

WPŁYW WILGOTNOŚCI GLEBY NA JEJ ZAGĘSZCZENIE KOŁEM CIĄGNIKA

Jerzy Buliński, Leszek Sergiel

Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzone w kanale glebowym. Badania miały na celu określenie efektu ugniatania gleby przez koło ciągnika przy różnych jej wilgotnościach. Badania wykonano na glinie drobnopiaszczystej, przy trzech wilgotnościach (7-12-17% wagowych), Glebę ugniatano przejeżdżając kołem 1-2-4-8 krotnie, z prędkością $0,23 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Liczba przejazdów ugniatających jak i wilgotność gleby były dodatnio skorelowane z zagęszczeniem gleby pod koleiną przejazdu.

Słowa kluczowe: parametry gleby, opona, kanał glebowy, badania

Wstęp

Wilgotność gleby jest jednym z czynników związanych z działalnością rolniczą. Jest czynnikiem plonotwórczym, jej odpowiedni poziom warunkuje rozwój roślin, zmienia również podatność gleby na ugniatanie kołami przejeżdżających po polu agregatów rolniczych [Weideman i Meeusen 1999; Yavuzcan i in. 2007]. Wskazuje się [Szeptycki 2003; Alexandrou i Earl 1998], że wilgotność ma wpływ na wielkość naprężeń i zakres ich rozchodzenia się w warstwie ornej pod kołami przejeżdżających pojazdów. Wynika to z faktu, że każda gleba ma swoistą dla siebie wilgotność, przy której jej odporność na działanie sił mechanicznych jest najmniejsza [Forssblad 1981]. Wilgotność ta waha się od ok. 14% dla piasków gliniastych i glin piaszczystych do 26% dla pyłów i ciężkich glin [Owczarzak i Rząsa 1990]. Wg Shafiga i in. [1994], ugniecenie gleby ogranicza jej zdolność do zatrzymywania wody i zmniejsza przewodność hydrauliczną, wpływa na rozwój systemu korzeniowego Gemtos i Lelli [1997]. Stwierdzono również [Włodek 2000], że największy wzrost gęstości gleby oraz zmniejszenie porowatości w wyniku przejazdów kół agregatów występuje w warstwie powierzchniowej, przy czym tempo zmian było ściśle związane z wilgotnością gleby. Większość badań, prowadzonych w warunkach polowych jest związana z naturalnymi zmianami wilgotności gleby i kontrolowane zmiany zawartości wody w glebie są trudne do uzyskania. Nie wiadomo, jak reaguje dana gleba na ugniecenie w szerokim zakresie wilgotności. Wyjaśnienie tego problemu było celem przeprowadzonych badań.

Metodyka badań

Badania przeprowadzono w kanale glebowym [Buliński i in. 2010] na glebie określonej na podstawie składu granulometrycznego jako glina drobnopiaszczysta [PN-R-04033], przy trzech wilgotnościach wynoszących: 7–12–17% (w % wagowych). Przyjęte wilgotności uznano za krańcowe, w których gleba utrzymywała strukturę podczas zabiegów spulchniania przed kolejnymi przejazdami (nie rozsypywała się) oraz poddawała się naciskom koła. Przy niższej wilgotności obserwowano trudności w jej zagęszczeniu (utrata nośności i zapadanie się koła), natomiast przy wilgotności powyżej 17% następowało silne jej uplastycznienie, podchodzenie wody w miejscu ugniecenia i oblepianie się koła. Przed pomiarami glebę spulchniano na głębokość 0,44 m za pomocą zestawu zębów dłutowych, następnie powierzchnię gleby równano do jednakowego poziomu dla wszystkich serii pomiarowych. W badaniach użyto przednie koło ciągnika z oponą 7.50–16, z ciśnieniem w oponie 180 kPa. Spulchnioną glebę ugniatano wykonując 1–2–4–8 przejazdów koła tym samym śladem, z prędkością: $0,23 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, z obciążeniem siłą 2011 N. Dla każdego wariantu ugniecenia gleby, mierzono jej gęstość, wciskając próbnik z cylinderkami o pojemności 100 cm^3 do głębokości 300 mm, (co 50 mm), w trzech miejscach wzdłuż koleiny. Otrzymano w ten sposób gęstości próbek gleby dla poziomów oznaczonych jako: a25, a75, a125, a175 a225, a275, gdzie wartość odpowiada głębokości (w mm) środka warstwy, z której pobierano próbkę. Ponieważ podczas pomiarów w koleinie o głębokości przekraczającej 140 mm próbki pobierane z poziomu a275 mogły znajdować się w warstwie nie-spulchnionej, w analizie wyników wartości te nie uwzględniono. Każdorazowo mierzono również gęstość gleby przed przejazdami ugniatającymi ($Kr=0$).

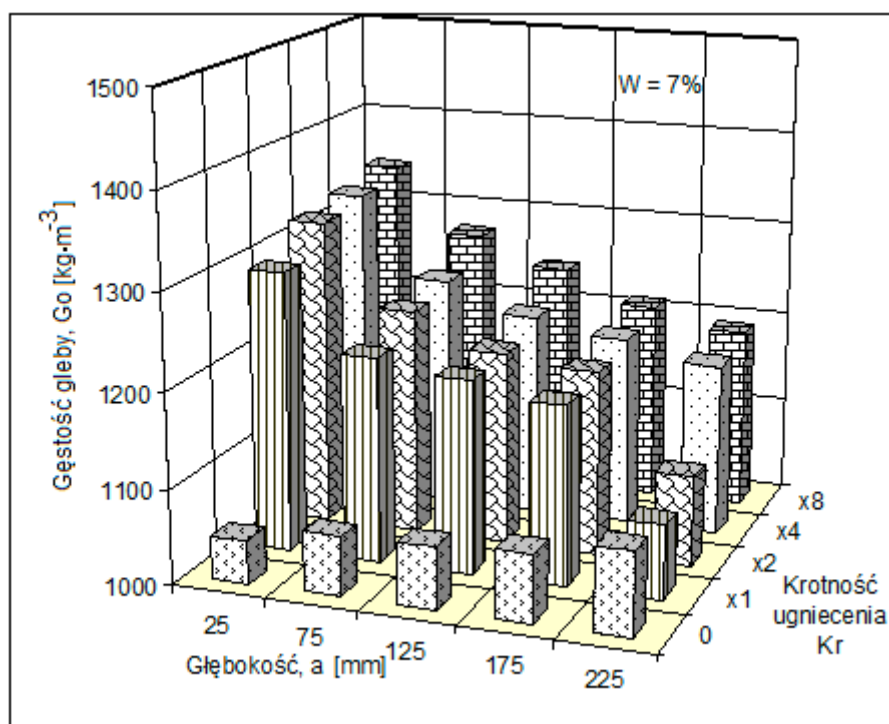
Wszystkie próbki suszono w temperaturze 105°C kontrolując w ten sposób wilgotność gleby podczas pomiarów jak i otrzymując gęstości gleby suchej, które poddano analizie.

Wyniki badań

Rozpatrując wartości gęstości gleby przy wilgotności 7% (rys 4) można zauważyć, że w stosunku do stanu wyjściowego (gleba spulchniona) przejazdy koła powodowały największy wzrost zagęszczenia w warstwie powierzchniowej (a25). W stosunku do stanu wyjściowego ($Kr=0$) gęstość gleby po jednokrotnym ugnieceniu kołem gęstość gleby zwiększyła się do $1295 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ tj. o 23,8%. Po dwóch przejazdach koła, gęstość gleby w tej warstwie zwiększyła się już tylko około 2,8%, a kolejne przejazdy (4 i 8-krotne) zwiększały jej gęstość o ok. 1%. Końcowa gęstość gleby warstwie powierzchniowej, po ośmiu przejazdach koła zwiększyła się w porównaniu ze stanem wyjściowym o 28,3%, tj. do $1342 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Gęstość gleby zmieniała się w zależności od głębokości pomiaru. Pojedynczy przejazd koła nie zwiększył zagęszczenia w warstwie najgłębszej (a225), zaś dwa przejazdy skutkowały wzrostem zagęszczenia mniejszym niż 1%. Następne przejazdy (4 i 8 krotne) tym samym śladem prowadziły do wzrostu gęstości w warstwie najgłębszej w sumie ponad 9% tj. do $1191 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

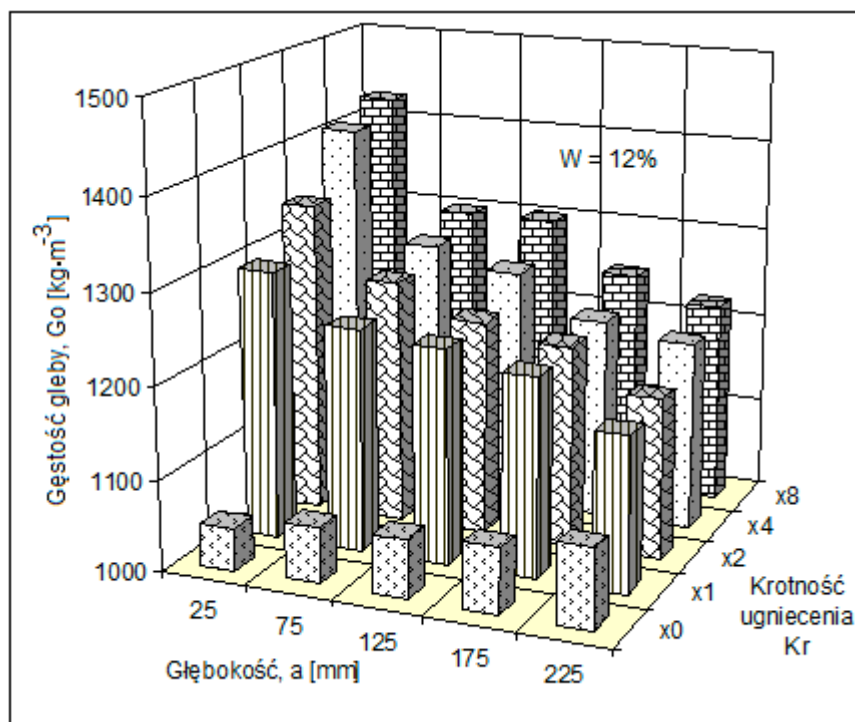
W przekroju całości badań na glebie o wilgotności 7%, stwierdzono, że zagęszczenie warstwy najgłębiej położonej (w poszczególnych wariantach ugniecenia) było mniejsze od ok. 11% do 17,3%, niż warstwy powierzchniowej, przy czym kierunek zmian nie był jed-

noznacznie powiązany z liczbą przejazdów ugniatających. Największe różnice w gęstości gleby między tymi warstwami powstały po pierwszym (16,7%) i drugim (17,4%) przejeździe koła. Może to wynikać z utworzenia się ugniecionej warstwy powierzchniowej po pierwszych dwóch przejazdach koła, ograniczającej przenoszenie naprężeń w głąb profilu, w następnych przejazdach.



Rys. 4. Zmiany gęstości gleby w koleinie przy wilgotności 7%
 Fig. 4. Changes of soil density in the wheel track with moisture at 7%

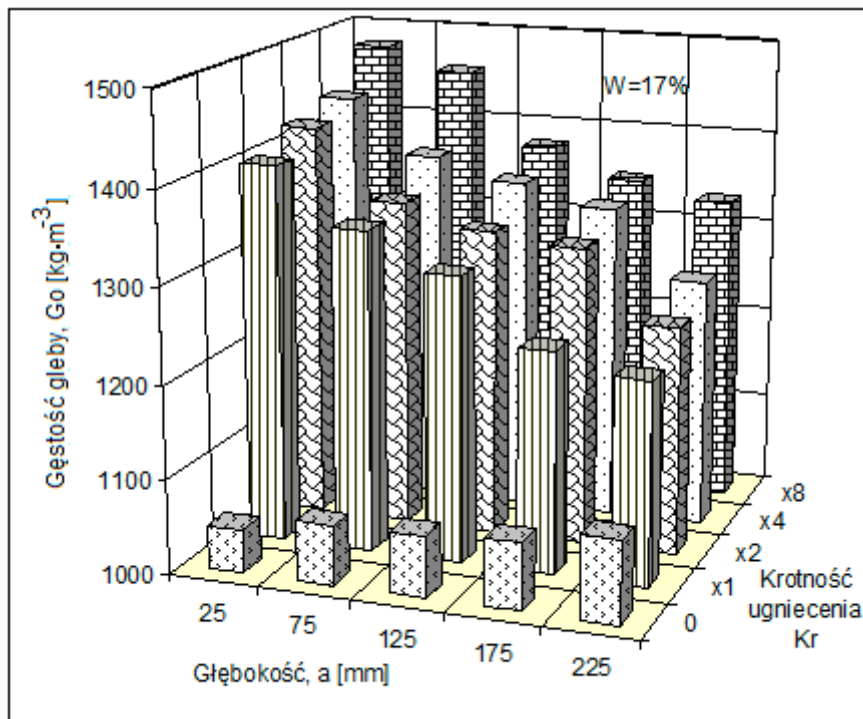
Powtarzając układ przejazdów ugniatających na glebie o wilgotności 12% (rys. 5), zaobserwowano silniejsze oddziaływanie koła. Jednokrotny przejazd koła zwiększył gęstość gleby w warstwie powierzchniowej (a25) na zbliżonym poziomie jak przy wilgotności mniejszej tj ok. ok. 24% (do 1296 kg·m⁻³), natomiast kolejne przejazdy koła miały już wpływ bardziej wyraźny i wzrosty gęstości wynosiły ok. 4,6 %, po dwóch przejazdach 6,11% po czterech, natomiast 8 przejazdów miało niewielki wpływ tj 1,74%. W porównaniu z odcinkiem kontrolnym, całkowite zwiększenie gęstości gleby o wilgotności 12%, po ośmiokrotnym jej ugnieceniu przy wilgotności wynosiło 380 kg·m⁻³ (tj. do 1426 kg·m⁻³) i było o ok. 84 kg·m⁻³ więcej niż w analogicznej serii pomiarów wykonywanych przy wilgotności 7%.



Rys. 5. Zmiany gęstości gleby w koleinie przy wilgotności 12%
 Fig. 5. Changes of soil density in the wheel track with moisture at 12%

Gleba wilgotniejsza charakteryzowała się również większym zróżnicowaniem gęstości warstwy najgłębszej. W porównaniu do stanu wyjściowego, wzrost gęstości wyniósł od 7,6% ($Kr=1$), do 12,5% ($Kr=8$). Różnice w zagęszczeniu gleby między warstwami skrajnymi (a_{25} i a_{225}) rosły wraz z liczbą ugnieceń i wynosiły od 9,7% (przy $Kr=1$) do 14,2% - przy ośmiokrotnym ugnieceniu.

Zwiększenie wilgotności gleby do 17% skutkowało obniżeniem jej podatności na ugniecenie (rys. 6). W porównaniu z odcinkiem kontrolnym ($Kr=0$) w warstwie powierzchniowej po jednokrotnym ugnieceniu zagęszczenie zwiększyło o 34%, tj. ponad 10% więcej niż przy wilgotności 7 i 12%. Przy kolejnych przejazdach koła tempo przyrostów gęstości gleby było zbliżone jak przy wilgotności najmniejszej, tj. o ok. 1% po 2 i 4 ugnieceniach i ok. 4% po 8 przejazdach koła, zwiększając końcową gęstość gleby do 1480 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Oznacza to, że zwiększenie wilgotności do 17%, przy jednakowych sposobach ugniatania kołem, prowadziło do zwiększenia gęstości gleby o 138 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ w porównaniu z glebą o wilgotności 7% i o ok. 65 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ w porównaniu z glebą o wilgotności 12%. Równocześnie stwierdzono, że przy wilgotności największej warstwa położona najgłębiej (a_{225}) była mniej zagęszczona przez koło niż warstwa powierzchniowa w zakresie od 13,3% po pojedynczym przejeździe do 10,2% po ośmiu przejazdach ugniatających. W tym przypadku kierunek zmian zagęszczenia był odwrotnie zależny od liczby przejazdów koła i różnice w zagęszczeniu pomiędzy wariantami ugniecia nie przekraczały 1%.



Rys. 6. Zmiany gęstości gleby w koleinie przy wilgotności 17%
 Fig. 6. Changes of soil density in the wheel track with moisture at 17%

Analizując uzyskane wyniki pomiarów można zauważyć, że wprawdzie istniały pewne różnice w tempie przyrostu zagęszczenia poszczególnych warstw gleby oraz w kierunku tych zmian w badanych wariantach pomiarowych, to jednak wartości średnie gęstości całego profilu (średnia z poszczególnych warstw) gleby były dodatnio skorelowane zarówno z liczbą przejazdów ugniatających jak i wilgotnością gleby.

Oceniając wpływ wilgotności przy różnych wariantach ugniecenia, można zauważyć, że zwiększenie wilgotności gleby z 7 na 12% i z 12% na 17% powodowało zwiększenie gęstości gleby po jednokrotnym przejeździe odpowiednio o 3,5% i 6,4%, a po ośmiu przejazdach o 4,5% i 9,2%. Warianty pośrednie ugniecenia (2 i 4-krotne) prowadziły do odpowiednio mniejszych zmian w przyroście gęstości gleby.

Całość wyników pomiarowych poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu STATGRAPHICS Plus. Wieloczynnikowa analiza wariancji (ANOVA Type III Sums of Squares) dla 3 wilgotności, 4 wariantów liczby przejazdów, 5 poziomów głębokości wykazała, że zmienne te miały istotny wpływ na zagęszczanie gleby ($p < 0,05$). Wykorzystując wieloczynnikową analizę regresji (pakiet Multiple Regression Analysis) wyznaczono równanie opisujące związek gęstości objętościowej z poszczególnymi zmiennymi:

$$G_o = 1195,55 - 819,52 \cdot a + 9,996 \cdot K_r + 12,34 \cdot W;$$

$$R^2 = 91,8\%, \text{ SEE} = 24,9.$$

(oznaczenia i jednostki zgodne z oznaczeniami rys. 4–6).

Dla przedstawionego równania wszystkie zmienne były statystycznie istotne ($p < 0.01$). Przedstawione wyżej równanie odnosi się do warunków badań w kanale glebowym. Należy mieć na uwadze, że odniesienie przedstawionej zależności do innego rodzaju gleby, bądź warunków pola naturalnego wymaga wykonania stosownej weryfikacji.

Wnioski

Przeprowadzone badania i analiza uzyskanych wyników pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Na podstawie całości uzyskanych wyników pomiarowych można stwierdzić, że w przypadku gleby określonej jako glina drobnopiaszczysta, zmiany wilgotności z 7% do 12% i do 17% prowadziły do obniżenia jej podatności na ugniatanie.
2. Największy wzrost gęstości gleby stwierdzono w warstwie powierzchniowej i wynosił od 23,8%, po jednokrotnym przejeździe ugniatającym i wilgotności 7%, do 41,6% przy wilgotności 17% i ośmiokrotnym ugnieceniu gleby kołem.
3. Wzrost gęstości gleby w warstwie najgłębszej wynosił od 0,6%, przy jednokrotnym ugnieceniu i wilgotności gleby 7%, do 22,3% przy ośmiokrotnym ugnieceniu i wilgotności 17%.
4. W zależności od wariantu ugniecenia, zwiększenie wilgotności gleby z 7% do 12% skutkowało wzrostem średniej gęstości gleby w kolejnie od 3,5% do 4,5%, zaś dalszy wzrost wilgotności gleby do 17% prowadził do zwiększenia jej gęstości od 6,3% do 9,2%.
5. Wilgotność gleby jak i liczba przejazdów koła miały statystycznie istotny wpływ na gęstość gleby suchej rozpatrywanego profilu.

Bibliografia

- Buliński J., Klonowski J., Sergiel L.** 2010. Wykorzystanie kanału glebowego do badań zespołów roboczych narzędzi i mechanizmów jezdnych. Inżynieria Rolnicza. Nr 1(119). Kraków. s. 93-98.
- Forssblad L.** 1981. Vibratory soil and rock fill compaction. Dynapac Maskin AB, Solna, Sweden. s. 175.
- Gemtos T. A.; Lelli Th.** 1997. Effects of Soil Compaction, Water and Organic Matter Contents on Emergence and Initial Plant Growth of Cotton and Sugar Beet. Journal of Agricultural Engineering Research. 66. s. 121–134.
- Owczarzak W, Rząsa S.** 1990. Graniczne stany potencjalnego zagęszczenia gleb mineralnych Cz II. Stany i stopnie oraz wskaźniki zagęszczenia i spulchnienia gleb mineralnych Polski. Mat. Międzynarodowego Seminarium RWPG „Modelowanie i optymalizacja parametrów żyzności gleb”, IUNG Puławy.
- PN-R-04033.** Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne.

- Shafiq M., Hassan A., Ahmad S.** 1994: Soil physical properties as influenced by induced compaction under laboratory and field conditions. *Soil & Tillage Research*. Vol. 29, Issue 1. s. 13-22.
- Szeptycki A.** 2003. Wpływ ciężkich maszyn rolniczych na fizykomechaniczne właściwości gleby. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 48, Nr 2. s. 38-42.
- Weidema, B.P., M.J.G. Meeusen.** 1999. Agricultural data for life cycle assessments. The Hague, Agricultural Economics Research Institute (LEI). Report 2.00.01; ISBN 90-5242-563-9.
- Włodek S.** 2000. Wpływ powierzchniowego zagęszczenia gleby na jej właściwości fizyczne w profilu. Komitet Techniki Rolniczej PAN, Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. IBMER – Wrocław. s. 313-318.

INFLUENCE OF SOIL MOISTURE ON ITS COMPACTION BY A TRACTOR WHEEL

Abstract. The study presents the results of the research carried out in the soil channel. The purpose of the research was to determine the effects of soil compaction by a tractor wheel for different levels of moisture. The researches were carried out on a fine –grained sandy loam at three moisture contents (7-12-17%). The soil was kneaded by 1-2-4-8 wheel driving runs with speed of $0.23 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Number of kneading wheel runs and soil moisture were positively correlated with soil compaction in the wheel track.

Key words: soil parameters, tire, soil channel, research

Adres do korespondencji:

Jerzy Buliński; e-mail: kmrl@sggw.pl
Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa