

PORÓWNANIE ROZKŁADU GRANULOMETRYCZNEGO OZNACZONEGO METODĄ AREOMETRYCZNĄ I LASEROWĄ NA PRZYKŁADZIE GLEB LESSOWYCH

R. Dębicki^{1,3}, Z. Klimowicz¹, W. Zgłobicki²

¹Zakład Gleboznawstwa, ²Zakład Geologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin

³Instytut Agrofizyki PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27
e-mail: soil@biotop.umcs.lublin.pl

Streszczenie. Oznaczenie rozkładu granulometrycznego przeprowadzono metodą areometryczną i laserową (z zastosowaniem analizatora Analysette 22). Próby pobrano z warstw powierzchniowych gleb lessowych, głównie brunatnoziemnych (*Cambisols*) Płaskowyżu Nałęczowskiego. Wyniki składu granulometrycznego uzyskane wspomnianymi metodami odpowiadają generalnie uziarnieniu właściwemu utworom lessowym: znikoma zawartość piasku (do 2%), przewaga frakcji pyłowej (około 65% w oznaczeniu areometrycznym i 50% - wg metody laserowej), znaczna zawartość cząstek splewialnych (odpowiednio 33% i 49%) i niewielka - koloidalnych (10% i około 5%). Dane uzyskane opisywanymi metodami znacznie się jednak od siebie różnią. Wymusza to konieczność zachowania ostrożności przy ich porównywaniu oraz dalszej interpretacji wyników.

Słowa kluczowe: rozkład granulometryczny, metody: areometryczna i laserowa, gleby lessowe.

WSTĘP

W literaturze przedmiotu nadal wiele miejsca poświęca się metodom analizy rozkładu granulometrycznego utworów mineralnych o różnym stopniu rozdrobnienia [1, 4-6, 12, 13, 16]. Wynika to zarówno z niedoskonałości dotychczas stosowanych metod sitowo-sedymentacyjnych i ich czasochłonności, jak też

potrzeby unifikacji metod pomiarowych i kryteriów podziału utworów klastycznych na grupy granulometryczne. W Polsce od roku 1997, decyzją Polskiego Komitetu Normalizacyjnego, obowiązuje nowa norma w zakresie klasyfikacji uziarnienia utworów drobnoklastycznych, tj. PN-R-04033, która zastąpiła „starą” normę branżową BN-78/9180-11 [15]. Nowe kryteria są zbieżne ze standardami ISO 12277 z roku 1998 [8] oraz, jeśli chodzi o badania gleboznawcze, spójne z klasyfikacją przyjętą w podziałach międzynarodowych, tj. FAO i USDA [7, 17]. Wszystkie te standardy przewidują nadal pomiar uziarnienia z wykorzystaniem metody sitowo-sedymentacyjnej, wg określonej procedury, które czynią analizy jeszcze bardziej czasochłonnymi [7, 8, 15, 17]. Przewidują one bowiem, m.in. konieczność usuwania substancji organicznej, zarówno w metodzie pipetowej jak i areometrycznej, konieczność stosowania dyspersji (z Calgonem) przez mieszanie minimum 16 godzin, fakultatywne usuwanie soli, gipsu, węglanów, w zależności od przewodności elektrycznej (EC) zawiesiny, itd. Dlatego też w ostatnich latach coraz częściej do pomiaru rozkładu granulometrycznego w zakresie wielkości cząstek od 0,8 do 1000 μm wykorzystuje się metodę laserową [2, 9, 10], np. stosując aparat firmy niemieckiej Fritsch (Analysette-22). Badaną próbkę o masie około 1 g umieszcza się w aparacie najczęściej w postaci zawiesiny w dowolnej cieczy. Zasada pomiaru polega na powstaniu obrazu dyfrakcyjnego po przejściu wiązki promieni laserowych przez zdyspergowaną próbkę. Kąt ugięcia dający obraz zależy od rozmiaru cząstki [14].

