002	0,59	0,79	0,86	1,00				
<0,002	0,15	0,35	0,49	0,73	1,00			
Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions								
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002
1-0,5	1,00							
0,5-0,25	0,82	1,00						
0,25-0,1	0,73	0,77	1,00					
0,1-0,05	0,31	0,19	0,66	1,00				

Tabela 30. cd.
Table 30. Cont.

Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions									
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	
0,05-0,02	-0,14	0,05	-0,36	-0,09	1,00				
0,02-0,005	-0,42	-0,33	-0,38	0,25	0,78	1,00			
0,005-0,002	0,76	0,86	0,62	0,44	0,71	0,74	1,00		
<0,002	-0,14	0,05	-0,71	-0,90	0,63	0,11	-0,04	1,00	
Frakcje gleb utworu aluwialnego i gliny zwałowej – Old alluvial and boulder loam soil grain fractions									
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002
1-0,5	1,00								
0,5-0,25	0,81	1,00							
0,25-0,1	0,45	0,54	1,00						
0,1-0,05	0,57	0,32	0,10	1,00					
0,05-0,02	0,80	0,49	0,04	0,73	1,00				
0,02-0,01	0,39	0,06	-0,26	0,44	0,72	1,00			
0,01-0,005	-0,07	-0,25	-0,18	0,20	0,11	0,68	1,00		
0,005-0,002	-0,20	-0,24	-0,18	0,27	-0,02	0,45	0,89	1,00	
<0,002	-0,18	-0,07	-0,03	0,22	0,01	0,19	0,34	0,41	1,00

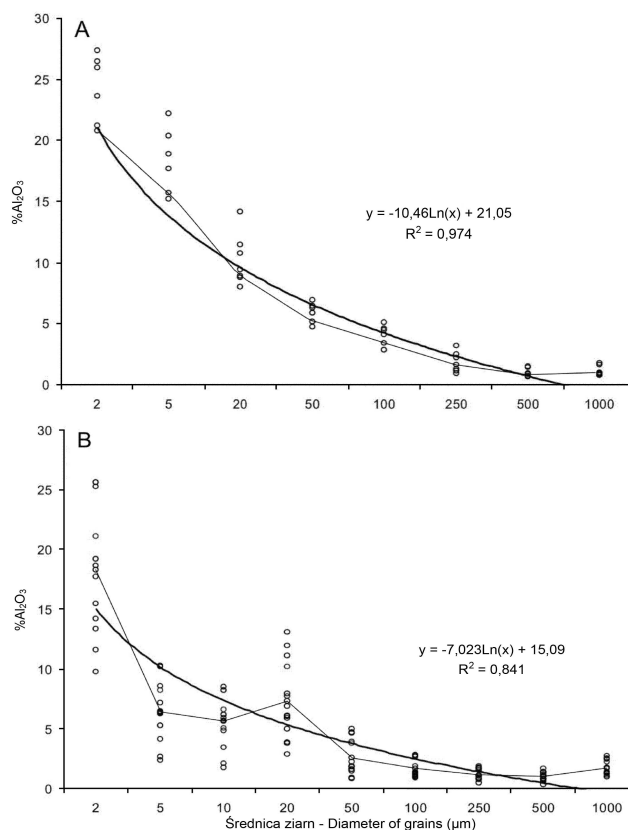
Składnik ten (SiO_2) w oparciu o przeprowadzone badania i wyprowadzenie współczynników można będzie obliczyć ilościowo w oparciu o dobrze wykonaną analizę granulometryczną, oczywiście z pewnym przybliżeniem.

Zawartość Al_2O_3 stanowi drugi pod względem ilościowym składnik poszczególnych frakcji granulometrycznych badanych gleb. Jego ilości zwiększają się w miarę zmniejszania się średnicy ziarn glebowych (rys. 60, 61). Wyjątek stanowią ziarna 0,02-0,005 mm rozdzielone na podfrakcje 0,02-0,01 i 0,01-0,005 mm, które o średnicy większej (0,02-0,01 mm) są bogatsze w glin całkowity, w porównaniu do ziarn o średnicy 0,01-0,005 mm.



Rys. 60. Zawartość Al_2O_3 we frakcjach granulometrycznych, A – gleb górskich (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – gleb lessowych (prof. 6, 7, 8, 9)

Fig. 60. Content of Al_2O_3 in granulometric fractions, A – mountain soils (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – loessial soils (prof. 6, 7, 8, 9)



Rys. 61. Zawartość Al₂O₃ we frakcjach granulometrycznych, A – gleb piaskowych (prof. 10, 11), B – gleb z utworu aluwialnego i gliny zwałowej (prof. 13, 14)

Fig. 61. Content of Al₂O₃ in granulometric fractions, A – sandy soils (prof. 10, 11), B – old alluvial and boulder loam soils (prof. 13, 14)

Zróznicowanie ilościowe Al₂O₃ w łonie tej samej frakcji granulometrycznej jest tym większe im mniejsza średnica ziarn (rys. 60, 61), niezależnie od tworzywa glebowego, z którego zostały wydzielone.

We frakcjach gleb piaskowych, staroaluwialnych i glin zwałowych obserwuje się bardzo wysokie dodatnie współczynniki korelacji między zawartością Al₂O₃ i średnicami frakcji granulometrycznych. Wyjątek stanowią ziarna o średnicy 0,02-0,005 mm i 0,5-0,1 mm (tab. 31), dla których współczynniki korelacji są stosunkowo niskie. Frakcje gleb górskich wykazują malejącą dodatnią korelację od frakcji piaskowej do frakcji ilastej <0,002 mm. Frakcje gleb lessowych <0,1 mm (piaskowych brak w tych glebach) wykazują niską ujemną korelację między zawartością Al₂O₃ i wielkościami ziarn (tab. 31).

Tabela 31. Współczynniki korelacji zawartości Al₂O₃ w poszczególnych grupach frakcji

Table 31. Correlation coefficients of Al₂O₃ content in particular groups of grain fractions

Frakcje gleb górskich – Mountain soil grain fractions								
	1-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002		
1-0,1	1							
0,1-0,05	1,00	1,00						
0,05-0,02	0,84	0,84	1,00					
0,02-0,005	0,36	0,36	0,48	1,00				
0,005-0,002	0,19	0,19	0,22	0,88	1,00			
<0,002	0,00	0,01	-0,23	0,21	0,20	1,00		
Frakcje gleb lessowych – Loessial soil grain fractions								
	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002			
0,1-0,05	1,00							
0,05-0,02	-0,03	1,00						
0,02-0,005	-0,02	-0,04	1,00					
0,005-0,002	-0,20	0,15	0,67	1,00				
<0,002	0,12	-0,38	0,12	0,23	1,00			
Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions								
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002
1-0,5	1,00							
0,5-0,25	0,92	1,00						
0,25-0,1	0,76	0,89	1,00					
0,1-0,05	0,58	0,81	0,85	1,00				
0,05-0,02	0,58	0,81	0,88	0,85	1,00			
0,02-0,005	0,20	0,33	0,10	0,45	0,41	1,00		

Tabela 31. cd.
Table 31. Cont.

Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions									
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	
0,005-0,002	0,75	0,84	0,86	0,70	0,91	0,98	1,00		
<0,002	0,64	0,74	0,72	0,54	0,86	0,93	0,97	1,00	
Frakcje gleb utworu aluwialnego i gliny zwałowej – Old alluvial and boulder loam soil grain fractions									
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002
1-0,5	1,00								
0,5-0,25	0,66	1,00							
0,25-0,1	0,85	0,83	1,00						
0,1-0,05	0,95	0,60	0,81	1,00					
0,05-0,02	0,96	0,67	0,86	0,93	1,00				
0,02-0,01	0,78	0,36	0,56	0,82	0,86	1,00			
0,01-0,005	0,59	0,13	0,28	0,67	0,62	0,89	1,00		
0,005-0,002	0,66	0,33	0,39	0,73	0,71	0,91	0,94	1,00	
<0,002	0,85	0,62	0,71	0,79	0,88	0,84	0,73	0,78	1,00

Tabela 32. Współczynniki korelacji zawartości Fe₂O₃ w poszczególnych grupach frakcji
Table 32. Correlation coefficients of Fe₂O₃ content in particular groups of grain fractions

Frakcje gleb górskich – Mountain soil grain fractions									
	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002				
0,1-0,05	1,00								
0,05-0,02	0,75	1,00							
0,02-0,005	0,55	0,73	1,00						
0,005-0,002	0,27	0,37	0,75	1,00					
<0,002	-0,04	0,21	0,59	0,72	1,00				
Frakcje gleb lessowych – Loessial soil grain fractions									
	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002				
0,1-0,05	1,00								
0,05-0,02	0,96	1,00							
0,02-0,005	0,41	0,56	1,00						
0,005-0,002	-0,12	0,05	0,75	1,00					
<0,002	0,06	0,10	0,50	0,72	1,00				
Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions									
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	
1-0,5	1,00								
0,5-0,25	0,86	1,00							
0,25-0,1	0,73	0,95	1,00						
0,1-0,05	0,44	0,79	0,77	1,00					
0,05-0,02	-0,56	-0,13	-0,07	0,38	1,00				
0,02-0,005	0,03	0,33	0,27	0,51	0,73	1,00			
0,005-0,002	0,81	0,97	0,95	0,72	0,24	0,98	1,00		
<0,002	0,83	0,99	0,96	0,79	0,26	0,98	0,99	1,00	

Tabela 32. cd.
Table 32. Cont.

Frakcje gleb utworu aluwialnego i gliny zwałowej – Old alluvial and boulder loam soil grain fractions										
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002	
1-0,5	1,00									
0,5-0,25	0,90	1,00								
0,25-0,1	0,14	0,27	1,00							
0,1-0,05	0,35	0,51	0,91	1,00						
0,05-0,02	0,18	0,27	0,86	0,87	1,00					
0,02-0,01	0,09	-0,04	0,27	0,24	0,45	1,00				
0,01-0,005	0,14	0,00	-0,13	-0,11	0,00	0,59	1,00			
0,005-0,002	-0,15	-0,26	-0,37	-0,32	-0,14	0,51	0,83	1,00		
<0,002	-0,16	-0,36	-0,15	-0,21	0,17	0,69	0,54	0,75	1,00	

Glin wykazuje również wyjątkowo wysoką korelację między pozostałymi oznaczanymi pierwiastkami w poszczególnych frakcjach wydzielonych z gleb piaskowych, za wyjątkiem potasu. Frakcje gleb górskich i lessowych nie wykazują tego rodzaju zależności.

Zawartość Fe_2O_3 , stanowi trzeci pod względem ilościowym składnik tworzywa glebowego i jego oddzielnych frakcji granulometrycznych. Żelazo podobnie jak glin wykazuje dużą zmienność ilościową w tej samej grupie frakcji oraz frakcji wydzielonej z różnych pod względem tworzywa geologicznego gleb. Wynika to stąd, że Al i Fe są najsilniej narażone na procesy glebotwórcze w naszej strefie klimatycznej. Stąd też, duże zróżnicowanie tej samej frakcji pod względem zawartości Fe i Al w profilu glebowym. Poziomy brunatnienia, przemywania, bielico-wania różnicują dystrybucję pionową nie tylko zawartości Fe czy Al, ale również samej frakcji, szczególnie $<0,002$ mm.

