

Włodzimierz Białczyk, Anna Cudzik, Jarosław Czarnecki, Krzysztof Pieczarka  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

## WŁAŚCIWOŚCI TRAKCYJNE OPON NA DROGACH LEŚNYCH

### Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań właściwości trakcyjnych opon 4.00-10 i 5.00-10 oraz ich wersji zbliżniakowanych na wybranych glebach leśnych w obrębie drzewostanów sosnowych 28 i 72 letnich oraz drzewostanu liściastego. Analizie poddano maksymalne siły trakcyjne, sprawności trakcyjne oraz współczynniki przyczepności wyznaczone dla badanych opon i dróg przy różnym pionowym obciążeniu opon.

**Słowa kluczowe:** siła trakcyjna, sprawność trakcyjna, opona, droga leśna,

### Wstęp

Poziom mechanizacji wszystkich prac i zabiegów w całej produkcji leśnej znacząco odbiega od poziomu mechanizacji np. w rolnictwie. Dużą ilość prac w lesie wykonuje się ręcznie, a zaprzęg konny jest w wielu regionach Polski środkiem transportowym w obrębie zrębu.

Można przypuszczać, że najbliższe lata będą okresem bardzo intensywnego wyposażania polskiego leśnictwa w nowoczesny sprzęt gwarantujący przede wszystkim poprawę bezpieczeństwa pracy, osiągnięcie dużych wydajności oraz niskie koszty eksploatacyjne. Należy się spodziewać, że dotyczyć to będzie głównie transportu w obrębie zrębu, czyli czynności najbardziej energochłonnych. Obecnie użytkowane standardowe ciągniki rolnicze, tylko w niewielkim zakresie przystosowane do pracy na zrębie, będą zastępowane ciągnikami rolniczymi specjalnie zaadaptowanymi do pracy w tych warunkach lub specjalistycznymi pojazdami leśnymi typu skider czy forwarder.

Eksploatacja tego specjalistycznego sprzętu rolniczego nie może oznaczać powstawania zagrożeń dla ekosystemów leśnych. Te zagrożenia nie wynikają tylko z emisji spalin, ale głównie są one powodowane uszkodzeniami podłoża, runa leśnego, podrostów a także drzewostanów.

Najpoważniejsze zagrożenia powodowane są układami jezdnyymi sprzętu mechanizacyjnego. Już obecnie są produkowane skidery o masie przekraczającej 6 – 7 ton, a forwardery o masie aż 6 ton i ładowności nawet 17 ton. Oznacza to, że pojazdy te generują ogromne naciski jednostkowe oraz naprężenia styczne. Staje się prawie regułą, że wspomniane naciski

znacznie przekraczają wytrzymałość powierzchniowej warstwy podłoża i wówczas powstaje duża koleina. Koleina zawsze związana jest z poślizgiem kół napędowych, a to oznacza, że poruszaniu się pojazdu towarzyszą duże straty energetyczne (każdy procent poślizgu oznacza taki sam procent straconej mocy silnika).

Transport w obrębie zrębu realizowany jest po tzw. leśnych drogach technologicznych, które w żaden sposób obecnie nie są i prawdopodobnie nie będą przystosowane do przejazdów ciężkiego sprzętu transportowego i te drogi niszczone są najbardziej. Duże szkody wyrządzane są także na drogach głównych (skupiają one potoki ładunków z całego obszaru transportowego) oraz na leśnych drogach bocznych, łączących drogi technologiczne z drogami głównymi.

Wadą krajowych dróg leśnych jest ich gęstość oraz stan. W przeważającej większości (85 – 87%) nawierzchnie tych dróg są z gruntu rodzimego, a znaczna ich część nie nadaje się do użytkowania i wymaga przebudowy. Ich nawierzchnie nie są przystosowane do dużych nacisków. W tym miejscu powstaje pytanie, czy w tych warunkach możliwa jest eksploatacja sprzętu gwarantującego dużą wydajność, niskie koszty, tzn. takiego, który produkowany jest aktualnie w państwach, gdzie gospodarka leśna jest ważną częścią gospodarki narodowej.

Wobec spodziewanego zwiększającego się stopnia mechanizacji prac transportowych w krajowym leśnictwie, poprawa jakości wszystkich dróg leśnych staje się pilną koniecznością. Nie bez znaczenia jest także właściwe rozpoznanie cech trakcyjnych dróg leśnych, przez co możliwe będzie wnioskowanie na temat modyfikacji układów jezdnych pojazdów leśnych, zapewniających osiągnięcie maksymalnych sił trakcyjnych przy minimalnych deformacjach pionowych i poziomych.

### **Cel i warunki badań**

Powyższe względy sprawiły, że od kilku lat w Instytucie Inżynierii Rolniczej Akademii Rolniczej we Wrocławiu prowadzone są badania nad rozpoznaniem cech trakcyjnych dróg leśnych. Badaniami objęto drogi leśne znajdujące się w różnych drzewostanach.

Nadrzędnym celem tych badań jest wykazanie, w jaki sposób zmiana warunków siedliskowych w różnych drzewostanach może skutkować tym, że dana opona może generować odmienne siły trakcyjne (napędowe i hamowania), a proces generowania tych sił będzie charakteryzował się odmiennymi sprawnościami trakcyjnymi. Celem badań jest też wykazanie, czy zmienne warunki siedliskowe spowodują, że generowanie siły trakcyjnej będzie charakteryzowało się odmiennymi współczynnikami przyczepności. Celem badań było

także wykazanie czy bliźniakowanie opon może przyczynić się do poprawy zdolności trakcyjnych opon w warunkach dróg leśnych.

Oczekiwany efektem prowadzonych badań jest potwierdzenie przyjętej hipotezy, że w obrębie każdego drzewostanu istnieją zawsze optymalne obciążenia kół napędowych, przy których opona generuje siłę trakcyjną przy maksymalnej sprawności trakcyjnej.

Oczekiwany efektem badań jest także wykazanie, czy zmiana pionowego obciążenia opony może być zalecanym sposobem poprawy właściwości trakcyjnych na drogach leśnych zlokalizowanych w obrębie odmiennych drzewostanów.

Badania prowadzone były na drogach wewnętrznych Leśnictwa Chrząstawa Wielka należącego do Nadleśnictwa Oława w województwie dolnośląskim. Powierzchnia leśnictwa wynosi 964 ha i rozciąga się na obszarze równinnym charakteryzującym się mało zróżnicowaną rzeźbą terenu oraz zróżnicowanym składem gatunkowym i wiekowym drzewostanu. Procentowy udział poszczególnych gatunków drzew jest następujący: sosna stanowi ok. 40%, dąb ok. 30% a świerk ok. 10%. Pozostała część to brzoza, jesion, modrzew.

W obrębie Leśnictwa Chrząstawa Wielka wydzielono trzy drzewostany, na których prowadzono badania polowe: drzewostany z dominacją 28 i 72 letniej sosny, oraz drzewostan liściasty z dominacją dębu. We wszystkich drzewostanach podłożem była gleba glejbielicowa właściwa wytworzona z piasków słabogliniastych na pisakach luźnych.

Do badań użyto opon 4,00-10 oraz 5,00-10 różniących się wymiarami geometrycznymi, nośnością oraz podziałką i ilością występów bieżnika. Badania prowadzono także z użyciem tych samych opon zbliźniakowanych. Dodatkowymi parametrami zmiennymi było pionowe obciążenie koła zmieniane w zakresie od 710 do 980 N.

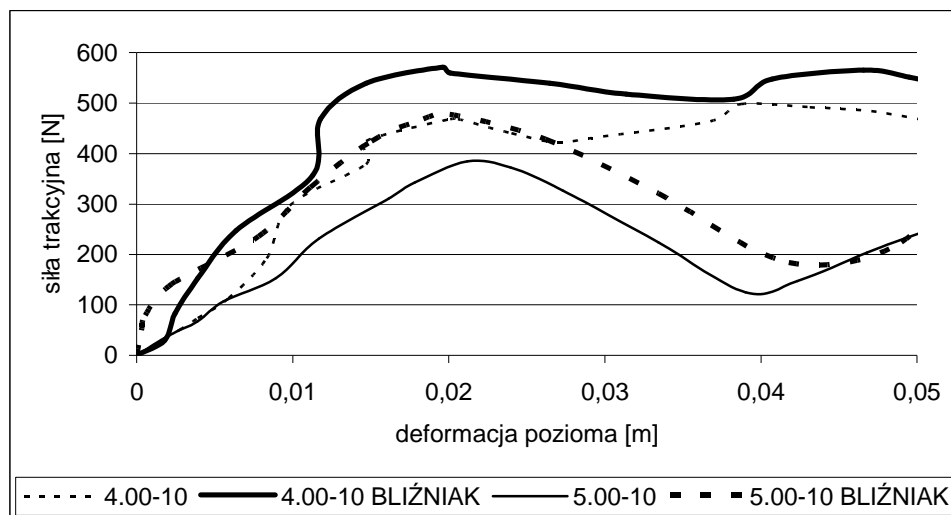
Badania prowadzono z użyciem specjalnego stanowiska pomiarowego umożliwiającego równoczesny pomiar i rejestrację sił trakcyjnych, dostarczanego momentu obrotowego oraz deformacji poziomej [Białczyk i in. 2001].

Warunki badań opisano wilgotnością, zwięzłością w profilu glebowym oraz maksymalnymi naprężeniami ścinającymi wyznaczanymi testerem VANE-H 60.

### **Wyniki badań i ich analiza**

Na rys. 1 przedstawione są przykładowe wyniki pomiarów sił trakcyjnych na glebie leśnej w drzewostanie 28 letniej sosny z dla opon 4.00-10 i 5.00-10, także w wersji z kołami bliźniaczymi. Z przedstawionych wykresów wynika, że opona 4.00-10 generowała większe siły trakcyjne. Każda z opon w podobny sposób generuje siłę trakcyjną, tzn., że przy deformacji około 0,02 m występuje maksymalna siła trakcyjna. Znamienne jednak jest to,

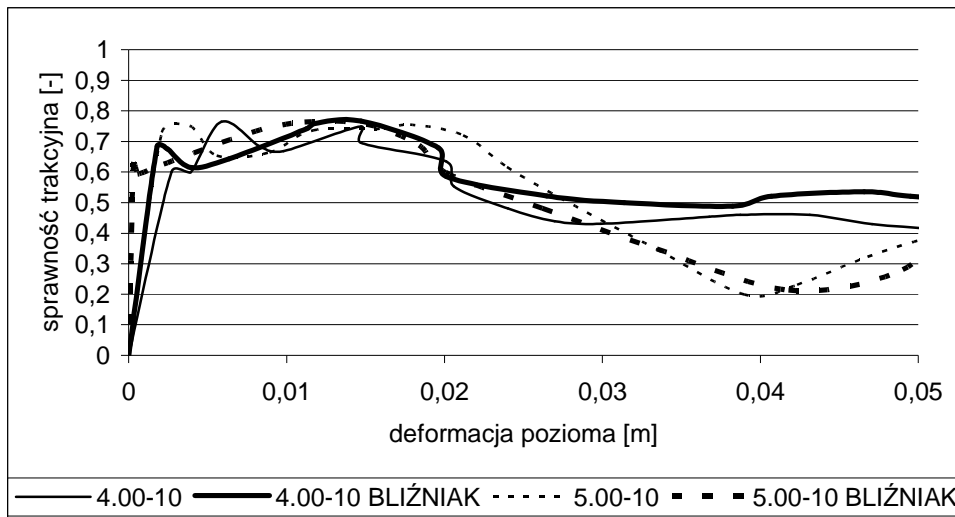
że zastosowanie kół bliźniaczych skutkuje zawsze generowaniem większych sił trakcyjnych i można stwierdzić, że siły te są zawsze o około 20-25% większe niż w przypadku opon pojedynczych. Ta prawidłowość dotyczy całego zakresu zmian obciążeń pionowych użytych w badaniach.



Rys. 1. Przebiegi zmienności sił trakcyjnych generowanych przez opony 4.00-10 i 5.00-10 oraz przez opony podwójne.

Fig. 1. Courses of changeability of traction forces determined for single and double tyres (4.00-10 and 5.00-10).

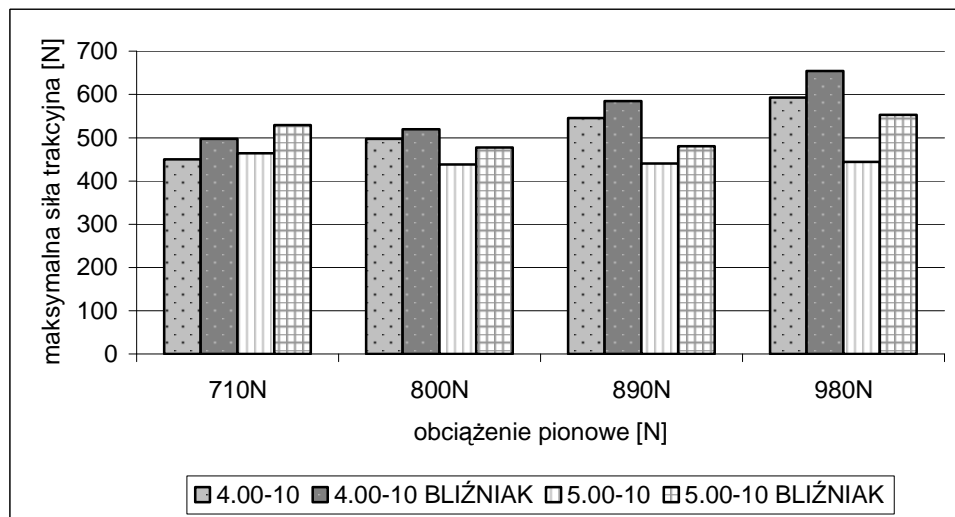
Na rys.2 przedstawiono wyniki obliczeń sprawności trakcyjnych wyznaczonych w drzewostanie 28 letniej sosny dla opon 4.00-10 i 5.00-10, również w wersji z kołami bliźniaczymi. Z wykresu wynika, że charakter zmian sprawności trakcyjnych dla wszystkich badanych opon jest podobny, tzn. maksymalna sprawność trakcyjna wyznaczana była zawsze dla niewielkich wartości deformacji. Po przekroczeniu deformacji rzędu 0,01 m sprawności trakcyjne gwałtownie maleją i przy deformacji wynoszącej 0,02 m sprawności ustalają się i osiągają wartości rzędu 40-45% wartości maksymalnych.



Rys. 2. Przebiegi zmienności sprawności trakcyjnej wyznaczone dla opon 4.00-10 i 5.00-10 oraz dla opon podwójnych.

Fig. 2. Courses of changeability of traction efficiency determined for single and double tyres (4.00-10 and 5.00-10).

Na rys 3. przedstawione są wartości maksymalnych sił trakcyjnych wyznaczonych dla opon 4.00-10 i 5.00-10 oraz ich bliźniaków na glebie w obrębie 28 letniego drzewostanu sosnowego



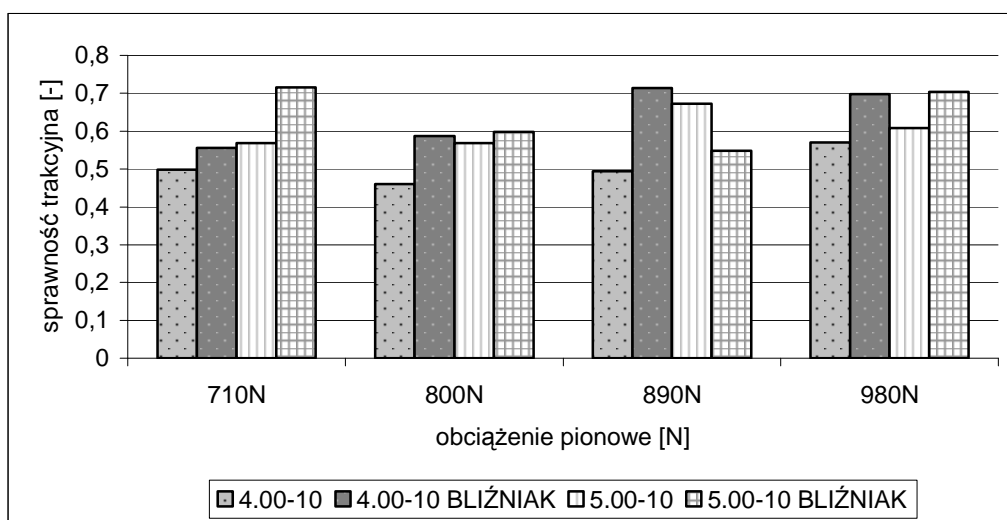
Rys. 3. Maksymalne siły trakcyjne generowane przez opony 4.00-10 i 5.00-10 oraz dla opon podwójnych.

Fig. 3. Maximum traction forces generated by single and double tyres (4.00-10 and 5.00-10).

Wzrost obciążenia pionowego koła zawsze skutkuje wzrostem maksymalnych sił trakcyjnych generowanych przez daną oponę, przy czym każda z badanych opon różni się dynamiką

wzrostu tych sił. Największe przyrosty sił trakcyjnych zmierzono dla opony 4.00-10 a najmniejsze dla opony 5.00-10. Ta prawidłowość dotyczy także kół bliźniaczych. Różnice pomiędzy siłami trakcyjnymi dla opon 4.00-10 i 5.00-10 wahały się w przedziale do 150 - 200 N i były zależne od wartości obciążenia. Siły trakcyjne, w tym także maksymalne generowane przez oponę 4.00-10 były zawsze większe od sił generowanych przez oponę 5.00-10 a mniejsze niż dla opony 4.00-10.

Na rys. 4 przedstawione są wartości sprawności trakcyjnych wyznaczonych dla badanych opon i ich bliźniaków dla różnych obciążeń prostopadłych.



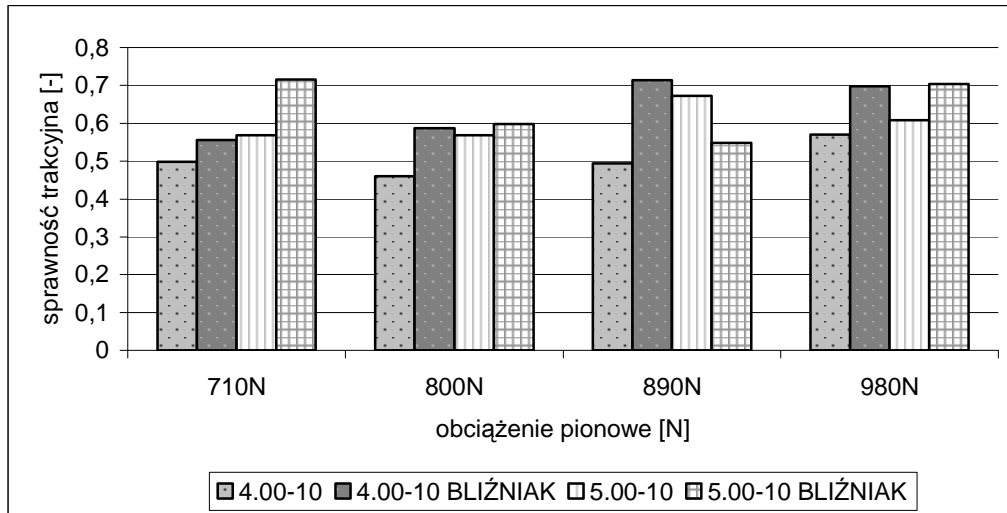
Rys. 4. Wartości sprawności trakcyjnych wyznaczone dla opon 4.00-10 i 5.00-10 oraz dla kół podwójnych dla maksymalnych sił trakcyjnych.

Fig.4.Traction efficiency for single and double tyres (4.00-10 and 5.00-10) at maximum traction forces.

Z przedstawionych wykresów wynika, że zastosowanie kół bliźniaczych zawsze doprowadza do wzrostu sprawności trakcyjnych dla wszystkich badanych opon, także dla opony 4.00-10. Jak to łatwo zauważyć na wykresie, każda z opon, także opony bliźniacze posiada pewien zakres optymalnego obciążenia pionowego, przy którym sprawności trakcyjne osiągają wartości maksymalne. Dla opony 4.00-10 jest to obciążenie około 1000N, dla opony 4.00-10 zblizniakowanej jest to obciążenie ok. 900N. Takie samo jest optymalne obciążenie opony 5.00-10 a dla wersji zblizniakowanej ok. 1000N.

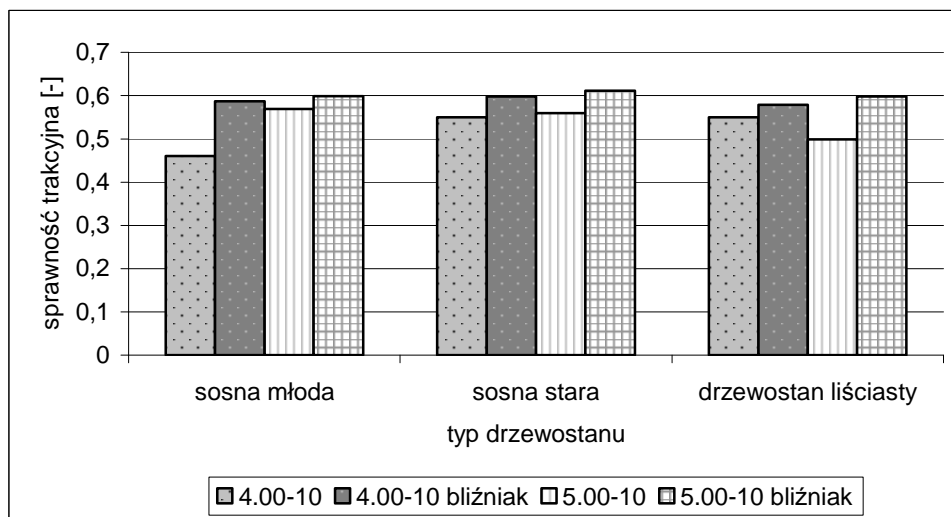
Na rys. 5 przedstawione są wartości maksymalnych współczynników przyczepności, przy których badane opony i ich modyfikacje generują maksymalne siły trakcyjne. Współczynnik

przyczepności opisuje, jaka część obciążenia pionowego odbierana jest w postaci siły trakcyjnej. Z wykresu wynika, że koła bliźniacze zawsze charakteryzują się wyższymi wartościami tych współczynników. Wartości tego współczynnika były zawsze większe dla opony 5.00-10 a dla opony 4.00 najmniejsze.



Rys. 5. Wartości współczynnika przyczepności dla opon 4.00-10, 5.00-10 oraz kół podwójnych dla maksymalnej siły trakcyjnej.

Fig.5. Coefficients of adhesiveness for single and double tyres (4.00-10 and 5.00-10) at maximum traction forces.



Rys. 6. Sprawności trakcyjne wyznaczone dla różnych drzewostanów.

Fig. 6. Traction efficiency for different dendrofloras.

Na rys. 6. przedstawiono zestawienie sprawności trakcyjnych wyznaczonych dla wszystkich badanych drzewostanów. Z wykresów wynika, że największe wartości sprawności

trakcyjnych wyznaczono zawsze w drzewostanie 72 letniej sosny, a najmniejsze w drzewostanie 28 letniej sosny. Wszelkie różnice można wytłumaczyć odmiennymi warunkami glebowymi będącymi skutkiem zmian siedliskowych powodowanych hodowlą drzew.

### **Podsumowanie**

Badania właściwości trakcyjnych opon na wybranych glebach leśnych w obrębie różnych drzewostanów wykazały, że:

1. Najkorzystniejsze właściwości badanych opon wyznaczono w drzewostanie 72 letniej sosny a najgorsze w drzewostanie 28 letniej sosny.
2. Ze wszystkich badanych opon największe maksymalne siły trakcyjne były generowane przez oponę 4.00-10 a najmniejsze przez oponę 5.00-10.
3. Wprowadzenie kół bliźniaczych zawsze skutkowało poprawą właściwości trakcyjnych badanych opon.

### **Bibliografia**

Białczyk W., Pieczarka K., Materek D. *Badania przyczepności koła mikrociągnika w zmiennych warunkach glebowych*. Inżynieria Rolnicza 13(33) (2001): 79 – 84.

## **TRACTION PARAMETERS OF TYRES WORKING ON FOREST ROADS**

### **Summary**

This paper presents the results of a study on traction forces, efficiency and other parameters in various soil conditions. The field experiments were carried out in forests. The relationships between the types of tyre (two types), values of vertical load (four levels of loading), traction forces and the level of traction efficiency were analysed. Single and double tyres were used in the experiments. The results show that a double tyre can improve the traction parameters, and that each optimal vertical loading for each tyre can be determined for optimal traction parameters.

**Key words:** traction forces, traction efficiency, tyre, forest roads