Stosunkowo nieliczne są prace w których wyniki metod optycznych porównywano z danymi uzyskanymi według tradycyjnych metod sedymentacyjno-sitowych [1, 11] oraz sitowych [12, 13]. W Polsce w badaniach dotyczących uziarnienia osadów drobnoklastycznych, w tym (mineralnych) skał macierzystych gleb, metody optyczne zaczęto stosować niedawno [9-11]. Celem pracy jest porównanie i interpretacja wyników analizy uziarnienia, wykonanych metodą areometryczną oraz laserową w próbach gleb lessowych z obszaru Płaskowyżu Nałęczowskiego.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Do badań wybrano gleby wytworzone z typowych lessów o charakterystycznym i znanym powszechnie uziarnieniu [18]. Próbkę pobierano w 4 zlewniach, reprezentatywnych dla wspomnianego mezoregionu. W badaniach wykorzystano próbki z warstw powierzchniowych (do 25 cm) gleb głównie brunatnoziemnych

(*Cambisols*), występujących na różnych elementach rzeźby i w obrębie różnych form użytkowania (grunty orne, użytki zielone, lasy). Należy dodać, że warstwę powierzchniową erodowanych gleb uprawnych mogą tworzyć różne poziomy genetyczne gleby płowych (A, E, Bt, C). Próbkę pobierano przy pomocy próbnika żłobkowego o średnicy 2,5 cm. W celu uzyskania próbki o masie 0,5 kg, pobierano 7 rdzeni o długości 20-25 cm. Materiał glebowy był następnie suszony i przesiewany przez sito o średnicy oczek 1 mm. Z tak przygotowanych próbek pobierano materiał do analiz rozkładu granulometrycznego.

Łącznie analizie porównawczej poddano 38 prób. Skład granulometryczny - metodą areometryczną wykonano w Zakładzie Gleboznawstwa Instytutu Nauk o Ziemi UMCS (dodatkowo oznaczono zawartość $C_{org.}$ oraz występujące bardzo sporadycznie węglany), natomiast z zastosowaniem analizatora laserowego (Analysette 22) w Instytucie Geografii UMK w Toruniu. W badanych próbach nie usuwano materii organicznej, ponieważ jej zawartość jest niewielka i zdaniem autorów nie wpływa zasadniczo na wyniki pomiarów uziarnienia w przypadku obydwu metod. Podobny pogląd wyrażają Beuselinck i in. [1].

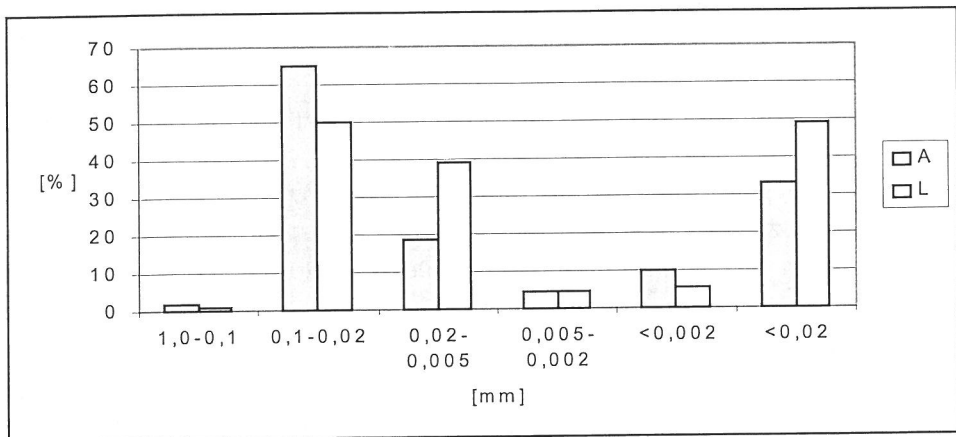
Metody sedymentacyjne, do których należy metoda areometryczna, opierają się na pomiarze prędkości opadania cząstek glebowych w roztworze z zawiesiną. Prędkość ta wyrażona jest wzorem Stokesa, uwzględniającym głównie wielkość i masę cząstek, temperaturę oraz gęstość zawiesiny. Pomiaru gęstości zawiesiny glebowej dokonuje się przy pomocy areometru Prószyńskiego (szczegółowe opisy analizy areometrycznej można znaleźć w szeregu prac, np. Dobrzański i in. [3], Myślińska [14]).

Metoda dyfrakcji optycznej opiera się na prawie opisującym zachowanie się równoległej wiązki światła przechodzącej przez granicę dwóch ośrodków, np. ciekłego i stałego. W przypadku analizy rozkładu granulometrycznego światło ugina się na ziarenkach stanowiących zawiesinę. Ugięcie światła w formie kręgów dyfrakcyjnych mierzone jest przez fotokomórkę, a następnie (przez zastosowanie odpowiedniego programu komputerowego) przetwarzane na wartości procentowe poszczególnych frakcji. Zaletami metody laserowej, jak wskazują autorzy [9-11], są głównie: niewielka masa próbki potrzebna do analizy (do 1 g), szybkość pomiaru oraz przynajmniej w odniesieniu do niektórych frakcji, jej znaczna dokładność.

