

**Instytut Agrofizyki
im. Bohdana Dobrzańskiego PAN
w Lublinie**

ACTA AGROPHYSICA

33

Janusz Stawiński, Jan Gliński, Janusz Ostrowski,
Zofia Stępniewska, Zofia Sokołowska, Grzegorz Bowanko,
Grzegorz Józefaciuk, Alicja Księżopolska,
Dorota Matyka-Sarzyńska

PRZESTRZENNA CHARAKTERYSTYKA POWIERZCHNI WŁAŚCIWEJ GLEB ORNYCH POLSKI

Monografia

Lublin 2000

Komitet redakcyjny

Redaktor Naczelny - prof. dr hab. Jan Gliński, czł. koresp. PAN

Z-cy Redaktora Naczelnego:

prof. dr hab. Ryszard T. Walczak, czł. koresp. PAN - fizyka środowiska
prof. dr hab. Bogusław Szot - fizyka materiałów roślinnych
prof. dr hab. Ryszard Dębicki - gleboznawstwo

Redaktorzy tomu:

prof. dr hab. Jan Gliński, czł. koresp. PAN
prof. dr hab. Zofia Stępniewska
prof. dr hab. Janusz Ostrowski

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: fundacja@demeter.ipan.lublin.pl
<http://www.ipan.lublin.pl>

Publikacja indeksowana przez
Polish Scientific Journals Contents - Agric. & Biol. Sci.
w sieci Internet pod adresem <http://saturn.ci.uw.edu.pl/psjc/>
lub <http://ciuw.warman.net.pl/alf/psjc>

© Copyright by Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, Lublin 2000

Publikacja dofinansowana przez Komitet Badań Naukowych

ISBN 83-87385-52-2
ISSN 1234-4125

Wydanie I. Nakład 150 egz. Ark. wyd. 4,4
Skład komputerowy: Ewa Hamcra
Druk: Zakład Usług Poligraficznych TEKST s.c., ul. Wspólna 19, 20-344 Lublin

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	5
2. POMIARY I OBLICZENIA POWIERZCHNI WŁAŚCIWEJ	5
3. POWIERZCHNIA WŁAŚCIWA JAKO WAŻNA CECHA GLEBOWA	7
3.1. Zależność powierzchni właściwej od frakcji granulometrycznych gleb	8
3.2. Zależność powierzchni właściwej od związków próchnicznych w glebach	12
3.3. Zależność sorpcyjnych i wodnych właściwości gleb od ich powierzchni właściwej	13
3.4. Powierzchnia właściwa w charakterystyce składników glebowych i gleb	17
4. PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE POWIERZCHNI WŁAŚCIWEJ GLEB	18
5. CHARAKTERYSTYKA POWIERZCHNI WŁAŚCIWEJ GLEB ORNYCH POLSKI W OPARCIU O ZASOBY BANKU PRÓBEK GLEBOWYCH	23
5.1. Grupowanie gleb i oznaczanie ich powierzchni właściwej	23
5.2. Opracowanie komputerowych map powierzchni właściwej gleb	34
5.3. Przestrzenna charakterystyka powierzchni właściwej gleb ornych Polski	37
6. WNIOSKI	44
7. PIŚMIENNICTWO	45
STRESZCZENIE	48
SUMMARY	48
MAPY	

1. WSTĘP

Powierzchnia właściwa (specific surface area ang., l'aire de la surface fr., Oberflächegebiet niem., udielnaja powierzchnost. ros.), której pomiary są oparte na teorii adsorpcji BET (Brunauera, Emmeta i Tellera) [2], znalazła zastosowanie do charakterystyki minerałów i gleb już z chwilą jej zdefiniowania [12,27,28].

Liczne prace, w tym również polskie, wykazały dużą przydatność znajomości powierzchni właściwej dla charakterystyki właściwości i procesów fizykochemicznych oraz fizycznych gleb [3-9, 11, 15, 25, 33, 54, 58, 60]. Podjęto również skuteczne próby przestrzennego (kartograficznego) przedstawienia powierzchni właściwej gleb.

Celem tego opracowania jest dokonanie przeglądu ważniejszych prac poświęconych powierzchni właściwej gleb, ze szczególnym uwzględnieniem opracowanych map tej cechy dla gleb terenu Polski wykonanych w ramach projektu badawczego KBN 5 PO6B02312, realizowanego w latach 1997-1999.

To monograficzne ujęcie problematyki powierzchni właściwej gleb, z uwzględnieniem gleb Polski, stanowi poszerzenie monograficznych opracowań Dobrzańskiego i in. [9], Dechnika i Stawińskiego [8], dotyczących powierzchni właściwej całkowitej gleb Polski użytkowanych rolniczo.

2. POMIARY I OBLICZANIE POWIERZCHNI WŁAŚCIWEJ

Powierzchnię właściwą określa się na podstawie pomiarów ilości znanej substancji związanej na badanej powierzchni. Istnieje wiele metod określania powierzchni właściwej. Dla materiału glebowego wykorzystywano często pomiary ilości związanej przez powierzchnię barwnika (błękit metylenowy), objętości ekskluzji anionów, sorpcji glikolu etylenowego.

Obecnie metody te wypierane są przez inne, wykorzystujące zjawiska adsorpcji niespecyficznego pary i gazów na materiale glebowym oraz pomiary izoterm adsorpcji. Najczęściej jako adsorbat stosuje się parę wodną oraz azot, chociaż wykorzystywano również i inne substancje jak na przykład węglowodory alifatyczne i ich pochodne [56,57].

Izoterma adsorpcji jest funkcją opisującą zależność ilości substancji zaadsorbowanej od jej równowagowego stężenia (ciśnienia). Z reguły wyrażana jest ona na jednostkę masy adsorbenta.

Izotermy adsorpcji pary wodnej najłatwiej jest określić metodą standardową (Polska Norma PN-Z-19010-1). Badane próbki umieszcza się w komorze próżniowej, w stałej temperaturze T , nad roztworami kwasu siarkowego o kolejno malejącej gęstości. Po 48 godzinach pobytu w komorze, określa się masę wilgotnych próbek poprzez ważenie, oraz równowagową względną prężność pary wodnej w komorze, p/p_o , poprzez pomiary gęstości kwasu siarkowego. Ilość zaadsorbowanej pary wodnej przy danym p/p_o oblicza się z różnicy masy próbki wilgotnej i suchej masy danej próbki, określanej po zakończeniu pomiarów izoterm, po 24 godzinach suszeniu próbek w temperaturze 378K. Izotermy adsorpcji pary wodnej wygodnie jest również oznaczać przy użyciu mikrowagi próżniowej [32].

Izotermy adsorpcji azotu określa się w temperaturze wrzenia ciekłego azotu. Najczęściej, do ich pomiaru stosuje się aparaturę firmową (sorptomaty).

Wielkość powierzchni właściwej można określić z danych eksperymentalnych adsorpcji na podstawie odpowiednich równań opisujących procesy adsorpcji. Choć istnieje wiele równań dobrze opisujących adsorpcję na materiale glebowym [1,21,40,42,51,52], obecnie jako standard stosuje się równanie Brunauera-Emmetta-Tellera (BET) [2,29,35,39,41]. Równanie to dobrze opisuje proces adsorpcji w zakresie względnych ciśnień adsorbantu od około 0,05 do 0,35 [41]. Wyprowadzone jest ono w oparciu o model adsorpcji zlokalizowanej na powierzchni homogenicznej. Uwzględnia tworzenie się wielocząsteczkowych warstw adsorpcyjnych.

Obliczanie powierzchni właściwej:

Dane doświadczalne adsorpcji z przedziału względnych ciśnień pomiędzy $0.05 < p/p_o < 0.35$ aproksymuje się do postaci liniowej równania BET:

$$y/a = 1/(a_m C) + x(C-1)/(a_m C), \quad (1)$$

gdzie a jest ilością zaadsorbowanej pary przy $p/p_o = x$, $y = x/(1-x)$, a_m jest statystyczną pojemnością monowarstwy, $C = \exp[(E_a - E_c)/RT]$, E_a jest energią adsorpcji, E_c energią kondensacji adsorbantu, R uniwersalną stałą gazową, a T temperaturą.

Na podstawie nachylenia otrzymanej prostej oraz wartości w punkcie jej przecięcia z osią rzędnych oblicza się wartości C oraz a_m . Znając wartość a_m , powierzchnię właściwą S , oblicza się ze wzoru:

$$S = L\omega a_m / M, \quad (2)$$

gdzie ω jest powierzchnią zajmowaną przez pojedynczą molekułę adsorbantu (powierzchnią siadania), L liczbą Avogadro, a M masą cząsteczkową adsorbantu.

Dla wody najczęściej przyjmuje się wartość ω wynoszącą $10.8 \cdot 10^{-19} \text{m}^2$, a dla azotu $16.2 \cdot 10^{-19} \text{m}^2$ [15].

3. POWIERZCHNIA WŁAŚCIWA JAKO WAŻNA CECHA GLEBOWA

Powierzchnię właściwą definiuje się jako powierzchnię przypadającą na jednostkę masy i wyraża najczęściej w $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$.

Używane w niektórych opracowaniach gleboznawczych [38] pojęcie tzw. "powierzchni zbiorowej" rozumiane jako powierzchnia wszystkich ziarn gleby w jednostce masy lub objętości, nie jest precyzyjne, gdyż nie ujmuje ono wewnętrznej struktury mineralnych składników glebowych (przestrzeni międzypakietowych czy mikrokapilarnych), a także ilości i jakości próchnicy.

W zależności od zastosowanej metody pomiarowej i rodzaju ciała stałego wyróżnia się [8,16] powierzchnię właściwą całkowitą, zewnętrzną, wewnętrzną i międzypakietową.

Powierzchnia właściwa **całkowita** jest to powierzchnia cząstek glebowych, wyznaczona przy pomocy adsorpcji substancji polarnych (np. wody, glikolu etylenowego).

Powierzchnia właściwa **zewnętrzna** jest to powierzchnia cząstek glebowych wyznaczona przy pomocy adsorpcji substancji apolarnych (np. azotu, argonu).

Powierzchnia właściwa **wewnętrzna** jest określana z różnicy pomiędzy wielkością powierzchni właściwej całkowitej i zewnętrznej. Charakteryzuje ona powierzchnię kanałków glebowych, których średnica zewnętrzna jest większa od średnicy cząsteczek stosowanego do pomiaru adsorbentu.

Powierzchnia właściwa **międzypakietowa** ujawnia się w przypadku występowania w glebach minerałów pęczniejących typu montmorylonitu lub wermikulitu. Na skutek oddziaływania polarnych cząstek adsorbentu z minerałem następuje zwiększenie się odległości między warstwami tego minerału, udostępniając jego wnętrze dla cząsteczek adsorbentu.

Powierzchnia właściwa jest funkcją stanu rozdrobnienia mineralnych składników glebowych, ich składu oraz zawartości i jakości związków próchnicznych [7,10]. W dużym stopniu są z nią skorelowane właściwości sorpcyjne gleb w odniesieniu do kationów i wody [4,5-7,10,54,60]. Powierzchnia właściwa okazała się również ciałym wskaźnikiem przebiegu procesów strukturotwórczych, glebotwórczych i erozyjnych w terenie lessowym [13].

Wielkości powierzchni właściwych mineralów ilastych i gleb są bardzo zróżnicowane [8]. Spośród główniejszych mineralów ilastych największą powierzchnię właściwą wykazuje montmorylonit, mniejszą wermikulit, dużo mniejszą illit i kaolinit.

Mehra i Jackson [26], stosując adsorpcję gliceryny do ilościowego oznaczania montmorylonitu i wermikulitu, uzyskali powierzchnię właściwą całkowitą dla glinowego montmorylonitu $808 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$, dla żelazistego $760 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$.

Wermikulit wykazał powierzchnię całkowitą $760 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$, wewnętrzną $700 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ i zewnętrzną od 40 do $60 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$.

Inni autorzy [cyt. za 6] podają dla kaolinitu powierzchnię całkowitą od 10 do $30 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$, a dla illitu $100\text{-}175 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$.

Powierzchnia właściwa całkowita dla gleb waha się w bardzo dużych granicach od ułamka do kilkuset m^2g^{-1} [9] i zależy od kilku czynników.

3.1. Zależność powierzchni właściwej od frakcji granulometrycznych gleb

Powierzchnia właściwa jest funkcją stanu rozdrobnienia i przekształceń składników mineralnych i organicznych gleb. Szczególną rolę odgrywa frakcja koloidalna, z którą łączy się wiele zjawisk fizykochemicznych, fizycznych i chemicznych decydujących o żyzności gleb i o procesach w nich zachodzących. Istotnym składnikiem tej frakcji są mineały ilaste, których zawartość i jakość są dobrze skorelowane z powierzchnią właściwą.

Dobrze udokumentował to w swej pracy Dechnik [5], który porównywał wielkości całkowitej powierzchni właściwej 150 próbek z poziomów próchnicznych różnych gleb z procentowym udziałem frakcji koloidalnej przy zróżnicowanych zawartościach związków próchnicznych. Wielkości związku pomiędzy tymi czynnikami autor wyraził wzorami, dla gleb o zawartości próchnicy 1-2% (Se) i powyżej 2% (Sc):

$$\text{Se} = 1,12 X + 4,14 \quad (3)$$

$$\text{Sc} = 1,88 X + 6,54 \quad (4)$$

gdzie: 1,12 i 1,88 - współczynniki regresji; X - znana zawartość frakcji koloidalnej; 4,14 i 6,54 - wartości stałe.

Zgodność wyliczonych wartości powierzchni właściwej i frakcji koloidalnej ze zmierzonymi przedstawiają dla badanych gleb tabele 1 i 2.

Podobne współzależności pomiędzy powierzchnią właściwą (S), zawartością frakcji $<0,02$ (a) i $<0,002$ mm (b) oraz zawartością próchnicy (c) dla znacznie większej populacji 724 próbek gleb są podane w monografii Dobrzańskiego i in. [7]. Zależności te są wyrażone wzorem:

T a b e l a 1. Porównanie średnich wielkości powierzchni właściwej i frakcji koloidalnej oznaczonych laboratoryjnie i wyliczonych wg wzoru (3) dla gleb o zawartości próchnicy 1,00-2,00% [5]

T a b l e 1. Comparison of mean values of surface area with colloidal fraction of soils determined and computed acc. to the Eq.(3) for soils with humus content 1.00-2.00% [5]

Gleby wytworzone z:	Liczba próbek szt.	Powierzchnia właściwa w $m^2 g^{-1}$		Fracja koloidalna w %	
		mierzona	liczona	mierzona	liczona
Piasków	30	7,05	7,74	3,0	2,4
Glin	40	13,99	14,22	8,4	8,1
Utworów pyłowych pochodzenia wodnego	40	14,90	13,50	7,8	8,9
Lessów	40	13,34	13,86	8,1	7,7
Wartość średnia dla całości		12,69	12,63	7,1	7,1

T a b e l a 2. Porównanie średnich wielkości powierzchni właściwej i frakcji koloidalnej oznaczonych laboratoryjnie i wyliczonych wg wzoru (4) dla gleb o zawartości próchnicy powyżej 2% [5]

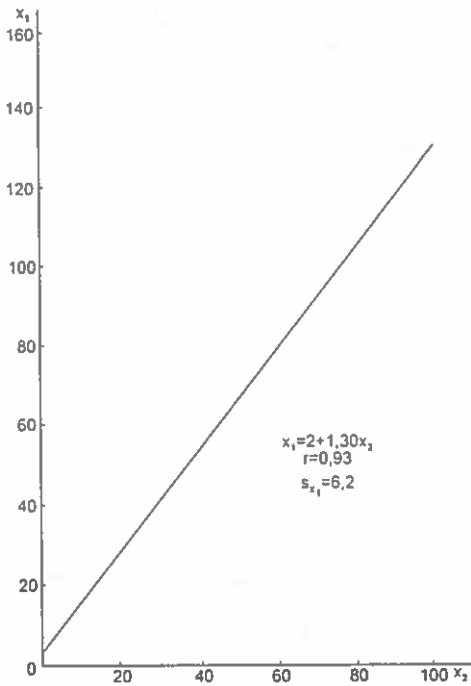
T a b l e 2. Comparison of mean values of surface area with colloidal fraction determined experimentally and calculated from the Eq.(4) for soils with humus content above 2% [5]

Gleby wytworzone z:	Liczba próbek szt.	Powierzchnia właściwa w $m^2 g^{-1}$		Fracja koloidalna w %	
		mierzona	liczona	mierzona	liczona
Piasków	30	12,37	12,74	3,3	3,1
Glin	40	22,51	23,27	8,9	8,1
Utworów pyłowych pochodzenia wodnego	40	26,33	20,83	7,6	10,4
Lessów	40	17,19	22,14	8,3	5,7
Wartość średnia dla całości		20,09	19,98	7,2	7,2

$$S = x_1 a + x_2 b + x_3 c + w w \quad (5)$$

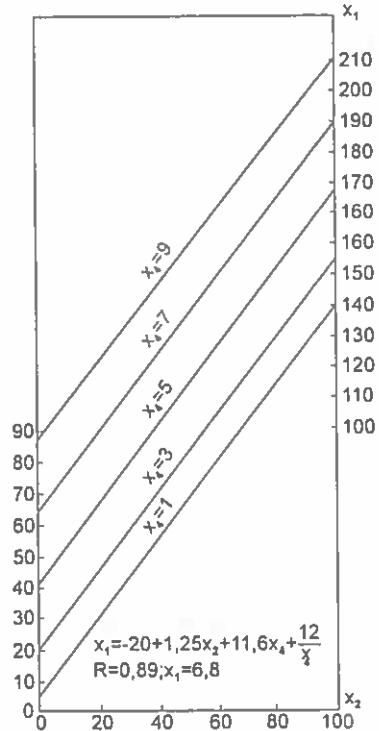
gdzie x_1 , x_2 i x_3 - współczynniki regresji wielokrotnej dla wartości a,b,c; ww - wyraz wolny. Są one przedstawione w tabeli 3.

