

OCENA ENERGETYCZNYCH PARAMETRÓW WSPÓŁPRACY UKŁADU KOŁO NAPĘDOWE-DROGA LEŚNA

Włodzimierz Białczyk, Anna Cudzik, Jarosław Czarnecki, Dominik Moś
Institut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę współpracy układu koło napędowe-droga leśna w aspekcie strat energetycznych wynikających z poślizgu. Badania przeprowadzono na gruntowej drodze leśnej zlokalizowanej w Leśnictwie Nowa Wieś Książęca. Do badań użyto opony napędowe o rozmiarach 9.5-24 oraz 7.5-16. Pomiary przeprowadzono z wykorzystaniem specjalistycznego stanowiska do badań trakcyjnych w warunkach polowych. Badania wykazały, że najwyższe wartości sił napędowych i sprawności analizowane opony uzyskiwały przy poślizgu poniżej 15%. Dalszy wzrost poślizgu przejawiał się znacznym wzrostem strat energetycznych.

Słowa kluczowe: siła napędowa, moment napędowy, poślizg kół napędowych, sprawność trakcyjna

Wstęp

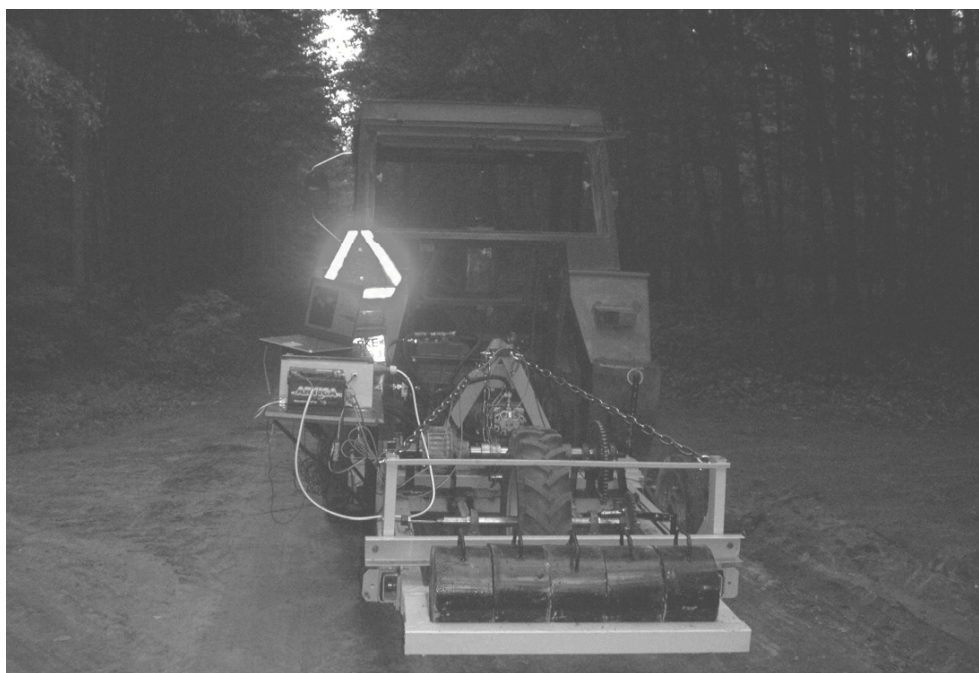
Prace transportowe w leśnictwie są przyczyną powstawania największych szkód w ekosystemie leśnym [Sosnowski 2003]. Wynikają one przede wszystkim ze złej organizacji pracy np. zrywka i wywóz drewna przy nieodpowiednich warunkach pogodowych oraz z braku przystosowania środków transportowych do danych warunków terenowych: coraz cięższe pojazdy, poruszające się po drogach o bardzo małej nośności, nieprzystosowanych do przenoszenia tak dużych obciążeń [Kubiak 1990; Herbauts i in. 1998; Koreń 2002]. Szkody glebowe na drogach leśnych i szlakach zrywkowych w postaci kolein są przejawem strat energetycznych pojazdu. Część mocy silnika pojazdu zostaje bezpowrotnie stracona na odkształcenie podłoża i poślizg kół. Faktem jest, że każdy procent poślizgu, to stracona moc, większe szkody w podłożu i większe zużycie paliwa a w efekcie droższy transport.