WYNIKI I DYSKUSJA

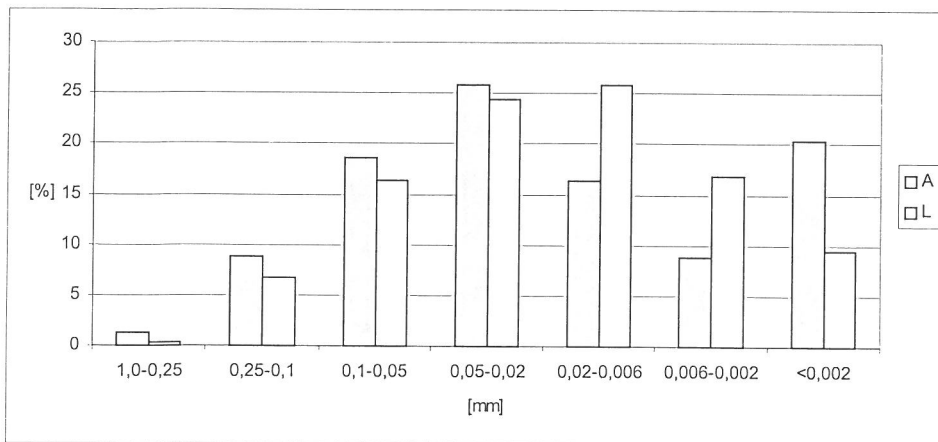
Procentowy udział ważniejszych frakcji granulometrycznych (wartości średnie), uzyskanych metodą areometryczną wykazuje dużą zgodność z wynikami uziarnienia podanymi przez Turskiego i in. [18] dla wierzchnich poziomów gleb lessowych Lubelszczyzny, a zatem i Płaskowyżu Nałęczowskiego, uzyskanymi na podstawie metod sedymentacyjnych. Zawartość głównych frakcji przedstawia się następująco (w nawiasie dane z literatury): frakcja piasku, 1,0-0,1 mm - 2,0% (2,5%), frakcja pyłowa, 0,1-0,02 mm - 64,9% (64,5%), frakcja spławialna, <0,02 mm - 33,1% (33,0%) i frakcja koloidalna, < 0,002 mm - 10,0% (7,0%), (Rys. 1).

Porównując wyniki analizy uziarnienia obydwu metod, areometrycznej i laserowej, należy stwierdzić, że generalne tendencje dla utworów lessowych są zachowane (Rys. 1). Należą do nich znikoma zawartość piasku, przewaga frakcji pyłowej (0,1-0,02 mm), chociaż w metodzie laserowej jest jej wyraźnie mniej. Ponadto, stosunkowo niewielka zawartość frakcji koloidalnej, przy czym jest ona prawie 2-krotnie wyższa w oznaczeniu areometrycznym w porównaniu z laserowym. Duży udział wg obydwu metod, przypada na cząstki spławialne (<0,02 mm), jednak sytuacja jest tu odwrotna niż w przypadku frakcji pyłowej (0,1-0,02 mm). „Niedobór” pyłu oznaczony metodą laserową, w zbliżonej ilości procentowej "rekompensuje" frakcja spławialna (Rys. 1).



Rys. 1a. Porównanie rozkładu granulometrycznego oznaczonego metodą areometryczną (A) i laserową (L) dla wszystkich badanych prób.

Fig. 1a. Comparison of grain size distribution measured with areometric (A) and laser (L) methods for all soil samples tested.



Rys. 1b. Porównanie wyników oznaczeń rozkładu granulometrycznego metodą areometryczną (A) i laserową (L) (dane: za Kasza 1992).