Powierzchnię właściwą całkowitą jako funkcję zawartości w glebie części splewialnych (suma pyłu i ilu) (rys. 1), a także nomogram dla oznaczenia powierzchni właściwej w oparciu o zawartość w glebie frakcji cząstek <0,01 mm i próchnicy (rys. 2) opracowali Kitse i Hanso [24].



Rys. 1. Powierzchnia właściwa (x_1) jako funkcja części spławialnych gleb (x_2) (wg Kitse i Hanso [24], zmienione).

Fig. 1. Specific surface area (x_1) as a function of the content of silt and clay (x_2) (acc. Kitse and Hanso [24], changed).



Rys. 2. Nomogram dla oznaczania powierzchni właściwej (x_1) poziomu próchnicznego z zawartości frakcji cząstek $<0,01$ mm (x_2) i próchnicy (x_4) (wg Kitse i Hanso [24], zmienione).

Rys. 2. Nomogram to determine the specific surface area (x_1) of the humus horizons by the content of particles <0.01 mm (x_2) and humus (x_4) (acc. Kitse and Hanso [24] changed).

Różnice w zdolnościach sorpcyjnych minerałów pęczniejących wykorzystano do oznaczania zawartości w glebach tych minerałów. Różnice w powierzchni właściwej oznaczonej adsorbentem polarnym - wodą (S_p) i apolarnym - azotem (S_a) w glebie, z której usunięto substancję organiczną, wyznaczają procentową zawartość minerałów typu montmorylonitu [54]:

$$(S_p - S_a) k = \% \text{ montmorylonitu} \quad (6)$$

gdzie: k - współczynnik proporcjonalności.

Uzyskane tą drogą wyniki oznaczeń zawartości minerałów montmorylonitowych w glebach znalazły dużą zgodność z metodą rentgenograficzną (tabela 4).

T a b e l a 3. Równania regresji wielokrotnej [9]

T a b l e 3. Multiple regression equations [9]

Gleby	Poziomy próchniczne	Poziomy głębsze
Wytworzone z piasków	$S=12,44c+15,62$ $S=2,90b+12,24c+2,88$	$S=0,73a+2,10b+6,90$
Lekkie i średnio-ciężkie wytworzone z glin	$S=2,08a+10,75c-11,09$ $S=3,79b+15,42c-5,39$	$S=3,33b+2,54$
Ciężkie wytworzone z glin i ilów	$S=-1,28a+5,73b+15,71c+32,72$	$S=0,50a+4,01b-14,75$
Wytworzone z lessu	$S=11,46c+50,45$ $S=2,02b+11,74c+26,64$	$S=3,45b+22,26$
Wytworzone z utworów pyłowych wodnego pochodzenia	brak istotnych zależności	$S=0,83a+2,30b+14,38$
Rędziny	$S=0,88a+7,98c+14,20$ $S=0,92b+9,82c+24,63$	n.o.
Czarne ziemie	$S=2,19a+23,23c-33,31$ $S=3,41b+21,06c-9,08$	$S=0,34a+40,00$
Górskie	$S=3,59b+26,03c+16,67$	$S=2,51a-6,74$
Razem	$S=0,65a+3,60b+18,79c-21,14$ $S=2,09a+11,02c-13,32$ $S=3,62b+11,30c+8,89$	$S=1,06a+2,44b+5,35$

Objaśnienia: S - powierzchnia właściwa w m^2/g ; a - zawartość frakcji $<0,02$ mm w %; b - zawartość frakcji $<0,002$ mm w %; c - zawartość próchnicy w %.

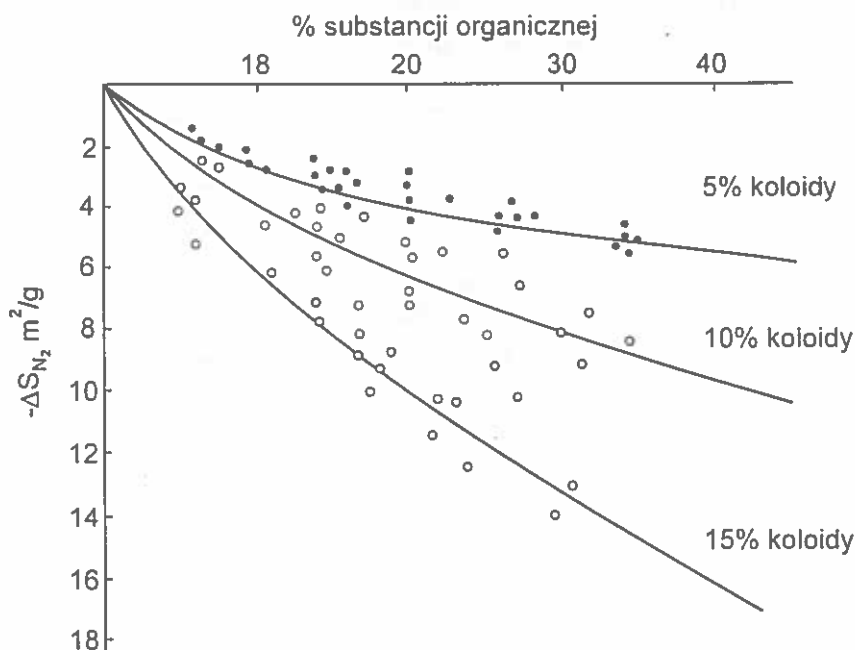
T a b e l a 4. Porównanie zawartości montmorylonitu w glebach uzyskanej metodą oznaczeń powierzchni właściwej (S) i rentgenowską (R)[54]

T a b l e 4. The comparison of montmorillonite content in soils obtained by surface area and X-ray [54]

Próbki glebowe	Powierzchnia właściwa $m^2 g^{-1}$		Zawartość montmorylonitu %	
	Sp	Sa	R	S
Nitra CM-24	47,2	22,9	5,3	4,8
Luzianky HM	40,1	21,3	4,1	4,6
Liz V	50,1	17,5	7,1	9,0
Brodzany NP	38,8	24,4	3,1	3,7
Montmorylonit	540,0	80,0	-	100

32. Zależność powierzchni właściwej od związków próchnicznych w glebach

Ilościowy wpływ substancji organicznej na wielkość powierzchni właściwej całkowitej i zewnętrznej określili Dobrzański i in. [10]. Stwierdzili oni, że ze wzrostem zawartości substancji organicznej uzyskuje się mniejsze wielkości powierzchni właściwej zewnętrznej gleb, przy czym wpływ substancji organicznej jest tym silniejszy, im większa jest zawartość ilu koloidalnego w glebie (rys. 3).



Rys. 3. Wpływ substancji organicznej na wielkość powierzchni właściwej zewnętrznej w zależności od zawartości ilu koloidalnego w glebach [11].

Fig. 3. Effect of the organic substance content on the external specific area depended on the clay content in soils [11].

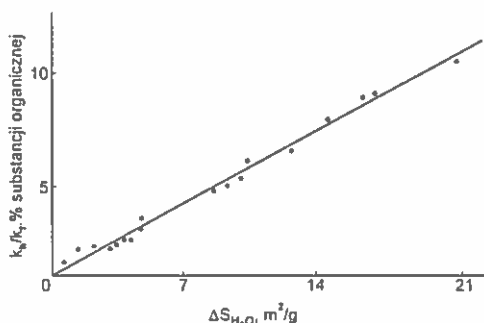
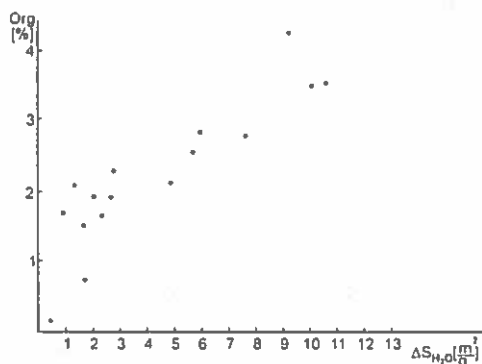
Można więc sądzić, że substancja organiczna blokuje mikropory i uniemożliwia pomiar ich powierzchni przez azot i że ilość mikroporów wzrasta wraz ze wzrostem frakcji koloidalnej. W ściśle określonych warunkach można więc wykorzystywać metodę pomiaru powierzchni właściwej zewnętrznej (opartą na adsorpcji azotu) do wyznaczania mikroporowości gleb.

Stwierdzono również, że im więcej jest substancji organicznej w glebie, tym większa jest jej powierzchnia właściwa całkowita (rys. 4).

Autorzy wykazali też, że o wzroście tej powierzchni decyduje nie tylko ogólna zawartość substancji organicznej, ale też jej jakość, wyrażona stosunkiem zawar-

tości kwasów huminowych (K_h) do zawartości kwasów fulwowych (K_f)(rys. 5), którą to zależność można wyrazić wzorem:

$$S = 1,70 \frac{K_h}{K_f} \cdot \% \text{ subst. org.} \quad (4)$$



Rys. 4. Substancja organiczna a powierzchnia właściwa całkowita gleb [11].

Fig. 4. Dependence between the organic substance content in soils and their total specific surface area [11].

Rys. 5. Zależność powierzchni właściwej całkowitej od stosunku zawartości kwasów huminowych do fulwowych [11].

Fig. 5. Dependence between the ratio of humic to fulvic acids [11].

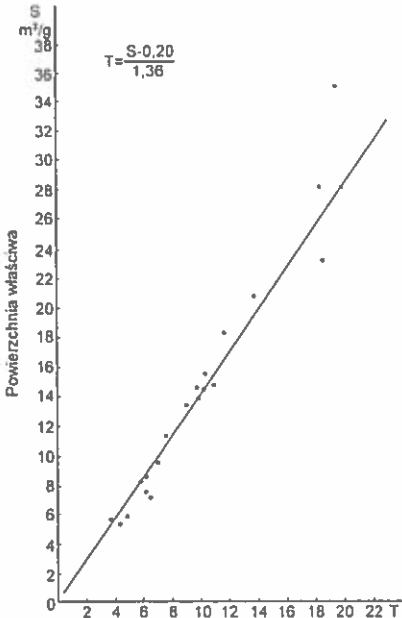
3.3. Zależności sorpcyjnych i wodnych właściwości gleb od ich powierzchni właściwej

Istnieje ścisły związek pomiędzy powierzchnią właściwą mierzoną metodą adsorpcji pary wodnej a pojemnością sorpcyjną gleb i zawartością w nich wody niedostępnej dla roślin (rys. 6 i 7, tabela 5).

Zależności te zilustrowali na liczbnym materiale glebowym Dechnik [6]; Dobrzański i in. [9]; Dechnik i Stawiński [8].

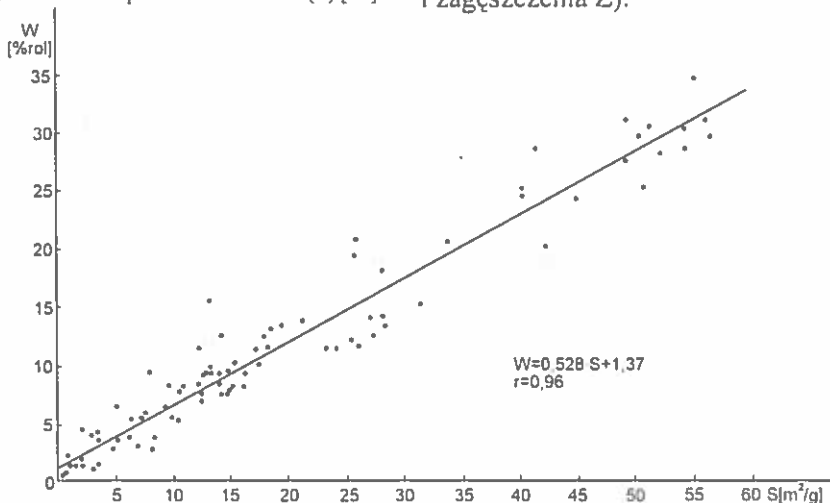
Walczak [60] wykazał, że powierzchnia właściwa jest jedną z najbardziej optymalnych właściwości determinującej przebieg krzywej retencji wodnej gleb.

Wprowadzenie powierzchni właściwej i średniej statystycznie średnicy cząstek jako parametrów kompleksowo charakteryzujących wskaźnik rozkładu granulometrycznego umożliwia opracowanie dokładnego i prostszego od dotychczas znanych modelu, do wyliczania zawartości wody dla poszczególnych wartościach pF.



Rys. 6. Związek pomiędzy powierzchnią właściwą całkowitą (S) a całkowitą pojemnością sorpcyjną gleb (T) [54].

Fig. 6. Cation exchange capacity (T-C.E.C.) as a function of the total specific surface area (S) [54].



Rys. 7. Zależność pomiędzy zawartością wody niedostępnej dla roślin (W) a powierzchnią właściwą gleb (S) [60].

Fig. 7. Content water unavailable to plants (W) as a function of the total specific surface area (S) [60].

Optymalny model matematyczny zawiera w zakresie pF 0-2,7 i 27,0 jako parametry: wielkość powierzchni właściwej wyznaczonej metodą adsorpcji pary wodnej, średnią statystycznie średnicę wymiaru cząstek glebowych i zagęszczenie, a dla wartości pF = 3,7 i 4,2 – jedynie wielkość powierzchni właściwej.

Opracowany model w zakresach pF 0-2,7 i 2,7-0 ma postać:

$$Y(pFX) = b_0 + b_p X_p + b_R X_R + b_Z X_Z \quad (8)$$

a dla wartości pF 3,7 i 4,2:

$$Y(pFX) = b_0 + b_p X_p \quad (9)$$

gdzie $Y(pFX)$ – zawartość wody w poszczególnych wartościach pF; b_0 , b_p , b_R i b_Z – współczynniki regresji; X_p , X_R , X_Z – parametry fazy stałej gleby (powierzchni właściwej P, średniej średnicy cząstek R i zagęszczenia Z).

