

Grzegorz Trzciniński  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Katedra Użytkowania Lasu

## WYWÓZ DREWNA WIELKOWYMIAROWEGO A OBCIĄŻENIE DRÓG LEŚNYCH

### Streszczenie

Wywóz drewna jest realizowany 5- i 6-osioowymi samochodami wysokotonażowymi, których masa całkowita nie powinna przekraczać 40 t. W pracy przedstawiono wyniki analiz zestawów wywozowych, stosowanych w transporcie drewna wielkowymiarowego: parametrów zewnętrznych, masy całkowitej zestawu, obciążenia poszczególnych osi, jednostkowych ładunków drewna. Badaniom poddano 80 samochodów różnych marek w zestawach 3+2 osie lub 3+3 osie. Masa całkowita zestawów wynosiła od 42 do 60 t, a średnie obciążenie pojedynczej osi – od 80 do 120 kN.

**Słowa kluczowe:** obciążenie drogi leśnej, masa całkowita samochodu, obciążenie osi pojazdu, transport drewna

### Wstęp

Ograniczenia dotyczące dróg publicznych (zakaz składowania i załadunku drewna) powodują, że układ leśnych dróg wewnętrznych jest podstawową siecią komunikacyjną nadleśnictw, umożliwiającą załadunek ok. 32 mln m<sup>3</sup> drewna pozyskiwanego corocznie w PGL LP na samochody wysokotonażowe i jego wywóz z lasu. Głównymi cechami charakteryzującymi sieć dróg leśnych jest ich optymalne rozmieszczenie przestrzenne, udostępniające obszary leśne, oraz jakość techniczna dróg, uwarunkowana parametrami projektowymi, a szczególnie rodzajem i konstrukcją nawierzchni [Pieńkos 2000; Szewczyk i in. 2006; Żáček, Kleč 2008].

Projektowanie elementów drogi wymaga posiadania informacji o obecnej i przewidywanej strukturze ruchu pojazdów w leśnej sieci komunikacyjnej nadleśnictwa. Wiąże się to z koniecznością dysponowania charakterystykami typów samochodów wysokotonażowych, stosowanych w transporcie drewna.

Określony przez Steinlina [1963] i Nowakowską-Moryl [1995] udział pojazdów ciężarowych, wykorzystywanych do wywozu drewna, w strukturze ruchu

---

Badania naukowe finansowane przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego ze środków na naukę w latach 2008–2010.

po drogach leśnych wynosi kilkanaście procent. Znaczący udział samochodów wysokotonażowych w ruchu po drogach leśnych wykazują Dobre [1992] – 26–35% oraz Trzcíński [2000; 2001] – 42–60%.

W warunkach małego natężenia ruchu na drogach leśnych samochody wysokotonażowe w dużym stopniu obciążają nawierzchnię, co przyczynia się do degradacji nawierzchni drogowej oraz środowiska leśnego [Bień 1987; Burke 1995; Hajek 1995; Komorowski i in. 1990; Martin i in. 1999].

Celem pracy było określenie rzeczywistych parametrów zewnętrznych pojazdów, stosowanych do wywozu wielkowymiarowego drewna sosnowego, mających wpływ na elementy dróg leśnych. Realizacja tak sformułowanego celu wymagała następującego zakresu badań: określenia charakterystyk marek i modeli samochodów, stosowanych do wywozu drewna, pomiarów całkowitej rzeczywistej masy własnej zestawów wywozowych z ładunkiem, pomiarów obciążenia poszczególnych osi zestawu wysokotonażowego oraz określenia masy drewna przewożonego jednorazowo.

### **Materiał i metody badań**

Badania przeprowadzono na terenie tartaku, znaczącego odbiorcy drewna, przyjmującego dziennie średnio 800–1000 m<sup>3</sup> drewna. Odbiorca nabywa sosnowe drewno wielkowymiarowe od średnicy 0,14 do 0,35 m całej strzały (maks. długość 13,2 m) lub kłody długości 4,40 lub 8,80 m.

Charakterystykę marek i typów pojazdów, używanych do wywozu drewna w zestawach wysokotonażowych – samochód + przyczepa (naczepa), przystosowanych do transportu drewna, określono na podstawie obserwacji terenowych u odbiorcy drewna, gdzie wykonywano pomiar parametrów zewnętrznych. Za najistotniejsze parametry uznano wymiary zewnętrzne zestawu, tj. długość z ładunkiem i bez oraz rozstaw osi.

Pomiary masy całkowitej zestawu wysokotonażowego z drewnem (ang. „gross vehicle weight” – GVW) wykonywano u odbiorcy na wadze stacjonarnej. Samochód wjeżdżał na wagę z ładunkiem, a po zważeniu następował odbiór drewna i rozładunek. Następnie ważono pusty zestaw. Miąższość w m<sup>3</sup> transportowanego drewna określano na podstawie kwitu wystawionego przez sprzedającego (nadleśnictwo) po weryfikacji przez brakarza odbiorcy. Zestaw transportowy z ładunkiem po zważeniu na wadze stacjonarnej przejeżdżał na stanowisko pomiarowe z przenośnymi, platformowymi wagami drogowymi, gdzie dokonywano pomiaru obciążenia na poszczególnych osiach kół kolejno w całym zestawie – samochodzie i przyczepie. Opracowanie statystyczne wyników zostało wykonane z użyciem pakietu statystycznego Statgraphics® Plus. Do zbadania hipotezy, czy między analizowanymi grupami istnieją statystycznie istotne różnice między średnimi, zastosowano analizę wariancji oraz test wielokrotnego porównania średnich Fishera.

