

OCENA SPRAWNOŚCI TRAKCYJNEJ WYBRANYCH OPON NA PODŁOŻACH LEŚNYCH

Włodzimierz Białczyk, Anna Cudzik, Jarosław Czarnecki,
Marek Brennensthul

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W pracy przedstawiono ocenę współpracy kół napędowych z podłożem leśnym w aspekcie strat energetycznych towarzyszących generowaniu siły napędowej. Badania przeprowadzono na drodze leśnej zlokalizowanej w Leśnictwie Chrząstawa. Badano opony 7,5-16, 36x13,5-15 i 400x55-22,5. Wyznaczone zostały przebiegi sprawności trakcyjnych w funkcji poślizgu koła. Stwierdzono, że największe wartości sprawności osiągała opona 36x13,5-15. Dla wszystkich opon zwiększanie obciążenia pionowego skutkowało wzrostem sprawności trakcyjnej, przy czym najmniejszą wartość przyrostu stwierdzono dla opony 36x13,5-15.

Słowa kluczowe: podłoże leśne, siła napędowa, sprawność trakcyjna, poślizg kół

Wstęp

Główną cechą charakterystyczną współczesnej gospodarki leśnej jest wzrastający poziom mechanizacji wszystkich prac hodowlanych, a w szczególności prac związanych z pozyskiwaniem drewna. Coraz częściej wykorzystuje się wielkogabarytowy sprzęt zrywkowy, gwarantujący osiąganie dużych wydajności w różnych warunkach pogodowych. Zważywszy, że prace mechanizacyjne prowadzone są przez cały rok można stwierdzić, że warunki dla ruchu pojazdów będą bardzo zróżnicowane. W tym miejscu nasuwa się pytanie, czy eksploatacji sprzętu mechanizacyjnego w warunkach leśnych nie będą towarzyszyć nadmierne straty o charakterze środowiskowym i ekonomicznym, wynikające z dużej zmienności obciążeń układów jezdnych tych pojazdów.

Negatywnym skutkiem ruchu maszyn i pojazdów po podłożu leśnym jest nadmierne ugniatanie i niszczenie jego wierzchniej warstwy, co często jest równoznaczne zniszczeniu okrywy roślinnej dna lasu [Kormanek i in. 2005]. Wykazano, że ruch kół po podłożu leśnym doprowadza do jego zagęszczenia, które przejawia się wzrostem gęstości objętościowej oraz wzrostem zawartości dwutlenku węgla, co zawsze skutkuje pogorszeniem warunków rozwoju roślin [Ampoorter i in. 2010, Horn i in. 2007]. Pogorszenie się warunków generowania sił napędowych zawsze przejawia się wzrostem poślizgu kół, co oznacza, że znaczna część mocy silnika tracona jest bezpowrotnie. Powyższe względy pozwalają na wyodrębnienie dwóch rodzajów strat towarzyszących pracy sprzętu mechanizacyjnego w leśnictwie. Z jednej strony będą to straty związane ze zniszczeniem podłoża leśnego; z drugiej zaś strony będą to straty ekonomiczne wyrażane kosztami zwiększonego zużycia paliwa przez pojazdy leśne.

Warunkiem niezbędnym dla minimalizacji strat w układzie koło – podłoże leśne jest przeprowadzenie oceny energetycznej procesu generowania siły napędowej. Parametrem, który może być wykorzystany dla dokonania takiej oceny jest sprawność trakcyjna.

Cel badań

Konieczność ograniczania destrukcyjnego wpływu układów jezdnych na podłoże oraz względy ekonomiczne sprawiły, że podjęto badania, których celem było:

- wyznaczenie maksymalnych wartości sił trakcyjnych osiąganych przez wybrane opony na podłożach leśnych, przy różnych poziomach obciążenia pionowego,
- dokonanie oceny energetycznej – wyznaczenie wartości sprawności trakcyjnych, przy przenoszeniu siły napędowej na podłoże leśne.

Metoda i warunki badań

Badania przeprowadzono w Leśnictwie Chrząstawa, należącym do Nadleśnictwa Oława. Do badań trakcyjnych wytypowana została droga gruntowa, zlokalizowana w drzewostanie iglastym II klasy wieku. Powierzchnię drogi stanowiła gleba, miejscowo z okrywą darniową i niewielką ilością igliwia. Na powierzchni drogi przeprowadzono badania wilgotności, zwięzłości i maksymalnych naprężeń ścinających. Pomiary wykonywano w pięciu powtórzeniach. Średnia wartość zwięzłości wyniosła 2,9 MPa, naprężeń ścinających 114,4 kPa, natomiast wilgotności względnej 28%.

Do badań trakcyjnych wybrano trzy opony, które różniły się wymiarami oraz rzeźbą bieżnika. Ich podstawowe parametry eksploatacyjne przedstawiono w tabeli 1. Wartości ciśnienia wewnątrz opon były zgodne z zaleceniami producentów.

Tabela 1. Parametry opon

Table 1. Tyre parameters

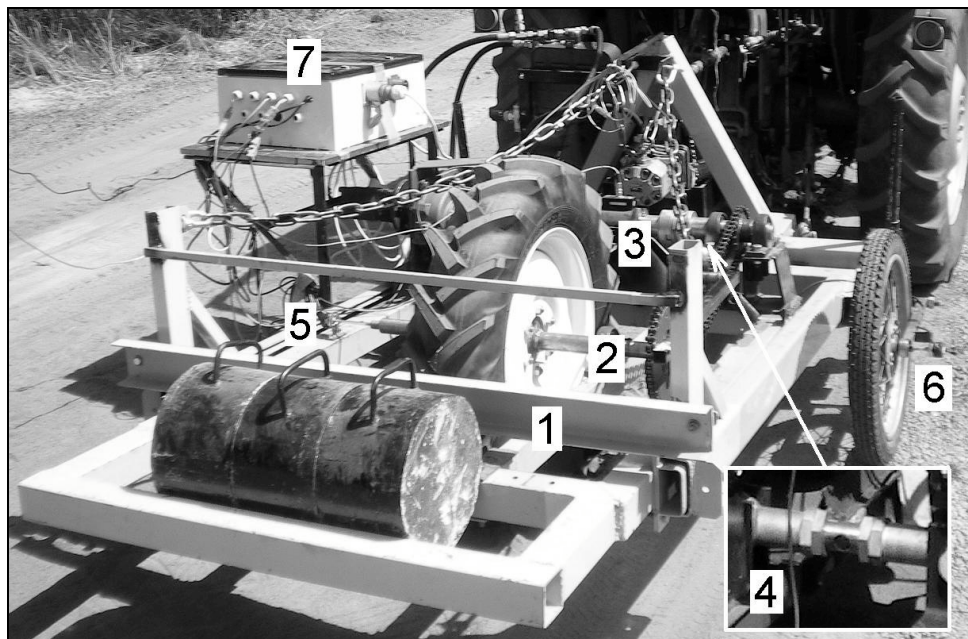
Oznaczenie	Typ rzeźby bieżnika	Średnica osadzenia [mm]	Średnica zewnętrzna [mm]	Szerokość [mm]	Nośność maksymalna [kg]
400x55-22,5	Twin Garden	570	1130	400	1120
36x13,5-15	Grass	380	910	345	1550
7,5-16	Napędowa	406	710	190	775

Źródło: opracowanie własne autorów

Badania trakcyjne obejmowały pomiary wartości drogi rzeczywistej i teoretycznej, siły trakcyjnej oraz momentu obrotowego badanych kół. Wielkości te mierzone były przy użyciu specjalistycznego stanowiska pomiarowego, które przedstawiono na rysunku 1.

Badania zasadnicze polegały na wymuszeniu ruchu obrotowego i postępowego badanego koła, a następnie na stopniowym jego obciążeniu (hamowaniu) tak, aby w końcowej fazie pomiaru koło wykonywało jedynie ruch obrotowy (poślizg 100%). Przeprowadzony w ten sposób pomiar pozwalał na wyznaczanie siły trakcyjnej w pełnym zakresie poślizgu

badanych kół. Badania przeprowadzono przy dwóch poziomach obciążenia pionowego kół: 3300N i 4300N, tzn. w zakresie ich obciążeń katalogowych.



Źródło: fotografia własna autorów

Rys. 1. Widok urządzenia do badań trakcyjnych: 1 – dwuczęściowa rama, 2 – wał z badanym kołem, 3 – czujnik momentu obrotowego, 4 – siłomierz, 5 – czujnik drogi teoretycznej, 6 – koło z czujnikiem pomiaru drogi rzeczywistej, 7 – elektroniczny układ rejestrujący

Fig. 1. Traction testing device view: 1 – two-piece frame, 2 – shaft with the tested wheel, 3 – torque sensor, 4 – dynamometer, 5 – theoretical distance sensor, 6 – wheel with an actual distance measuring sensor, 7 – electronic registering unit

Wielkości zmierzone w trakcie badań posłużyły do wyznaczenia maksymalnych sił trakcyjnych oraz do obliczenia wartości poślizgu i sprawności trakcyjnych. Poślizg obliczano na podstawie zmierzonych wartości drogi rzeczywistej s_R i teoretycznej s_T zgodnie z wzorem 1 [Jakliński 2006]:

$$\delta = 1 - \frac{s_R}{s_T} 100 \quad [\%] \quad (1)$$

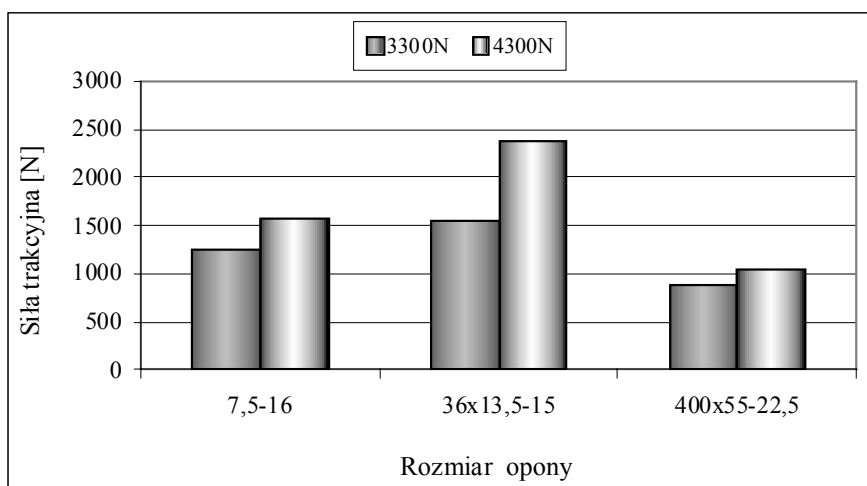
Sprawność trakcyjna była wyznaczana według wzoru (2) jako stosunek energii odebranej w postaci siły trakcyjnej P_T i energii dostarczonej do koła w postaci momentu obrotowego M_o , przy uwzględnieniu promienia dynamicznego koła r_D i strat związanych z poślizgiem koła δ [Jakliński 2006].

$$\eta = \frac{P_r}{M_o} r_D (100 - \delta) \quad [\%] \quad (2)$$

Z uwagi na to, że w trakcie pomiarów badane koła wykonywały zarówno ruch obrotowy jak i postępowy, wartości siły trakcyjnej były pomniejszone o opór przetaczania. Wartości oporu przetaczania zostały zmierzone osobno dla każdej z opon dla wszystkich wartości obciążeń pionowych.

Wyniki badań i ich analiza

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki pomiarów maksymalnych sił trakcyjnych osiągniętych przez badane opony, przy dwóch poziomach obciążenia pionowego kół.

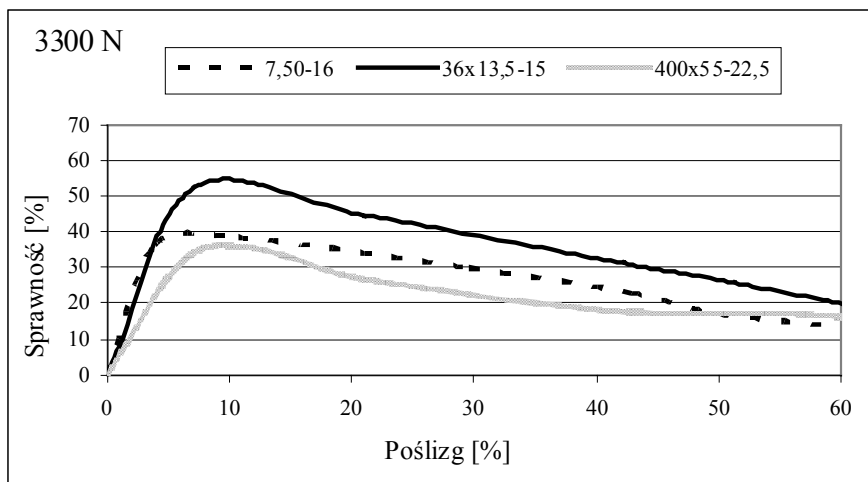


Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 2. Wartości maksymalnych sił trakcyjnych przy dwóch poziomach obciążenia pionowego
 Fig. 2. Values of maximum traction forces for two levels of vertical load

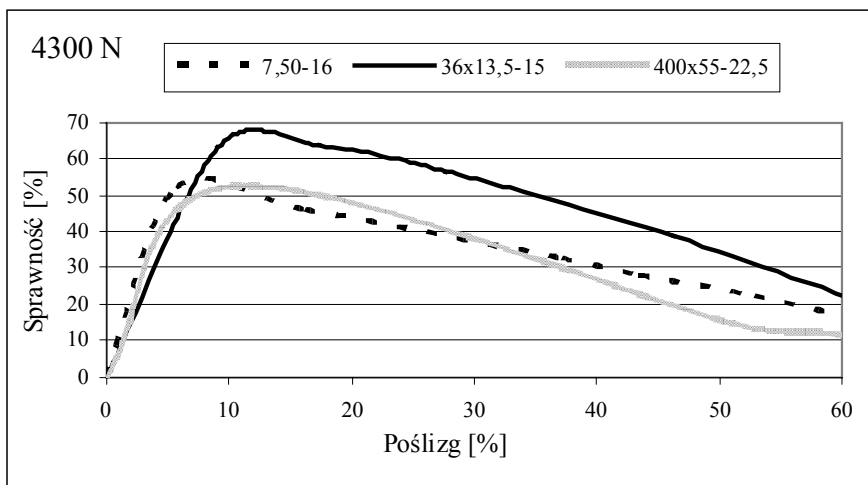
Z powyższego rysunku wynika, że największymi wartościami siły trakcyjnej charakteryzowała się opona 36x13,5-15. W przypadku tej opony występowała też największa zmiana siły trakcyjnej przy wzroście obciążenia pionowego (przyrost o 53%). Najmniejsze wartości sił trakcyjnych zaobserwowano dla opony 400x55-22,5. W przypadku opon 7,5-16 i 400x55-22,5 przyrosty sił trakcyjnych w miarę wzrostu obciążenia wyniosły kolejno 25 i 18%.

Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono przebiegi sprawności trakcyjnych badanych opon w funkcji poślizgu, kolejno dla obciążeń pionowych 3300 N i 4300 N.



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 3. Zależność sprawności trakcyjnej od poślizgu przy obciążeniu pionowym 3300 N
Fig. 3. Dependence of the traction efficiency on skidding at the 3.300 N vertical load

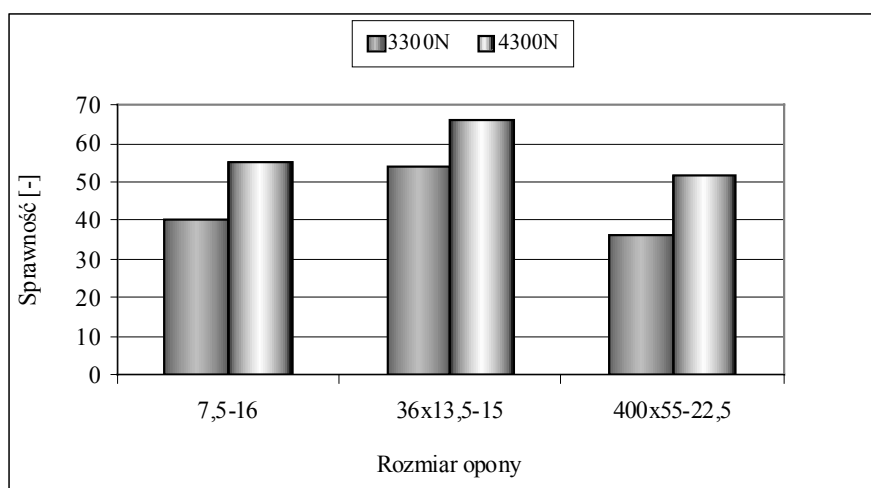


Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 4. Zależność sprawności trakcyjnej od poślizgu przy obciążeniu pionowym 4300 N
Fig. 4. Dependence of the traction efficiency on skidding at the 4.300 N vertical load

Na podstawie analizy przebiegów przedstawionych na rysunkach 3 i 4 stwierdzić można, że najwyższymi wartościami poślizgów charakteryzowała się opona 36x13,5-15. W przypadku obciążenia pionowego 3300 N sprawność tej opony w całym zakresie poślizgów była wyższa niż dla opon 7,5-16 i 400x55-22,5. Przy obciążeniu 4300N tendencja ta jest zachowana przy poślizgach przekraczających 6%. Najniższe wartości sprawności stwierdzono w przypadku opony 400x55-22,5. Przy obciążeniu 3300N sprawność trakcyjna tej opony jest najniższa w całym zakresie poślizgu, natomiast po wzroście obciążenia w zakresie poślizgu 10-30% opona ta odznacza się wyższą sprawnością niż opona 7,5-16. Dla wszystkich trzech opon sprawności maksymalne występowały przy poślizgach w zakresie 6-12%, przy czym najniższe wartości poślizgów dotyczyły opony 7,5-16.

W celu porównania maksymalnych wartości sprawności przy obu poziomach obciążenia pionowego dokonano zestawienia tych wartości na rysunku 5. Analizując zestawienie można stwierdzić, że wzrost obciążenia pionowego skutkował zawsze wzrostem sprawności trakcyjnych wszystkich badanych opon. Sprawność maksymalna opony 36x13,5-15 przy obciążeniu 3300N wynosi 54%, a przy zwiększeniu obciążenia pionowego wzrasta do 66%. Najniższe wartości sprawności maksymalnych zaobserwowano dla opony 400x55-22,5, jednocześnie opona ta charakteryzowała się najwyższym przyrostem sprawności na skutek wzrostu obciążenia pionowego.



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 5. Zestawienie maksymalnych sprawności przy dwóch poziomach obciążenia pionowego
 Fig. 5. List of maximum efficiency values for two levels of vertical load

Dla uzyskanych wyników przeprowadzono analizę statystyczną z wykorzystaniem pakietu Statistica 8. W celu określenia wpływu rozmiaru opon oraz obciążenia pionowego na wartości sił i sprawności trakcyjnych wykonano wieloczynnikową analizę wariancji na poziomie istotności $\alpha=0,05$ oraz test grup jednorodnych HSD Tukeya. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 2.

Ocena sprawności trakcyjnej...

Tabela 2. Wyniki analizy statystycznej
Table 2. Results of statistical analysis

Zmienna	Rozmiar opony	Obciążenie pionowe
Siła trakcyjna	0,0006	0,0000
Sprawność	0,0037	0,0010

Źródło: opracowanie własne autorów

Analizując wyniki przedstawione w tabeli 2 stwierdzić można, że rozmiar opony, jak i obciążenie pionowe miały istotny wpływ na wartości sił i sprawności trakcyjnych.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Największymi wartościami sprawności trakcyjnych przy obu poziomach obciążenia pionowego charakteryzowała się opona 36x13,5-15, zaś najmniejszymi opona 400x55-22,5.
2. W przypadku opony 36x13,5-15 występowały największe wartości siły trakcyjnej, najwyższy był również przyrost siły na skutek zwiększenia obciążenia pionowego.
3. Zwiększanie obciążenia pionowego kół skutkowało wzrostem sprawności trakcyjnej wszystkich badanych opon. Największą wartością przyrostu odznaczała się opona 400x55-22,5.
4. Maksymalne wartości sprawności trakcyjnych osiągane były przy poślizgach nieprzekraczających 12%, przy czym większe wartości poślizgów odpowiadającym sprawnościom maksymalnym obserwowano dla opon o większych szerokościach.
5. Dla opony 36x13,5-15 stwierdzono najmniejszą różnicę sprawności maksymalnych przy różnych poziomach obciążenia pionowego, w związku z czym korzystne będzie stosowanie tej opony w maszynach cechujących się zmiennymi obciążeniami (zmienny stopień wykorzystania ładowności).

Bibliografia

- Ampoorter E., Van Nevel L., De Vos B., Hermy M. Verheyen K.** 2010. Assessing the effects of initial soil characteristics, machine mass and traffic intensity on soil compaction. *Forest Ecology and Management* 260. s. 1664-1676.
- Horn R., Vossbrink J., Peth S., Becker S.** 2007. Impast of modern forest vehicles on soil physical properties. *Forest ecology and management* 248. s. 56-63.
- Jakliński L.** 2006. *Mechanika układu pojazd – teren w teorii i badaniach. Wybrane zagadnienia.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. s. 19-22.
- Kormanek M., Walczykowa M.** 2005. Characteristics of horizontal deformation of same forest soil. *Electronic Journal of Polish Agricultural Univerities, Forestry.* Volume 8, Issue 4.

Praca naukowa realizowana była w ramach projektu badawczego KBN nr N N313 146938

EVALUATION OF TRACTION EFFICIENCY OF SELECTED TYRES ON FOREST GROUNDS

Abstract. The work presents the evaluation of interaction between a drive wheel and forest grounds in terms of energy losses that accompany the generation of driving force. The tests were carried out on a forest road located in the Chrzastawa Forestry. 7.5-16, 36x13.5-15 and 400x55-22.5 tyres were tested. Traction efficiency courses in the function of wheel skidding were determined. It was found that the 36x13.5-15 tyre presents the highest value of efficiency. Increasing the vertical load for all tyres resulted in the increase of the traction efficiency, while the lowest value increase was observed in case of the 36x13.5-15 tyre.

Key words: forest ground, driving force, traction efficiency, wheel skid

Adres do korespondencji:

Włodzimierz Białczyk; e-mail: wlodzimierz.bialczyk@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chełmońskiego 37/41
51-630 Wrocław