T a b e l a 5. Współczynnik korelacji (R) pomiędzy powierzchnią właściwą a zawartością kationów wymiennych w glebach [54]

T a b l e 5. Correlation coefficients (R) between the total specific surface area and exchangeable cations content in soils [54]

Gleby	Kationy wymienne					suma zasad	Ogółem
	H	Ca	Mg	K	Na		
Wytworzone z piasków Lekkie i średniociężkie	+0,762*	+0,280*	+0,279*	+0,286*	+0,091*	+0,258*	+0,654*
wytworzone z glin	+0,129*	+0,646*	+0,688*	+0,011	+0,309*	+0,684*	+0,758*
Ciężkie wytworzone z glin i ilów	-0,014	+0,485*	+0,771*	+0,580*	+0,121	+0,569*	+0,684*
Wytworzone z lessu	+0,009	+0,298*	+0,328*	+0,138	+0,130	+0,340*	+0,506*
Wytworzone z utworów pyłowych wodnego pochodzenia	-0,053	+0,623*	+0,597*	+0,194*	+0,507*	+0,644*	+0,689*
Rędziny	+0,161	+0,770*	+0,360	+0,302	+0,490*	+0,697*	+0,674*
Czarne ziemie	-0,127	+0,796*	+0,882*	+0,466*	+0,540*	+0,818*	+0,839*
Górskie	0,329*	+0,507*	+0,437*	+0,245*	+0,413*	+0,519*	+0,541*
Razem	+0,189*	+0,509*	+0,283*	+0,049	+0,137*	+0,496*	+0,621*

* Współzależność istotna przy $P = 0,05$.

Równania te dla poszczególnych wartości pF przyjmują postać:

$$Y (pF 0) = 91,60 + 0,060 X_p - 0,93 X_R - 43,77 X_Z,$$

$$Y (pF 1) = 79,79 + 0,072 X_p - 1,43 X_R - 37,36 X_Z,$$

$$Y (pF 1,5) = 73,66 + 0,084 X_p - 7,75 X_R - 33,40 X_Z;$$

$$Y (pF 1,6) = 71,37 + 0,085 X_p - 10,47 X_R - 31,83 X_Z;$$

$$Y (pF 2) = 58,86 + 0,091 X_p - 24,64 X_R - 23,02 X_Z;$$

$$Y (pF 2,2) = 49,46 + 0,102 X_p - 29,23 X_R - 17,52 X_Z;$$

$$Y (pF 2,3) = 45,93 + 0,101 X_p - 30,13 X_R - 15,69 X_Z;$$

$$Y (pF 2,7) = 31,07 + 0,110 X_p - 23,59 X_R - 9,72 X_Z;$$

$$Y (pF 3,7) = -1,81 + 0,212 X_p;$$

$$Y (pF 4,2) = -1,74 + 0,175 X_p;$$

$$Y (pF 2,3') = 38,23 + 0,104 X_p - 27,09 X_R - 12,44 X_Z;$$

$$Y (pF 2') = 44,80 + 0,103 X_p - 26,66 X_R - 15,63 X_Z;$$

$$Y (pF 1,6') = 53,33 + 0,096 X_p - 20,05 X_R - 20,82 X_Z;$$

$$Y (pF 1,5') = 55,53 + 0,094 X_p - 17,65 X_R - 22,21 X_Z;$$

$$Y (pF 1') = 64,46 + 0,088 X_p - 10,13 X_R - 28,06 X_Z;$$

Zawartość wody $Y(pFX)$ w zakresach pF 0-2,7 i 2,7-0 można zatem wyznaczyć podstawiając do powyższych równań wielkości powierzchni właściwej (P), średnią średnicę cząstek (R) oraz zagęszczenie (Z), natomiast dla wartości wilgotności przy pF 3,7 i 4,2 – wystarcza tylko wielkość powierzchni właściwej (P).

Wprowadzenie – po raz pierwszy – powierzchni właściwej do wieloparametrycznego modelu, umożliwia określenie wpływu składu mineralogicznego i ilości cząstek ilastych na przebieg charakterystyk potencjału w funkcji wilgotności. Wyniki analizy statystycznej (istotność wszystkich współczynników regresji) potwierdziły konieczność wprowadzenia do modelu powierzchni właściwej jako parametru, przez co zyskano na zdolnościach przewidywania.

Przedstawiony model matematyczny do wyliczania przebiegu krzywej retencji wodnej, zawierający dwa stałe parametry gleby (wielkość powierzchni właściwej i średnią statystycznie średnicę cząstek) oraz jeden parametr zmienny (zagęszczenie) może znaleźć praktyczne zastosowanie do przewidywania zmian przebiegu krzywej retencji w czasie, wraz ze zmianą zagęszczenia gleby oraz może być wykorzystany w symulacyjnych modelach matematycznych ruchu i zużycia wody w profilu glebowym.

Lipiec [25], badając możliwość oceny przewodnictwa wodnego 31 profili różnych gleb, na podstawie ich niektórych właściwości, uwzględnił również wartości powierzchni właściwej gleb. Stwierdził, że zależność współczynnika przewodnictwa wodnego od powierzchni właściwej zaznaczyła się w podpowierzchniowych warstwach badanych gleb (poniżej 30 cm).

W warstwie 30-60 cm istotną ujemną korelację stwierdzono przy ciśnieniach ssących do 50 hPa we wszystkich grupach gleb. Natomiast przy ciśnieniach ssących powyżej 200 hPa istotne zależności dodatnie, uzyskano jedynie w przypadku gleb zawierających <20% cząstek sypialnych. Istotna zależność ujemna w warstwie 60-90 cm zaznaczyła się, głównie w zakresie niskich ciśnień ssących, w obrębie całości gleb i w grupie <20% cząstek sypialnych. Natomiast przy ciśnieniach ssących >200 hPa omawiana zależność jest nieistotna we wszystkich badanych grupach gleb.

Statystycznie istotne różnice w warstwie 0-30 cm stwierdzono tylko w przypadku współczynnika k w strefie nasyconej i przy ciśnieniu ssącym 20 hPa, a wartości wskaźników korelacji były znacznie niższe aniżeli w warstwach niżej położonych.

3.4. Powierzchnia właściwa w charakterystyce składników glebowych i gleb

Wielkość powierzchni właściwej gleby zależy od jej ilościowego i jakościowego składu mineralogicznego, a szczególnie od składu mineralogicznego jej najdrobniejszych frakcji w tym od obecności mineralnych składników amorficznych. Bardzo dużą powierzchnię właściwą ma glebowa materia organiczna [46]. Składniki amorficzne (tlenki i wodorotlenki glinu i żelaza, amorficzna krzemionka) mogą mieć, w zależności od stopnia krystalizacji, powierzchnie sięgające do kilkuset m^2g^{-1} . Największą powierzchnię właściwą spośród minerałów ilastych mają minerały grupy zeolitu. Ich powierzchnia obliczana z izoterm adsorpcji pary wodnej metodą BET wynosi 400-600 m^2g^{-1} . Powierzchnie rzędu 100-200 m^2g^{-1} mają smektyty i minerały grupy wermikulitu. Illity charakteryzują się powierzchnią rzędu dziesiątek m^2g^{-1} , natomiast, spośród powszechnie występujących minerałów, najmniejszą powierzchnię właściwą mają minerały grupy kaolinitu (kilka do kilkunastu m^2g^{-1}) [3,17,19,30]. Zauważalna jest tu korelacja pomiędzy powierzchnią właściwą a pojemnością kationowymienną, obserwowana również w glebach [8,44].

Z uwagi na zależność od zawartości frakcji ilastej, materii organicznej oraz składu mineralogicznego, obserwowana jest zależność powierzchni właściwej od typu i rodzaju gleby [39,44]. Duże powierzchnie właściwe mają gleby organiczne. Wśród gleb o przewadze składników mineralnych największe powierzchnie mają mady (nawet powyżej 100 m^2g^{-1}) i ciężkie gleby gliniaste. Gleby piaszczyste mają z reguły powierzchnie właściwe nie większe od 10 m^2g^{-1} [39,44]. Wielkość powierzchni właściwej w profilu glebowym nie jest z reguły stała, nawet dla gleb wysoce homogenicznych i zmienia się wraz z głębokością [47].

Procesy zachodzące w glebach mają istotny wpływ na wielkość powierzchni właściwej. Nawet proste zmiany składu jonowego glebowego kompleksu sorpcyjnego mogą powodować zmiany powierzchni właściwej [39,55]. Powierzchnia właściwa ulega wyraźnym zmianom w procesach degradacji gleb [31]. Usuwanie poszczególnych składników gleby (materii organicznej, tlenków żelaza i glinu) powoduje z reguły spadek powierzchni właściwej [22,36,50], jednakże obserwuje się również tendencje wzrostowe [50], co tłumaczy się usunięciem substancji zaklejających mikropory. Zmiany odczynu gleby pociągają za sobą wyraźne zmiany powierzchni właściwej [18-20,23,49,59]. Procesy zakwaszania i alkalizacji powodują z reguły spadek powierzchni

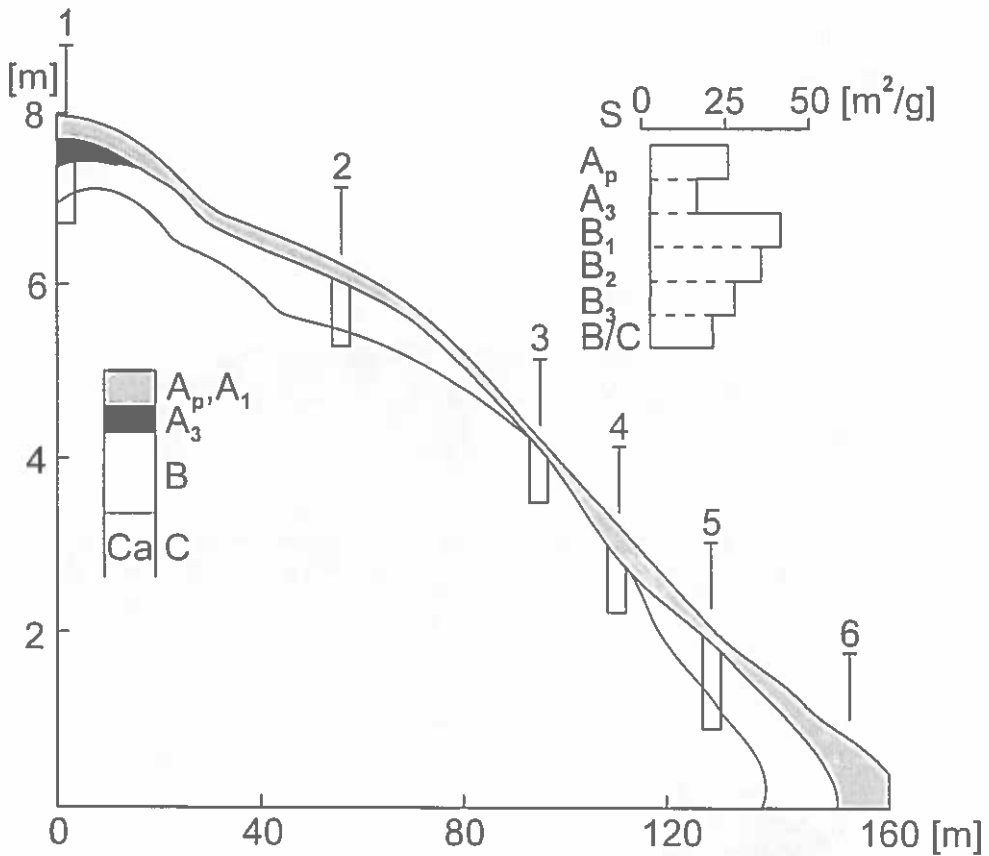
właściwej gleb, z wyjątkiem tych, zawierających znaczne ilości frakcji ilastej. W glebach bogatych w minerały ilaste, wzrost powierzchni może być spowodowany tworzeniem amorficznej krzemionki (w tym też powierzchniowej), która ma bardzo rozbudowaną powierzchnię. Dla gleb o mniejszej zawartości frakcji ilastej, spadek wielkości powierzchni właściwej spowodowany jest przewagą procesów usuwania amorficznych składników gleby. W środowisku alkaicznym spadek wielkości powierzchni właściwej gleb jest bardziej wyraźny, co związane jest z usuwaniem materii organicznej, tym większym, im wyższe jest pH roztworu glebowego. Obserwuje się również niewielkie zmiany wielkości powierzchni właściwej podczas uprawy gleby różnymi metodami [45].

Sokołowska i in. [43,48] i Stawiński i in. [37], badając adsorpcję pary wodnej na glebach torfowych o różnym stopniu zmurszenia, określali w nich powierzchnię właściwą całkowitą wg sorpcji H_2O i zewnętrzną na podstawie sorpcji N. Powierzchnia całkowita wynosiła od 250 do 340 m^2g^{-1} gdy wyliczano ją z izoterm sorpcji i od 320 do 460 m^2g^{-1} gdy wyliczano ją z krzywej desorpcji pary wodnej. Wartość tej powierzchni wzrastała wraz ze wzrostem wartości wskaźnika W1 charakteryzującego stopień wtórnego przeobrażenia torfu. Powierzchnia zewnętrzna [53] wynosiła od 2,45 do 4,90 m^2g^{-1} i nie była skorelowana ze wskaźnikiem W1.

Gliński i in. [13] oznaczyli powierzchnię właściwą całkowitą erodowanych gleb (płowych, brunatnych i czarnoziemów) wytworzonych z lessu, znajdując duże zróżnicowanie tej cechy w granicach 17-81 m^2g^{-1} w zależności od genetycznych procesów glebowych i powierzchniowych procesów erozyjnych (Rys. 8).

4. PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE POWIERZCHNI WŁAŚCIWEJ GLEB

Zalety powierzchni właściwej gleb jako zintegrowanej, ważnej cechy glebowej, legły u podstaw podejmowania prób kartograficznego jej ujęcia w postaci mapy. Konieczność dużej liczby danych analitycznych oraz posiadania szczegółowych map glebowych jest niezbędnym warunkiem do konstruowania takiej mapy. Mapę powierzchni właściwej dla gleb ornych Estonii opracowali Kitse i Hanso [24], wyróżniając na niej 4 klasy powierzchni w warstwie 0-50 cm wg ich średnich wartości w m^2g^{-1} ; 1- ≤ 30 ; 2 - 31...40; 3 - 41...50; 4 - ≤ 51 ; 5 - bagna.



Rys. 8. Przekrój erodowanego zbocza (Elizówka) gleby płowej i brunatnej wytworzonej z lessu. S - całkowita powierzchnia właściwa - wartości średnie dla poziomów genetycznych [13].

Fig. 8. A cross-section of an eroded slope (Elizówka) with grey brown podzolic and brown soils formed from loess. S-total specific surface area - mean values for genetic horizons [13].

Dla warstwy gleby 50-100 cm przedziały wartości powierzchni właściwej wynosiły: 1 ≤ 30; 2 - 31...40; 3 - 41...50; 4 - 51...60; 5 - ≤ 61; 6 - bagna.

Okazało się, że największą powierzchnię właściwą wykazały rędziny (powyżej 300 m²g⁻¹), podczas gdy dla pozostałych gleb nie przewyższała ona 100 m²g⁻¹.

Dobrzański i in. [9] w swej monografii dotyczącej charakterystyki powierzchni właściwej gleb Polski, opartej o analizę 724 próbek z 209 odkrywek gleb reprezentujących ważniejsze typy i rodzaje gleb mineralnych użytkowanych rolniczo

zamieścili poglądową mapkę powierzchni właściwej całkowitej wierzchniej warstwy gleb Polski (Rys. 9).