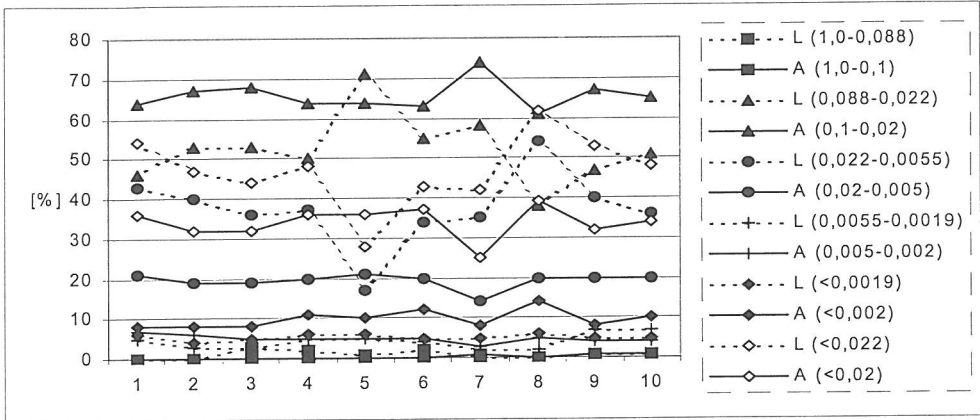
Fig 1b. Comparison of grain size distribution measured with areometric (A) and laser (L) methods (data after Kasza [11]).

Uzyskane wyniki wykazują analogie z danymi Kaszy [11], dotyczącymi tzw. karpackiej odmiany lessów. W obydwu przypadkach metoda areometryczna daje wyższe wyniki dla frakcji pyłowych (0,1-0,02 mm) oraz dwukrotnie wyższe dla łu koloidalnego (< 0,002 mm), w porównaniu z wartościami uzyskanymi metodą laserową. Inaczej jest w odniesieniu do łu pyłowego grubego (0,02-0,005 mm) i łu pyłowego drobnego (0,005-0,002 mm).

Na zaniżoną zawartość łu koloidalnego w próbach pyłowych oznaczonych metodą laserową zwracają też uwagę Beuselinck i in. [1], Konert i in. [12]. Według Beuselincka i in. [1], im bardziej cechy minerałów ilastych (w tym ich kształt) w badanej próbce różnią się między sobą, tym wyniki uzyskane metodami sedymentacyjnymi i laserową odbiegają od siebie. Konert i in. [12] stwierdzają ponadto, że wyniki uziarnienia otrzymane metodą laserową i pipetową, czy sitową będą zawsze się różniły, jeśli kształt ziaren będzie odbiegał od formy kulistej i gęstość cząstek będzie zróżnicowana.

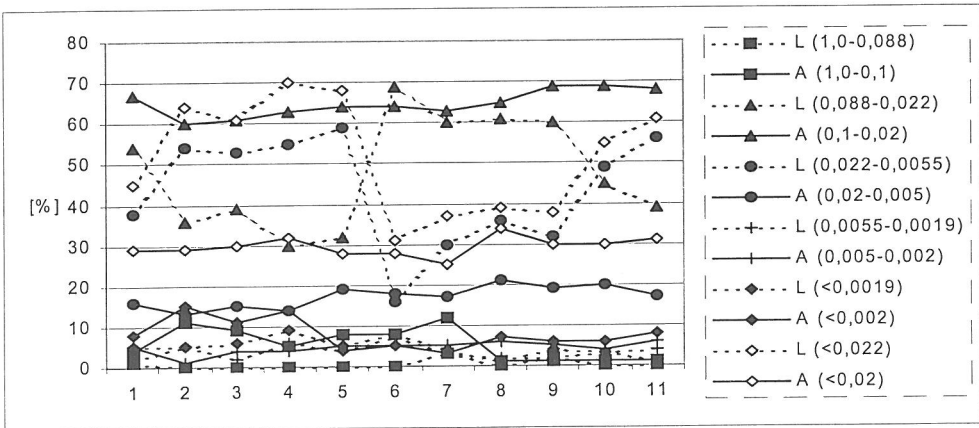
Dodać należy, że przebieg krzywych ilustrujących uziarnienie gleb, wykonanych obydwoma metodami, dla poszczególnych prób w badanych zlewniach wykazuje istotne różnice (Rys. 2 i 3). Podczas gdy wartości procentowe poszczególnych frakcji oznaczone według metody areometrycznej nie odbiegają zbyt od siebie, co świadczy o dużej jednorodności granulometry-

cznej lessu, to w przypadku wartości uzyskanych metodą laserową różnice są niekiedy dość znaczne. Dotyczy to zwłaszcza frakcji liczniej w badanych glebach występujących: pyłowej (0,1-0,02 mm), spławialnej (<0,02 mm) oraz iłu pyłowego grubego (0,02-0,005 mm).



Rys. 2. Rozkład granulometryczny oznaczony metodą areometryczną (A) i laserową (L) dla obiektu „Gutanów”; 1-10 numery prób.

Fig. 2. Grain size distribution of soils from „Gutanów” experimental site, measured with areometric (A) and laser (L) methods. Explanation: 1-10 soil numbers.



Rys. 3. Rozkład granulometryczny oznaczony metodą areometryczną (A) i laserową (L) dla obiektu „Rogalów”; 1-11 numery prób.

Fig. 3. Grain size distribution of soils from „Rogalów” experimental site, measured with areometric (A) and laser (L) methods. Explanation: 1-11 soil numbers.

Uzyskane wyniki wskazują na poważne różnice analiz składu granulometrycznego próbek glebowych oznaczonego metodą areometryczną i laserową. W skrajnych przypadkach wartości średnie udziału poszczególnych frakcji różnią się nawet o 100% (Rys. 1). Największe rozbieżności dotyczą frakcji 0,02-0,005 mm i < 0,002 mm. Trudno jest na obecnym stanie badań jednoznacznie wskazać przyczyny tych rozbieżności. Wypływają one niewątpliwie z różnic metodycznych i metodologicznych występujących pomiędzy obydwoma technikami badawczymi.

W dalszych rozważaniach należy w szczególności uwzględnić:

- (i) różne podstawy metodyczne: dyfrakcja optyczna (metoda laserowa), prawo Stokes'a (metoda areometryczna),
- (ii) odmienny sposób przygotowania próbek do analizy,
- (iii) różnice w ilości badanego materiału (kilka gramów w metodzie laserowej, 30-40 g w metodzie areometrycznej),
- (iv) istnienie niewielkich różnic w wartościach granicznych badanych frakcji (Rys. 2 i 3),

Ilość przeanalizowanych próbek (ogółem 38 w opisanych badaniach) nie dawała podstaw do podjęcia próby konstrukcji matematycznej zależności pomiędzy wynikami otrzymywanymi obydwoma metodami. Dopiero analiza większej liczby próbek być może umożliwi skonstruowanie odpowiednich algorytmów przeliczeniowych, opartych na zależnościach istotnych ze statystycznego punktu widzenia. Również najpierw należałoby zidentyfikować przyczyny różnic, gdyż mogą one być różne dla różnych gatunków gleb. Tak więc najpierw niezbędna jest dogłębna interpretacja fizyczna zjawiska a następnie analiza statystyczna.

Stwierdzone rozbieżności pomiędzy wynikami badań składu granulometrycznego gleb lessowych wskazują na konieczność zachowania daleko idącej ostrożności przy ich interpretacji i porównywaniu z istniejącymi opracowaniami. Większość opublikowanych dotychczas prac bazuje na wynikach metod sedymentacyjnych, włączając w to metodę areometryczną. Jednak coraz częściej, zwłaszcza w badaniach geomorfologicznych, wykorzystywana jest metoda laserowa. Pojawia się zatem konieczność prowadzenia szczegółowych badań o charakterze porównawczym, które w przyszłości pozwoliłyby na konfrontowanie wyników analiz składu granulometrycznego, prowadzonych obydwoma metodami. Umożliwi to jednocześnie prowadzenie badań zgodnych z przyjętymi standardami międzynarodowymi [6, 7, 17].

WNIOSKI

1. Wyniki analiz składu granulometrycznego próbek gleb lessowych, otrzymane metodą areometryczną i laserową różnią się znacznie. Największe rozbieżności dotyczą frakcji iłu grubego (0,02-0,005 mm) i iłu koloidalnego (< 0,002 mm).
2. Istnienie tak znaczących różnic pomiędzy wynikami analiz w dużym stopniu utrudnia bezpośrednie porównywanie danych otrzymanywanych metodą laserową i areometryczną.
3. Przy obecnym stanie badań jednoznaczne określenie przyczyn takich rozbieżności nie jest możliwe. Upatrywać ich należy w różnicach metodycznych i metodologicznych pomiędzy obydwoma metodami.
4. Wyniki naszych badań, jak również dane z literatury, wskazują jednoznacznie na konieczność prowadzenia dalszych szczegółowych badań porównawczych, które pozwoliłyby na podjęcie próby opracowania algorytmu przeliczania wyników obydwu metod, tak by mogły one spełniać wymogi standardów krajowych i międzynarodowych zgodnych z ISO 12 277. Należy podkreślić, że takie algorytmy mogą być bardzo złożone, ze względu na przyczyny fizyczne tych rozbieżności dla różnych gatunków gleb.