Cel pracy, metoda i warunki badań

Celem badań było dokonanie energetycznej oceny współpracy układu koło napędowe - droga leśna w oparciu o zmierzone lub obliczone wartości parametrów trakcyjnych, a mianowicie sił jazdy, momentów napędowych, poślizgu kół i sprawności trakcyjnej. Dodatkowo celem było porównanie wspomnianych parametrów trakcyjnych wyznaczonych dla różnych opon.

Badania przeprowadzono na drogach leśnych i szlakach zrywkowych zlokalizowanych na terenie Nadleśnictwa Syców w Leśnictwie Nowa Wieś Książęca. Badanym podłożem była droga gruntowa, pełniąca głównie funkcje szlaku zrywkowego oraz okresowo użytkowana jako droga wywozowa, po której oprócz ciągników zrywkowych poruszają się samochody wywożące z lasu drewno małowymiarowe. Analizowaną drogę scharakteryzowano przez pomiar maksymalnych naprężeń ścinających oraz wyznaczając jej wilgotność i zwięzłość. Wilgotność badanej drogi wynosiła 16%, wartości maksymalnych naprężeń ścinających zmierzonych na głębokości 0,05 m wynosiły 52 kPa, a średnia zwięzłość w warstwie 0-0,05 m wynosiła 1,7 MPa.

Do przeprowadzenia badań użyto specjalistycznego stanowiska umożliwiającego jednoczesny pomiar siły napędowej (P_j), momentu napędowego (M), drogi rzeczywistej (s_{rz}) oraz drogi teoretycznej (s_t) dla zmiennych obciążeń badanego koła (Rys. 1). Pomiar promienia dynamicznego (r_d) badanych kół wyznaczano dla każdego obciążenia osobno, na podstawie pomiaru przebytej drogi dla pięciu pełnych obrotów koła. Wszystkie czujniki rejestrowały pomiary z dokładnością do 0,001 [N, Nm, stopnia kąta obrotu kół]. Pomiary wykonywano w pięciu powtórzeniach dla każdej wielkości obciążenia koła.



Rys. 1. Stanowisko do badań trakcyjnych w warunkach polowych
Fig. 1. Setup for traction tests in field conditions

Do badań użyto kół o rozmiarach 19.50-24 oraz 17.50-16 obciążonych siłą pionową przez zamocowanie 1 lub 5 obciążników. Różnice w wartościach obciążenia dla badanych rozmiarów opon są wynikiem odmiennego ciężaru opon i tarcz. Poślizg kół oraz sprawność trakcyjną obliczono wg zależności (1), (2) [Jakliński 2006].

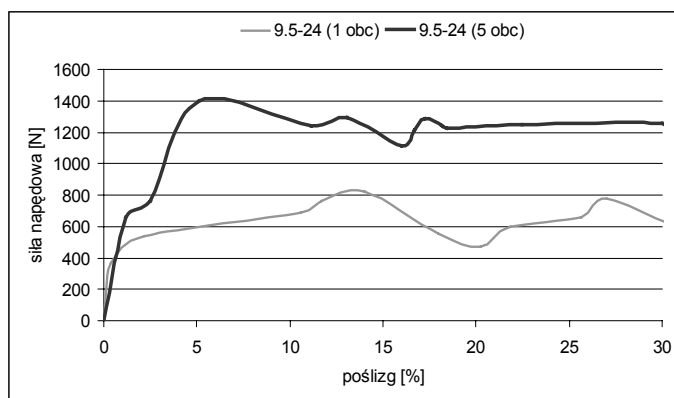
$$\delta = 1 - \frac{s_{rz}}{s_t} \quad [\%] \quad (1)$$

$$\eta = \frac{P_j}{M} \cdot r_d \cdot (1 - \delta) \quad [\%] \quad (2)$$

Analizę statystyczną uzyskanych wyników wykonano przy wykorzystaniu pakietu statystycznego STATISTICA 8.0. W celu określenia wpływu zmiennych niezależnych na zmienne zależne zastosowano wieloczynnikową analizę wariancji oraz test grup jednorodnych Tukeya HSD.