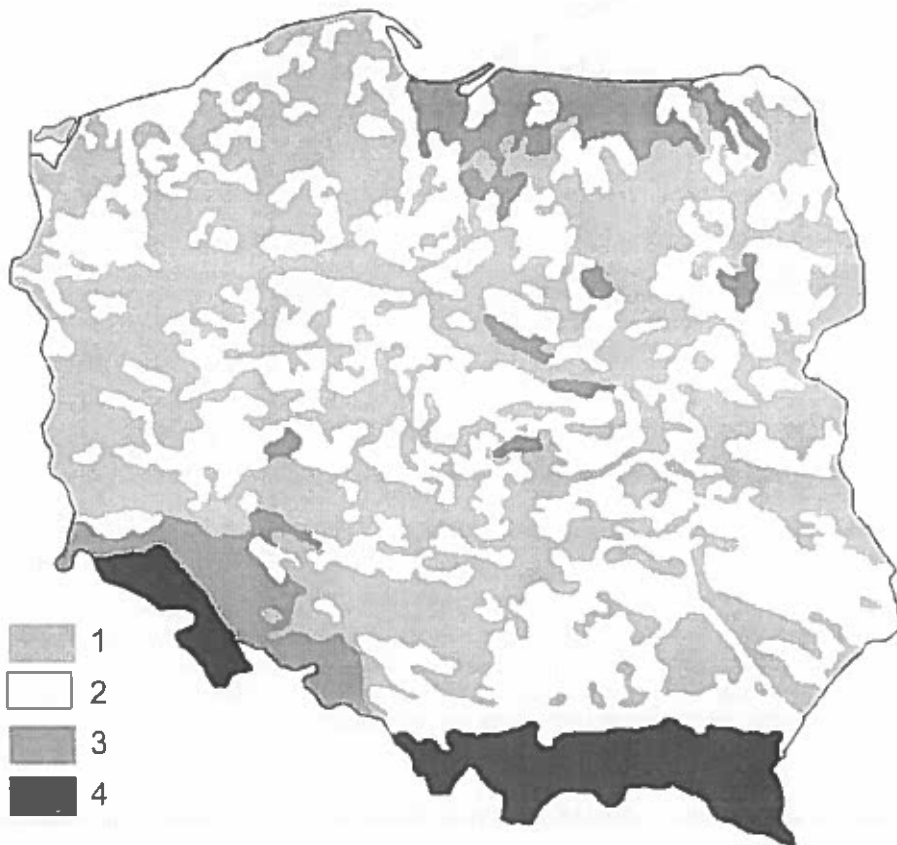
Na tej mapce wyróżniono 4 kategorie gleb wg średniej powierzchni właściwej:

35 m²/g - kategoria 1,

125 m²/g - kategoria 3,

55 m²/g - kategoria 2,

160 m²/g - kategoria 4.



Rys. 9. Mapa kategorii gleb według średniej powierzchni właściwej 1 - 35 m²g⁻¹, 2 - 55 m²g⁻¹, 3 - 125 m²g⁻¹, 4 - 160 m²g⁻¹ [9].

Fig. 9. Map of soil categories according to average surface area 1 - 35 m² g⁻¹, 2 - 55 m² g⁻¹, 3 - 125 m² g⁻¹, 4 - 160 m² g⁻¹ [9].

Ustalając wymienione kategorie glebowe opierano się na danych statystycznych uzyskanych z analizy wariancji wielkości powierzchni właściwej warstwy uprawnej gleb, należących do różnych typów i gatunków.

Trudność w ustaleniu dokładnych kryteriów wydzielonych jednostek wynikała z braku wyraźnych rozgraniczeń wielkości powierzchni właściwej pomiędzy niektórymi jednostkami glebowymi, np. glebami wytworzonymi z piasków, glin i pyłów. Pomimo zbliżonych do siebie pod względem wielkości powierzchni właściwych, postanowiono oddzielić grupę gleb wytworzonych z piasków od gleb gliniastych i pyłowych. Kierowano się w tym przypadku wielkością powierzchni właściwej głębszych poziomów profili glebowych, które w drugiej grupie wydzielonych gleb odznaczają się z reguły większą powierzchnią niż poziomy próchniczne.

Zasięgi poszczególnych kategorii gleb wykreślono w oparciu o kontury jednostek glebowych wydzielonych na mapie gleb Polski w skali 1:1 000 000.

Do kategorii pierwszej zaliczono gleby o średniej powierzchni właściwej poziomów uprawnych, wynoszącej $35 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, przy wahaniami wynoszących od 3 do $70 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. Należą do niej gleby o składzie granulometrycznym piasków, reprezentowane przez typy gleb pływych i brunatnych. Zajmują one na terenie Polski 45% gruntów użytkowanych rolniczo i pod lasami. Są rozmieszczone mozaikowo na terenie całego kraju.

Poziomy próchniczne tych gleb odznaczają się największą powierzchnią właściwą (średnio $34,9 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$), natomiast poziomy głębsze – mniejszą (średnio $21,1 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$).

Kompleks sorpcyjny gleb pierwszej kategorii jest niewielki i z powierzchnią właściwą skorelowany jedynie poprzez organiczną frakcję koloidalną. Kompleks ten wysycają przede wszystkim jony H, a pojemność sorpcyjna gleb w stosunku do kationów o charakterze zasadowym wynosi w warstwie uprawnej od 0,89 do 5,99 me/100 g gleby.

Gleby drugiej kategorii odznaczają się średnią powierzchnią właściwą wynoszącą $55 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ (od 20 do $120 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$). Obejmują one swym zasięgiem lżejsze gatunki gleb pływych, brunatnych i czarnych ziem wytworzonych z glin, gleby wytworzone z lessów i utworów pyłowych wodnego pochodzenia oraz rędziny. W skali krajowej stanowią one ok. 41%. Gleby te są rozmieszczone na terenie całej Polski na przemian z kompleksami gleb pierwszej kategorii.

Powierzchnia właściwa gleb drugiej kategorii wykazuje pewne zróżnicowanie w wielu profilach gleb gliniastych oraz gleb wytworzonych z lessu odzwierciedlające

przebieg procesów glebowych. Poziomy przemycia A3, a nieraz i poziomy brunatnienia (B1) tych gleb odznaczają się z reguły najmniejszą powierzchnią właściwą.

Kompleks sorpcyjny gleb jest wysycony jonami Ca i Mg. Suma kationów wymiennych o charakterze zasadowym wynosi od 1,11 do 15,80 me/100 g gleby.

Trzecia kategoria obejmuje gleby o średniej powierzchni właściwej poziomów uprawnych wynoszącej $125 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$. Są to odmiany gleb wytworzonych z glin i iłów o bardziej zwięzłym składzie granulometrycznym, a także ciężkie mady oraz gleby pyłowe wytworzone z pyłów ilastych.

Zależnie od składu granulometrycznego i zawartości próchnicy wahania w wielkości powierzchni właściwej są dość duże i wynoszą od 60 do $280 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$.

Gleby zaliczane do trzeciej kategorii zajmują ok. 8% powierzchni. Występują one w kilku kompleksach, przy czym największe obszary tych gleb wydzielono na Nizinie Śląskiej i na Pojezierzu Mazurskim.

Gleby tej kategorii odznaczają się bardzo wysokimi współczynnikami korelacji pomiędzy powierzchnią właściwą i zawartością frakcji $<0,02 \text{ mm}$ ($R=+0,920$). Ich kompleks sorpcyjny jest wysycony kationami o charakterze zasadowym w ilości 5,0-33,6 me/100 g gleby, w których przeważają jony Ca, Mg i K.

W czwartej kategorii znalazły się gleby płowe i brunatne kwaśne górskie rejonów Karpat i Sudetów. Zajmują one najmniejszy obszar, bo 6% powierzchni. Ich powierzchnia właściwa wynosi średnio $160 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ przy wahaniami od 80 do $525 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$. Stwierdzono w tej kategorii, w porównaniu do wyróżnionych trzech jednostek, najwyższe wartości powierzchni właściwej.

Powierzchnia właściwa omawianych gleb jest istotnie skorelowana z zawartością frakcji $<0,02 \text{ mm}$ i frakcji $<0,002 \text{ mm}$, jak również z zawartością wszystkich badanych kationów wymiennych, natomiast nie wykazuje współzależności z zawartością próchnicy. Zawartość kationów o charakterze zasadowym w kompleksie sorpcyjnym gleb wynosi od 4,5 do 21 me/100 g gleby.

Bardziej szczegółowego opracowania map powierzchni właściwej gleb Polski w skali 1:2,500 000 dokonali J. Stawiński i in. w ramach projektu KBN 5P06B02312 [53].

Wynikiem tego opracowania są 4 barwne mapy powierzchni właściwej (całkowitej i zewnętrznej) dwóch warstw (ornej i podornej) gleb, wykonane metodą komputerową. Posłużyły one do jakościowej i ilościowej charakterystyki przestrzennej powierzchni właściwej gleb ornych Polski.

5. CHARAKTERYSTYKA POWIERZCHNI WŁAŚCIWEJ GLEB ORNYCH POLSKI W OPARCIU O ZASOBY BANKU PRÓBEK GLEBOWYCH

5.1. Grupowanie gleb i oznaczanie ich powierzchni właściwej

Do badań użyto materiału glebowego, który jest zgromadzony w Banku Próbek Glebowych [14]. Materiał glebowy został przeanalizowany pod kątem składu granulometrycznego, zawartości materii organicznej i zawartości węglanów. Badania wykonano dla dwóch warstw gleby (ornej i podornej) z 953 profili glebowych, które zgrupowano w 25 zespołach (zgeneralizowanych jednostkach) glebowych. Liczba profili (powtórzeń) w poszczególnych jednostkach glebowych wynosiła od 12 do 182, co przedstawia Tabela 6.

Wymienionym zespołom glebowym przyznano następujące numery: (1) rędziny "czyste", (2) rędziny "mieszane", (3) czarnoziemy, (4) gleby brunatne, rdzawe i bielicowe wytworzone z piasków luźnych i słabogliniastych, (5) gleby brunatne, rdzawe i bielicowe wytworzone z piasków słabogliniastych i gliniastych lekkich, (6) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z piasków gliniastych, (7a) i (7b) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z piasków gliniastych na zwięźlejszym podłożu, (8a) i (8b) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z glin lekkich, (9a) i (9b) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z glin średnich, (10) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z glin ciężkich, (11) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z glin niecałkowitych, (12) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone ze żwirów, (13a) i (13b) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z pyłów wodnego pochodzenia, (14) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z lessów i utworów lessowych, (15) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z ilów, (16) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone ze skał masywnych gliniaste i szkieletowogliniaste, (17) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone ze skał masywnych gliniaste, (18) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone ze skał masywnych ilaste, (19) gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone ze skał masywnych pyłowe, (20) mady średnie i ciężkie, (21) mady lekkie i bardzo lekkie, (22) mady lekkie i średnie, (23) czarne ziemie wytworzone z glin i pyłów, (24) czarne ziemie wytworzone z piasków, (25) gleby murszowe i murszowate. Wielkości powierzchni wyznaczono na podstawie otrzymanych izoterm adsorpcji [11,34].

Powierzchnię właściwą zewnętrzną obliczano na podstawie procesu adsorpcji azotu, pracując na aparacie SORPTOMATIC 1990 firmy CE FISON. Badane próbki przed analizą były wstępnie osuszane w suszarce w temperaturze 105 °C.

Tabela. 6. Zestawienie liczbowe zespołów glebowych i profili w Banku Glebowym

Table. 6. Soil units and profiles in the Bank of Soil Samples

Nazwa*	Rędziny "czyste"		Rędziny "mieszane"		Czarnoziemy	
Oznaczenie	1		2		3	
I. Symbole jednostek glebowych wg. mapy glebowo-rolniczej	Rbgl-gc:sk	1	Rbglp-gc:sk	1	Cdli	1
	Rbgs-gc	1	Rbgl-gp-pgm	1	Clj	17
	Rbpłg-gc:sk	1	Rbgl-gs	1	Clj, Iz	1
	Rcgc	1	Rbgl:sk	1	Clz	2
	Rcgc:sk	3	Rbgs-gc:sk	1		
	Rcgc:sz	1	Rbgs-gs:sk	2		
	Rcglp-gc	1	Rbgs-gs	1		
	Rcgl-gc	1	Rbgs:sk	1		
	Rcgl-gs	1	Rbgs-gcp=sk	1		
	Rcgl-gs	1	Rbgs-gc:sk	1		
	Rcgs-gs:sk	1	Rbgl-gs:sk	1		
	Rcgs:sk	4	Rbgs:sk	1		
	Rcgs:sk	2	Rbgs-gc:sk	2		
	Rcip:sk	1	Rbgs-gs:sk	2		
			Rbgs-gs:sk	3		
			Rbgs-gs:sk	1		
			Rcgs-gs:sk	1		
II. Liczba profili		20		22		21
III. Powierzchnia zajmowana przez daną jednostkę glebową (tys. ha)		190		45		236
IV. Powierzchnia reprezentowana przez 1 profil (tys. ha)		9,5		2,0		11,2

*Zespół glebowy.

Nazewnictwo zespołów gleb odpowiada wykazowi gleb wg IUNG Puławy dla programu opracowania map glebowo-rolniczych.

Tabela 6.c.d.

Table 6. continuation

Nazwa	Gleby brunatne, rdzawe i bielcowe z piasków			Gleby brunatne i pseudobielcowe (płowe) z piasków						
	luźnych i słabogliniastych		słabogliniastych i gliniastych lekkich	gliniastych	gliniastych na zwięźlejszym podłożu					
	4	5			6	7a	7b			
I	Bpl	55	Bpglp:ps	1	Apmp:pl	1	Apgl:gl	4	Bpgl:gp	1
	Bplp	1	Bpglp:psp	1	Bpglp	1	Apgl:glp	2	Bpgl:ps:gl	1
	Bplp:pl	2	Bpglp:plp	1	Bpgm	1	Apgl:gp	1	Bpgl:ps:plg	1
	Bpl:plg	1	Bpgl:pl	18	Bpmp:plp	1	Apgl:gs	1	Bpgl:plg:pl	1
	Bsp:pl	6	Bpgl:ps	4	Bpmp:plp	1	Apgl:gsp	1	Bpgl:gl	1
	Bsp:plp	1	Bpgl:ps:pl	1	Bpgm:pgl	1	Apgl:glp	1	Bpgl:glp	1
	Bps:pl	51	Bpgl:pl	2	Bpgm:ps	2	Apgl:gpp	1	Bpgl:gp	1
	Bps:gp	1	Bpgl:ps	4	Bplp:pglp	1	Apgl:gl	19	Bpgl:gl	2
	Bps:pgl	1	Bps	1	Bplp:pgmp	1	Apgl:glp	2	Bpgl:glp	1
	Bps:pgm	1	Bsp:ps	1	Bpmp:plz	1	Apgl:gl:gs	1	Bpgl:gl	14
	Bps:pgmp	1	Bps:pgl	1	Bpmp:pgl	2	Apgl:gl:gc	1	Bpgl:gp	4
	Bps:pl	57	Bps:pgm	1	Bpmp:pglp	1	Apgl:gp	2	Bpgl:gpp	1
	Bwps:pl	4	Bps:pgmp	1	Bpmp:plp	1	Apgl:gpp	2	Bpgl:gs	1
			Bwps	1			Apgl:gs	3	Bpgl:gsp	1
				1			Apgl:gsp	1	Bpgl:plg	1
				1			Apgl:gl	1	Bpmp:gl	1
				1			Apgl:gs	1	Bpmp:glp	1
							Aps:gl	1	Bpmp:gp	1
									Bpmp:gsp	1
									Bpgm:gl	5
								Bpgm:gp	1	
								Bpgm:gpp	1	
								Bpgm:gs	1	
								Bsp:gl	1	
								Bsp:glp	2	
								Bps:glp	1	
								Bwpgl:gl	1	
								Bpgl:gl	1	
								Bpgl:glp	1	
II	182	28		15		45		51		
III	4098	163		605				1858		
IV	22,5	5,8		40				19,4		

Tabela 6.c.d.