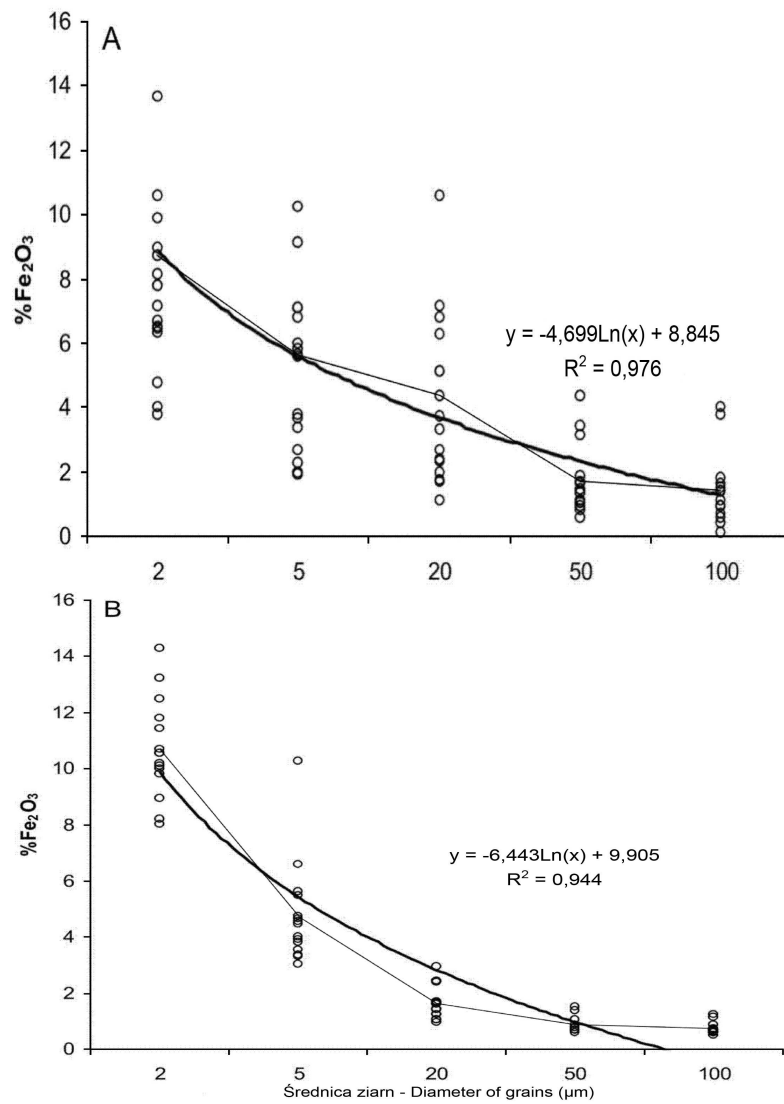
Największe zróżnicowanie ilościowe żelaza obserwujemy w ziarnach najdrobniejszych – ilastych i stopniowo w miarę wzrostu średnicy ziaren rozrzut wyników zmniejsza się (rys. 62, 63).

Dodatnia i znacząca korelacja występuje we frakcjach gleb górskich o sąsiednich średnicach. Podobnie jest we frakcjach gleb lessowych, gleby staroaluwialnej i gleby wytworzonej z gliny zwałowej, tj. między ziarnami 0,1-0,05 i ziarnami 0,05-0,02 oraz 0,02-0,005 mm. Również ziarna $<0,002$ mm korelują z ziarnami 0,005-0,002 mm w zawartości Fe_2O_3 (tab. 32).

Omawiany składnik, podobnie jak Al_2O_3 , ze względu na dużą przypadkowość ilościowego występowania w poszczególnych grupach frakcji z badanych gleb nie może stanowić podstawy do matematycznego opracowania współczynników, umożliwiających wyliczenia jego ilości w oparciu o analizę granulometryczną.

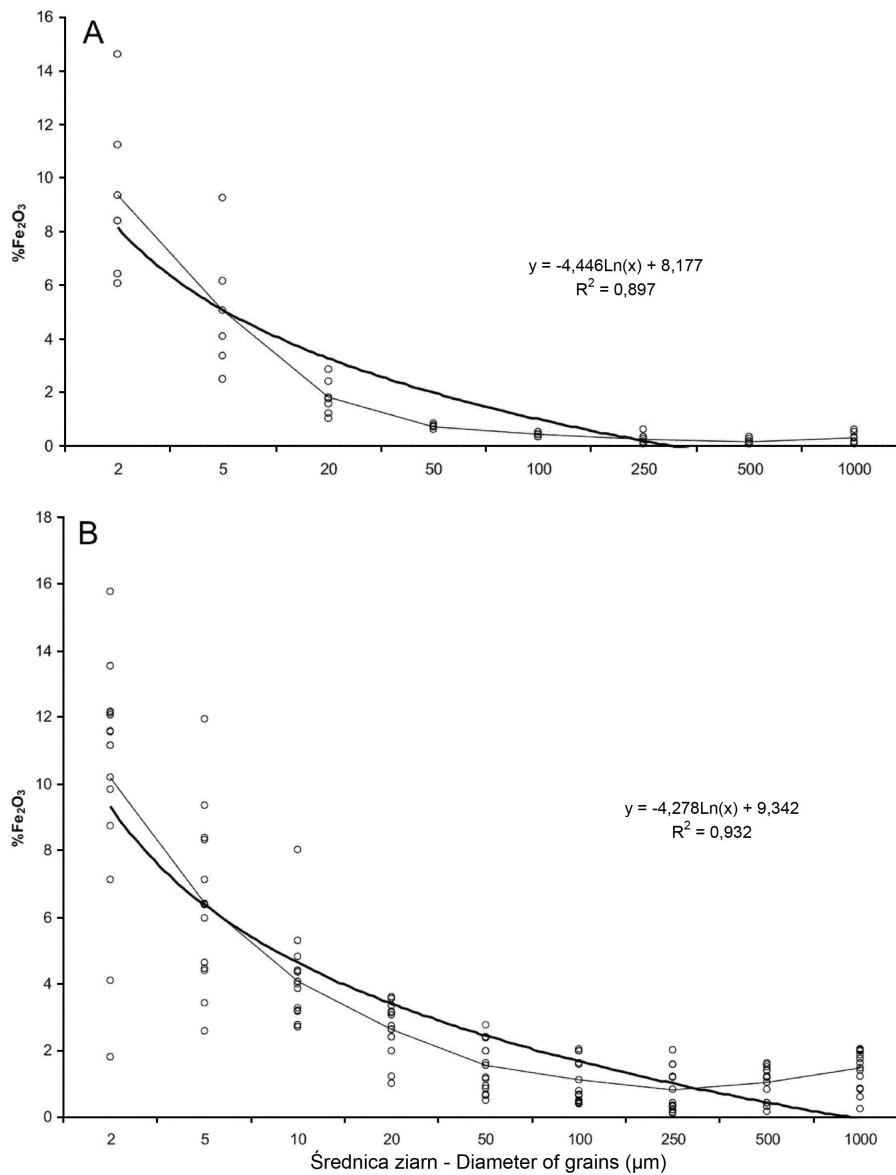
Zawartość CaO jest niezależną od wielkości frakcji i nieprzewidywalna, a szczególnie w glebach z niewielką zawartością CaCO_3 (rys. 64, 65). Świadczy to o jego ogromnej ruchliwości w środowisku glebowym. Węglan wapnia może tworzyć samodzielne frakcje granulometryczne w poziomach węglanowych, począwszy od ziaren piasku a skończywszy na frakcji koloidalnej $<0,002$ mm.

Stąd jego rozdysonowanie wśród frakcji granulometrycznych jest przypadkowe i bardziej związane z procesami glebotwórczymi niż z genezą geologiczną tworzywa glebowego. O bardzo równomiernym rozmieszczeniu wapnia ogólnego w poszczególnych frakcjach granulometrycznych, szczególnie wydzielonych z gleb lessowych, staroaluwialnych i wytworzonych z glin zwałowych, świadczą bardzo wysokie współczynniki korelacji między średnicą ziaren a zawartością CaO . Natomiast frakcje gleb górskich i piaskowych w większości wykazują korelację ujemną między zawartością CaO i średnicą ziaren (tab. 33). W tych ostatnich glebach występuje korelacja dodatnia i stosunkowo wysoka między średnicą ziaren i zawartością CaO jedynie we frakcjach o sąsiadujących średnicach.



Rys. 62. Zawartość Fe₂O₃ we frakcjach granulometrycznych, A – gleb górskich (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – gleb lessowych (prof. 6, 7, 8, 9)

Fig. 62. Content of Fe₂O₃ in granulometric fractions, A – mountain soils (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – loessial soils (prof. 6, 7, 8, 9)



Rys. 63. Zawartość Fe_2O_3 we frakcjach granulometrycznych, A – gleb piaskowych (prof. 10, 11), B – gleb z utworu aluwialnego i gliny zwałowej (prof. 13, 14)

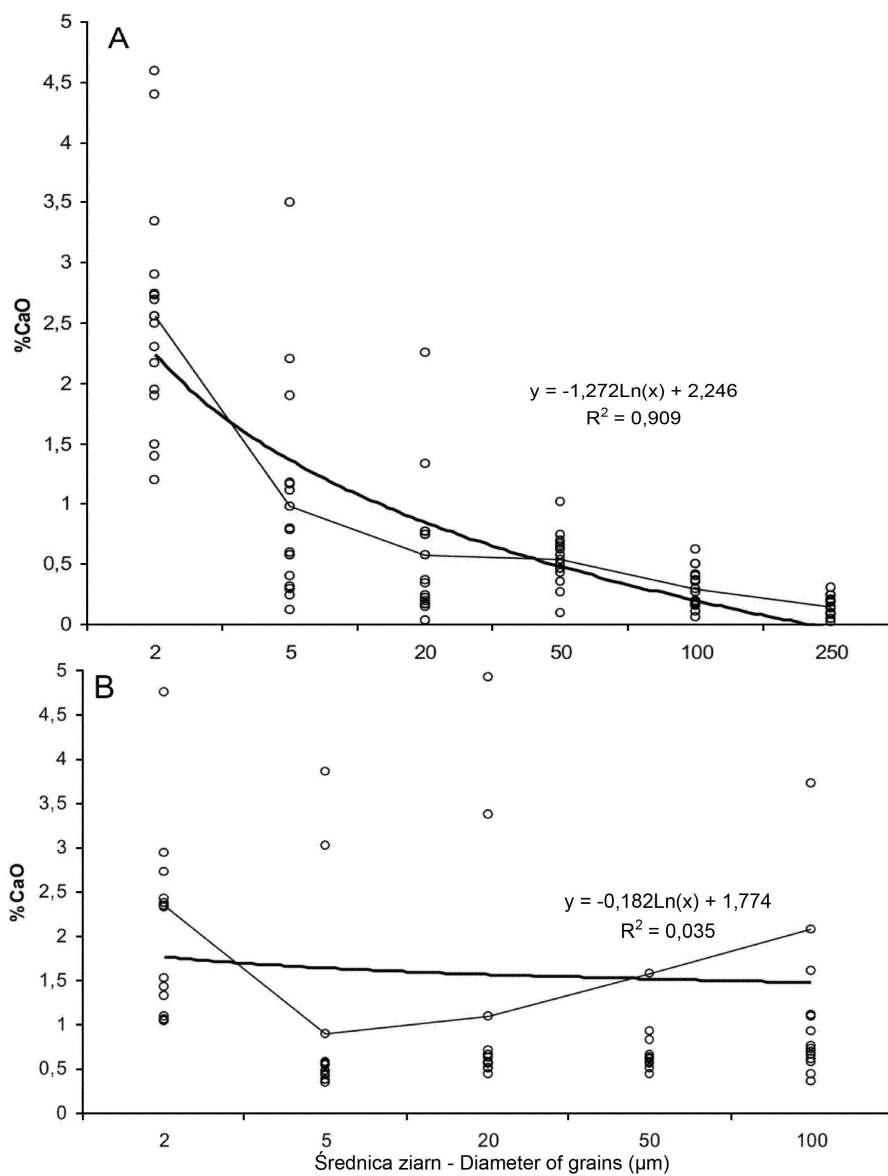
Fig. 63. Content of Fe_2O_3 in granulometric fractions, A – sandy soils (prof. 10, 11), B – old alluvial and boulder loam soils (prof. 13, 14)

Tabela 33. Współczynniki korelacji zawartości CaO w poszczególnych grupach frakcji
Table 33. Correlation coefficients of CaO content in particular groups of grain fractions

Frakcje gleb górskich – Mountain soil grain fractions								
	1-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002		
1-0,1	1,00							
0,1-0,05	1,00	1,00						
0,05-0,02	0,00	-0,02	1,00					
0,02-0,005	-0,50	-0,50	-0,48	1,00				
0,005-0,002	-0,23	-0,24	-0,63	0,76	1,00			
<0,002	0,27	0,27	-0,37	-0,25	0,15	1,00		
Frakcje gleb lessowych – Loessial soil grain fractions								
	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002			
0,1-0,05	1,00							
0,05-0,02	0,93	1,00						
0,02-0,005	0,88	0,99	1,00					
0,005-0,002	0,71	0,92	0,96	1,00				
<0,002	0,84	0,91	0,92	0,87	1,00			
Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions								
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002
1-0,5	1,00							
0,5-0,25	0,97	1,00						
0,25-0,1	0,97	0,92	1,00					
0,1-0,05	0,86	0,77	0,78	1,00				
0,05-0,02	-0,14	-0,17	-0,23	-0,19	1,00			
0,02-0,005	-0,22	-0,31	-0,17	-0,29	0,82	1,00		

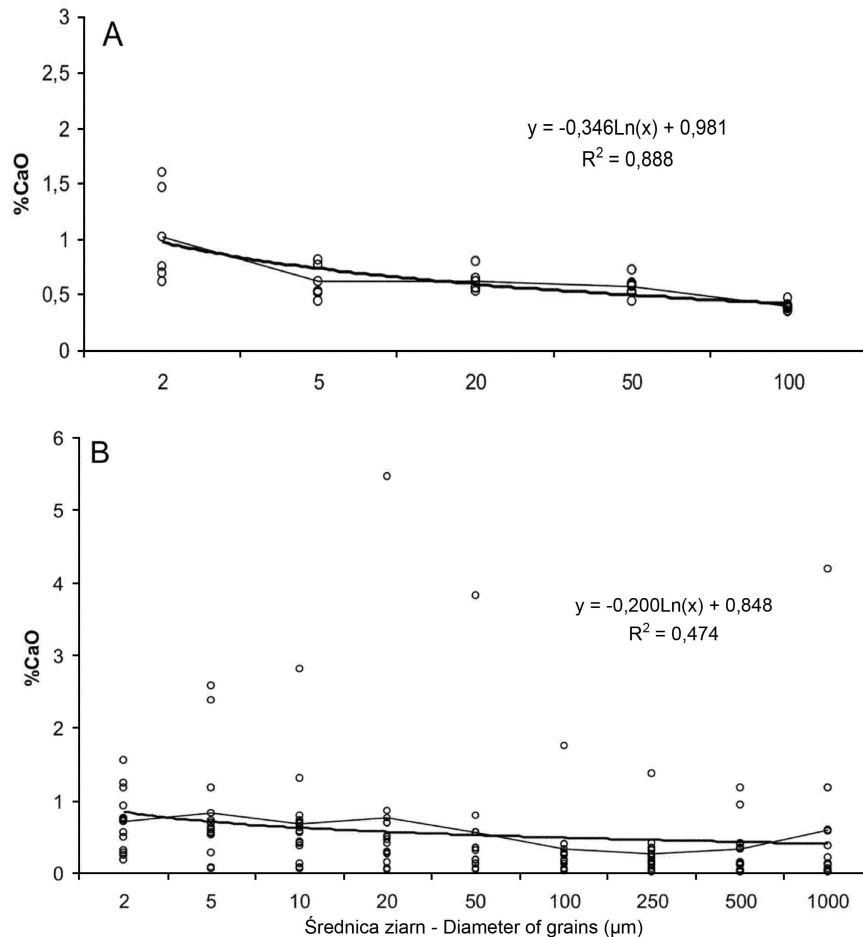
Tabela 33. cd.
Table 33. Cont.

Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions										
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002		
0,005-0,002	0,40	0,15	0,50	0,56	0,32	0,99	1,00			
<0,002	0,60	0,39	0,70	0,57	0,33	0,91	0,94 1,00			
Frakcje gleb utworu aluwialnego i gliny zwałowej – Old alluvial and boulder loam soil grain fractions										
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002	
1-0,5	1,00									
0,5-0,25	0,77	1,00								
0,25-0,1	0,91	0,87	1,00							
0,1-0,05	0,94	0,77	0,97	1,00						
0,05-0,02	0,94	0,72	0,93	0,97	1,00					
0,02-0,01	0,95	0,77	0,96	0,99	0,99	1,00				
0,01-0,005	0,87	0,69	0,87	0,91	0,91	0,91	1,00			
0,005-0,002	0,80	0,62	0,68	0,75	0,73	0,76	0,75	1,00		
<0,002	0,72	0,56	0,63	0,69	0,60	0,66	0,52	0,82	1,00	



Rys. 64. Zawartość CaO we frakcjach granulometrycznych, A – gleb górskich (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – gleb lessowych (prof. 6, 7, 8, 9)

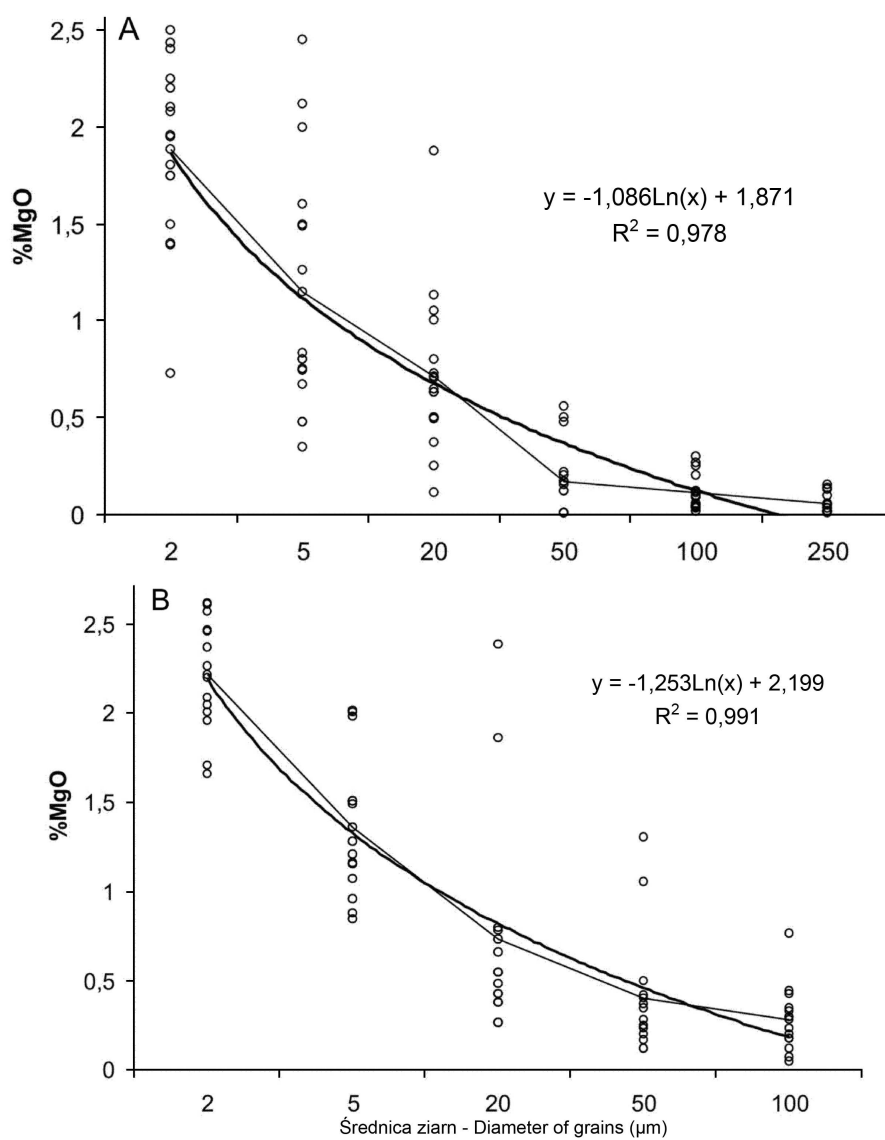
Fig. 64. Content of CaO in granulometric fractions, A – mountain soils (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – loessial soils (prof. 6, 7, 8, 9)



Rys. 65. Zawartość CaO we frakcjach granulometrycznych, A – gleb piaskowych (prof. 10, 11), B – gleb z utworu aluwialnego i gliny zwałowej (prof. 13, 14)

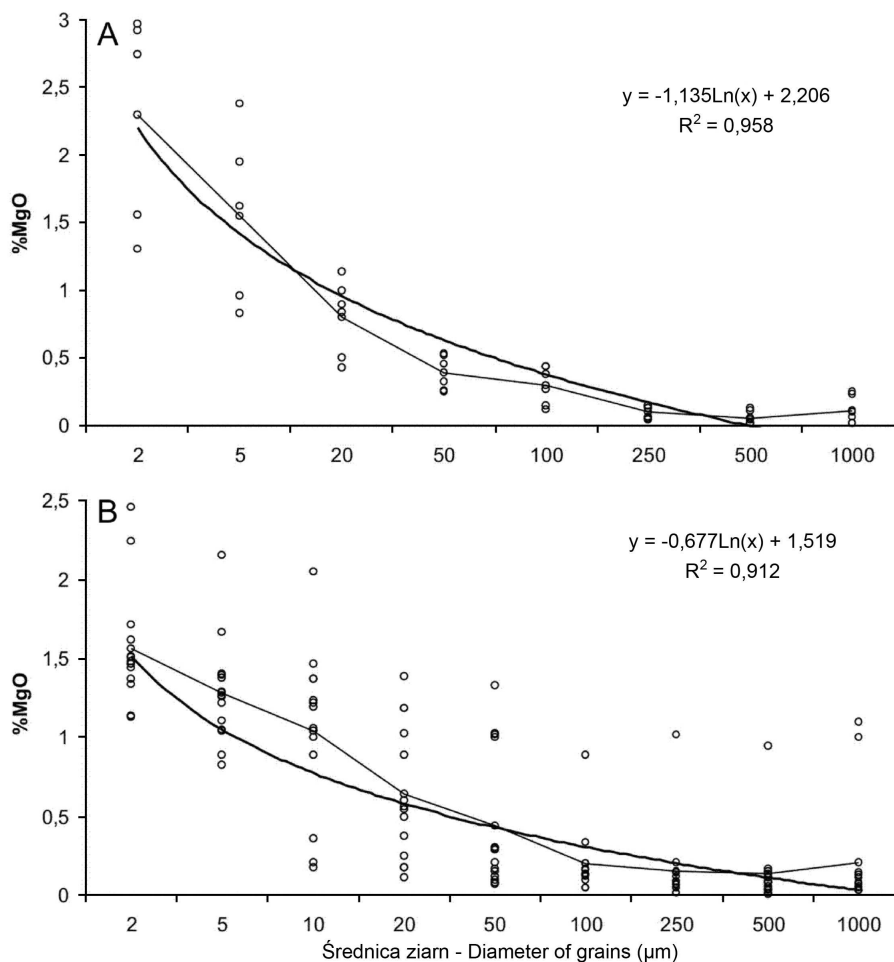
Fig. 65. Content of CaO in granulometric fractions, A – sandy soils (prof. 10, 11), B – old alluvial and boulder loam soils (prof. 13, 14)

Zawartość **MgO** w poszczególnych frakcjach granulometrycznych wykazuje tendencję malejącą w miarę wzrostu średnicy frakcji. Jednakże zmienność zawartości MgO w łonie tej samej frakcji w badanych glebach jest ogromna (rys. 66, 67). W większości badanych frakcji granulometrycznych zawartość MgO ogólnego jest wyższa od zawartości CaO.



Rys. 66. Zawartość MgO we frakcjach granulometrycznych, A – gleb górskich (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – gleb lessowych (prof. 6, 7, 8, 9)

Fig. 66. Content of MgO in granulometric fractions, A – mountain soils (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – loessial soils (prof. 6, 7, 8, 9)



Rys. 67. Zawartość MgO we frakcjach granulometrycznych, A – gleb piaskowych (prof. 10, 11), B – gleb z utworu aluwialnego i gliny zwałowej (prof. 13, 14)

Fig. 67. Content of MgO in granulometric fractions, A – sandy soils (prof. 10, 11), B – old alluvial and boulder loam soils (prof. 13, 14)

Mimo to w glebach występują wyraziściej nie-dobory magnezu przyswajalnego w porównaniu do wapnia. Wynikać to może ze znacznie mniejszej ruchliwości magnezu w środowisku glebowym w porównaniu do wapnia. Duża zmienność w zawartości MgO w łonie tej samej średnicy ziaren glebowych utrudnia, podobnie jak

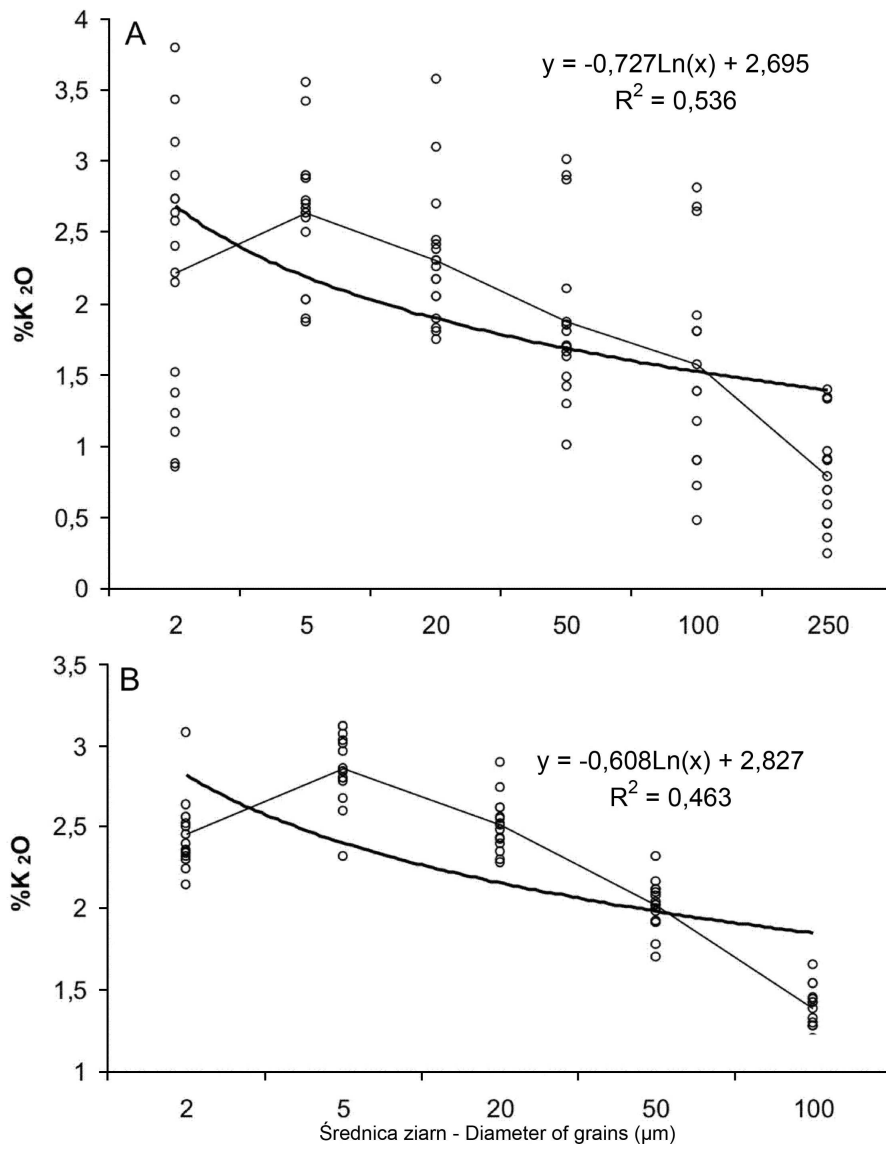
wapnia, wyprowadzenie matematycznych współczynników do obliczenia zawartości całkowitego magnezu w glebach w oparciu o skład granulometryczny.

Ciekawym jest fakt bardzo wysokich współczynników korelacji między zawartością magnezu całkowitego a średnicą sąsiadujących ze sobą frakcji granulometrycznych i to we wszystkich badanych glebach (tab. 34), za wyjątkiem frakcji $<0,005$ mm gleb górskich.

Zawartość K_2O we frakcjach granulometrycznych badanych gleb przewyższa w wielu przypadkach zawartość takich biogenów jak CaO oraz MgO (rys. 68, 69). Należy podkreślić, że zróżnicowanie zawartości potasu ogólnego jest wyraźne w łonie tej samej frakcji, wydzielonej z różnych poziomów genetycznych profilu glebowego oraz z różnych pod względem genezy geologicznej materiałów glebotwórczych. Najzasobniejsze w K_2O ogólny we wszystkich badanych glebach są frakcje o średnicy 0,005-0,002 mm, za wyjątkiem frakcji wydzielonej z gleby staroaluwialnej. W glebie staroaluwialnej najzasobniejsze w potas ogólny są frakcje 0,01-0,005 mm. Na ogół zawartość potasu, począwszy od frakcji 0,005mm, maleje w miarę wzrostu średnicy frakcji aż do ziaren piasku grubego. Ziarna piasku grubego wydzielone z gleby staroaluwialnej i gliny zwałowej są zasobniejsze w potas ogólny od pozostałych ziaren piaskowych (0,5-0,1 mm). W glebach lessowych frakcji piasku nie analizowano ze względu na jego śladowe ilości w tych utworach. Również pominięto analizę frakcji piaskowej w glebach górskich wietrzeniowych. Ale należy sądzić, że we wszystkich glebach powstałych ze zróżnicowanego tworzywa geologicznego ziarna piasku grubego (1-0,5 mm) mogą i wykazują większą zasobność w potas ze względu na większe nagromadzenie w tej frakcji skaleni potasonośnych, trudno wietrzących (ortoklaz, leucyt i inne). Wyraźnie wyższe zawartości potasu całkowitego we frakcjach 0,01-0,005 i 0,005-0,002 mm są wynikiem zgrupowania w tej frakcji większej ilości illitu, który wśród minerałów ilastych jest głównym nośnikiem potasu. Ciekawe są wysokie i dodatnie współczynniki korelacji między ziarnami 1-0,1 mm i frakcją ilastą $<0,002$ mm w glebach górskich.

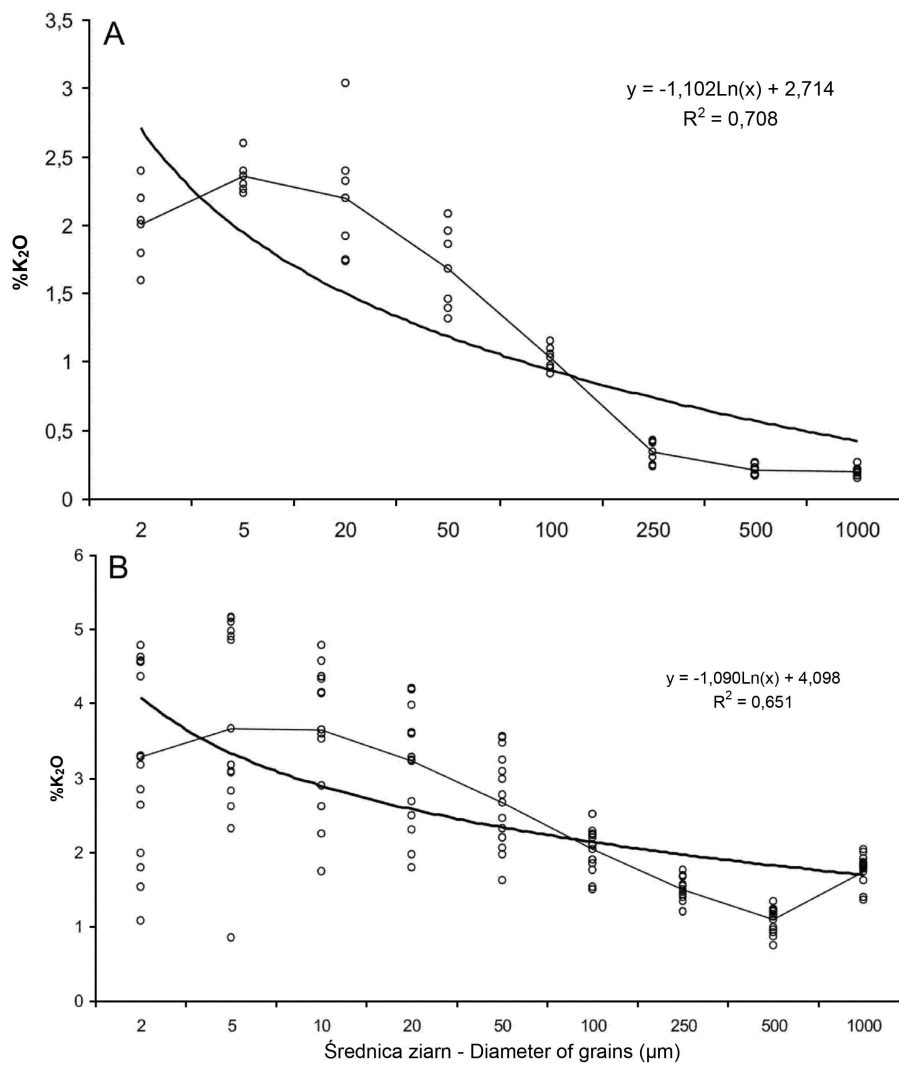
Najwyższe współczynniki korelacji między zawartością potasu całkowitego a średnicą frakcji występują w ziarnach 1-0,02 mm wydzielonych z gleb wietrzeniowych górskich i od 0,1-0,02 mm w glebach wytworzonych z utworów lessowych. W glebach piaskowych natomiast stosunkowo wysokie i dodatnie współczynniki korelacji występują między zawartością K_2O całkowitym a średnicą ziaren we frakcji 1-0,25 mm oraz 0,005-0,002 mm i $<0,1$ mm (tab. 35). W pozostałych frakcjach wydzielonych z gleb piaskowych obserwujemy wysokie ujemne współczynniki korelacji.

Frakcje gleb wytworzonych z utworu staroaluwialnego i z gliny zwałowej wykazują we wszystkich grupach frakcji dodatnie, ale wyraźnie zróżnicowane współczynniki korelacji między zawartością K_2O i średnicą frakcji, nawet między ziarnami 1-0,5 i 0,5-0,005 mm (tab. 35).



Rys. 68. Zawartość K₂O we frakcjach granulometrycznych, A – gleb górskich (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – gleb lessowych (prof. 6, 7, 8, 9)

Fig. 68. Content of K₂O in granulometric fractions, A – mountain soils (prof. 1, 2, 3, 4, 5), B – loessial soils (prof. 6, 7, 8, 9)



Rys. 69. Zawartość K_2O we frakcjach granulometrycznych, A – gleb piaskowych (prof. 10, 11), B – gleb z utworu aluwialnego i gliny zwałowej (prof. 13, 14)
Fig. 69. Content of K_2O in granulometric fractions, A – sandy soils (prof. 10, 11), B – old alluvial and boulder loam soils (prof. 13, 14)

Tabela 34. Współczynniki korelacji zawartości MgO w poszczególnych grupach frakcji
Table 34. Correlation coefficients of MgO content in particular groups of grain fractions

Frakcje gleb górskich – Mountain soil grain fractions								
	1-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002		
1-0,1	1,00							
0,1-0,05	1,00	1,00						
0,05-0,02	0,67	0,66	1,00					
0,02-0,005	0,82	0,82	0,50	1,00				
0,005-0,002	0,37	0,37	0,35	0,39	1,00			
<0,002	0,20	0,15	-0,02	0,29	0,07	1,00		
Frakcje gleb lessowych – Loessial soil grain fractions								
	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002			
0,1-0,05	1,00							
0,05-0,02	0,78	1,00						
0,02-0,005	0,75	0,99	1,00					
0,005-0,002	0,72	0,75	0,78	1,00				
<0,002	0,71	0,67	0,67	0,72	1,00			
Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions								
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002
1-0,5	1,00							
0,5-0,25	0,95	1,00						
0,25-0,1	0,85	0,91	1,00					
0,1-0,05	0,57	0,76	0,88	1,00				
0,05-0,02	0,61	0,75	0,92	0,94	1,00			
0,02-0,005	0,66	0,77	0,79	0,84	0,84	1,00		

Tabela 34. cd.
Table 34. Cont.

Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions									
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	
0,005-0,002	0,80	0,90	0,93	0,84	0,91	0,99	1,00		
<0,002	0,76	0,87	1,00	0,96	0,95	0,96	0,92	1,00	
Frakcje gleb utworu aluwialnego i gliny zwałowej – Old alluvial and boulder loam soil grain fractions									
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002
1-0,5	1,00								
0,5-0,25	0,68	1,00							
0,25-0,1	0,68	0,98	1,00						
0,1-0,05	0,87	0,94	0,94	1,00					
0,05-0,02	0,68	0,30	0,27	0,44	1,00				
0,02-0,01	0,66	0,36	0,31	0,48	0,92	1,00			
0,01-0,005	0,63	0,57	0,48	0,56	0,57	0,69	1,00		
0,005-0,002	0,82	0,74	0,76	0,84	0,66	0,75	0,73	1,00	
<0,002	0,90	0,65	0,61	0,79	0,49	0,48	0,63	0,67	1,00

Tabela 35. Współczynniki korelacji zawartości K₂O w poszczególnych grupach frakcji
Table 35. Correlation coefficients of K₂O content in particular groups of grain fractions

Frakcje gleb – Mountain soil grain fractions								
	1-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002		
1-0,1	1,00							
0,1-0,05	1,00	1,00						
0,05-0,02	0,95	0,94	1,00					
0,02-0,005	0,24	0,23	0,23	1,00				
0,005-0,002	0,19	0,19	0,21	0,15	1,00			
<0,002	0,77	0,77	0,74	0,28	0,47	1,00		
Frakcje gleb lessowych – Loessial soil grain fractions								
	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002			
0,1-0,05	1,00							
0,05-0,02	0,63	1,00						
0,02-0,005	0,78	0,68	1,00					
0,005-0,002	0,16	0,32	0,51	1,00				
<0,002	0,15	-0,32	0,18	0,06	1,00			
Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions								
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002
1-0,5	1,00							
0,5-0,25	0,62	1,00						
0,25-0,1	0,73	0,92	1,00					
0,1-0,05	-0,41	-0,68	-0,50	1,00				
0,05-0,02	-0,63	-0,94	-0,98	0,46	1,00			
0,02-0,005	-0,50	-0,77	-0,88	0,11	0,93	1,00		

Tabela 35. cd.
Table 35. Cont.

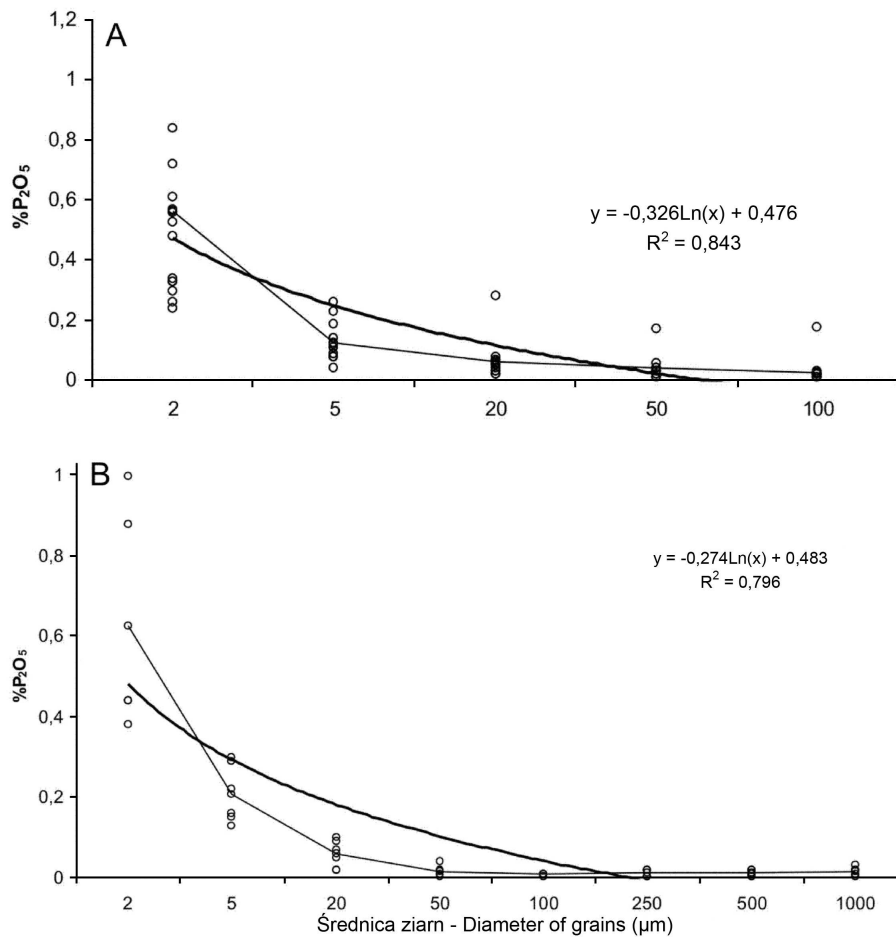
Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions									
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	
0,005-0,002	-0,62	-0,83	-0,96	0,85	0,92	0,91	1,00		
<0,002	-0,58	-0,56	-0,33	0,60	0,40	0,14	0,16	1,00	
Frakcje gleb utworu aluwialnego i gliny zwałowej – Old alluvial and boulder loam soil grain fractions									
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002
1-0,5	1,00								
0,5-0,25	0,73	1,00							
0,25-0,1	0,42	0,51	1,00						
0,1-0,05	0,36	0,60	0,74	1,00					
0,05-0,02	0,47	0,46	0,35	0,66	1,00				
0,02-0,01	0,55	0,48	0,31	0,53	0,52	1,00			
0,01-0,005	0,49	0,40	0,40	0,53	0,41	0,94	1,00		
0,005-0,002	0,17	0,21	0,21	0,46	0,58	0,71	0,73	1,00	
<0,002	0,25	0,18	0,35	0,51	0,66	0,66	0,63	0,90	1,00

Tabela 36. Współczynniki korelacji zawartości P₂O₅ w poszczególnych grupach frakcji
Table 36. Correlation coefficients of P₂O₅ content in particular groups of grain fractions

Frakcje gleb lessowych – Loessial soil grain fractions								
	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002			
0,1-0,05	1,00							
0,05-0,02	0,96	1,00						
0,02-0,005	0,96	0,94	1,00					
0,005-0,002	-0,03	0,00	0,11	1,00				
<0,002	-0,01	0,06	0,20	0,14	1,00			
Frakcje gleb piaskowych – Sandy soil grain fractions								
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002
1-0,5	1,00							
0,5-0,25	0,88	1,00						
0,25-0,1	0,90	0,97	1,00					
0,1-0,05	0,61	0,53	0,50	1,00				
0,05-0,02	-0,17	-0,36	-0,29	0,54	1,00			
0,02-0,005	-0,92	-0,84	-0,91	-0,60	0,13	1,00		
0,005-0,002	-0,24	-0,11	-0,23	0,32	0,51	0,44	1,00	
<0,002	-0,38	-0,06	-0,26		0,04	0,68	0,92	1,00

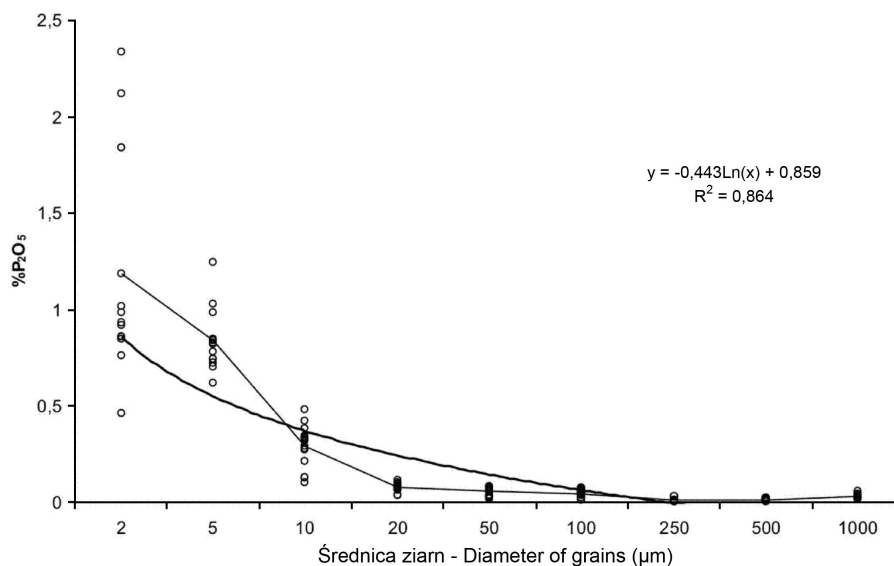
Tabela 36. cd.
Table 36. Cont.

Frakcje gleb utworu aluwialnego i gliny zwałowej – Old alluvial and boulder loam soil grain fractions										
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002	
1-0,5	1,00									
0,5-0,25	-0,12	1,00								
0,25-0,1	-0,02	0,24	1,00							
0,1-0,05	-0,06	0,66	0,38	1,00						
Frakcje gleb utworu aluwialnego i gliny zwałowej – Old alluvial and boulder loam soil grain fractions										
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002	
0,05-0,02	0,07	0,59	0,47	0,87	1,00					
0,02-0,01	0,21	0,58	0,62	0,73	0,77	1,00				
0,01-0,005	0,51	-0,38	0,12	-0,31	-0,07	0,07	1,00			
0,005-0,002	0,39	0,33	0,21	0,48	0,50	0,64	0,52	1,00		
<0,002	0,24	0,16	0,49	0,41	0,46	0,69	0,45	0,86	1,00	



Rys. 70. Zawartość P₂O₅ we frakcjach granulometrycznych, A – gleb lessowych (prof. 6, 7, 8, 9), B – gleb piaskowych (prof. 10, 11)

Fig. 70. Content of P₂O₅ in granulometric fractions, A – loessial soils (prof. 6, 7, 8, 9), B – sandy soils (prof. 10, 11)



Rys. 71. Zawartość P₂O₅ we frakcjach granulometrycznych gleb z utworu aluwialnego i gliny zwałowej (prof. 13, 14)

Fig. 71. Content of P₂O₅ in granulometric fractions of soils formed of old alluvial sediment and boulder loam (prof. 13, 14)

Próby wyprowadzenia współczynników matematycznych do wyliczenia całkowitego potasu w oparciu o uzyskane wyniki we frakcjach i składu granulometrycznego są możliwe do realizacji w niektórych grupach gleb. Próbną wyprowadzenie współczynników w oparciu o analizę frakcji wydzielonych z gleb bardzo jednorodnych – lessowych dały pozytywne wyniki. Różnice między zawartością K₂O oznaczanego w całej masie glebowej i wyliczonej w oparciu o analizę frakcji nie przekraczają w glebach lessowych 8-10%. W pozostałych glebach różnice te są nieco większe.

Zawartość P₂O₅ całkowitego w poszczególnych grupach frakcji granulometrycznych wydzielonych z gleb lessowych, piaskowych, staroaluwialnych i glin zwałowych (górkich nie analizowano) nie wykazują wyraźnego zróżnicowania. Frakcje wydzielone z gleby staroaluwialnej i gliny zwałowej (środkowa Polska) są nieco zasobniejsze w P₂O₅ całkowitego w porównaniu do frakcji o tej samej średnicy wydzielonych z gleb lessowych i piaskowych. Wysokie i dodatnie współczynniki korelacji między zawartością P₂O₅ całkowitego, a średnicą poszczególnych frakcji występują tylko między nielicznymi frakcjami, a szczególnie w grupach frakcji o większej średnicy wydzielonych z gleb piaskowych i lessowych (tab. 36).

