

WPŁYW WIELOKROTNEGO PRZEJAZDU CIĄGNIKA NA ZMIANY NAPRĘŻEŃ POD KOŁAMI ORAZ PRZYROSTY GĘSTOŚCI OBJĘTOŚCIOWEJ GLINY LEKKIEJ

Jan Jurga

Instytut Inżynierii Rolniczej, Akademia Rolnicza w Szczecinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań, których celem była ocena wpływu wielokrotnego przejazdu ciągnika na wartości naprężeń oraz na zmiany gęstości objętościowej gliny lekkiej. Na podstawie uzyskanych rezultatów stwierdzono, że największe naprężenia występują w osi koleiny. W strefie tej zidentyfikowano jednocześnie największe przyrosty gęstości objętościowej gleby. W oparciu o uzyskane dane sporządzono zależność przyrostów gęstości objętościowej gleby od średnich wartości naprężeń występujących w koleinie podczas przejazdu ciągnika Ursus 902.

Słowa kluczowe: gleba, naprężenia, gęstość objętościowa

Wstęp i cel pracy

Intensywna uprawa roli pociąga za sobą szereg negatywnych skutków, do których należy zaliczyć przyrost zagęszczenia gleby w warstwie ornej i podornej. Stanowi to obok nadmiernego obciążenia gleby przez nawozy mineralne i organiczne, środki ochrony roślin oraz przez stosowanie zbyt uproszczonych płodozmianów, kolejny problem ekologiczny, który nauka stara się rozwiązać.

Główną przyczyną zagęszczenia gleby są przejazdy pojazdów rolniczych. Należy przy tym wziąć pod uwagę, że łączna powierzchnia kolein jest 3-7-krotnie większa od całkowitej powierzchni pola [Walczyk 1995]. W niektórych miejscach ślady kół mogą się pokrywać ponad 25-krotnie [Buliński 1998], a zaledwie 10-15% powierzchni pola jest wolne od kolein [Nogtikov 2004].

Stan zagęszczenia identyfikowany jest na podstawie właściwości fizycznych gleby. Do najczęściej stosowanych wielkości charakteryzujących zagęszczenie gleby należą: zwężalność, gęstość objętościowa, porowatość oraz przepuszczalność wodna i powietrzna. W celu przeciwdziałania negatywnym skutkom stosowania ciężkich maszyn i ciągników rolniczych niezbędne są badania procesu oddziaływania kół jezdnych pojazdów na glebę. Rozkład naprężeń panujących w obciążonej naciskiem glebie uzależniony jest zarówno od parametrów pojazdu, tj. od obciążenia kół, wielkości powierzchni styku opon z glebą, ciśnienia w ogumieniu, rodzaju ogumienia, poślizgu, prędkości, wibracji jak i od samej gleby - jej gatunku, struktury, gęstości, wilgotności i wrażliwości na ugniatanie [Horn i Stork 1988].

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu wielokrotnego przejazdu ciągnika na wartości naprężeń oraz na zmiany gęstości objętościowej gleby.