Table 6. continuation

Nazwa * Oznaczenie		Gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z glin										
		lekkie		średnie		ciężkie	niecałkowite					
		8a	8b	9a	9b	10	11					
I	Apgm.gl	27	Bpgmp.gl	2	Aglp.gp	2	Bglp	1	Bgs	2	Bglp:pl	1
	Apgmp.gl	3	Bpgmp.glp	1	AgI.gs	4	Bglp.gc	2	Bgsp	1	Bglp:ps	2
	Apgmp.glp	3	Bpgmp.gpp	2	Agpp.gl	1	Bglp.gcp:pgl	1	Bgsp.gc	8	Bglp:psp	1
	Apgmp.gl:gc	1	Bpgm.gl	10	Agpp.gp:gs	1	Bglp.gs	1	Bgsp.i	1	Bgl:pgl	1
	Apgmp.gp	1	Bpgm.glp	1	Agpp.gs	2	Bglp.gsp	2	Bgsp:gcp	1	Bgl:pgmp	1
	Apgmp.gpp	1	Bpgm.gpp	2	Agpp.gsp	1	Bglp.ip	1	Bgs.gc	1	Bgl:pl	1
	Apgm.gl:gs	3	Bpgm.gs	3	Agpp.gl	1	Bglp.gcp	1	Bgs.gcp	7	Bgl:ps	3
	Apgm.gs				Agp.gl	1	Bgl.gs	2	Bgs.i	1	Bgpp:ps	1
					Agp.gs	1	Bgl.gsp	1	Bplg.gc	1	Bgp:ps:pl	1
					Agp.gsp	1	Bgp	3	Bplg.gsp:gs	1	Bgp:ps	1
					Agp.pli	1	Bgpp.glp	1	Bpli.gc	1	Bgsp:pgl	1
					Aglp	1	Bgp.gl	2			Bgs:ps	1
					Aglp.gsp	1	Bgp.gs	1			Bplg:pgmp:	1
					Aglp:gs:gc	1	Bgp.gsp	2			plp	1
					Aglp.pli	1	Bgp.gl	2			Bplg:plp	1
					Aglp:gl	1	Bgp.gs	1			Bplp:gs:pl	
					Aglp:gs	1	Bgl	13				
				Agp	1	Bwgł	2					
II		40		21		23		39		25		18
III				1897				937		121		570
IV				21,0				15,1		4,8		31,7

Tabela 6. c.d.

Table 6. continuation

Nazwa*		Gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) z:								
Ozna- czenie		żwirów		pyłów wodnego pochodzenia			lessów i utworów lessowych		iłów	
		12	13	13	14	15				
I	Bżg.zp	2	Apłg.gl	6	Bpłg	1	Bli	37	Bgc	2
	Bżp	18	Apłg.glp	1	Bpłg.gl	1	Bli:lz	4	Bgcp.i	1
	Bżp:pl	2	Apłg.gp	1	Bpłp	10	Bli:plg	1	Bgc.i	2
	Bżp:pl	1	Apłp.plg	1	Bpłp.gl	2	Błz	7	Bi	7
			Apłp:pli:gc	1	Bpłp.glp:ip	1	Błz.li	1	Bip	3
			Apłp:gp	2	Bpłp.pl	1				
					Bpłp.plg	1				
				Bpłp:gl	1					
II		23		12		18		50		51
III		88				739		1056		50
IV		3,8				24,6		21,1		3,3

Tabela 6. c.d.

Table 6. continuation

Nazwa*		Gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone ze skał masywnych								
Ozna- czenie		gliniaste i szkieletowo- gliniaste		gliniaste		ilaste		pyłowe		
		16	17	17	18	19a	19b			
I	Bgcp.sk	3	Agsp.gc	1	Bip:sk	5	Apłg	1	Bpli	18
	Bgc.sk	1	Agsp.gcp	1	Bip:sk	1	Apłg.gcp	1	Bpli.gcp	2
	Bglp.r	1	Agsp:i	1	Bi:sk	1	Apłg.gs	3	Bli.ip	2
	Bglp.sk	3	Bgcp.ip:sk	1	Bpli.gc:sk	1	Apłg.płł	1	Bpli.plg	1
	Bgl.sk	1	Bgcp:sk	6	Bpli.ip:i:sk	1	Apłg.pli	1	Bpli:gcp	1
	Bgsp.r	1	Bgc:sk	1	Bpli.ip:sk	1	Apłg:gl	5	Bpli:gl	2
	Bgsp.sk	4	Bgl.gc	1	Bpli:sk	4	Apłg:pli	1	Bpli:ip	1
	Bglg.r	1	Bgl.gc:sk	1			Apłi	1		
	Bpłp.sk	7	Bgsp:ip	1			Apłp.gs	1		
			Bgs:gc	1			Apłp.plg	1		
			Bpłg	7			Apłz:gp	1		
			Bpłg:pli	2			Apłz:gsp	1		
	II		22		24		14		18	
III		168		192		38				201
IV		7,6		8,0		2,7				4,5

Tabela 6.c.d.

Table 6. continuation

Nazwa * Oznaczenie	Mady średnie i ciężkie	Mady lekkie i bardzo lekkie	Mady lekkie i średnie	Czarne ziemie wytworzone z glin i pyłów	Czarne ziemie wytworzone z piasku	Gleby murszowe i murszowate	
	20	21	22	23	24	25	
I	Fbgsp	2 Fbglp.psp	1 Fbgpp	1 Dgl	3 Dpplp.gl	1 Mpl	11
	Fbgsp gs:i	1 Fbpglp.psp	1 Fbplg	5 Dglp	4 Dpplp.pl	1 Mpsp.pl	1
	Fbgsp.ip	1 Fbppl.pl	1 Fbplg.glp:.żp	1 Dglp.gl	2 Dpplp.pl	1 Mps.pl	10
	Fbip	6 Fbppl.ps	2 Fbplg.gp:gsp	1 Dglp.gl:gsp	1 Dplgp.pl		
	Fbip.plg	1 Fbppl.ps	1 Fbplg.pli	2 Dglp.gp	1 Dpplp:plp		
	Fbip.plg.pli	1 Fbpmp.pl	1 Fbplg:gcp	1 Dglp.gsp	2 Dppl.pl	6	
	Fbip.i	1 Fbpmp.pl	1 Fbplg:ip	1 Dglp.ip	1 Dpl	4	
	Fbip.plg	1 Fbpmp.ps	1 Fbplg.pli:.t	1 Dglp.plp:ip	1 Dpli.plg	1	
	Fbpli	6 Fbplp	1 Fbplg:plp	1 Dglp:i	1 Dps.pl	2	
	Fbpi	1 Fbplp.psp	1 Fbplg:.żg	1 Dgl.gs	3 Dps.pl	2	
	Fbpi.ip	1 Fcpplp.pl	1 Fbplg:.żp	1 Dgpp	2 Dplp.pgm	1	
	Fbpli.ip	1 Fcpl:plg	1 Fbpli.plp	1 Dgpp:gp	1 Dplp.pi:.gp	1	
	Fbpli:gsp	1 Fcps.pl	1 Fcglp.ip	1 Dgp:i	1 Dplp.pl	1	
	Fbpli.ip	1 Fpplp.pl	1 Fcplg:psp	1 Dgsp.gc	1 Dzppl.pl	2	
	Fboll	1 Fppl.pl	2 Fcplp.pl	1 Dpmp.gp	1 Dzppl.pl	1	
	Fbplz.pli	1 Fps	1 Fglp.plg	1 Dpmp.gl	1 Dzplp.pl	1	
	Fcgsp	1 Fps.pl	1 Fglp.pli	1 Dplg	4 Dzps.żp	1	
	Fci	1 Fplp.ps:pl	2 Fglp:.żp	1 Dplg.gs	1		
	Fcip	2 Fplp:plg	1 Fplp:.plg	1 Dplg.gsp	2		
	Fcip.i	1 Fplp:pl	1 Fplg.pmp:plg	1 Dpli	5		
	Fcpli	1 Fplp:żg	1 Fplg:ppl	1 Dpli.gc	1		
	Fcpli:ip			Dpli.gsp	1		
	Fgcp.i			Dpli:ip	1		
	Fgsp			Dpli:plg	1		
				Dplp	1		
				Dplp:plg	1		
				Dplp.pli	1		
II	34	29	24	45	28	22	
III	505	211	70	660	394	114	
IV	14,8	7,3	2,9	14,7	14,0	5,2	

Następnie analizowaną próbkę przeniesiono do biurety pomiarowej i w temperaturze 105 °C poddawano procesowi odgazowywania do momentu osiągnięcia próżni. Tak przygotowaną próbkę w biurecie pomiarowej umieszczano w łaźni ciekłego azotu i przeprowadzono analizę adsorpcji azotu. Wielkość powierzchni wyliczono na podstawie danych uzyskanych z toku analizy wykorzystując program MILESTONE 100.

Powierzchnię właściwą całkowitą wyznaczono metodą adsorpcji pary wodnej. Pomiar izoterm adsorpcji-desorpcji pary wodnej przeprowadzono metodą standardową [34], w temperaturze 20 °C. Badane próbki umieszczono w komorze próżniowej nad roztworami kwasu siarkowego o kolejno malejącej a następnie kolejno rosnącej gęstości. Po 48 godzinach pobytu w komorze określano masę wilgotnych próbek poprzez ważenie, oraz równowagową względną prężność pary wodnej w komorze, p/p_0 , poprzez pomiary gęstości kwasu siarkowego. Ilość zaadsorbowanej pary wodnej przy danym p/p_0 obliczono z różnicy masy próbki wilgotnej i suchej masy danej próbki, określonej po zakończeniu pomiarów izoterm, po 24 godzinach suszenia próbek w temperaturze 105 °C.

Uzyskane wyniki pomiarów powierzchni właściwej oznaczonej azotem (S_A) i pary wodnej (S_{H_2O}) poddane zostały analizie statystycznej w obrębie poszczególnych zgeneralizowanych jednostek glebowych. Wyliczone wartości średnie i ich półprzedziały ufności dla poszczególnych zespołów glebowych i ich dwóch warstw (ornej i podornej) zamieszczono w Tabelach 7-10.

Na podstawie wartości średnich powierzchni całkowitej i zewnętrznej wyznaczono grupy homogeniczne (będące w tej samej klasie półprzedziałów ufności). Wśród analizowanych cech powierzchni właściwej grupy homogeniczne stanowiły według powierzchni całkowitej w poziomach ornych próbki gleb pochodzące z jednostek glebowych w przedziałach przedstawionych na Rys. 10. W poziomach podornych można było wyodrębnić np. grupy homogeniczne próbek pochodzących z profili glebowych w przedziałach przedstawionych na Rys. 11.

Według powierzchni właściwej zewnętrznej uszeregowano jednostki glebowe dla poziomów ornych w grupy homogeniczne w przedziałach przedstawionych na Rys. 12 oraz dla poziomów podornych w przedziałach przedstawionych na Rys. 13.

Ta droga postępowania oparta była na dokonanym uprzednio testowaniu zmienności danej cechy w obrębie poszczególnych jednostek glebowych. Ustalono wówczas, na podstawie przeprowadzonych analiz, że przy 20 - oznaczeniach w obrębie danej jednostki, wartość średnia nabiera cech wartości "równowagowej" i

T a b e l a 7. Wartości średnie i przedziały ufności powierzchni właściwej całkowitej w warstwie ornej gleb

T a b l e. 7. Mean values and confidence limits for the total specific surface area of surface layer of soils

Grupa	Zespoły glebowe*	Średnia wielkość powierzchni ($m^2 g^{-1}$)	Półprzedziały ufności
1	4	12,7	0,46
2	7a	13,4	1,14
	7b	14,6	0,93
	13b	14,2	0,84
3	5	16,4	1,35
	6	17,5	1,82
	8a	11,1	1,11
	8b	17,6	1,77
	12	17,3	1,34
	19a	19,6	1,52
4	9a	23,7	2,12
	13a	20,6	4,89
	24	23,6	2,62
5	9b	27,9	1,54
	11	26,1	2,52
	25	27,3	4,02
6	3	31,6	1,42
	14	31,9	1,66
	21	28,0	3,92
7	17	41,9	3,09
	19b	36,2	1,63
	23	41,4	3,32
8	10	44,5	3,95
	22	46,4	3,68
9	15	54,7	5,21
	16	53,2	4,43
	18	55,9	3,43
10	1	68,2	9,35
	20	65,8	4,29

*patrz tab. 6.

T a b e l a 8. Wartości średnie i przedziały ufności powierzchni właściwej całkowitej w warstwie podornej gleb

T a b l e. 8. Mean values and confidence limits for the total specific surface area of the subsurface layer of soils

Grupa	Zespoły glebowe	Średnia wielkość powierzchni ($m^2 g^{-1}$)	Półprzedziały ufności
1	12	11,4	1,90
	25	6,5	0,92
2	4	11,7	2,02
	5	11,5	1,18
	6	13,2	1,47
	7b	13,2	1,39
3	24	12,6	2,33
	7a	18,2	2,93
	13a	16,8	4,53
	13b	17,4	3,78
4	19a	16,3	1,85
	8a	20,0	2,33
5	8b	30,3	3,53
	21	25,1	6,12
	3	39,4	2,87
6	9a	39,7	4,10
	9b	41,2	4,00
	11	34,2	5,07
	14	40,4	1,49
	16	46,7	4,43
	17	46,9	4,01
	19b	45,2	2,78
	22	42,8	4,26
7	23	40,6	3,37
	18	60,3	3,61
8	20	69,6	4,87
	1	85,7	6,18
9	2	73,8	10,86
	10	78,6	5,54
10	15	94,4	9,86

T a b e l a 9. Wartości średnie i przedziały ufności powierzchni właściwej zewnętrznej dla warstwy ornej gleb

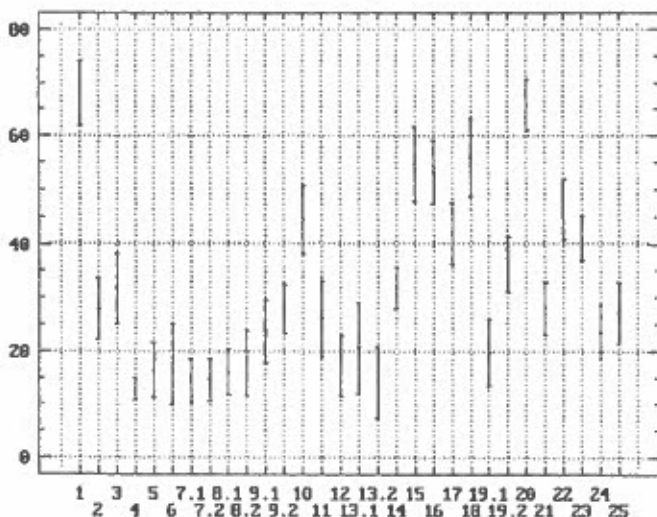
T a b l e. 9. Mean values and confidence limits for the external specific surface area of the surface layer of soils

Grupa	Zespoły glebowe	Średnia wielkość powierzchni ($m^2 g^{-1}$)	Półprzedziały ufności
1	5	3,6	0,40
	13b	3,7	0,59
2	4	4,5	0,25
	6	4,4	0,69
	7a	4,2	0,28
	7b	4,5	0,54
	24	4,2	0,43
	25	4,2	0,55
3	8a	5,7	0,96
	12	5,6	0,58
	13a	5,1	5,04
	19a	5,9	1,13
	21	5,8	0,93
4	8b	6,6	1,35
	9a	6,8	0,76
	11	6,5	1,01
	23	6,5	0,58
	5	3	8,9
5	9b	7,5	0,55
	22	9,4	1,01
	6	10	12,6
6	14	10,7	1,12
	16	10,2	2,21
	17	10,2	1,61
	19b	10,4	1,51
	20	10,4	1,12
	7	1	15,7
7	15	14,2	1,86
	18	14,9	1,91