Należy podkreślić, że fosfor stanowi najniższą wartość wśród wszystkich badanych pierwiastków (Si, Al, Fe, Ca, Mg, K). Jego zawartość, podobnie jak pozostałe składniki biogenne, rośnie stopniowo od frakcji o największej średnicy do frakcji ilastej (rys. 70, 71). Frakcja ilasta zawiera od 2,12 do 0,24% P_2O_5 całkowitego. Natomiast frakcja najgrubsza – piaskowa (1-0,1 mm) zawiera od 0,003 do 0,062% P_2O_5 . Jednakże w grupie frakcji piasku zasobniejsza w ten składnik, niezależnie od genezy geologicznej tworzywa glebowego, jest frakcja piasku grubego (1-0,5 mm), podobnie jak zawartość potasu całkowitego. Powodowane jest to większą obecnością w tej frakcji minerałów pierwotnych, pochodnych skał magmowych.

10.5. Korelacje zawartości składników w poszczególnych frakcjach granulometrycznych

Rozpatrując frakcję ilastą **<0,002 mm** poszczególnych grup gleb, należy podkreślić, że jest ona silnie zróżnicowana we wzajemnej współzależności w zawartości krzemionki, glinu, żelaza, wapnia, magnezu i potasu – typowych składników pochodnych minerałów pierwotnych i wtórnych. Frakcje ilaste gleb górskich, gleb wytworzonych z lessów oraz utworów staroaluwialnych i glin zwałowych wykazują bardzo niskie współczynniki korelacji wzajemnej między składnikami lub wręcz ujemne. Jedynie frakcja ilasta wydzielona z gleb piaskowych południowo-wschodniej części kraju (prof. 10 i 11) wykazuje wysokie współczynniki korelacji między SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO i MgO, a ujemne w stosunku do K_2O . Świadczyłoby to o występowaniu w tej frakcji minerałów z grupy montmorylonitu, z podgrupy beidelitu jak i nontronitu, a zupełny brak illitu. Potwierdzają to zależności między współczynnikami korelacji Fe_2O_3 i Al_2O_3 , CaO, Al_2O_3 i Fe_2O_3 , Al_2O_3 i MgO, Fe_2O_3 i CaO (tab. 37). Natomiast w omawianej frakcji, wydzielonej z gleb wytworzonych z osadów staroaluwialnych i glin zwałowych zaznacza się niewielka obecność illitu, na co wskazuje nieznacząca korelacja między SiO_2 , Al_2O_3 i K_2O . Zaznacza się również wyraźnie saponitowa podgrupa montmorylonitu.

Frakcja iłu pyłowego drobnego **0,005-0,002 mm** gleb górskich w większości przypadków wykazuje ujemną korelację między rozpatrywanymi składnikami. Jedynie wyraźniejsza korelacja dodatnia 0,50 istnieje między Al_2O_3 i CaO. Podobnie frakcja wydzielona z gleb lessowych wykazuje w większości ujemne korelacje między rozpatrywanymi składnikami. Obserwuje się natomiast wysoką współzależność między SiO_2 i K_2O oraz nieco niższą między K_2O i Al_2O_3 . Świadczy to o występowaniu we frakcji tej illitu, oraz chlorytu bądź nontronitu ze względu na wyraźnie dodatnią korelację między MgO i Fe_2O_3 oraz Fe_2O_3 do Al_2O_3 (tab. 38). Frakcja ta wydzielona z gleb piaskowych wykazuje wyraźną ujemną korelację potasu do wszystkich omawianych składników, co by świadczyło o zupełnym braku illitu w tej grupie frakcji. Natomiast wysoka dodatnia korelacja występuje między takimi składnikami, jak: Al_2O_3 , Fe_2O_3 i CaO: Al_2O_3 : Fe_2O_3 oraz MgO: Al_2O_3 : Fe_2O_3 .

Podobne zależności występują we frakcji, pochodzącej z gleby staroaluwialnej i wytworzonej z gliny zwałowej. Wyższa korelacja występuje jedynie między SiO_2 i K_2O oraz $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{MgO}$, $\text{MgO}:\text{CaO}$, co świadczy o występowaniu illitu i chlorytu oraz prawdopodobnie dolomitu (tab. 38).

Podfrakcja w grupie iltu pyłowego grubego o średnicy **0,01-0,005 mm** została przeanalizowana jedynie w grupie gleb wytworzonych z osadów staroaluwialnych i gliny zwałowej (tab. 39). Niewielka korelacja występująca między Al_2O_3 , MgO i Fe_2O_3 świadczyć może o występowaniu minerałów z grupy chlorytowo-montmorillonitowej. Natomiast wysoka ujemna korelacja występuje między SiO_2 i wszystkimi pozostałymi składnikami.

Tabela 39. Współczynniki korelacji zawartości niektórych składników we frakcji 0,01-0,005 mm
Table 39. Correlation coefficients of the content of some elements in soil grain fraction 0.01-0.005 mm

4. Gleby wytworzone z osadów staroaluwialnych i gliny zwałowej						
4. Old alluvial and boulder loam soils						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O
SiO_2	1					
Al_2O_3	-0,49	1				
Fe_2O_3	-0,79	0,49	1			
CaO	-0,52	0,29	0,45	1		
MgO	-0,70	0,51	0,59	0,37	1	
K_2O	0,03	-0,06	0,15	-0,53	0,46	1

Frakcje iltu pyłowego grubego **0,02-0,005 mm**, wydzielone i oznaczone w glebach górskich oraz wytworzonych z lessów i piasków, wykazują ogromne rozstrzeżenie współczynników korelacji między składnikami (tab. 40). We wszystkich występuje wysoka i ujemna korelacja między SiO_2 i wszystkimi pozostałymi składnikami (tab. 40). W glebach górskich frakcja ta wykazuje dodatnie i istotne korelacje jedynie między Al_2O_3 i CaO oraz między Fe_2O_3 i MgO , wynoszące 0,62 i 0,87. Pozostałe składniki wykazują ujemną lub zerową wartość współczynnika korelacji. W glebach piaskowych i lessowych wysoką dodatnią korelację wykazują głównie K_2O , Al_2O_3 i Fe_2O_3 oraz bardzo wysoką MgO z CaO . Świadczyłoby to o istnieniu minerałów pierwotnych, prawdopodobnie minerału zbliżonego do dolomitu. Wcześniejsze badania, niepublikowane, z terenu Wysoczyzny Siedleckiej stwierdzały, że w glinach zwałowych występują kongrecje dolomitu. Podobne zależności występują w podfrakcji 0,02-0,01 mm, mieszczącej się we frakcji 0,02-0,005 mm, w glebach wytworzonych z osadów staroaluwialnych i glin zwałowych (tab. 41).

Tabela 40. Współczynniki korelacji zawartości niektórych składników we frakcji 0,02-0,005 mm

Table 40. Correlation coefficients content of some elements in soil grains 0.02-0.005 mm

1. Gleby górskie – Mountain soils							2. Gleby utworzone z lessów – Loessial soils					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
SiO ₂	1						1					
Al ₂ O ₃	-0,74	1					-0,20	1				
Fe ₂ O ₃	-0,56	-0,01	1				-0,36	0,71	1			
CaO	-0,19	0,62	-0,54	1			-0,91	-0,12	0,09	1		
MgO	-0,45	0,00	0,87	-0,50	1		-0,94	0,07	0,36	0,95	1	
K ₂ O	-0,31	0,11	0,12	-0,21	0,09	1	0,08	0,63	0,79	-0,28	-0,03	1
3. Gleby utworzone z piasków – Sandy soils												
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O						
SiO ₂	1											
Al ₂ O ₃	-0,82	1										
Fe ₂ O ₃	-0,81	0,95	1									
CaO	-0,86	0,95	0,85	1								
MgO	-0,33	0,59	0,75	0,46	1							
K ₂ O	-0,73	0,53	0,36	0,63	-0,33	1						

Tabela 41. Współczynniki korelacji zawartości niektórych składników we frakcji 0,02-0,01 mm
Table 41. Correlation coefficients content of some elements in soil grains 0.02-0.01 mm

4. Gleby wytworzone z osadów staroaluwialnych i gliny zwałowej						
4. Old alluvial and boulder loam soils						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
SiO ₂	1					
Al ₂ O ₃	-0,03	1				
Fe ₂ O ₃	-0,54	0,60	1			
CaO	-0,63	0,41	0,41	1		
MgO	-0,41	0,76	0,67	0,46	1	
K ₂ O	-0,15	0,53	0,42	0,18	0,66	1

Fracje pyłu drobnego o średnicy **0,05-0,02 mm** wykazują bardzo zróżnicowane korelacje między badanymi składnikami. Jest to zrozumiałe, gdyż frakcje o wymienionej średnicy są zbudowane w głównej swej masie z minerałów pierwotnych, a w tym z kwarcu. Z całkowitej analizy wynika, że SiO₂ jest tu dominującym składnikiem. Stąd współczynniki korelacji między krzemionką i pozostałymi składnikami są ujemne. W glebach górskich dodatnia i stosunkowo wysoka korelacja występuje między zawartościami glinu i żelaza oraz magnezu i żelaza (tab. 42). W glebach wytworzonych z lessów frakcja ta wykazuje wysoką dodatnią korelację między MgO i CaO, podobnie jak frakcja o średnicy 0,02-0,005 mm. Ponadto obserwuje się w powyższej frakcji stosunkowo wysoki współczynnik korelacji między zawartością żelaza i potasu.

W glebach piaskowych frakcja powyższa wykazuje wysoką zależność między zawartością Al₂O₃ i MgO oraz Fe₂O₃ i CaO. Świadczyć to może o prawdopodobieństwie obecności we frakcji tej minerałów z grupy chlorytów. Natomiast frakcja pyłu drobnego (0,05-0,02 mm), wydzielona z gleb wytworzonych z glin zwałowych i utworu staroaluwialnego, wykazuje bardzo wysoką dodatnią korelację między Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO i K₂O oraz między Fe₂O₃ i K₂O, a ponadto między MgO i Fe₂O₃. Wskazywałoby to na występowanie zróżnicowanych minerałów pierwotnych.

Fracje pyłu grubego (**0,1-0,05 mm**) wyraźnie odbiegają wynikami od danych uzyskanych dla frakcji pyłu drobnego i to we wszystkich badanych grupach gleb. I tak, w glebach górskich zawartość Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO i MgO oraz MgO i Fe₂O₃ w tej frakcji wykazuje wysokie współczynniki korelacji. Natomiast K₂O koreluje ujemnie ze wszystkimi badanymi składnikami. Frakcja ta, wydzielona z gleb lessowych, wykazuje dodatnie i stosunkowo wysokie współczynniki korelacji między Fe₂O₃ i K₂O oraz MgO. Podobnie jak w poprzednich, o mniejszej średnicy frakcjach, występuje w omawianej frakcji wyraźna zależność między CaO i MgO (tab. 43). Wynika z tego wyraźne nagromadzenie dolomitu w tej i pozostałych frakcjach gleb lessowych.

Tabela 42. Współczynniki korelacji zawartości niektórych składników we frakcji 0,05-0,02 mm

Table 42. Correlation coefficients content of some elements in soil grains 0.05-0.02 mm

1. Gleby górskie – Mountain soils							2. Gleby wytworzone z lessów – Loessial soils					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
SiO ₂	1						1					
Al ₂ O ₃	-0,92	1					-0,05	1				
Fe ₂ O ₃	-0,83	0,66	1				-0,03	0,05	1			
CaO	0,05	-0,22	0,12	1			-0,97	-0,02	-0,01	1		
MgO	-0,69	0,48	0,82	0,22	1		-0,96	0,04	0,23	0,95	1	
K ₂ O	0,22	0,05	-0,47	-0,56	-0,34	1	0,28	-0,24	0,58	-0,36	-0,19	1
3. Gleby wytworzone z piasków – Sandy soils							4. Gleby wytworzone z osadów staroaluwialnych i gliny zwałowej - Old alluvial and boulder loam soils					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
SiO ₂	1						1					
Al ₂ O ₃	0,26	1					-0,54	1				
Fe ₂ O ₃	-0,17	0,39	1				-0,51	0,80	1			
CaO	-0,14	0,26	0,82	1			-0,88	0,38	0,28	1		
MgO	0,24	0,84	0,26	-0,06	1		-0,60	0,80	0,77	0,40	1	
K ₂ O	-0,47	-0,64	0,20	0,35	-0,86	1	-0,43	0,86	0,76	0,20	0,76	1

Tabela 43. Współczynniki korelacji zawartości niektórych składników we frakcji 0,1-0,05 mm
Table 43. Correlation coefficients content of some elements in soil grains 0.1-0.05 mm

1. Gleby górskie – Mountain soils							2. Gleby wytworzone z lessów – Loessial soils					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
SiO ₂	1						1					
Al ₂ O ₃	-0,93	1					-0,32	1				
Fe ₂ O ₃	-0,81	0,58	1				-0,27	0,42	1			
CaO	-0,45	0,42	0,42	1			-0,94	0,31	0,07	1		
MgO	-0,81	0,74	0,77	0,39	1		-0,90	0,43	0,45	0,79	1	
K ₂ O	0,38	-0,28	-0,60	-0,64	-0,65	1	-0,27	0,41	0,60	0,07	0,58	1
3. Gleby wytworzone z piasków – Sandy soils							4. Gleby wytworzone z osadów staroaluwialnych i gliny zwałowej – Old alluvial and boulder loam soils					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
SiO ₂	1						1					
Al ₂ O ₃	-0,91	1					-0,09	1				
Fe ₂ O ₃	-0,52	0,44	1				-0,16	0,70	1			
CaO	-0,41	0,44	-0,32	1			-0,68	0,44	0,23	1		
MgO	-0,86	0,92	0,28	0,70	1		-0,73	0,41	0,29	0,94	1	
K ₂ O	0,76	-0,76	-0,64	-0,40	-0,69	1	0,13	0,72	0,59	0,40	0,41	1

Fracja pyłu grubego wydzielona z gleb piaszkowych wykazuje bardzo niską zależność między zawartościami poszczególnych składników. Jedynie wyraźniejsza zależność dodatnia występuje między krzemionką i potasem oraz wapniem, magnezem, żelazem i glinem. Wskazuje to na wyraźną zawartość glinokrzemianów pierwotnych potasu i wapnia oraz magnezu. Podobne zależności obserwujemy we frakcji wydzielonej z glin zwałowych oraz utworów staroaluwialnych (tab. 43).

Fracje piaskowe dla różnych grup gleb zostały różnie potraktowane. W glebach górskich analizowano sumę frakcji piaszkowych o średnicy 1-0,1 mm (tab. 47). W glebach wytworzonych z lessów frakcja ta wystąpiła w śladowych ilościach i w związku z tym nie było możliwości jej zbadania. Jedynie w glebach wytworzonych z piasków (prof. 10 i 11) oraz z utworów staroaluwialnych (prof. 13) i gliny zwałowej (prof. 14) wszystkie frakcje zostały przeanalizowane oddzielnie.

Fracja piasku drobnego **0,25-0,1 mm** wydzielona z utworów piaszkowych wykazuje zaskakująco wysokie współczynniki korelacji dodatniej między wszystkimi badanymi składnikami, za wyjątkiem krzemionki, która też wykazuje wysokie współczynniki, ale ujemne (tab. 44). W glebach wytworzonych z utworów staroaluwialnych oraz glin zwałowych jedynie wysoka współzależność wystąpiła między Fe_2O_3 i Al_2O_3 , oraz MgO i CaO a stosunkowo niska między potasem i pozostałymi składnikami.

Fracje piasku średniego **0,5-0,25** oraz grubego **1-0,5 mm** wykazują podobną tendencję jak ziarna piasku drobnego (tab. 45, 46). Jedynie we frakcjach wydzielonych z glin zwałowych i utworu staroaluwialnego, podobnie jak już w omawianych frakcjach pyłowych, występuje duża zależność dodatnia między zawartością CaO i MgO oraz we frakcji piasku średniego między glinem i żelazem.

Wysoka korelacja między zawartościami wapnia i magnezu w różnych frakcjach wydzielonych we wszystkich grupach gleb, za wyjątkiem górskich, może sugerować istnienie dużego prawdopodobieństwa występowania minerałów wapniowo-magnezowych, być może o charakterze dolomitu.

Reasumując, należy podkreślić, że uzyskane wyniki analityczne, dotyczące minerałów części badanych frakcji, pozwalają na wyjaśnienie wielu zagadnień, a szczególnie wskazać na przybliżony charakter mineralogiczny tworzywa glebowego i jego geologiczną genezę. Zdajemy sobie sprawę, że liczebność przebadanych profili nie upoważnia jeszcze do wyciągnięcia daleko idących wniosków i uogólnień. Przeprowadzone badania wymagają bowiem długiego czasu, ale powinny być kontynuowane.

Tabela 44. Współczynniki korelacji zawartości niektórych składników we frakcji 0,25-0,1 mm

Table 44. Correlation coefficients content of some elements in soil grains 0.25-0.1 mm

3. Gleby utworzone z piasków – Sandy soils							4. Gleby utworzone z osadów staroaluwialnych i gliny zwałowej – Old alluvial and boulder loam soils					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
SiO ₂	1						1					
Al ₂ O ₃	-0,95	1					-0,57	1				
Fe ₂ O ₃	-0,92	0,98	1				-0,18	0,82	1			
CaO	-0,97	0,90	0,84	1			-0,23	0,21	0,17	1		
MgO	-0,97	0,93	0,87	0,99	1		-0,18	0,24	0,28	0,91	1	
K ₂ O	-0,96	0,88	0,84	0,98	0,98	1	-0,02	0,29	0,33	0,50	0,41	1

Tabela 45. Współczynniki korelacji zawartości niektórych składników we frakcji 0,5-0,25 mm

Table 45. Correlation coefficients content of some elements in soil grains 0.5-0.25 mm

3. Gleby utworzone z piasków – Sandy soils							4. Gleby utworzone z osadów staroaluwialnych i gliny zwałowej – Old alluvial and boulder loam soils					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
SiO ₂	1						1					
Al ₂ O ₃	-0,58	1					-0,68	1				
Fe ₂ O ₃	-0,77	0,93	1				-0,53	0,631	1			
CaO	-0,47	0,61	0,61	1			-0,13	0,15	0,28	1		
MgO	-0,68	0,98	0,94	0,63	1		-0,26	0,14	-0,06	0,73	1	
K ₂ O	-0,67	0,96	0,93	0,80	0,96	1	-0,02	-0,10	-0,23	0,09	0,43	1

Tabela 46. Współczynniki korelacji zawartości niektórych składników we frakcji 1,0-0,5 mm
Table 46. Correlation coefficients content of some elements in soil grains 1.0-0.5 mm

3. Gleby utworzone z piasków – Sandy soils							4. Gleby utworzone: z osadów staroaluwialnych i gliny zwałowej – Old alluvial and boulder loam soils						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	
SiO ₂	1						1						
Al ₂ O ₃	-0,95	1					-0,70	1					
Fe ₂ O ₃	-0,98	0,93	1				-0,42	0,29	1				
CaO	-0,53	0,58	0,49	1			-0,80	0,42	0,20	1			
MgO	-0,98	0,97	0,96	0,66	1		-0,77	0,50	0,18	0,83	1		
K ₂ O	-0,79	0,72	0,87	0,42	0,80	1	-0,06	0,41	0,08	0,21	0,14	1	

Tabela 47. Współczynniki korelacji zawartości niektórych składników we frakcji 1,0-0,1 mm
Table 47. Correlation coefficients content of some elements in soil grains 1.0-0.1 mm

Gleby górskie – Mountain soils						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
SiO ₂	1					
Al ₂ O ₃	-0,94	1				
Fe ₂ O ₃	-0,61	0,69	1			
CaO	-0,47	0,42	0,28	1		
MgO	-0,74	0,72	0,22	0,40	1	
K ₂ O	0,35	-0,28	0,11	-0,64	-0,65	1

11. WNIOSKI

1. Badania potwierdziły istnienie pewnych prawidłowości między niektórymi właściwościami gleb a ich składem granulometrycznym.

2. Skład mineralogiczny frakcji ilastej (koloidalnej) <0,002 mm jest zróżnicowany jakościowo i ilościowo w poszczególnych grupach gleb. Frakcja najdrobniejsza charakteryzuje się wzrostem ilościowym minerałów mieszano-pakietowych.

3. Niektóre cechy fizyczne, jak gęstość nasypowa maleje od frakcji piasku do frakcji 0,005-0,002 mm a następnie wzrasta.

4. Zawartość węgla związków organicznych i azotu we frakcjach granulometrycznych wzrasta wyraźnie w miarę zmniejszania się średnicy, a maleje stopniowo w tej samej grupie frakcji wraz ze wzrostem głębokości w profilu.

5. Zawartość kwasów huminowych dominuje we frakcjach granulometrycznych o większej średnicy a ich zawartości stopniowo maleją w miarę zmniejszania się średnicy frakcji. Zwykle we frakcjach <0.002 mm dominują kwasy fulwowe, stąd stosunki Kh:Kf stopniowo maleją w ziarnach o zmniejszającej się średnicy.

6. Rozpuszczalność związków próchnicznych wzrasta stopniowo w miarę zmniejszania się średnicy frakcji granulometrycznych, a maleje w nich zawartość humin i ulmin.

7. Pojemność sorpcyjna wymienna wzrasta wraz ze zmniejszaniem się średnicy frakcji granulometrycznych, zwłaszcza we frakcji <0,002 mm, we wszystkich badanych glebach. Wzrasta również stopień wysycenia kationami zasadowymi w większości gleb a także w tych samych frakcjach wraz ze wzrostem głębokości w profilu glebowym.

8. Dominującymi kationami wymiennymi we frakcjach granulometrycznych jest wapń i wodór. We frakcjach grubszych dominuje w większości gleb wodór, a w drobniejszych – wapń.

9. Zawartość glinu, żelaza, magnezu i fosforu rośnie w miarę zmniejszania frakcji granulometrycznych, odwrotnie zaś krzemionki, potas wykazuje najwyższą zawartość we frakcji 0,005-0,002 mm, natomiast w przypadku wapnia nie obserwuje się prawidłowości.

10. Współczynniki korelacji między poszczególnymi składnikami w grupach frakcji są silnie zróżnicowane od wysoko dodatnich do wysoko ujemnych.

11. Na podstawie oznaczonego składu granulometrycznego istnieją możliwości określenia niektórych właściwości fizycznych całej gleby, jak gęstość objętościowa, faza stała oraz porowatość ogólna. Podobnie, można też będzie podjąć próbę ustalenia całkowitej zawartości pewnych składników w glebie, np. SiO_2 , K_2O i ewentualnie też MgO .

12. PISMIENNICTWO

1. **Andersson A.:** On distribution of heavy metals as compared to some other elements between grain size fractions in soils. *Swedish J. Agric. Res.*, 9, 7-13, 1979.
2. **Borowiec J., Kosienkowski R.:** An attempt of physico-chemical characteristics of separated size fractions of soils. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 197, 241-258, 1977.
3. **Borowiec J., Magierski J., Turski R.:** The distribution of micro- and macroelements in the individual mechanical fractions of soils formed from different parent rocks. Part V. Manganese. *Polish J. Soil Sci.*, 15(2), 103-109, 1982.
4. **Brogowski Z., Dobrzański B., Konecka-Betley K.:** The distribution of energetic compounds in mechanical particles of some soils. *Polish J. Soil Sci.*, 7(2), 99-107, 1974.
5. **Brogowski Z., Kusińska A.:** Rozmieszczenie związków organicznych we frakcjach mechanicznych gleb wytworzonych z glin zwałowych. *Rocz. Nauk Roln., ser. A*, 191(1), 167-172, 1975.
6. **Brogowski Z., Dobrzański B., Kusińska A., Zembrzycka K.:** An attempt to diagnose the genetic horizons of soils on the basis of the content of exchangeable metal cations in mechanical fractions. *Polish J. Soil Sci.*, 9(2), 115-122, 1976.
7. **Brogowski Z., Gliński J., Wilgat M.:** The distribution of some trace elements in size fractions of two profiles of soil formed from boulder loams. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 197, 309-318, 1977.
8. **Brogowski Z., Mazurek A.:** Differentiation of clay minerals in particular mechanical fractions of soils. *Rocz. Glebozn.*, 32(3), 193-205, 1981.
9. **Brogowski Z., Okołowicz M., Pęczek H.:** Węgiel i azot we frakcjach granulometrycznych gleb piaskowych. *Rocz. Glebozn.*, 36(2), 21-28, 1985.
10. **Brogowski Z., Mazurek A.:** Skład mineralny frakcji mniejszych od 0,02 mm gleby aluwialnej. *Rocz. Glebozn.*, 37(4), 9-22, 1986.
11. **Brogowski Z.:** Próba obliczania niektórych właściwości fizycznych gleb na podstawie analizy ziarnowej. *Rocz. Glebozn.*, 41(3-4), 17-28, 1990.
12. **Brogowski Z., Mazurek A.:** Stan mineralny ziaren o średnicy 0,02 mm w glebie brunatnej wytworzonej z gliny zwałowej. *Rocz. Glebozn.*, 41(1-2), 5-21, 1990.

13. **Brogowski Z., Rabie F. H., Kocoń J.:** Ultrastructure of clay grains and humus and nitrogen content in soils fractions of North-East Sahara. *Polish J. Soil Sci.*, 25(1), 101-111, 1992.
14. **Brogowski Z.:** Ogólna zawartość składników we frakcjach granulometrycznych <0,1 mm w glebie glejbielicowej. *Rocz. Glebozn.*, 47, supl. 9-21, 1996.
15. **Brogowski Z., Chojnicki J.:** Influence of parent material on total magnesium content in separate granulometric fractions of some brown leached soils. *Polish J. Soil Sci.*, 37 (1), 21-31, 2004.
16. **Brogowski Z., Chojnicki J.:** Rozmieszczenie potasu ogólnego w wydzielonych frakcjach granulometrycznych gleb brunatnych. *Rocz. Glebozn.*, 56(1/2), 27-39, 2005.
17. **Brogowski Z., Chojnicki J.:** Influence of the geological origin of the parent rock on the distribution of total calcium in particular granulometric fractions. *Polish J. Environmental Studies.*, 14(4), 403-409, 2005.
18. **Czerwiński Z.:** Zawartość próchnicy, azotu ogólnego i minerałów ilastych w poszczególnych frakcjach mechanicznych gleby biellicowej piaskowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 40a, 1-14, 1963.
19. **Królikowski L., Adamczyk B., Borkowski J., Król H., Prusinkiewicz Z., Rząsa S., Ślusarczyk E., Święcicki C., Trzecki S., Wocławek T.:** The physical properties of separate grain fractions of soil parent rocks. *Rocz. Glebozn.*, 19, dod., 3-22, 1968.
20. **Lachica M., Maqueda C., Perez Rodriguez J. L., Aguilar J.:** Determination de elementos-traza y distribucion en las distintas fracciones del suelo. II. Suelos fersialiticos lavados con reserva calcica. *Anales de Edafologia y Agrobiologia*, 33(7-8), 599-629, 1974.
21. **Okołowicz M.:** Właściwości sorpcyjne frakcji granulometrycznych wybranych gleb. *Rocz. Glebozn.*, 47(1-2), 33-46, 1996.
22. **Piotrowska M.:** Wpływ składu mechanicznego i mineralnego na rozmieszczenie miedzi, kobaltu i niklu w glebach wytworzonych z lessów Wyżyny Sandomiersko-Opatowskiej. *Pamiętnik Puławski*, 38, 139-184, 1969.
23. **Raczuk J.:** Węgiel i azot we frakcjach granulometrycznych gleb piaskowych Wysoczyzny Siedleckiej i Równiny Łukowskiej. *Rocz. Glebozn.*, 43(1-2), 31-38, 1992.
24. **Le Riche H. H., Weir A. H.:** A method of studying trace elements in soil fractions. *J. Soil Sci.*, 14, 225-235, 1963.
25. **Shuman L. M.:** Zinc, manganese and copper in soil fractions. *Soil Sci.*, 127(1), 10-17, 1979.
26. **Stanton D. A., Burger R. Du T.:** Studies on zinc in selected Orange Free State soils: 2. Distribution of zinc in selected soil profiles and in particle-size fractions. *S. Afr. J. Agric. Sci.*, 9, 809-822, 1966.
27. **Sytek J.:** Zawartość i formy występowania próchnicy w glebach płowych. Cz.II. Rozmieszczenie i skład próchnicy w poszczególnych frakcjach mechanicznych gleb oraz próba określenia form substancji organicznych, próchniczno-ilastych w oparciu o analizę DTA-DTG. *Rocz. Glebozn.*, 24(2), 159-186, 1973.
28. **Thompson M. L., Zuang M. L., Kazemi M., Sandor J. A.:** Contribution of organic matter to cation exchange capacity and specific surface area of fractionated soil materials. *Soil Sci.*, 148(4), 250-257, 1989.
29. **Tiurmienko A. N.:** Sodierżanie gumusa i jemkost pogłószczenia frakcji mechanicznych elementov poczv Zapadnovo Kazachstana. *Poczvwowied.*, 5, 26-33, 1973.

13. STRESZCZENIE

Badania miały na celu ustalenie czy na podstawie cech kilku wydzielonych frakcji granulometrycznych można określić podstawowe cechy całej masy gleby mineralnej (pod warunkiem znajomości stosunków ilościowych).

Do badań wytypowano 14 profili gleb mineralnych z 3 regionów Polski (z Karpat, Lubelszczyzny i regionu warszawskiego), reprezentujących gleby w różnych stadiach rozwoju i wytworzone z różnych skał. Badania całej masy próbek glebowych, a także poszczególnych wydzielonych sposobami fizycznymi frakcji, wykonano metodami przyjętymi w naszych laboratoriach.

Rezultaty badań zestawiono w 47 tabelach i na 71 rysunkach.

Najważniejsze wnioski można ująć w następujących punktach:

1. Badania potwierdziły istnienie pewnych prawidłowości między niektórymi właściwościami gleb a ich składem granulometrycznym.

2. Skład mineralogiczny frakcji ilastej (koloidalnej) $<0,002$ mm jest zróżnicowany jakościowo i ilościowo w poszczególnych grupach gleb. Frakcja najdrobniejsza charakteryzuje się wzrostem ilościowym minerałów mieszano-pakietowych.

3. Niektóre cechy fizyczne, jak gęstość nasypowa maleje od frakcji piasku do frakcji $0,005-0,002$ mm a następnie wzrasta.

4. Zawartość węgla związków organicznych i azotu we frakcjach granulometrycznych wzrasta wyraźnie w miarę zmniejszania się średnicy, a maleje stopniowo w tej samej grupie frakcji wraz ze wzrostem głębokości w profilu.

5. Zawartość kwasów huminowych dominuje we frakcjach granulometrycznych o większej średnicy a ich zawartości stopniowo maleją w miarę zmniejszania się średnicy frakcji. Zwykle we frakcjach $<0,002$ mm dominują kwasy fulwowe, stąd stosunki Kh:Kf stopniowo maleją w ziarnach o zmniejszającej się średnicy.

6. Rozpuszczalność związków próchnicznych wzrasta stopniowo w miarę zmniejszania się średnicy frakcji granulometrycznych, a maleje w nich zawartość humin i ulmin.

7. Pojemność sorpcyjna wymienna wzrasta wraz ze zmniejszaniem się średnicy frakcji granulometrycznych, zwłaszcza we frakcji $<0,002$ mm, we wszystkich badanych glebach wzrasta również stopień wysycenia kationami zasadowymi w większości gleb, a także w tych samych frakcjach wraz ze wzrostem głębokości w profilu glebowym.

8. Dominującymi kationami wymiennymi we frakcjach granulometrycznych jest wapń i wodór. We frakcjach grubszych dominuje w większości gleb wodór, a w drobniejszych – wapń.

9. Zawartość glinu, żelaza, magnezu i fosforu rośnie w miarę zmniejszania frakcji granulometrycznych, odwrotnie zaś krzemionki, potas wykazuje najwyższą zawartość we frakcji 0,005-0,002 mm, natomiast w przypadku wapnia nie obserwuje się prawidłowości.

10. Współczynniki korelacji między poszczególnymi składnikami w grupach frakcji są silnie zróżnicowane od wysoko dodatnich do wysoko ujemnych.

11. Na podstawie oznaczonego składu granulometrycznego istnieją możliwości określenia niektórych właściwości fizycznych całej gleby, jak gęstość objętościowa, faza stała oraz porowatość ogólna. Podobnie, można też będzie podjąć próbę ustalenia całkowitej zawartości pewnych składników w glebie, np. SiO_2 , K_2O i ewentualnie też MgO .

Słowa kluczowe: frakcje granulometryczne, właściwości frakcji

15. SUMMARY

PROPERTIES OF SOIL GRANULOMETRIC FRACTIONS FORMED FROM DIFFERENT PARENT MATERIAL

The present studies aimed at ascertaining whether it is possible to determine the basic properties of the whole mass of a mineral soil basing on several granulometric fractions isolated (provided that their quantitative relations are known).

Fourteen profiles of mineral soils were chosen from 3 regions of Poland (i.e. the Carpathians, the regions of Lublin and Warsaw), representing soils in various stages of their development and formed from various rocks. The studies on the whole mass of soil samples, as well as individual fractions isolated by means of physical methods, were carried out using methods accepted in our laboratories.

The study results have been presented in 47 tables and in 71 figures.

The most important conclusions drawn can be summarised as follows:

1. The studies confirmed that there are relations between some soil properties and their granulometric composition.

2. The mineralogical composition of the colloidal fractions (clay) <0.002 mm is quantitatively and qualitatively differentiated in individual groups of soils. The finest fraction is characterised by a quantitative increase of mixed-layer minerals.

3. Some of the physical features, such as bulk density, decrease in the sand fraction up to 0.005-0.002 mm, then increase.

4. The content of carbon in organic compounds and nitrogen in the granulometric fractions increases clearly with decreasing diameter, and gradually decreases in the same group of fractions with an increase of depth in the soil profile.

5. The content of the humic acids is predominant in the granulometric fractions with higher diameter, and their content gradually decreases with a decrease in the diameter fraction. Fulvic acids are dominant in the fractions of <0.002 mm, hence Kh:Kf relations gradually decrease in grains with decreasing diameter.

6. Solubility of the humic compounds increases gradually with the decreasing diameter of granulometric fractions, and the content of humin and ulmin in these compounds decreases.

7. The exchangeable sorption capacity increases with the decreasing diameter of granulometric fractions, especially the fraction <0.002 mm, in all the soils studied. Also the degree of saturation with basic cations in the same fractions increases with an increase of depth in the soil profile.

8. The dominant exchangeable cations in the granulometric fractions are calcium and hydrogen. In the coarser fractions, hydrogen is predominant in most soils and in finer ones – calcium.

9. The content of aluminium, iron, magnesium and phosphorus increases with diameter decrease of the granulometric fractions; this situation is reversed in the case of silica whereas potassium shows the highest content in the 0.005-0.002 mm fraction. No regularities are observed in the case of calcium.

10. Correlation coefficients between individual components in the groups of fractions are strongly differentiated from highly positive to highly negative.

11. On the basis of the granulometric composition determined, it is possible to determine some physical properties of the whole soil, such as volumetric density, solid phase, and total porosity. Similarly, it will be possible to undertake the establishing of the total content of some components in the soil such as, for example, SiO_2 , K_2O and possibly also MgO .

Keywords: granulometric fractions, fraction properties

Adresy autorów:

Prof. Stanisław Uziak
Zakład Gleboznawstwa UMCS
ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin
tel. (0-81) 537 50 08
e-mail: suziak@biotop.umcs.lublin.pl

Prof. Zygmunt Brogowski
Katedra Nauk o Środowisku Glebowym SGGW
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
tel. (0-22) 593 26 38

Prof. Tomasz Komornicki
Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb AR
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków