

## ODDZIAŁYWANIE GĘSTOŚCI I SKŁADU GLEBY NA OCENĘ STANU JEJ ZAGĘSZCZENIA

Dariusz Błażejczak, Jan B. Dawidowski, Marek Śnieg

*Institut Inżynierii Rolniczej, Akademia Rolnicza w Szczecinie*

Tomasz Tomaszewicz

*Katedra Erozyj i Rekultywacji Gleb, Akademia Rolnicza w Szczecinie*

**Streszczenie.** Oceniano stan zagęszczenia gleby i jej podatność na zagęszczanie, z uwzględnieniem zmienności glebowej. W tym celu gęstość objętościową aktualną porównano z gęstością objętościową naturalną (wg Wojtasika) oraz obliczono gęstość objętościową części mineralnych (packing density). Stwierdzono, że na ocenę zagęszczenia gleby ma wpływ głębokość poboru próbek. Wykazano również, że ocena zagęszczenia w wybranej warstwie jest bardziej uzależniona od wyniku oznaczenia gęstości objętościowej gleby niż jej składu.

**Słowa kluczowe:** gleba, skład, gęstość, ocena zagęszczenia

### Wstęp

Jednym z podstawowych problemów współczesnego rolnictwa jest pogarszanie się fizycznego stanu gleb uprawnych, będącego wynikiem ich nadmiernego zagęszczania przez sprzęt rolniczy. Podstawowym parametrem charakteryzującym zagęszczenie gleby jest jej gęstość objętościowa. Zastosowanie tego parametru do oceny zagęszczenia gleby wymaga uwzględnienia składu masy glebowej, bez czego gęstość objętościowa nie może stanowić kryterium oceny [Marcinek i in. 1995]. Dlatego do oceny zagęszczenia stosuje się wartości graniczne gęstości, przypisane do gatunku gleby [Iancu 2001], bądź tworzy się kryterialne wskaźniki, przedstawiające różne stany upakowania cząstek w jednostce objętości [Gupta and Larson 1979; Wojtasik 1995]. Podobnie tworzy się wskaźniki pozwalające na ocenę podatności gleby na zagęszczanie [Jones et al. 2003]. Wskaźniki te obliczane są za pomocą empirycznych modeli statystycznych. Stąd wartość danych wejściowych (niezależnych) uzależniona jest od zmienności glebowej. Zastosowanie kryterialnych wskaźników do oceny zagęszczenia gleby wymaga wykonania, poza oznaczeniem aktualnej gęstości objętościowej, przede wszystkim analizy jej składu granulometrycznego. W praktyce naukowej, wykonując badania gleby na wybranym polu, wyznacza się - na podstawie obserwacji makroskopowych - obszar o zbliżonych cechach, a następnie wykonuje reprezentatywną odkrywkę, z której pobiera się próbki do badań laboratoryjnych. Uzyskane z reprezentatywnej odkrywki wyniki odnosi się do całego obszaru. W przypadku oznaczania gęstości objętościowej z badanego poziomu genetycznego (lub warstwy) pobiera się zwykle od 4 do 6 próbek – o tzw. nienaruszonej strukturze (cylinderki Kopecky'ego). Przy czym minimalna liczba wynosi 3 szt. [Komornicki i Zasoński 1965; Mocek w in. 1997]. Zaś do oznaczania

nia składu gleby pobierany jest (w woreczki foliowe) materiał glebowy – próbki o tzw. naruszonej strukturze.

Celem niniejszej pracy było sprawdzenie, czy zaobserwowana zmienność glebowa w reprezentatywnej odkrywce ma wpływ na ocenę zagęszczenia gleby za pomocą wybranych wskaźników.

## Material i metody

Obiektem badawczym było pole płodozmianowe w miejscowości Ostoja (1B glp.gs), uprawiane systemem bezorkowym. Pomiary w reprezentatywnej odkrywce wykonano wiosną. Glebę badano w warstwach: 0,05-0,10, 0,15-0,20, 0,25-0,30; 0,35-0,40; 0,45-0,50 i 0,55-0,60 m. Z warstw tych pobrano po 6 próbek, z zachowaniem naturalnej struktury gleby (cylinderki 100cm<sup>3</sup>), celem określenia wilgotności aktualnej i gęstości objętościowej. Dla każdej próbki oznaczono uziarnienie (metodą Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego) i zawartość węgla organicznego (metodą Tiurina). Pozwoliło to na obliczenie (dla każdej próbki) gęstości objętościowej naturalnej [Wojtasik 1995] oraz gęstości objętościowej części mineralnych (w literaturze angielskojęzycznej używa się określenia „packing density”), [Jones i in. 2003]. Gęstość naturalną obliczono w oparciu o zawartość piasku średniego (0,5-0,25 mm), drobnego (0,25-0,1 mm) i ilu koloidalnego (<0,002mm), wg klasyfikacji PTG [1989]. Do obliczenia „packing density” posłużyła zawartość ilu wg PN [1998].

## Wyniki

Analiza składu granulometrycznego wykazała, że we wszystkich badanych warstwach mamy do czynienia z glebą o uziarnieniu glina lekka pylasta (wg PTG).

Rezultaty oznaczeń węgla organicznego ( $C_{org}$ ), wilgotności aktualnej ( $W_{aw}$ ), gęstości objętościowej ( $\rho_{oa}$ ) i udziału wybranych frakcji granulometrycznych w poszczególnych warstwach oraz ich zmienność zamieszczono w tabeli 1. Dane te (poza wilgotnością) wykorzystano do obliczenia gęstości objętościowej naturalnej i gęstości objętościowej części mineralnych. Wynika z nich, że gleba w badanej odkrywce charakteryzowała się niewielką zmiennością w obrębie poszczególnych warstw. Znaczące różnice w wartościach badanych cech wystąpiły w układzie pionowym, przede wszystkim pomiędzy warstwami 0,05-0,10 oraz 0,15-0,20 m i dotyczyły zwłaszcza zawartości węgla organicznego ( $C_{org}$ ) i gęstości objętościowej aktualnej ( $\rho_{oa}$ ). Należy dodać, że w przypadku  $\rho_{oa}$  różnice mogą być praktycznie interpretowane od wartości  $\pm 0,1g \cdot cm^{-3}$  [Komornicki i Zasoński 1965]. Zaś dla  $C_{org}$  praktycznie interpretować można różnice  $\pm 0,1\%$ , co wynika pośrednio z badań Wojtasika [1995], dotyczących wpływu różnych czynników na gęstość gleby. Oznaczenia gęstości objętościowej wykonano przy wilgotności aktualnej wynoszącej około 60-70% granicy plastyczności, obserwowanej dla tej gleby [Błażejczak i in. 2002].

Tabela 1. Średnie wartości węgla organicznego ( $C_{org}$ ), wilgotności aktualnej ( $W_{aw}$ ), gęstości objętościowej ( $\rho_{oa}$ ) i udziału wybranych frakcji granulometrycznych wg PTG [1989] i ilu wg PN [1998] w poszczególnych warstwach oraz ich zmienność

Table 1. Mean values of organic carbon ( $C_{org}$ ), current humidity ( $W_{aw}$ ), volumetric density ( $\rho_{oa}$ ) and share of selected granulometric fractions according to Polish Society of Soil Science (PTG) [1989], and clay soil according to the Polish Standard [1998] in individual layers and their variability

Warstwa [m]	Miary położenia i zmienności	$C_{org}$ [%]	Procentowy udział wybranych frakcji [mm]				$W_{aw}$ [% wag.]	$\rho_{oa}$ [ $g \cdot cm^{-3}$ ]
			PTG [1989]			PN [1998]		
			0,5-0,25	0,25-0,1	<0,002	<0,002		
0,05-0,10	$\bar{x}$	1,10	9,77	21,48	10,33	10,06	8,30	1,46
	$x_{min}$	1,02	9,50	21,38	10,00	9,74	7,20	1,42
	$x_{max}$	1,16	9,88	21,63	11,00	10,71	9,00	1,50
	$v$	0,05	0,01	0,00	0,05	0,05	0,08	0,02
0,15-0,20	$\bar{x}$	0,77	9,92	21,17	9,83	9,55	8,25	1,62
	$x_{min}$	0,71	9,50	20,25	7,00	6,80	8,10	1,54
	$x_{max}$	0,82	10,38	21,63	11,00	10,68	8,40	1,66
	$v$	0,06	0,04	0,02	0,16	0,16	0,01	0,03
0,25-0,30	$\bar{x}$	0,67	9,88	21,13	10,50	10,18	10,35	1,65
	$x_{min}$	0,45	9,63	20,50	9,00	8,73	9,50	1,58
	$x_{max}$	0,74	10,13	21,50	12,00	11,64	10,70	1,74
	$v$	0,16	0,02	0,02	0,12	0,12	0,05	0,04
0,35-0,40	$\bar{x}$	0,66	10,06	21,08	10,67	10,29	12,33	1,67
	$x_{min}$	0,61	9,88	20,38	9,00	8,68	11,10	1,63
	$x_{max}$	0,70	10,38	21,50	12,00	11,58	12,90	1,72
	$v$	0,05	0,02	0,02	0,10	0,10	0,05	0,02
0,45-0,50	$\bar{x}$	0,42	9,79	20,71	9,33	9,17	14,78	1,65
	$x_{min}$	0,39	9,63	20,13	9,00	8,84	14,50	1,60
	$x_{max}$	0,45	9,88	21,38	10,00	9,83	15,20	1,70
	$v$	0,05	0,01	0,02	0,06	0,06	0,02	0,02
0,55-0,60	$\bar{x}$	0,43	9,65	19,83	10,00	9,84	15,55	1,62
	$x_{min}$	0,37	9,25	19,63	10,00	9,84	15,00	1,55
	$x_{max}$	0,50	10,25	20,63	10,00	9,84	16,10	1,67
	$v$	0,12	0,04	0,02	0,00	0,00	0,02	0,03