Metodyka badań

Badania przeprowadzono na glebie, którą na podstawie składu granulometrycznego sklasyfikowano jako glinę lekką. W okresie realizacji pomiarów gleba miała wilgotność 11,3%, odczyn pH 7,3 oraz zawartość próchnicy 2,83%. Jej gęstość właściwa wynosiła $2,58 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Przed rozpoczęciem badań gęstość objętościowa gleby (G) miała następujące średnie wartości: na głębokości (H) 15 cm – $G=1,68 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$; $H=30$ cm – $G=1,71 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$; $H=45$ cm – $G=1,73 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$; $H=60$ cm – $G=1,75 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Do przeprowadzenia pomiarów naprężeń użyto piezorezystancyjnych przetworników ciśnienia. Przetworniki posiadały membranę płaską i wewnątrz wypełnione olejem silikonowym. Pomiary przeprowadzono kolejno na głębokościach 15; 30; 45; 60 cm. Wykonano wykop o szerokości 1 m i długości 1,5 m. W połowie długości wykopu, wzdłuż osi prostopadłej do toru ruchu ciągnika, rozmieszczano cztery przetworniki ciśnienia tak, że pierwszy przetwornik znajdował się w osi planowanej kolejiny a następne były oddalone kolejno względem siebie o 10 cm. Wielkość przekroju kolejiny, podlegającą badaniom, przyjęto na podstawie prób wstępnych. Stwierdzono, że poza badaną strefą zmiany gęstości objętościowej gleby spowodowane przejazdami ciągnika są statystycznie nieistotne. Dobierając odległości pomiędzy sąsiednimi przetwornikami naprężeń, kierowano się potrzebą wyodrębnienia dostatecznie dużej strefy, umożliwiającej wykonanie oznaczeń gęstości objętościowej gleby. Płaskie membrany przetworników były ustawione poziomo i skierowane do góry. Przed zasypaniem wykopu, za pomocą linki i dwóch palików zaznaczono usytuowanie pierwszego czujnika, a tym samym tor przejazdu dla przedniego i tylnego koła. Po zasypaniu wykopu glebę wstępnie zagęszczono. Do obciążania gleby został zastosowany ciągnik Ursus 902. Nacisk na jego oś przednią wynosił 17 kN, natomiast na tylną 30 kN. Koła przednie posiadały ogumienie 7,5-20,0 ANP5 6PR o ciśnieniu 0,18 MPa. Koła tylne wyposażone były w ogumienie 18,4 R 34, w którym panowało ciśnienie 0,1 MPa. Ciągnik przemieszczał się po polu ze stałą prędkością wynoszącą 8 km/h. Oznaczenia gęstości objętościowej gleby wykonywano według typowej metodyki. Próbkę gleby o nienaruszonej strukturze pobierano z części pola przylegającej do odcinka pomiaru naprężeń. Pierwszą serię pomiarów wykonano przed zagęszczaniem gleby, zaś drugą po zagęszczeniu gleby sześciokrotnym przejazdem ciągnika.

Omówienie wyników badań

W tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiaru naprężeń występujących podczas kolejnych przejazdów ciągnika. Najmniejsze naprężenia wywołane przetaczaniem przedniego koła stwierdzono podczas pierwszego przejazdu. Podczas kolejnych przejazdów wartości naprężeń wywołanych przez wspomniane koło były w pobliżu centralnej części kolejiny znacznie większe. Pod kołem tylnym, w odległości 20 cm od osi kolejiny, tj. w strefie kolejiny po której wcześniej nie przetoczyło się koło przednie, najmniejsze wartości naprężeń spowo-

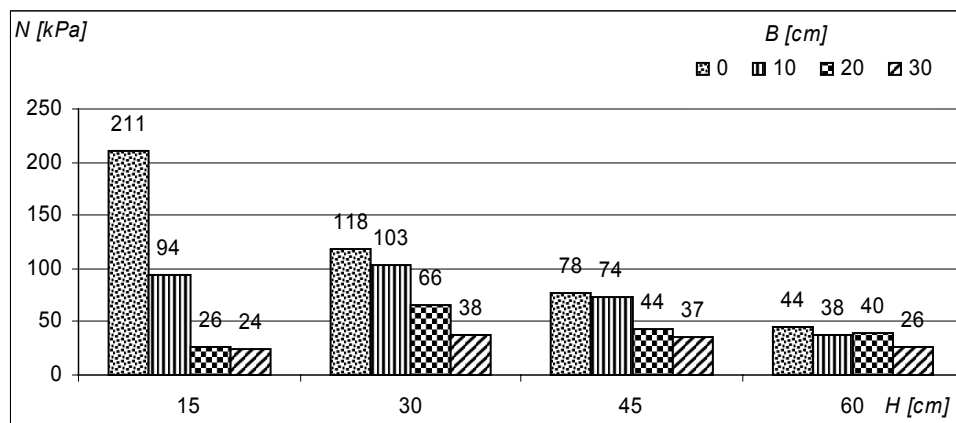
Wpływ wielokrotnego przejazdu...

dowanych przez szerokie koło tylne zaobserwowano także podczas pierwszego przejazdu ciągnika. Zarówno podczas przetaczania przedniego, jak i tylnego koła, w kolejnych przejazdach wartości naprężeń nie były jednakowe a występujące różnice mogły być spowodowane trudnymi do uniknięcia, niewielkimi przesunięciami toru jazdy ciągnika względem wytyczonej osi koleiny.

Tabela 1. Maksymalne naprężenia [kPa] panujące w glebie podczas przejazdów ciągnika
Table 1. Maximum stresses [kPa] occurring in soil during tractor runs

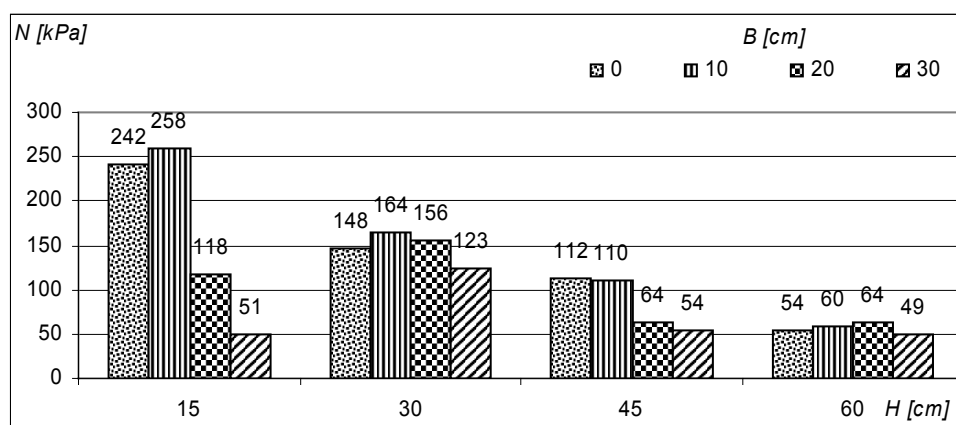
Numer przejazdu	Odległość punktu pomiarowego od powierzchni pola [cm]	Odległość punktu pomiarowego od pionowej osi koleiny [cm]							
		koło przednie				koło tylne			
		0	10	20	30	0	10	20	30
1	15	134	67	23	19	239	246	73	37
	30	77	57	43	35	193	183	131	126
	45	63	57	41	35	103	97	61	51
	60	22	17	23	36	44	48	54	41
2	15	202	79	25	25	238	245	148	35
	30	116	107	69	36	135	148	147	118
	45	72	72	43	36	109	106	63	62
	60	37	34	41	23	44	51	59	13
3	15	194	155	31	26	231	255	140	73
	30	134	106	91	53	128	141	163	136
	45	75	74	44	36	114	116	65	53
	60	45	39	43	31	43	49	42	14
4	15	213	85	25	24	262	261	162	77
	30	126	111	64	37	145	171	162	122
	45	81	76	47	39	112	119	67	55
	60	33	46	48	21	52	45	59	50
5	15	257	99	25	24	233	251	89	41
	30	123	116	78	45	141	186	157	122
	45	81	72	41	34	115	109	59	49
	60	64	46	44	11	72	87	88	153
6	15	264	81	29	25	247	292	98	41
	30	129	123	51	21	144	154	176	114
	45	93	91	47	39	121	111	67	53
	60	65	47	38	33	68	78	83	23

Na rys. 1 i 2 przedstawiono wyniki obliczeń średnich wartości naprężeń wywołanych oddziaływaniem przedniego i tylnego koła ciągnika na glebę. Największe naprężenia (211 kPa) spowodowane przez koło przednie stwierdzono w osi koleiny na najmniejszej głębokości pomiaru, wynoszącej 15 cm. Na głębokości 30 cm naprężenia w osi koleiny były nieomal dwukrotnie mniejsze (118 kPa). W odległości 10 cm od osi koleiny największe wartości naprężeń stwierdzono na głębokości 30 cm. Były one o około 20 kPa większe niż na głębokości 15 cm. Wraz z dalszym zwiększeniem odległości od osi koleiny oraz od powierzchni pola naprężenia wywołane przetaczaniem przedniego koła stawały się coraz mniejsze.



Rys. 1. Średnie wartości naprężeń (N) wywołanych przetaczaniem przedniego koła ciągnika: H – głębokość umieszczenia przetwornika pomiarowego w glebie, B – odległość przetwornika pomiarowego od pionowej osi koleiny

Fig. 1. Average values of stresses (N) generated by rolling of tractor front wheel: H – depth of measuring transducer sinking in soil, B – distance between measuring transducer and vertical axis of rut



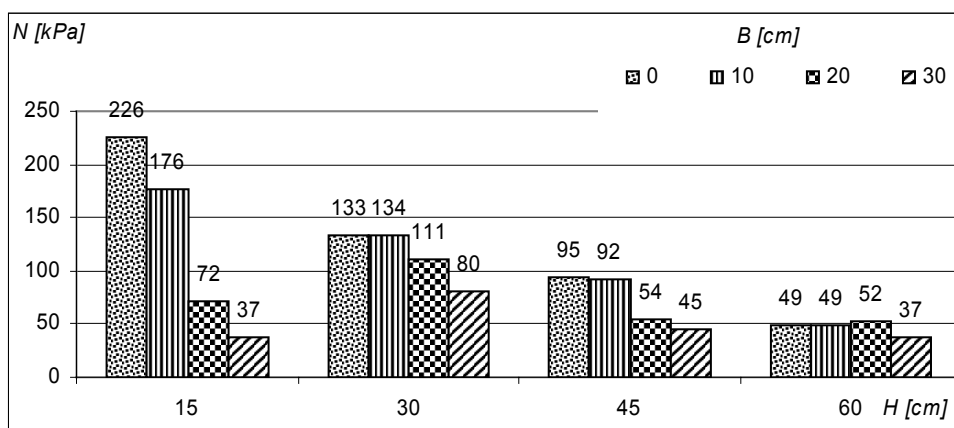
Rys. 2. Średnie wartości naprężeń (N) wywołanych przetaczaniem tylnego koła ciągnika: H – głębokość umieszczenia przetwornika pomiarowego w glebie, B – odległość przetwornika pomiarowego od pionowej osi koleiny

Fig. 2. Average values of stresses (N) generated by rolling of tractor back wheel: H – depth of measuring transducer sinking in soil, B – distance between measuring transducer and vertical axis of rut

Naprężenia wywołane przez koło tylne były znacznie większe niż pod kołem przednim. Ich największe wartości (258 kPa) stwierdzono na głębokości 15 cm, w odległości 10 cm od pionowej osi koleiny. Wartości naprężeń na tej samej głębokości, lecz w osi koleiny były średnio o 16 kPa mniejsze. W odległości 20 i 30 cm od osi koleiny naprężenia były znacznie mniejsze i wynosiły odpowiednio 118 i 51 kPa. Na głębokości 30 cm wartości

naprężeń panujących w kolejnych punktach pomiarowych nie były mocno zróżnicowane i zawierały się w przedziale 123÷164 kPa. Na głębokości 45 cm wartości naprężeń w odległości do 10 cm od osi koleiny wynosiły co najmniej 110 kPa. Wraz z dalszym zwiększeniem odległości punktów pomiarowych od osi koleiny oraz od powierzchni pola, wartości naprężeń stawały się coraz mniejsze a ich wartości wynosiły 49÷64 kPa.

Na rys. 3 przedstawiono średnie naprężenia panujące podczas sześciu przejazdów ciągnika. Naprężenia te obejmują wszystkie dane uzyskane podczas przetaczania przedniego oraz tylnego koła i stanowią wartości średnie z 12 wyników. Zdecydowanie największe wartości naprężeń, wynoszące 226 kPa, wystąpiły w osi koleiny na głębokości 15 cm. Na tej samej głębokości, w odległości 10 cm od pionowej osi koleiny naprężenia były mniejsze i wynosiły 176 kPa. Wraz ze zwiększeniem głębokości pomiaru naprężenia ulegały znacznemu zmniejszeniu. Na głębokości 60 cm naprężenia nie przekraczały wartości 52 kPa.

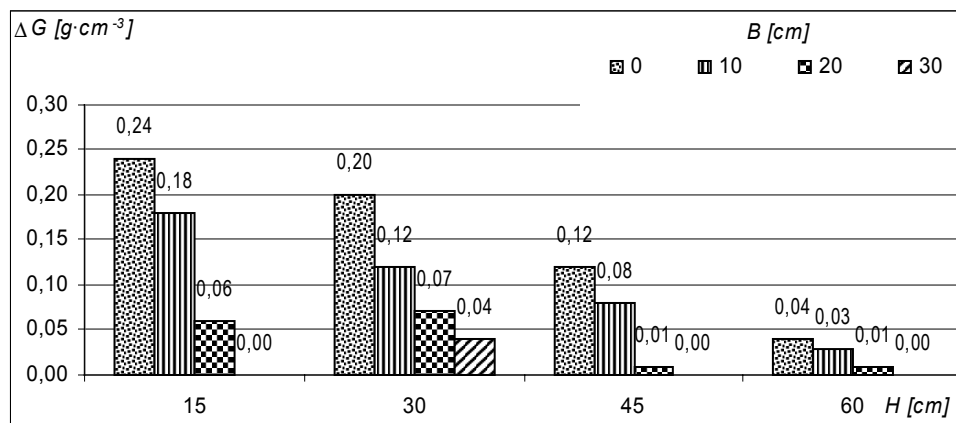


Rys. 3. Średnie wartości naprężeń (N) wywołanych przetaczaniem przedniego i tylnego koła ciągnika: H – głębokość umieszczenia przetwornika pomiarowego w glebie, B – odległość przetwornika pomiarowego od pionowej osi koleiny

Fig. 3. Average values of stresses (N) generated by rolling of tractor front and back wheel: H – depth of measuring transducer sinking in soil, B – distance between measuring transducer and vertical axis of rut

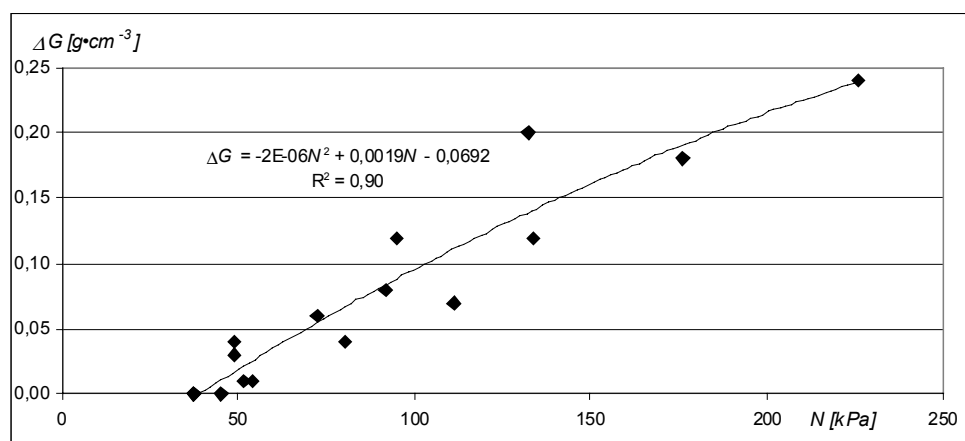
Na skutek sześciu przejazdów ciągnika, gęstość objętościowa gleby w dużej części badanej koleiny uległa zwiększeniu (rys. 4). Największy przyrost wartości stwierdzono w osi koleiny, na głębokości 15 cm – o $0,24 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Niewiele mniejszy przyrost wartości, bo o $0,20 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ stwierdzono na głębokości 30 cm. Wraz ze zwiększeniem głębokości i odległości pobieranych prób od osi koleiny stwierdzono coraz mniejsze przyrosty wartości gęstości objętościowej. W odległości 30 cm od osi koleiny, jedynie na głębokości 30 cm gęstość objętościowa gleby uległa zwiększeniu.

Na rys. 5 zamieszczono zależność przyrostu wartości gęstości objętościowej gleby od średnich naprężeń panujących w glebie podczas przejazdu ciągnika.



Rys. 4. Średnie wartości przyrostu gęstości objętościowej gleby (ΔG) spowodowanego przejazdami ciągnika: H – głębokość pobierania próbek gleby, B – odległość pobieranych próbek gleby od pionowej osi koleiny

Fig. 4. Average values of increase in volumetric density of soil (ΔG) caused by tractor runs: H – soil sampling depth, B – distance between soil samples being taken and vertical axis of rut



Rys. 5. Zależność przyrostu wartości gęstości objętościowej gleby (ΔG) od średniego naprężenia (N) panującego w glebie podczas przejazdu ciągnika

Fig. 5. Dependence between increase in volumetric density of soil (ΔG) and average stress (N) occurring in soil during tractor run

Podany na wykresie współczynnik determinacji R^2 posiada dużą wartość, świadcząca o silnej zależności pomiędzy obiema zmiennymi w warunkach glebowych panujących podczas zrealizowanych badań polowych. Najmniejszy przyrost wartości gęstości objętościowej wynoszący $0,01 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ zaobserwowano przy naprężeniu 52 kPa. Przy większych naprężeniach przyrosty wartości gęstości objętościowej były większe. Największy zaobserwowany przyrost wartości gęstości objętościowej ($0,24 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) odpowiadał naprężeniu 226 kPa.

Wnioski

1. Naprężenia w glebie wywołane przetaczaniem tylnych kół ciągnika są większe niż pod kołami przednimi.
2. Największe średnie naprężenia występują w pionowej osi koleiny na najmniejszej głębokości pomiarowej (15 cm). Wraz ze wzrostem odległości od powierzchni pola i od pionowej osi koleiny wartości naprężeń maleją.
3. W badanej strefie koleiny przyrosty gęstości objętościowej gleby przyjmują wartości nie przekraczające $0,24 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.
4. Występuje silny związek pomiędzy przyrostem wartości gęstości objętościowej i średnim naprężeniem panującym w glebie ($R^2=0,90$).

Bibliografia

- Buliński J.** 1998. Zagęszczenie gleby w różnych technologiach i związane z tym opory orki. Rozpr. SGGW, s. 140. ISBN 83-00-03145-6.
- Kühner S.** 1997. Simultane Messung von Spannungen und Bodenbewegungen bei statischen und dynamischen Belastungen zur Abschätzung der dadurch induzierten Bodenbeanspruchung. Dissertation. Schriftenreihe des Inst. f. Pflanzenern. u. Bodenk. der CAU zu Kiel. 39. ss. 236.
- Nogitkov A.A.** 2004: Vlijanie parametrov MTA na uplotnienie pocvy. Traktory i Sel'choz-masziny, 6, s. 41-42.
- Walczyk M.** 1995. Wybrane techniczne i technologiczne aspekty ugniatania gleb rolniczych agregatami ciągnikowymi. Zesz. Nauk. AR Krak. Rozpr. (202). s. 108.

THE IMPACT OF REPEATED TRACTOR RUNS ON CHANGES IN STRESS UNDER WHEELS AND INCREASE IN VOLUMETRIC DENSITY OF LIGHT CLAY

Abstract. The paper presents results of the research carried out in order to assess the impact of repeated tractor runs on stress values and on changes in volumetric density of light clay. Obtained results have proven that highest stresses occur in rut axis. This is the area where, at the same time, highest increase in volumetric density of soil has been identified. Obtained data provided grounds to find relationship between the values of increase in volumetric density of soil and average values of stresses occurring in rut during Ursus 902 tractor run.

Key words: soil, stresses, volumetric density

Adres do korespondencji:

Jan Jurga; e-mail: jurga@agro.ar.pl
Zakład Budowy i Użytkowania Urządzeń Technicznych
Akademia Rolnicza w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI/3
71-459 Szczecin