Wyniki badań i ich analiza

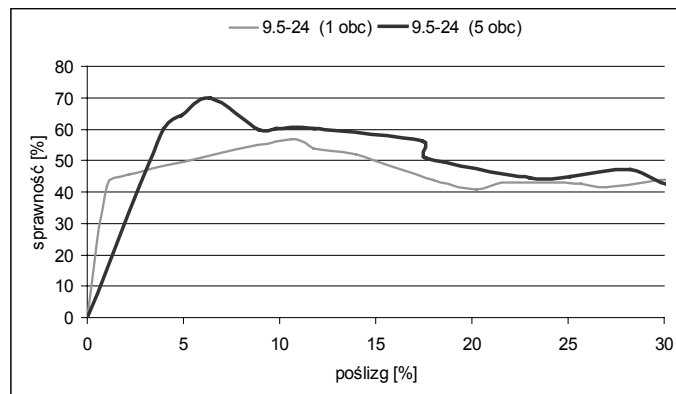
Na rysunku 2 przedstawiono przebiegi siły napędowej powstającej na kole z oponą o rozmiarze 9.5-24 w funkcji zmian poślizgu, dla dwóch wartości obciążenia koła 3300 N (1obc) i 5200 N (5obc). Analizując wykres można zauważyć, że wzrost obciążenia badanego koła o około 58% skutkował 75% wzrostem wartości maksymalnej siły napędowej. Należy zaznaczyć, że wartości maksymalne mierzonego parametru uzyskano dla obciążenia koła równego 5200 N przy znacznie niższej wartości poślizgu niż dla obciążenia 3300 N. Maksymalną siłę napędową równą 1400 N dla obciążenia 5200 N uzyskano przy poślizgu na poziomie 5%, natomiast przy obciążeniu 3300 N maksymalną siłę napędową (818 N) uzyskano przy 14% poślizgu.



Źródło: opracowanie własne autorów

- Rys. 2. Przebiegi zmienności siły napędowej opony 9.5-24 jako funkcja poślizgu, dla dwóch obciążeń kół (1 obc=3300 N i 5 obc=5200 N)
- Fig. 2. Variability trajectories for driving force of 9.5-24 tyre as a function of slip, for two wheel loads (1 obc=3,300 N and 5 obc=5,200 N)

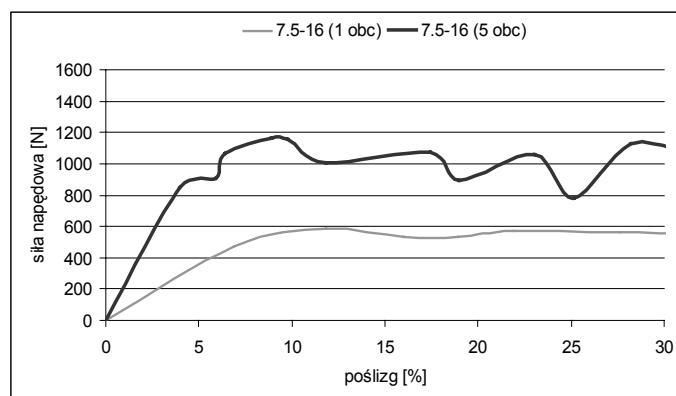
Rysunek 3 przedstawia przebiegi zmian sprawności trakcyjnych uzyskanych przez badane koło na analizowanej drodze leśnej.



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 3. Przebiegi zmienności sprawności trakcyjnej opony 9.5-24 jako funkcja poślizgu dla dwóch obciążeń kół (obc1=3300 N i obc5=5200 N)
 Fig. 3. Variability trajectories for traction efficiency of 9.5-24 tyre as a function of slip, for two wheel loads (obc1=3,300 N and obc5=5,200 N)

Z powyższego rysunku wynika, że największe wartości sprawności niezależnie od wielkości obciążenia koła wyznaczono przy poślizgu mniejszym niż 12%. Wzrost poślizgu do 20% skutkował spadkami sprawności trakcyjnej, natomiast po jej przekroczeniu wartości sprawności stabilizowały się i dla obu analizowanych obciążeń kształtowały się na poziomie 45%. Obliczone wartości sprawności potwierdzają to, że z dwóch zastosowanych obciążeń, to większe przyczynia się do poprawy właściwości trakcyjnej badanej opony.