Oznaczenia:  $\bar{x}$  – wartość średnia,  $x_{min}$  – wartość minimalna,  $x_{max}$  – wartość maksymalna,  $v$  – współczynnik zmienności

Wpływ zmienności glebowej na ocenę jej zagęszczenia za pomocą gęstości objętościowej naturalnej ( $\rho_{on}$ ) wg Wojtasika [1995] przedstawiono w tabeli 2. Aby zbadać wpływ poszczególnych parametrów (niezależnych), będących składowymi formuły  $\rho_{on}$ , ocenę wykonano dla różnych wariantów wartości oznaczonych cech gleby. Brano pod uwagę wartości średnie oraz maksymalne i minimalne. Ocena zagęszczenia gleby – zgodnie z propozycją Wojtasika – polegała na analizie różnic pomiędzy gęstością objętościową

aktualną i naturalną. W tabeli 2 podano dodatkowo wyniki obliczeń granulometrycznego wskaźnika gęstości naturalnej gleby ( $g$ ), który ma główny wpływ na obliczaną wartość  $\rho_{on}$ . Analizując wyniki oceny ogólnej – wariant średnie wartości  $C_{org}$ ,  $g$  i  $\rho_{oa}$  – można stwierdzić, że na głębokościach 0,075, 0,475 i 0,575 m badana gleba była słabo spulchniona ( $-0,05 > \rho_{oa} - \rho_{on} \geq -0,15$ ). Na pozostałych głębokościach zagęszczenie gleby było równe gęstości objętościowej naturalnej ( $\rho_{oa} = \rho_{on} \pm 0,05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ). W przypadku pozostałych wariantów, w których do obliczeń zastosowano skrajne wartości kolejnych niezależnych, zauważa się, że ocena ta ulega zmianie dla niektórych głębokości. Dotyczy to tylko gęstości objętościowej. Np. dla wariantu,  $\rho_{oa} = \text{min}$ ,  $C_{org} = \text{śred.}$  i  $g = \text{śred.}$  przy głębokości 0,075 m uzyskano, że gleba jest średnio spulchniona ( $-0,15 > \rho_{oa} - \rho_{on} \geq -0,25$ ).

Tabela 2. Wpływ zmienności składu granulometrycznego, wyrażonego za pomocą wskaźnika granulometrycznego gęstości naturalnej gleby ( $g$ ) oraz gęstości objętościowej aktualnej ( $\rho_{oa}$ ) i węgla organicznego ( $C_{org}$ ) na ocenę zagęszczenia gleby wg Wojtasika [1995]

Table 2. Effect of variability of granulometric composition, expressed by means of the soil natural density granulometric index ( $g$ ) and current volumeric density ( $\rho_{oa}$ ) as well as organic carbon ( $C_{org}$ ) on soil compactness assessment according to Wojtasik [1995]

Głębokość [m]	$g$		$\rho_{on}$		Ocena zagęszczenia (różnica $\rho_{oa} - \rho_{on}$ w $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) dla poszczególnych wariantów							
	Śred. [-]	min-max [-]	Śred. [ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ]	min-max [ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ]	$C_{org} = \text{śred.}$ $g = \text{śred.}$ $\rho_{oa} = \text{śred.}$	$C_{org} = \text{min.}$ $g = \text{śred.}$ $\rho_{oa} = \text{śred.}$	$C_{org} = \text{max.}$ $g = \text{śred.}$ $\rho_{oa} = \text{śred.}$	$g = \text{min.}$ $C_{org} = \text{śred.}$ $\rho_{oa} = \text{śred.}$	$g = \text{max.}$ $C_{org} = \text{śred.}$ $\rho_{oa} = \text{śred.}$	$\rho_{oa} = \text{min.}$ $C_{org} = \text{śred.}$ $g = \text{śred.}$	$\rho_{oa} = \text{max.}$ $C_{org} = \text{śred.}$ $g = \text{śred.}$	
0,075	3,03	2,85-3,14	1,60	1,59-1,60	-0,14	-0,14	-0,13	-0,13	-0,14	-0,16	-0,11	
0,175	3,25	2,70-4,43	1,63	1,63-1,64	-0,02	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,05	0,01	
0,275	2,99	2,54-3,49	1,66	1,65-1,68	-0,01	-0,03	-0,01	-0,01	-0,02	-0,06	0,03	
0,375	2,94	2,59-3,47	1,68	1,67-1,69	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,04	0,01	
0,475	3,27	3,06-3,40	1,72	1,72-1,72	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,10	-0,04	
0,575	2,95	2,89-3,09	1,74	1,73-1,74	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,16	-0,09	

Uwaga: <sup>3</sup> – oznacza, że minimalną i maksymalną wartość  $\rho_{on}$  obliczono jako średnią arytmetyczną trzech najmniejszych i trzech największych wartości w danej warstwie

- zagęszczenie gleby równe gęstości objętościowej naturalnej
- gleba słabo spulchniona
- gleba średnio spulchniona

Wartości gęstości  $P_d$ , [Jones et al. 2003], pozwalają na ocenę podatności warstwy podornej na zagęszczanie (tab. 3). Bazując na wartościach średnich wyników oznaczeń (czcionka wytłuszczona) stwierdzono, iż mamy do czynienia z glebą o niewielkiej ( $P_d > 1,75 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) lub średniej ( $P_d$  od 1,40 do 1,75  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) podatności na zagęszczanie. Dla pozostałych wariantów, w których do obliczeń zastosowano wartości skrajne zawartości frakcji mniejszej od 0,002mm ( $U_{0,002}$ ) i gęstości objętościowej aktualnej ( $\rho_{oa}$ ) uzyskano zbliżone wartości  $P_d$ . Maksymalna różnica  $P_d$  pomiędzy wariantem ze średnimi a skrajnymi wartościami niezależnych nie przekroczyła  $\pm 0,05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Jednak, w niektórych przypad-


kach (warstwy 0,25-0,30 i 0,45-0,50 m dla wariantu  $\rho_{oa}^3 = \max.$  i  $U_{0,002} = \text{śred.}$ ), dla których przekroczony został przedział zaproponowany przez Jones'a i wsp. [2003], ocena podatności gleby na zagęszczanie uległa zmianie – gleba o niewielkiej ( $P_d > 1,75 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) podatności na zagęszczanie. Porównując wyniki obliczeń  $P_d$  w poszczególnych warstwach, uzyskane dla średnich oraz skrajnych wartości  $U_{0,002}$  i  $\rho_{oa}$ , można zauważyć, że gęstość objętościowa części mineralnych zależy bardziej od gęstości objętościowej niż zawartości frakcji mniejszej od 0,002 mm.


Tab. 3. Wpływ zawartości frakcji mniejszej od 0,002mm ( $U_{0,002}$ ) i gęstości objętościowej aktualnej ( $\rho_{oa}$ ) na ocenę podatności gleby na zagęszczanie za pomocą gęstości objętościowej części mineralnych ( $P_d$ )

Table 3. Effect of the content of the fraction below 0.002 mm ( $U_{0,002}$ ) and current volumetric density ( $\rho_{oa}$ ) on the assessment of soil compactibility done by means of volumetric density of mineral parts ( $P_d$ )

Warstwa [m]	$P_d$ [ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ] dla poszczególnych wariantów				
	$U_{0,002} = \text{śred.}$ $\rho_{oa} = \text{śred.}$	$U_{0,002} = \text{min.}$ $\rho_{oa} = \text{śred.}$	$U_{0,002} = \text{max.}$ $\rho_{oa} = \text{śred.}$	$\rho_{oa}^3 = \text{min.}$ $U_{0,002} = \text{śred.}$	$\rho_{oa}^3 = \text{max.}$ $U_{0,002} = \text{śred.}$
0,05-0,10	1,55	1,55	1,55	1,52	1,57
0,15-0,20	1,70	1,68	1,71	1,67	1,73
0,25-0,30	1,74	1,72	1,75	1,69	1,78
0,35-0,40	1,77	1,75	1,78	1,74	1,79
0,45-0,50	1,73	1,73	1,74	1,70	1,77
0,55-0,60	1,71	1,71	1,71	1,67	1,74

Uwaga: <sup>3</sup> – oznacza, że minimalną i maksymalną wartość  $\rho_{on}$  obliczono (w tym przypadku) jako średnią arytmetyczną trzech najmniejszych i trzech największych wartości w danej warstwie

 - niewielka podatność na zagęszczanie

 - średnia podatność na zagęszczanie

## Wnioski

1. Na ocenę zagęszczenia gleby w odkrywcze za pomocą gęstości objętościowej naturalnej wg Wojtasika oraz podatności gleby na zagęszczanie za pomocą gęstości objętościowej części mineralnych (packing density) wpływa głębokość poboru próbek. Powodem jest większa zmienność pionowa niż pozioma składu gleby i gęstości objętościowej aktualnej.
2. Ocena zagęszczenia gleby w warstwie za pomocą gęstości objętościowej naturalnej jest bardziej uzależniona od kształtowania się wyników oznaczenia gęstości objętościowej aktualnej niż składu granulometrycznego lub zawartości węgla organicznego.
3. Ocena podatności gleby na zagęszczanie w warstwie za pomocą gęstości objętościowej części mineralnych (packing density) zależy bardziej od wyniku oznaczenia gęstości objętościowej aktualnej niż zawartości frakcji mniejszej od 0,002 mm.

## Bibliografia

- Błażejczak D., Tomaszewicz T., Dawidowski J.B., Śnieg M.** 2002. Właściwości fizyko-mechaniczne warstwy podornej gleby dla wybranych roślin uprawnych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 5(38). s. 197-204.
- Gupta S.C., Larson W.E.** 1979. A model for predicting packing density of silos using particle-size distribution. *Soil Sci. Soc. AM. J.*, Vol 43. s. 758-764.
- Iancu M.** 2001. Technique for Reducing Subsoil Compaction of Pedogenetic Origin. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> INCO Copernicus Workshop on Subsoil Compaction. Busteni-Romania, June 14-18, 2001. s. 437-451.
- Jones R.J.A., Spoor G., Thomasson A.J.** 2003. Vulnerability of subsoil in Europe to compaction: a preliminary analysis. *Soil & Tillage Research* 73. s. 131-143.
- Komornicki T., Zasoński S.** 1965. Powtarzalność wyników oznaczeń niektórych właściwości fizycznych gleb. *Roczniki Gleboznawcze*, T. XV. Zeszyt 2. PWN Warszawa. s. 315-330.
- Marcinek J., Komisarek J., Kaźmierowski C.** 1995. Degradacja fizyczna gleb płowych i czarnych ziem intensywnie użytkowanych rolniczo w Wielkopolsce. *Zeszyty Prob. Postęp. Nauk Rol.* Z. 418. s. 141-147.
- Mocek A., Drzymala S., Maszer P.** 1997. Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. AR Poznań. PN-R-04033. 1998. Gleby i utwory mineralne: Podział na frakcje i grupy granulometryczne. PTG 1989. Systematyka gleb polskich. *Roczniki Gleboznawcze*, t. XL, z. 190, wyd. 4, PWN Warszawa.
- Wojtasik M.** 1995. Gęstość naturalna gleb mineralnych. WSP Bydgoszcz.

## EFFECTS OF SOIL DENSITY AND COMPOSITION ON THE ASSESSMENT OF ITS COMPACTNESS

**Abstract.** Soil compactness and its compactibility, allowance made for soil variability, were evaluated. For that purpose current volumetric density was compared with natural volumetric density (according to Wojtasik) and volumetric density of mineral parts (packing density) was calculated. It has been found that the assessment of soil compactness is affected by sampling depth. It has also been proven that the assessment of compactness done for a chosen layer is more dependent on the result of soil volumetric density determination than on soil composition.

**Key words:** soil, composition, density, compactness assessment

### Adres do korespondencji:

Dariusz Błażejczak; e-mail: blazejczak@agro.ar.szczecin.pl  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Akademia Rolnicza w Szczecinie  
ul. Papieża Pawła VI/3  
71-459 Szczecin