T a b e l a 10. Wartości średnie i przedziały ufności powierzchni właściwej zewnętrznej dla warstwy podornej gleb

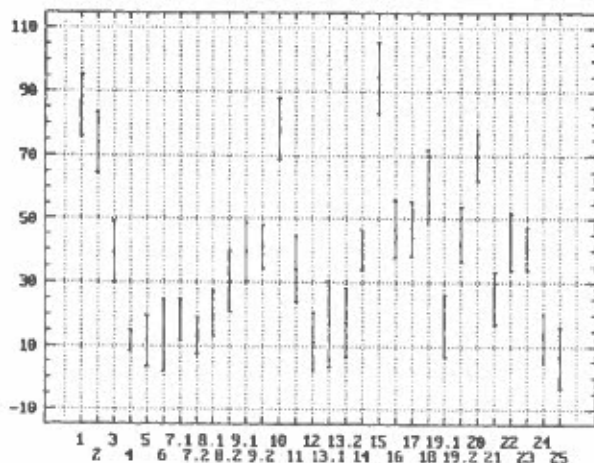
T a b l e. 10. Mean values and confidence limits for the external specific area of the subsurface layer of individual soil units soils

Grupa	Zespoły glebowe	Średnia wielkość powierzchni ($m^2 g^{-1}$)	Półprzedziały ufności
1	12	5,2	0,66
	25	4,2	0,50
2	4	6,4	0,64
	5	6,2	1,46
	24	6,4	1,26
	7b	6,8	0,72
3	6	8,1	2,05
	13b	7,2	1,31
4	19a	7,6	1,69
	7a	9,1	1,57
	8a	10,4	1,26
5	21	9,6	2,48
	8b	15,6	1,66
	11	14,2	1,75
6	13a	15,3	7,08
	2	16,4	1,68
	3	17,9	3,41
	9a	16,7	1,95
	16	16,8	4,28
7	22	16,7	3,80
	23	17,5	1,84
	9b	18,3	1,42
	14	20,3	1,42
	17	22,9	2,52
	18	20,4	3,12
8	20	18,3	2,06
	1	34,7	7,83
	10	31,7	2,15
	19b	24,3	2,93
9	15	42,6	5,45



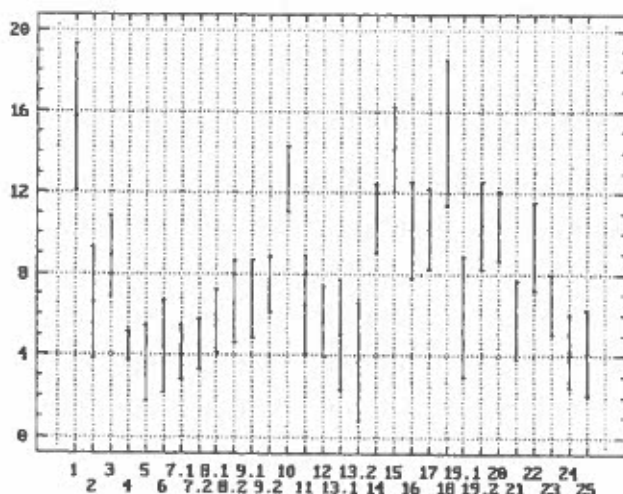
Rys. 10. Wartości średnie i przedziały ufności (przy $P=0,05$) powierzchni właściwej całkowitej dla warstwy ornej zespołów glebowych.

Fig. 10. Mean values and intervals of confidence (at $P=0,05$) of the total specific surface area for the surface layer of the individual soil units.



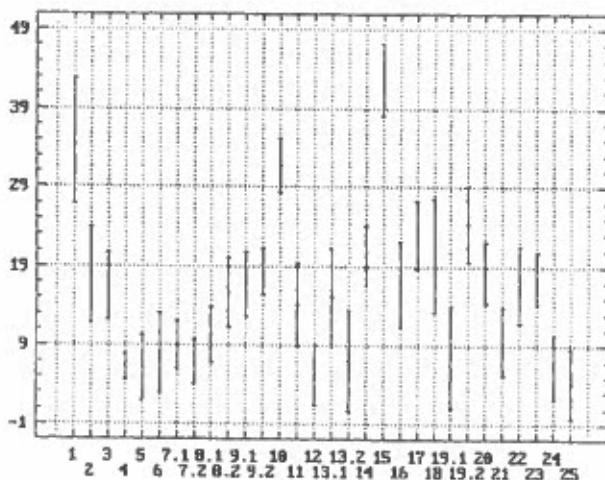
Rys 11. Wartości średnie i przedziały ufności (przy $P=0,05$) powierzchni właściwej całkowitej dla warstwy podornej gleb.

Fig. 11. Mean values and intervals of confidence (at $P=0,05$) of the total specific surface area for the sub-surface layer of the individual soil units.



Rys 12. Wartości średnie i przedziały ufności (przy $P=0,05$) powierzchni właściwej zewnętrznej dla warstwy ornej gleb.

Fig. 12. Mean values and intervals of confidence (at $P=0,05$) of the external specific surface area for the surface layer of individual soil units.



Rys. 13. Wartości średnie i przedziały ufności (przy $P=0,05$) powierzchni właściwej zewnętrznej w warstwie podornej zespołów gleb.

Fig. 13. Mean values and intervals of confidence (at $P=0,05$) of the external specific surface area for the sub-surface layer of individual soil units.

dalsze zwiększanie powtórzeń istotnie nie wpływa na jej poziom. Warunek ten był spełniony w przypadku reprezentacji gleb w obrębie poszczególnych zgeneralizowanych zespołów glebowych.

5.2 Opracowanie komputerowych map powierzchni właściwej gleb

Uzyskane ilościowe charakterystyki powierzchni właściwej gleb stanowiły podstawę przestrzennej prezentacji badanej cechy. Do zrealizowania tego celu posłużono się komputerową Bazą Danych Glebowo-Kartograficznych, której podstawowym zasobem informatycznym jest cyfrowa postać mapy gleb ornych Polski w skali 1:1000000. Baza ta służy do generowania map tematycznych powstających w wyniku agregacji jednostek glebowych charakteryzujących się podobieństwem ocen lub właściwością według przyjętego podziału klasyfikacyjnego.

Bazę Danych Glebowo-Kartograficznych tworzy zestaw plików zawierających treść mapy glebowej i oprogramowanie potrzebne do tworzenia, przechowywania w wersji cyfrowej i generowania w formie analogowej różnego rodzaju map pochodnych związanych z charakterystyką pokrywy glebowej. Zasadnicza funkcja systemu przetwarzania to grupowanie gleb w odpowiednie klasy, a następnie jednolite zakodowanie konturów wszystkich gleb należących do danej klasy. W matematycznym ujęciu rozwiązanie polega na topologicznym połączeniu konturów glebowych według zadanej funkcji przyporządkowania. Przetwarzanie informacji kartograficznych uzupełnia procedura zliczania powierzchni klas i sporządzania zestawień tabelarycznych.

Funkcjonowanie systemu przetwarzania ujęto w procedurę polegającą na tym, że do pamięci komputera wprowadzony zostaje cyfrowy zapis mapy gleb, który ulega przetworzeniu według funkcji przyporządkowania, zadawanej w postaci tabeli, agregacji jednostek glebowych w jednostki tematyczne i automatycznemu przekształceniu w generowaną mapę tematyczną.

Proces przetwarzania realizowany jest przy pomocy specjalnie opracowanego programu GLEBY z uwzględnieniem następujących założeń:

- podstawą tworzenia map tematycznych jest zapisana w Bazie Danych Glebowo-Kartograficznych treść mapy gleb ornych zawierająca 29 zgeneralizowanych

jednostek (zespołów) glebowych i 4 wyróżnienia innych form użytkowania gruntów;

- tworzenie mapy tematycznej polega na zaliczaniu każdej gleby do odpowiedniej klasy (jednostki tematycznej) oraz przetworzeniu w taki sposób, aby kontury gleb należące w wyniku przyporządkowania do tej samej klasy i leżące obok siebie zostały połączone w jeden kontur jednostki tematycznej;
- równoległe z procesem tworzenia mapy tematycznej realizowana jest procedura zliczania powierzchni jednostek tematycznych i sporządzania zestawienia tabelarycznego.

Wejściem do programu jest przygotowany plik zawierający treść zgeneralizowanej mapy glebowej w skali 1:1 000 000. Powstał on z rastrowej mapy dwukolorowej, zawierającej osymbolizowane kontury glebowe, poprzez interakcyjne pokolorowanie tych konturów przy pomocy specjalnie opracowanego programu. Przy pomocy tego programu została również utworzona tablica indeksowa zawierająca przyporządkowanie poszczególnym konturom kolorów odpowiadających symbolom odpowiednich jednostek glebowych. Kolorowa wersja mapy gleb i indeks stanowią podstawowe dane do przetwarzania.

Wyjściem z programu jest plik zawierający mapę tematyczną w postaci rastrowej mapy bitowej, a barwny obraz tej mapy wyprowadzany jest na drukarkę. Mapa może być drukowana wielokrotnie i w dowolnym czasie.

Kierując się powyższymi zasadami przetwarzania, w pierwszej fazie opracowania kartograficznej koncepcji map powierzchni właściwej dokonano analizy zasad jej parametryzacji oraz wyników liczbowej charakterystyki jednostek glebowych.

W wyniku badań przeprowadzonych na próbkach gleb charakteryzujących dwie górne warstwy profilu gleby: orną i podorną, w których powierzchnię właściwą określono dwoma metodami (przy użyciu pary wodnej i azotu) uzyskano cztery charakterystyki. Ich prezentację należało przedstawić na oddzielnych mapach. Utworzenie bowiem jednej wspólnej mapy, lub dwóch map adekwatnie do zastosowanych metod badań, lub charakteryzowanych warstw nie zapewniłoby należytej czytelności i komunikatywności treści tematycznej.

Przyjęto więc koncepcję opracowania czterech map powierzchni właściwej gleb według następującego schematu:

Powierzchnia właściwa	Warstwa gleby	
Metoda oznaczania	orna - oznaczenie parą wodną	orna - oznaczenie azotem
	podorna - oznaczenie parą wodną	podorna - oznaczenie azotem

Ze względu na zakres uogólnienia danych ustalono, że mapy powierzchni właściwej generowane będą w skali 1:2 500 000 tak, aby mieściły się na papierze formatu A-3 co zapewnia dostateczną i wyrazistą czytelność przestrzennej struktury kartowanej właściwości gleby.

Przyjęto, że kontury gleb o określonej powierzchni właściwej, oznaczane będą wypełnieniami barwnymi. W ich strukturę wkomponowane będą inne formy użytkowania terenu: dolinowe użytki zielone, większe obszary zabudowane (miasta), kompleksy leśne oraz akweny śródlądowe. Ponieważ rozmieszczenie tych elementów uzupełniających tematyczną treść mapy daje dostateczną informację o przestrzennej lokalizacji w skali kraju, do map powierzchni właściwej gleb nie wprowadzono treści topograficznej (drogi, sieć rzeczna, nazwy miast). Spowodowało by to zakłócenie czytelności i przejrzystości ich treści i ograniczyło by informacyjne walory map.

Przy doborze kolorów i budowie makiety barwnej korzystano z następujących skojarzeń mnemonicznych:

- woda kojarzy się z neutralną barwą gleby, która modyfikowana jest zawartością wody w glebie (najbliższe naturalnej barwie gleb są odcienie brązowo-żółto-czerwone);
- azot, którego zawartość nie wpływa na zabarwienie gleby kojarzy się z niebieskim zabarwieniem atmosfery.

Według tych zasad zróżnicowano kolorystykę map odzwierciedlającą sposób oznaczenia powierzchni właściwej.

Analizując generalnie zabarwienie warstw profilu gleby można przyjąć, że warstwa orna ma odcienie bardziej zimne, co w powiązaniu z wyżej przyjętą ogólną zasadą kolorystyki map wyrażono stosując do mapy powierzchni właściwej oznaczonej w tej warstwie parą wodną odcienie żółto-brązowe natomiast w przypadku oznaczenia azotem odcienie niebieskie.

Warstwy podorne mają z reguły zabarwienie bardziej ciepłe, dlatego do oznaczenia powierzchni właściwej oznaczonej parą wodną użyto odcieni pomarańczowo-czerwonych a w przypadku oznaczenia azotem odcieni fioletowych.

W wyniku odpowiedniego rozmieszczenia mapy na arkuszu papieru w lewym dolnym rogu uzyskano dostatecznie dużą wolną przestrzeń, którą wykorzystano do umieszczenia legendy. Treść legendy obejmuje:

- tytuł mapy,
- oznaczenia barwne i liczbowe przedziałów powierzchni właściwej gleb,
- oznaczenia innych form użytkowania terenu.

5.3 Przestrzenna charakterystyka powierzchni właściwej gleb ornych Polski

Zamieszczone w opracowaniu mapy powierzchni właściwej gleb ornych (mapy 1-4) charakteryzują zmienność i przestrzenne zróżnicowanie tej cechy, natomiast na rysunkach 14 i 15 przedstawiono strukturę powierzchniową gleb o zbliżonej powierzchni właściwej ujętej w wyznaczone przedziały.

Analiza map wykazuje, że przestrzenna zmienność i zróżnicowanie powierzchni właściwej gleb jest pochodną struktury pokrywy glebowej. Generalnie można stwierdzić, że wyższymi wartościami powierzchni właściwej charakteryzują się gleby położone w pasie wyżyn oraz w obszarach górskich.

W tej części kraju przestrzenna zmienność tej cechy ma układ pasmowy o kierunku równoleżnikowym zakłócony przez strukturę uprawnych dolin rzecznych oraz wyraźną enklawę gleb o niższych wartościach powierzchni właściwej ograniczoną przez Roztocze, Wyżynę Małopolską i Pogórze Karpackie.

Na pozostałej części kraju dominuje struktura gleb o powierzchni właściwej całkowitej nie przekraczającej $20 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ i zewnętrznej oscylującej poniżej $7 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. W tej strukturze wyróżniają się większe enklawy o wyższych wartościach powierzchni właściwej całkowitej obejmujące Żuławy Wiślane, Równinę Błońsko-Sochaczewską i Kujawy. Na mapach powierzchni właściwej zewnętrznej występuje większe zróżnicowanie pomiędzy warstwą orną i podorną. Na mapie warstwy ornej wyraźnie zaznacza się obszar Żuław Wiślanych z przylegającą częścią doliny Wisły oraz fragment Równiny Ciechanowskiej. Mapa warstwy podornej oprócz wyżej wymienionych obszarów wykazuje podwyższone wartości powierzchni właściwej zewnętrznej w rejonie Kujaw, Równiny Błońsko-Sochaczewskiej i na Suwalszczyźnie.

Pod względem obszarowym dominują gleby o powierzchni właściwej całkowitej zgrupowanej w przedziale $16-20 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ w odniesieniu do warstwy ornej

i $12-16 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ w warstwie podornej oraz powierzchni zewnętrznej wynoszącej $4-5 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ w warstwie ornej i $6-7 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ w warstwie podornej. Zamieszczone na rys. 14 i 15 wykresy pokazują, że większym zróżnicowaniem powierzchniowym charakteryzuje się powierzchnia właściwa całkowita niż zewnętrzna. Na podkreślenie zasługuje również informacja, że znaczny obszar gleb (około 3 mln ha) cechuje powierzchnia właściwa zewnętrzna nie przekraczająca $4 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$.

Zaszeregowanie zespołów glebowych do poszczególnych przedziałów wartości powierzchni właściwej przedstawione w tabelach 11-14 dostarcza również interesujących informacji charakteryzujących poszczególne gleby. Ich analiza prowadzi do ogólnego wniosku, że zróżnicowanie ilościowe tej cechy bardziej związane jest ze składem granulometrycznym gleb niż z ich budową genetyczną.

Analiza przedstawionych w tabelach danych wykazała, że wielkość powierzchni właściwej nie w pełni koreluje z rolniczą oceną gleb. Najcenniejsze bowiem z rolniczego punktu widzenia gleby lessowe nie osiągają najwyższych wartości powierzchni właściwej. Wyższe wartości cechują na przykład gleby górskie, których wartość rolnicza oceniana jest znacznie niżej.

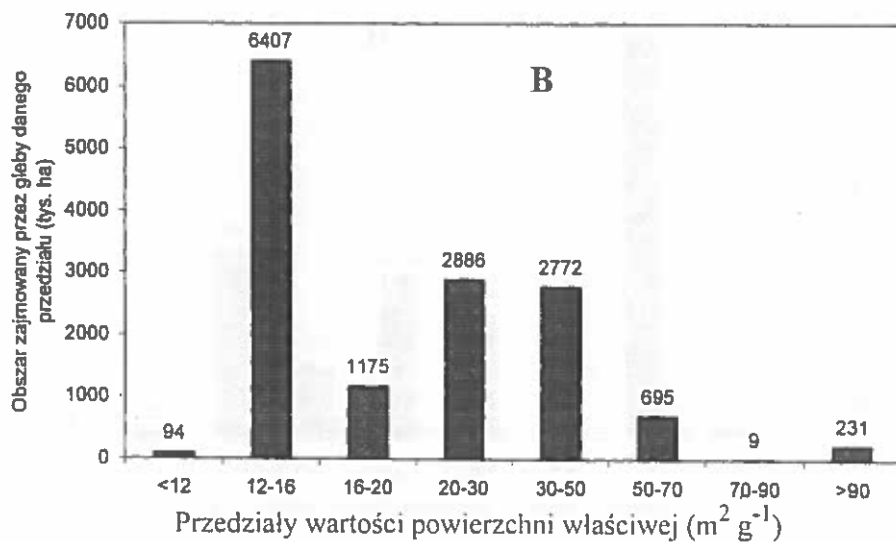
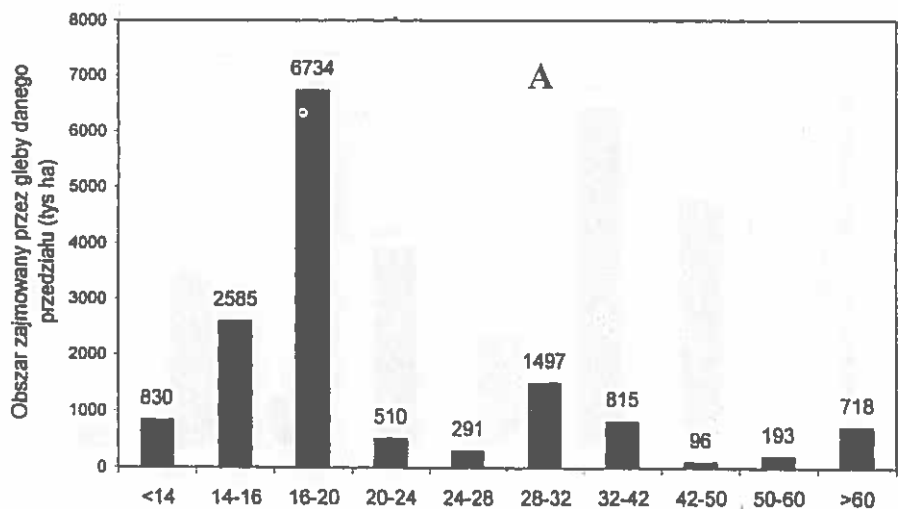
W grupie gleb o niskich wartościach powierzchni właściwej znalazły się cenne pod względem rolniczym gleby wytworzone z gliniastych piasków naglinowych stanowiących dobre gleby pszenno-żytnie.

Grupę gleb o najniższych wartościach powierzchni właściwej tworzą gleby brunatne, rdzawe i bielicowe wytworzone z piasków luźnych i słabogliniastych oraz orne gleby murszowe i murszowate (szczególnie warstwa podorna).

Wysokie wartości powierzchni właściwej cechują rędziny czyste, gleby wytworzone z iłów i glin ciężkich oraz mady średnie i ciężkie.

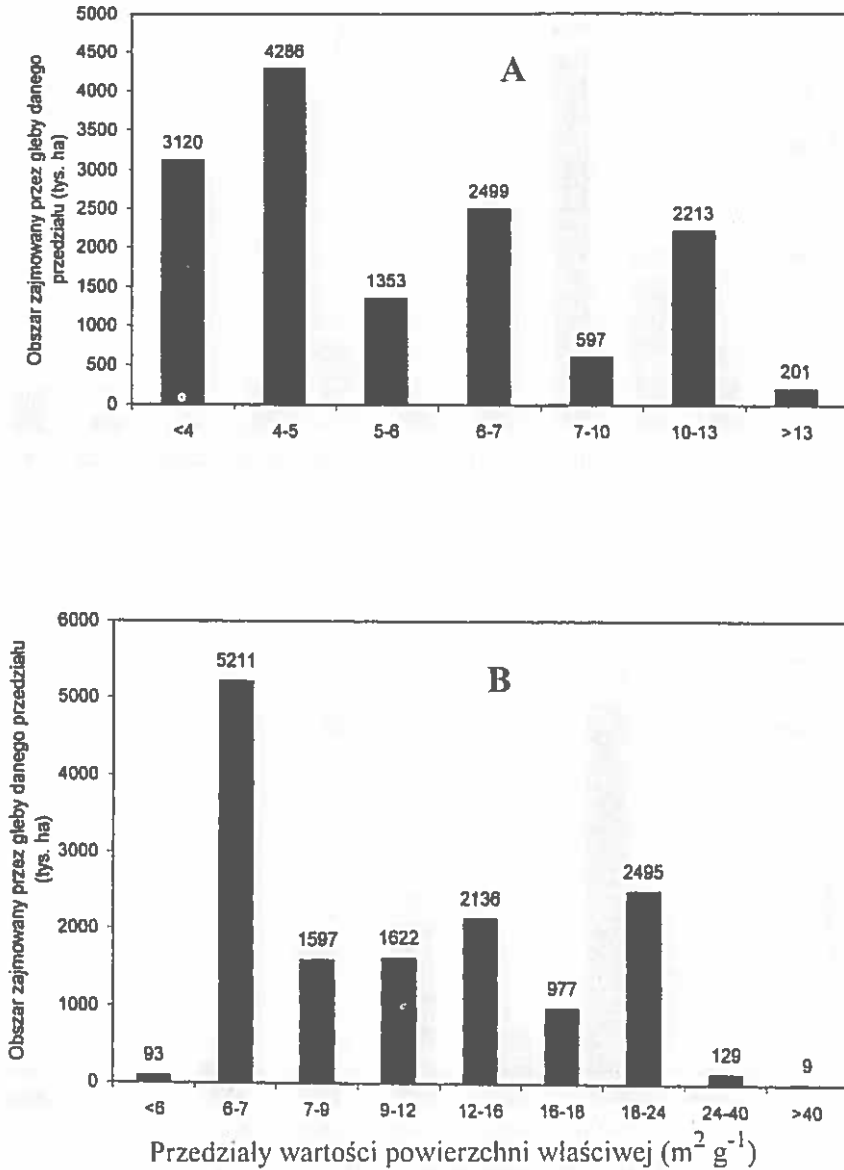
Należy również zaznaczyć, że relatywnie większa powierzchnia właściwa występuje w warstwie podornej, co sugeruje, że w większym stopniu o jej wartościach decyduje zawartość frakcji ilastej w głębszych poziomach gleb niż zawartość próchnicy w warstwie ornej.

Charakteryzując zmienność oraz przestrzenną strukturę gleb ornych o zróżnicowanych wartościach powierzchni właściwej przedstawiono tylko najważniejsze spostrzeżenia nasuwające się podczas analizy załączonych materiałów kartograficznych i liczbowych. Ich bogata treść stanowi bowiem cenny zasób informacji szczegółowych w dostateczny sposób ilustrujących i charakteryzujących powierzchnię właściwą gleb ornych w skali kraju oraz w większych jednostkach regionalnych.



Rys. 14. Wielkości obszarów (tys. ha) zajmowanych przez gleby o zbliżonej wartości powierzchni właściwej całkowitej: (A) warstwa orna, (B) warstwa podorna.

Fig. 14. Soil area (thus. ha) with similar range of values of the total specific surface area. (A) surface soil layer, (B) subsurface soil layer.



Rys. 15. Wielkości obszarów (tys. ha) zajmowanych przez gleby o zbliżonej wartości powierzchni właściwej zewnętrznej: (A) warstwa orna, (B) warstwa podorna.

Fig. 15. Soil area (thus. ha) with similar range of values of the external specific surface area. (A) surface soil layer, (B) subsurface soil layer.

T a b e l a 11. Zaszeregowanie zespołów glebowych do przedziałów wielkości powierzchni właściwej całkowitej w warstwie ornej przedstawionych na mapie 1

T a b l e 11. Soil units included to the range of values of the total specific surface area in surface layers shown on Map 1

Przedziały powierzchni właściwej ($m^2 g^{-1}$)	Zespoły glebowe
<14	gleby brunatne, rdzawe i biellicowe wytworzone z piasków luźnych i słabogliniastych
14-16	gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z piasków na zwięźlejszym podłożu oraz pseudobielicowe (płowe) z pyłów wodnego pochodzenia
16-20	gleby brunatne rdzawe i biellicowe wytworzone z piasków słabogliniastych i gliniastych lekkich; gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z piasków gliniastych, z glin lekkich oraz żwirów
20-24	gleby brunatne wytworzone z glin średnie oraz z pyłów wodnego pochodzenia; czarne ziemie wytworzone z piasków
24-28	gleby pseudobielicowe (płowe) wytworzone z glin średnie; gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z glin niecałkowitych; gleby murszowe i murszowate
28-32	rędziny "mieszane"; czarnoziemy; gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z lessów i utworów lessowatych; mady lekkie i bardzo lekkie
32-42	gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone ze skał masywnych gliniaste i pyłowe; czarne ziemie wytworzone z glin i pyłów
42-50	gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z glin ciężkie; mady lekkie i średnie
50-60	gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) wytworzone z ilów, ze skał masywnych gliniaste i szkieletowogliniaste oraz ilaste
>60	Rędziny "czyste"; mady średnie i ciężkie

T a b e l a 12. Zaszeregowanie zespołów glebowych do przedziałów wielkości powierzchni właściwej całkowitej w warstwie podornej przedstawionych na mapie 2

T a b l e 12. Soil units included to the range of values of the total surface area in subsurface soil layers shown on Map 2

Przedziały powierzchni właściwej ($m^2 g^{-1}$)	Zespoły glebowe
<12	gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) utworzone ze żwirów; gleby murszowe i murszowate
12-16	gleby brunatne rdzawe i bielicowe utworzone z piasków luźnych i słabogliniastych oraz słabogliniastych i gliniastych lekkich; gleby pseudobielicowe (płowe) utworzone z piasków gliniastych na zwięźlejszym podłożu; czarne ziemie utworzone z piasków
16-20	gleby brunatne utworzone z piasków gliniastych na zwięźlejszym podłożu; gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) utworzone z pyłów wodnego pochodzenia
20-30	gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) utworzone z glin lekkie; mady lekkie i bardzo lekkie
30-50	czarnoziemy; gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) utworzone z glin średnie; z glin niecałkowitych oraz z lessów i utworów lessowatych; gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) utworzone ze skal masywnych gliniaste i szkieletowogliniaste, gliniaste oraz pyłowe; mady lekkie i średnie; czarne ziemie utworzone z glin i pyłów
50-70	gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) utworzone ze skal masywnych ilaste; mady średnie i ciężkie
70-90	rédiżyny "czyste" i "mieszane"; gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) utworzone z glin ciężkie
>90	gleby brunatne i pseudobielicowe (płowe) utworzone z ilów

T a b e l a 13. Zaszeregowanie zespołów glebowych do przedziałów wielkości powierzchni właściwej zewnętrznej w warstwie ornej przedstawionych na mapie 3

T a b l e 13. Soil units included to the range of values of the external specific surface area in surface soil layers shown on Map 3

Przedziały powierzchni właściwej ($m^2 g^{-1}$)	Zespoły glebowe
<4	gleby brunatne rdzawe i biellicowe utworzone z piasków słabogliniastych i gliniastych lekkich; gleby pseudobiellicowe (płowe) utworzone z pyłów wodnego pochodzenia
4-5	gleby brunatne, rdzawe i biellicowe utworzone z piasków luźnych i słabogliniastych; gleby brunatne i pseudobiellicowe (płowe) utworzone z piasków gliniastych oraz z piasków gliniastych na zwięźlejszym podłożu
5-6	gleby brunatne utworzone z glin lekkie oraz z pyłów wodnego pochodzenia; gleby brunatne i pseudobiellicowe (płowe) utworzone ze żwirów; gleby brunatne utworzone z pyłów wodnego pochodzenia; mady lekkie i bardzo lekkie
6-7	rdziny "mieszane"; gleby pseudobiellicowe (płowe) utworzone z glin lekkie; gleby brunatne utworzone z glin średnie oraz z glin niecałkowitych; czarne ziemie utworzone z glin i pyłów
7-10	czarnoziemy; gleby pseudobiellicowe (płowe) utworzone z glin średnie; z glin gleby brunatne i pseudobiellicowe (płowe) utworzone ze skal masywnych pyłowe; mady lekkie i średnie
10-13	gleby brunatne i pseudobiellicowe (płowe) utworzone z glin ciężkich oraz z lessów i utworów lessowatych; gleby brunatne i pseudobiellicowe (płowe) utworzone ze skal masywnych gliniaste i szkieletowogliniaste oraz gliniaste; mady średnie i ciężkie;
>13	rdziny "czyste"; gleby brunatne i pseudobiellicowe (płowe) utworzone z ilów oraz ze skal masywnych ilastych

T a b e l a 14. Zaszeregowanie zespołów glebowych do przedziałów wielkości powierzchni właściwej zewnętrznej w warstwie podornej przedstawionych na mapie 4

T a b l e 14. Soil units included to the range of values of the external specific area in subsurface soil layers shown on Map 4

Przedziały powierzchni właściwej ($m^2 g^{-1}$)	Zespoły glebowe
<6	gleby brunatne rdzawe i bielnicowe wytworzone ze żwirów; gleby murszowe i murszowate
6-7	gleby brunatne, rdzawe i bielnicowe wytworzone z piasków luźnych i słabogliniastych oraz z piasków słabogliniastych i gliniastych lekkich; gleby brunatne i pseudobielnicowe (płowe) wytworzone z piasków gliniastych na zwięźlejszym podłożu; czarne ziemie wytworzone z piasków; gleby murszowe i murszowate
7-9	gleby brunatne i pseudobielnicowe (płowe) wytworzone z piasków gliniastych; gleby pseudobielnicowe (płowe) wytworzone z pyłów wodnego pochodzenia
9-12	gleby brunatne wytworzone z piasków na zwięźlejszym podłożu oraz z glin lekkie; mady lekkie i bardzo lekkie
12-16	gleby pseudobielnicowe (płowe) wytworzone z glin lekkich; gleby brunatne i pseudobielnicowe (płowe) wytworzone z glin niecalkowitych; gleby brunatne wytworzone z pyłów wodnego pochodzenia
16-18	rzędziny "mieszane"; czarnoziemy; gleby brunatne wytworzone z glin średnich; gleby brunatne i pseudobielnicowe (płowe) wytworzone ze skal masywnych gliniaste i szkieletowo-gliniaste; mady lekkie i średnie; czarne ziemie wytworzone z glin i pyłów
18-24	gleby pseudobielnicowe (płowe) wytworzone z glin średnich; gleby brunatne i pseudobielnicowe (płowe) wytworzone z lessów i utworów lessowatych oraz wytworzone ze skal masywnych gliniaste, ilaste oraz pyłowe; mady średnie i ciężkie
24-40	rzędziny "czyste"; gleby brunatne i pseudobielnicowe (płowe) wytworzone z glin ciężkie
>40	gleby brunatne i pseudobielnicowe (płowe) wytworzone z ilów

6. WNIOSKI

1. Powierzchnia właściwa jest ważną zintegrowaną cechą glebową, charakteryzującą łącznie (zawartość i jakość) składników mineralnych i organicznych gleby.

2. Powierzchnia właściwa jest istotnie wysoko skorelowana z właściwościami fizykochemicznymi i fizycznymi gleb.

3. Kartograficzne przedstawienie przestrzennego zróżnicowania powierzchni właściwej w postaci map daje możliwość włączenia tej cechy do interpretacji i przewidywania przebiegu procesów glebowych na określonych obszarach.

7. PIŚMIENNICTWO

1. **Aranovich G.L.:** The theory of polymolecular adsorption. *Langmuir*, 8, 736-739, 1992.
2. **Brunauer S., Emmett P.H., Teller E.:** Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Ann. Chem. Soc.* 60, 309-319, 1938.
3. **Cases J.M., Berend I., Francois M., Uriot J.P., Michot L.J., Thomas F.:** Mechanism of adsorption and desorption of water vapor by homoionic montmorillonite. 3. The Mg, Ca, Sr, and Ba exchanged forms. *Clay Clay Min.* 45,1, 8-22, 1997.
4. **Chuchman G.J., Burke C.M.:** Properties of subsoils in relation to various measures of surface area and water content. *J. Soil Sci.* 42, 463- 1991.
5. **Dechnik I.:** Powierzchnia właściwa gleb jako wskaźnik podstawowych elementów ich potencjalnej żyzności. Cz. I. Współzależność powierzchni właściwej z frakcją koloidalną i związkami próchnicznymi jako element oceny potencjalnej żyzności gleb. *Ann. UMCS Sec. E*, XX VII, 107-125, 1972.
6. **Dechnik I.:** Powierzchnia właściwa gleb jako wskaźnik podstawowych elementów ich potencjalnej żyzności. Cz. II. Zastosowanie pomiarów powierzchni właściwej do oceny zdolności sorpcyjnych gleb jako elementu ich potencjalnej żyzności. *Ann. UMCS, Sec. E*, XXVII, 127-146, 1972.
7. **Dechnik I., Dobrzański B., Stawiński J.:** The possibilities for the application of soil surface measurements in the evaluation of some soil properties. *Trans. X Inst. Congr. Soil Sci., Moscow*, Izd-wo "Nauki", 1, 335-340, 1974.
8. **Dechnik I., Stawiński J.:** Powierzchnia właściwa w badaniach fizykochemicznych i fizycznych właściwości gleb. *Problemy agrofizyki*, 6, pp. 43, 1973.
9. **Dobrzański B., Dechnik I., Gliński J., Pondel H., Stawiński J.:** Powierzchnia właściwa gleb Polski. *Rocz. Nauk Roln.* D-165, 1977, pp. 66.
10. **Dobrzański B., Dechnik I., Stawiński J.:** Correlation between the soil surface area and humus compounds in the soil. *Polish J. Soil Sci.* V, 2, 99-102, 1972.
11. **Dobrzański B., Stawiński J., Walczak R.:** The availability of the method of thermal desorption of nitrogen for estimation of the surface area of soil material. *Polish J. Soil Sci.* IV, 2, 81-88, 1972.
12. **Emmet P.H., Brunauer S., Love K.S.:** The measurement of surface areas of soils and soil colloids by the use of low temperature van der Waals' adsorption isotherms. *Soil Sci.* 45, 57-65, 1938.
13. **Gliński J., Borowiec J., Stawiński J.:** The specific surface area of eroded soils formed from loess. *Polish J. Soil Sci.* XXI/1, 15-22, 1988.
14. **Gliński J., Ostrowski J., Stępniewska Z., Stępniewski W.:** Bank próbek glebowych reprezentujących mineralne gleby Polski. *Problemy Agrofizyki* 66, pp. 61, Ossolineum Wrocław, 1992.
15. **Gregg S.J., Sing K.S.:** Adsorption, Surface Area and Porosity. 2nd ed. Acad. Press, London, 1980.
16. **Guyot J.:** Mesure des surfaces spécifiques des argiles par adsorption. *Ann. Agron.* 20, 4-11, 1969.
17. **Hall P.L., Astill D.M.:** Adsorption of water by homoionic exchange forms of Wyoming bentonite (SWy-1). *Clays Clay Miner.* 37, 355-363, 1989.
18. **Hoffmann C., Renger M., Hajnos M., Sokółowska Z., Józefaciuk G., Marschner B.:** Reactions of sewage farm soils to different irrigation solutions in a column experiment. 1. Solid phase physicochemical properties. *Z. Pfl. Bodenkunde*, 162, 653-659, 1999.
19. **Józefaciuk G.:** Zmiany własności powierzchniowych gleb i mineralów ilastych w procesach zakwaszania i alkalizacji. *Badania modelowe. Acta Agrophysica*, 15, 1-116, 1988.

20. Józefaciuk G., Muranyi A., Szatanik-Kloc A., Csillag J., Włodarczyk T.: Changes of water vapor adsorption and variable charge properties of a brown forest soil under acid degradation in a laboratory experiment. *Polish J. Soil Sci.* 22(2), 23-33, 1999.
21. Józefaciuk G., Shin J.S.: Water vapor adsorption on soils: I. Surface areas and adsorption energies as calculated by the BET and a new Aranovich theories. *Korean J. Soil Sci. and Fertilizer.* 29/2, 86-91, 1996.
22. Józefaciuk G., Sokolowska Z., Hajnos M., Hoffmann C., Renger M.: Large effect of leaching of DOC on water adsorption properties of a sandy soil. *Geoderma*, 74, 125-137, 1996.
23. Józefaciuk G., Sokolowska Z., Sokolowski S., Alekseev A, Alekseeva T.: Changes of mineralogical and surface properties of water dispersible clay after acid treatment of soils. *Clay Minerals*, 28, 145-148, 1993.
24. Kitse E., Hanso S.: O wieliczynie udielnoy powierzchni pachotnych poczw estonskoj SSR. *Sbornik nauk trudov estonskoj sielskochozjastw. akademii. Sostaw i swojstwa poczb.* 100, 30-56, Tartu, 1975.
25. Lipiec J.: Możliwości oceny przewodnictwa wodnego gleb na podstawie ich niektórych właściwości. *Problemy Agrofizyki* 40, pp. 75, 1983.
26. Mehra O.P., Jackson M.L.: Constancy of the sum of mica unit cell potassium surface and inter-layer sorption surface in vermiculite-illite clays. *Soil Sci., Soc. Am. Proc.* 23, 101-105, 1959.
27. Mehra O.P., Jackson M.L.: Specific surface determination by duo-interlayer and mono-inter-layer glycerol sorption for vermiculite and montmorillonite analysis. *Soil Sci. Soc. Proc.* 23, 351-354, 1959.
28. Nelson L.A., Hendricks S.B.: Specific surface of some clay minerals, soils and soil colloids. *Soil Sci.* 56, 285-296, 1943.
29. Newman A.C.D.: The specific surface of soils determined by water sorption. *J. Soil Sci.* 34, 23-32, 1983.
30. Orehiston H.D.: Adsorption of water vapor: Clays at 25°C. *Soil Sci.* 78, 463-480, 1954.
31. Pachepsky Ya.A., Polubesova T.A., Hajnos M., Józefaciuk G., Sokolowska Z.: Parameters of surface heterogeneity from laboratory experiments on soil degradation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59, 410-417, 1995.
32. Patterson E., Stawinski J.: The use of a vacuum microbalance in the investigation of the kinetics of water vapour adsorption on soil components. *Polish J. Soil Sci.* 12, 105-111.
33. Petersen L.W., Moldrup P., Jacobsen O.H., Rolston D.E.: Relation between specific surface area and soil physical and chemical properties. *Soil Sci.*, 161, 9-21, 1996.
34. Polska Norma (PN-2-19010-1). Oznaczanie powierzchni właściwej gleb metodą pomiarów adsorpcji pary wodnej.
35. Roquerol, R., Avnir, D., Fairbridge, C.W., Everett, D.H., Haynes, J.H., Pernicone, N., Ramsay, J.D.F., Sing, K.S.W., Unger, K.K.: Recommendations for the characterization of porous solids. *Pure Appl. Chem.* 66, 1739-1758, 1994.
36. Sequi P., Aringhieri R.: Destruction of organic matter by hydrogen peroxide in the presence of pyrophosphate and its effect on the soil specific surface. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41, 430-432, 1977.
37. Sławiński C., Sokolowska Z., Walczak R.: Effects of secondary transformation of peat-moorsh soils on their physical properties. *Acta Agrophysica*, 26, 85-93, 2000.
38. Słownik gleboznawczy i nauk pokrewnych - encyklopedyczny. cz. I PTGleb. Warszawa 1964.
39. Sokolowska Z.: Rola niejednorodności powierzchni w procesach adsorpcji zachodzących na glebach. *Problemy Agrofizyki*, 58, 1989.

40. Sokolowska Z.: A new adsorption isotherm equation for describing adsorption of gases by soils. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 388, 293-301, 1990.
41. Sokolowska Z.: A note on the BET method for the surface area determination of soils. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 388, 275-288, 1990.
42. Sokolowska Z.: On the role of energetic and geometric heterogeneity in sorption of water vapour by soils: Application of the fractal approach. *Geoderma*, 52: 59-72, 1992.
43. Sokolowska Z., Hajnos M., Bowanko G.: Nitrogen adsorption study of the surface properties of the secondary transformed peat moorsh soils. *Acta Agrophysica*, 26, 65-73, 2000.
44. Sokolowska Z., Ganev S., Hajnos M., Stawiński J., Józefaciuk G., Arsova A., Urumova-Pesheva A.: Otnoshenia meždu jonoobmennite i powrchnostnite swojstwa na niakoj predstavitelni poczwi ot Bolgaria. *Poczwoznanie i Agrochimia vol. XXIV, No 4*, 34-44, 1989.
45. Sokolowska Z., Hajnos M., Dabek-Szreniawska M.: Relation between adsorption of water vapour, specific surface area and soil cultivation. *Polish J. Soil Sci.* XXXII/2, 3-12, 1999.
46. Sokolowska Z., Hajnos M., Józefaciuk G., Hoffmann C., Renger M.: Influence of surface coverage with humic acids on water vapor adsorption properties of Kaolin and Quartz. *Z. Pfl. Bodenkunde*, 160, 327-331, 1996.
47. Sokolowska Z., Hajnos M., Józefaciuk G., Kozak E., Arsova A.: Profile distribution of water adsorption properties of some representative Bulgarian soils. *Poczwoznanie, Agrochimia i Ekologia*. 30, 171-173, 1995.
48. Sokolowska Z., Hajnos M., Matyka-Sarzyńska D., Gawlik J.: Effect of secondary transformation state of peaty-moorsh soils on adsorption isotherms of water vapour. *Acta Agrophysica* 26, 41-45, 2000.
49. Sokolowska Z., Józefaciuk G., Sokolowski S., Renger M., Wilczynski W.: Water vapor adsorption as related to liming of acidic sandy forest soil. *Z. Pflanzenernahr. Bodenk.* 156, 495-499, 1993.
50. Sokolowska Z. Józefaciuk G., Sokolowski S., Urumova-Pesheva A.: Adsorption of water vapour on soils: The influence of organic matter and the components of iron and aluminum on energetic heterogeneity of soil clays. *Clays Clay Minerals*. 41(3), 346-352, 1993.
51. Sokolowska Z., Patrykiewicz A., Sokolowski S.: Application of the exponential isotherm equation to description of adsorption in soils. *Polish J. Soil Sci.* 21: 191-201, 1988.
52. Sokolowska Z., Sokolowski S.: Zastosowanie teorii fraktalnych do opisu procesu adsorpcji. *Problemy Agrofizyki*, 55, 1989.
53. Sprawozdanie merytoryczne z realizacji projektu badawczego KBN 5 P06B02312. J. Stawiński, J. Gliński, J. Ostrowski, E. Tusiński. Instytut Agrofizyki PAN, Lublin, Grudzień, 1999.
54. Stawiński J.: Interrelationships between the specific surface and some physico-chemical properties of soils. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 197, 229-240, 1977.
55. Stawiński J.: The influence of exchangeable cations on the adsorption of water vapour on soils. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 281, 209-217, 1983.
56. Stawiński J., Świeboda R., Józefaciuk G.: Określanie powierzchni właściwej zewnętrznej gleb na podstawie pojedynczego pomiaru adsorpcji par czterochlorku węgla. *Biuletyn LTN "Geografia"*, 30, 49-52, 1988.
57. Stawiński J., Świeboda R., Józefaciuk G.: A method of external soil surface area measurement based on carbon tetrachloride vapour adsorption. *Polish J. Soil Sci.*, XXI, 23-28, 1988.
58. Walczak R.: Modelowe badania zależności retencji wodnej od parametrów fazy stałej gleby. *Problemy Agrofizyki* 41, pp. 72, 1984.

59. Wilczynski W., Renger M., Józefaciuk G., Hajnos M., Sokolowska Z.: Surface area and CEC as related to qualitative and quantitative changes of forest soil organic matter after liming. *Z. Pflanzenernahr. Bodenk.* 156: 235-238, 1993.
60. Zawadzki S., Michałowska K., Stawiński J.: The application of surface area measurements of soils for determination of the content of water unavailable for plants. *Polish J. Soil Sci.*, IV, 89-92, 1971.

STRESZCZENIE

Powierzchnia właściwa jest ważną cechą glebową, bowiem charakteryzuje łącznie ilość i jakość składników mineralnych i organicznych gleb, a także wynikające z nich właściwości fizykochemiczne i fizyczne gleb. Właściwości te traktowane indywidualnie, nie dają tak dokładnej informacji o stanie gleby, jak w przypadku jej powierzchni właściwej.

Ponadto, poprzez wzajemne zależności pomiędzy wielkością różnych rodzajów powierzchni właściwej (całkowitej, zewnętrznej, wewnętrznej, międzypakietowej) a zawartością poszczególnych mineralów ilastych, frakcji granulometrycznych i związków próchnicznych w glebach, powierzchnię właściwą można wykorzystać do łącznej interpretacji zjawisk i procesów kształtujących możliwości produkcyjne gleb i stan środowiska przyrodniczego.

Kartograficzne przedstawienie powierzchni właściwej gleb uzasadnia włączenie jej do tworzenia przestrzennych hydrofizycznych i żyznościowych modeli prognostycznych procesów zachodzących w środowisku glebowym.

S ł o w a k l u c z o w e: powierzchnia właściwa, gleby, mapy.

SPATIAL CHARACTERIZATION OF SPECIFIC SURFACE AREA OF ARABLE SOILS IN POLAND

SUMMARY

Specific surface area is an important feature of soil. It characterizes both quantity and quality of mineral and organic soil components and also their physical and physicochemical properties. These properties treated separately do not give such exact information about the state of the soil as specific soil surface area.

Moreover, the knowledge of different kinds of specific surface area (total, external internal) and their relations to clay content, texture and humus composition in soil allow us for joint interpretation of phenomena and processes affecting productive properties of soils and natural environment.

Cartography of specific surface area of soils gives possibility to include it to creation spatial hydrophysical and fertile prognostic models of soil processes.

K e y w o r d s: specific surface area, soils, maps.

Adresy autorów:

J. Stawiński, J. Gliński, Z. Stępniewska, Z. Sokolowska, G. Bowanko,
G. Józefaciuk, A. Księżopolska, D. Matyka-Sarzyńska

Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie

J. Ostrowski, IMUZ Fałenty