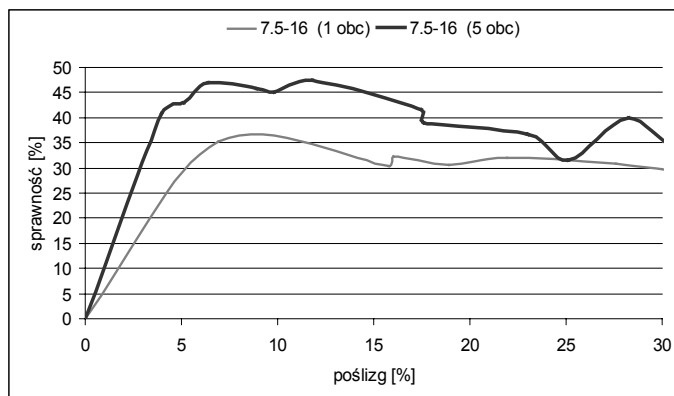


Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 4. Przebiegi zmienności siły napędowej opony 7.5-16 jako funkcja poślizgu dla dwóch obciążeń kół (obc1=2850 N i obc5=4950 N)
 Fig. 4. Variability trajectories for driving force of 7.5-16 tyre as a function of slip, for two wheel loads (obc1=2,850 N and obc5=4,950 N)

Na kolejnym rysunku (rys. 4) przedstawiono przebiegi zmienności siły napędowej jako funkcję poślizgu dla opony 7.5-16 przy obciążeniu 2850 N i 4950 N. Analizując wykresy można zauważyć intensywny wzrost siły napędowej wraz ze wzrostem poślizgu do 10%. Dalszy wzrost poślizgu kół nie wpływał znacząco na wartości analizowanego parametru. Dociążenie badanego koła skutkowało nawet 100% wzrostem siły napędowej w porównaniu z wartościami uzyskiwanymi przy obciążeniu mniejszym.

Analizując przebiegi zmian sprawności w zależności o poślizgu koła o rozmiarze 7.5-16 (rys. 5) można zauważyć, że największą wartość uzyskano przy obciążeniu 4950 N i wynosiła ona 47%. Dla poślizgu z przedziału (0÷10)% obserwowano intensywny wzrost wartości wyznaczanego parametru, aż do osiągnięcia maksimum, po którym sprawność analizowanego układu zmniejszała się wraz ze wzrostem poślizgu. Wzrost obciążenia koła korzystnie wpływał na sprawność trakcyjną dla poślizgu 0-25%, przejawiał się bowiem nawet 35% jej wzrostem w stosunku do wartości uzyskiwanych przy obciążeniu mniejszym.

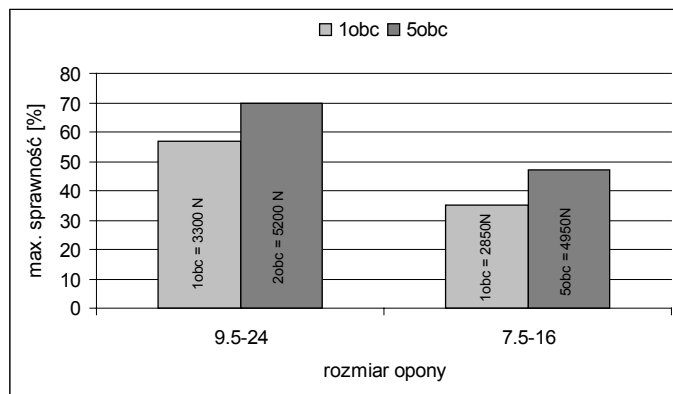


Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 5. Przebiegi zmienności sprawności trakcyjnej opony 7.5-16 jako funkcja poślizgu dla dwóch obciążeń kół (obc1=2850 N i obc5=4950 N)

Fig. 5. Variability trajectories for traction efficiency of 7.5-16 tyre as a function of slip, for two wheel loads (obc 1=2,850 N and obc 5=4,950 N)

Dla porównania wyznaczanych parametrów opisujących właściwości trakcyjne badanych opon na rysunku 6 przedstawiono maksymalne wartości sprawności trakcyjnych uzyskanych na badanej drodze leśnej przez opony o rozmiarach 9.5-24 oraz 7.5-16. Analizując diagram można zauważyć, że wyższe wartości sprawności uzyskiwała opona 9.5-24 o 60% przy obciążeniu mniejszym oraz o 48% przy obciążeniu większym (5 obciążników), w porównaniu z oponą rozmiarze 7.5-16.



źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 6. Wartości maksymalnych sprawności trakcyjnych badanych opon na drodze leśnej, dla dwóch wielkości obciążenia (1 obc i 5 obc).

Fig. 6. Maximum traction efficiency values for tested tyres on a forest road, for two load sizes (1 obc and 5 obc).

W celu określenia wpływu rozmiaru opony oraz obciążenia na wartości siły napędowej oraz sprawności trakcyjnej, uzyskane wyniki poddano wieloczynnikowej analizie wariancji. Wyniki analizy zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji

Table 1. Results of multi-factor variance analysis

| Zmienne | Rozmiar opony | Obciążenie |
|---------------|---------------|------------|
| Siła napędowa | 0,041268 | 0,000443 |
| Sprawność | 0,010892 | 0,001633 |

Źródło: obliczenia własne autorów

Przeprowadzona analiza wykazała, że zarówno na wartości generowanych sił napędowych oraz na wartości sprawności trakcyjnej wpływały istotnie na poziomie istotności $\alpha=0,05$ rozmiar opony oraz wielkość obciążenia badanych kół.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Badane koła maksymalne siły napędowe uzyskiwały przy poślizgu mniejszym niż 16%. Opona o wymiarach 9.5-24 generowała większe o 15÷20% siły napędowe niż opona 7.5-16.
2. Dociążanie kół skutkowało wzrostem generowanych sił trakcyjnych, ponadto maksymalne siły trakcyjne uzyskiwano przy mniejszych poślizgach (5% - opona 9.5-24, 10% - opona 7.5-16).

3. Maksymalne sprawności trakcyjne badane koła uzyskiwały przy poślizgu z przedziału 0-12%. Jej wartości wyznaczone dla koła o wymiarach 9.5-24 były o około 60% przy obciążeniu 1 obciążnikiem oraz o 48% przy obciążeniu 5 obciążnikami większe niż koła 7.5-16.
4. Dociążanie koła niezależnie od jego rozmiaru powodowało wzrost sprawności trakcyjnej dla poślizgów z zakresu 0-25%. Wzrost obciążenia badanych kół powodował zmniejszanie się różnic pomiędzy wartościami analizowanego parametru uzyskiwanymi dla różnych rozmiarów opon.

Bibliografia

- Herbauts J., El-Bayad J., Gruber W.** 1998. The impact of mechanized forestry technique on the physical deterioration of soil – the case of acid, silty soils in the Soignes Fores (Belgium). *Revue Forestiere Francaise*. 50(2). s.124-137.
- Jakliński L.** 2006. *Mechanika układu pojazd – teren w teorii i badaniach wybrane zagadnienia*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. ISBN 83-7207-595-6. s.18-23.
- Koreň J.** 2002. Prirodzená regenerácia vybratých druhov leśných pôd mechanicky poškodených pri približovaní dreva traktormi. Zborník z medzinárodnej konferencie, 9-10.9. 2002 – Logistika technickej výroby dreva v Karpatoch. Zvolen, KLŤM, Lesnícka fakulta TU. s. 124-131.
- Kubiak M.** 1990. *Transport leśny*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu. s. 13-18.
- Sosnowski J.** 2002. Szlaki zrywkowe w proekologicznym gospodarstwie leśnym. Część II – Projektowanie, wykonawstwo i użytkowanie szlaków zrywkowych. *Sylwan* nr 9 s. 93-99.

EVALUATION OF ENERGY PARAMETERS FOR COOPERATION IN THE DRIVE WHEEL – FOREST ROAD ARRANGEMENT

Abstract. The paper presents an analysis of cooperation in the drive wheel – forest road arrangement in the aspect of energy losses resulting from slip. The tests were carried out on a soil-surfaced forest road located in the Forest Administration Region of Nowa Wieś Książęca. Drive wheel tyres sized 9.5-24 and 7.5-16 were used in the tests. Measurements were carried out using specialist setup for traction tests in field conditions. The research has shown that highest values of driving forces and efficiency are reached by the analysed tyres at slip under 15%. Further slip growth was accompanied by a significant increase in energy losses.

Key words: driving force, driving torque, drive wheels slip, traction efficiency

Adres do korespondencji:

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