PIŚMIENNICTWO

1. **Beuselinck L., Govers G., Poesen J., Degraer G., Froyen L.:** Grain-size analysis by laser diffractometry: comparison with the sieve-pipette method. *Catena*, 32, 193-208, 1998.
2. **Buurman P., Pape Th., Muggler C.C.:** Laser grain-size determination in soil genetic studies: 1. Practical problems. *Soil Sci.* 162 (3), 211-218, 1997.
3. **Dobrzański B., Uziak S., Klimowicz Z., Melke J.:** Badanie gleb w laboratorium i w polu. Wyd. UMCS, Lublin, 1987.
4. **Drzymala S.:** Comparison of soil texture classification according to the new Polish standard, PTG and international classifications (FAO and USDA). *Acta Agrophysica*, 35, 49-53, 2000.
5. **Drzymala S.:** Principles and requirements for the soil texture analysis according to methods recommended by International standard Organisation (ISO). *Acta Agrophysica*, 35, 55-60, 2000.
6. **Drzymala S., Mocek A.:** Metody z zakresu fizyki i chemii gleb zalecane przez ISO (i PKN). *Acta Agrophysica*, 48, 253-264, 2001.
7. **FAO-ISRIC:** Guidelines for soil Profile Description. Rome, Italy, 1990.
8. **ISO 12 277:** Determination of particle size distribution in mineral soil material – method by sieving and sedimentation. Switzerland, Geneve, 1998.
9. **Issmer K.:** Określanie uziarnienia osadów metodą dyfrakcji optycznej przy zastosowaniu laserowego analizatora Analysette 22-E. *Przeg. Geol.*, 42(2), 123-124, 1994.

10. **Issmer K.:** Optical methods in the grain-size analysis of fine-grained sediments. *Geol. Quart.*, 44(2), 205-210, 2000.
11. **Kasza I.:** Laserowa metoda określania składu granulometrycznego utworów gliniastych, pylastych i ilastych. *Przeg. Geol.*, 5(469), 323-325, 1992.
12. **Konert M., Vandenberghe J.:** Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction. *Sedimentology*, 44, 523-535, 1997.
13. **Loizeau J.L., Arbouille D., Santiago S., Vernet J.P.:** Evaluation of a wide range laser diffraction grain size analyzer for use with sediments. *Sedimentology*, 41, 353-361, 1994.
14. **Myślińska E.:** Laboratoryjne badania gruntów. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 1998.
15. Polska norma PN-R-04033: Gleby mineralne. Klasyfikacja frakcji glebowych i grup granulometrycznych. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 1997.
16. **Shillabeer N., Hart B., Riddle A.M.:** The use of a mathematical model to compare particle size data derived by dry sieving and laser analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Sci.*, 35, 105-111, 1992.
17. Soil Survey Staff: Soil Survey Manual. USDA, Washington DC, USA, 1990.
18. **Turski R., Uziak S., Zawadzki S.:** Środowisko Przyrodnicze Lubelszczyzny. *Gleby*. Lub. Tow. Nauk., Lublin, 1993.

COMPARISON OF GRAIN SIZE DISTRIBUTION OF LOESS SOILS MEASURED WITH AREOMETRIC AND LASER METHODS

R. Dębicki^{1,3}, Z. Klimowicz¹, W. Zgłobicki²

¹Department of Soil Science, ²Department of Geology, University of Marii Curie-Skłodowska, Akademicka 19, 20-033 Lublin

³Institute of Agrophysics PAS, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

e-mail: soil@biotop.umcs.lublin.pl

Summary. Grain size analyses were performed using areometric and laser methods (with the use of Analysette 22 apparatus). Soil samples were collected from surface horizons of loess soils (*Cambisols*) of the Nałęczów Plateau (SE Poland). In general, the grain-size distribution data obtained with the two methods are typical for loess material: little amount of sand fraction (less than 2%), domination of silt fraction (about 65% acc. to areometric method, and 50% acc. to laser method), considerable amount of fine particles 33% and 49%, respectively), and low amount of colloidal particles (10% and about 5%, respectively). Data obtained with the two tested methods differ significantly. This conclusion argues the need for further careful studies in order to obtain better harmonisation and interpretation of grain size analysis data.

Key words: grain size analysis, areometric and laser method, loess soil.