Sprawdzano hipotezę, czy stwierdzone różnice w wynikach masy całkowitej zestawu wywozowego z ładunkiem i miąższości jednorazowego ładunku drewna między poszczególnymi markami samochodów oraz obciążenie danej osi zestawu są statystycznie istotne.

## Wyniki badań

Pomiary wykonano w dwóch turach – w czerwcu i listopadzie 2009 r., a wazaniem objęto wszystkie samochody dostarczające drewno do odbiorcy. W czasie badań drewno dostarczały samochody czterech marek: Mercedes (typ 3346, 2648, 2653), Man (typ 26361, 26462, 27402, 33463), Iveco (260 E420) i Scania (124C, 143H). Łącznie przebadano 80 pojazdów, których zbiorczą charakterystykę parametrów zewnętrznych przedstawiono w tabeli 1. Samochody 3-osiowe współpracowały z 2-osiową przyczepą samosterującą (wózek) lub 2-osiową naczepą siodłową oraz 3-osiową naczepą siodłową rozsuwaną. Zestawy wywozowe, składające się z samochodu i przyczepy samosterującej lub przyczepy rozsuwanej, miały maksymalną długość 20–21 m z ładunkiem oraz różną odległość między ostatnią osią samochodu a pierwszą przyczepy (L4).

Tabela 1. Wybrane parametry samochodów wywozowych  
Table 1. Selected parameters of the trucks for timber haulage

Marka samochodu Mark of truck	Typ przyczepy Type of trailer	Zwis przedni L1 Front overhang max. [m]	Odległość między osiami Axle base [m]					Długość zestawu Length of articulated unit [m]		Długość z ładunkiem Length with the load [m]		Szerokość kłonic Width of stanchions [m]
			L2	L3	L4	L5	L6	min.	max.	min.	max.	
			max.	max.	max.	max.	max.					
Iveco	naczepa articulated trailer	1,40	4,10	1,40	5,35	1,40	1,35	16,30	18,50	18,00	18,20	2,50
Man	naczepa articulated trailer	1,50	4,00	1,45	6,10	1,90	2,15	16,40	17,10	18,00	19,90	2,55
Man	przyczepa rozsuwana extensible pole trailer	1,45	3,95	1,40	8,40	1,40	–	14,90	17,30	15,05	19,40	2,50
Man	wózek carriage	1,45	4,10	1,40	7,85	2,95	–	15,00	18,10	14,30	19,30	2,50
Mercedes	naczepa articulated trailer	1,45	3,85	1,40	6,70	2,00	–	14,75	16,50	13,90	14,25	–
Mercedes	wózek carriage	1,50	3,90	1,35	8,05	2,85	–	15,30	18,30	14,00	20,60	–
Scania	przyczepa rozsuwana extensible pole trailer	1,40	3,90	1,45	8,00	1,35	–	14,80	16,85	18,10	18,80	–
Scania	wózek carriage	1,50	4,10	1,40	7,95	2,90	–	15,40	18,20	15,40	21,00	2,50

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Średni ładunek drewna przewożony samochodem wywozowym wynosił od 29,3 m<sup>3</sup> (Man) do 32,5 m<sup>3</sup> (zestaw Scania) z rozpiętością od 20,06 do 37,4 m<sup>3</sup> (tab. 2). Ładunki minimalne i maksymalne dla poszczególnych zestawów wywozowych występowały w pojedynczych kursach. We wszystkich zestawach wywozowych maksymalne ładunki drewna wynosiły ponad 34 m<sup>3</sup> (zestawy z samochodem Iveco i Man) oraz 37 m<sup>3</sup> (Mercedes). Większość przejazdów zestawów wywozowych jest realizowana z ładunkiem drewna od 28 do 32 m<sup>3</sup>. Analiza wariancji średnich ładunków nie wykazała statystycznie istotnych różnic między zestawami wywozowymi oraz ładunków przewożonych samochodami danej marki.

Tabela 2. Jednostkowe ładunki drewna przewożone zestawem wywozowym  
Table 2. Single timber loads carried by transport vehicle set

Zestaw wywozowy z samochodem marki Transport set with a truck of mark	Jednostkowy ładunek drewna Single timber load [m <sup>3</sup> ]			Odchylenie standardowe Standard deviation [m <sup>3</sup> ]	Jednostkowy ładunek znacznie wykraczający Single load markedly exceeding the limit [m <sup>3</sup> ]
	minimalny minimum	maksymalny maximum	średni average		
Mercedes	26,68	37,34	30,78	2,66	37,34
Man	20,06	35,11	30,17	3,12	20,06
Iveco	24,33	34,52	29,32	3,68	34,52
Scania	28,49	37,45	32,55	3,12	37,45

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Masa całkowita zestawu wywozowego z samochodem Man z 20,0 m<sup>3</sup> drewna była najmniejsza – 42 280 kg, a z ładunkiem 34,0 m<sup>3</sup> drewna największa – 59 940 kg (tab. 3). Zestaw wywozowy z samochodem Mercedes z minimalnym ładunkiem drewna 26,7 m<sup>3</sup> miał minimalną masę całkowitą 47 700 kg, a maksymalną 58 420 kg z ładunkiem 33,0 m<sup>3</sup> drewna. Zestawy wywozowe z samochodem Scania charakteryzowały się największą średnią masą całkowitą, tj. 55 260 kg.

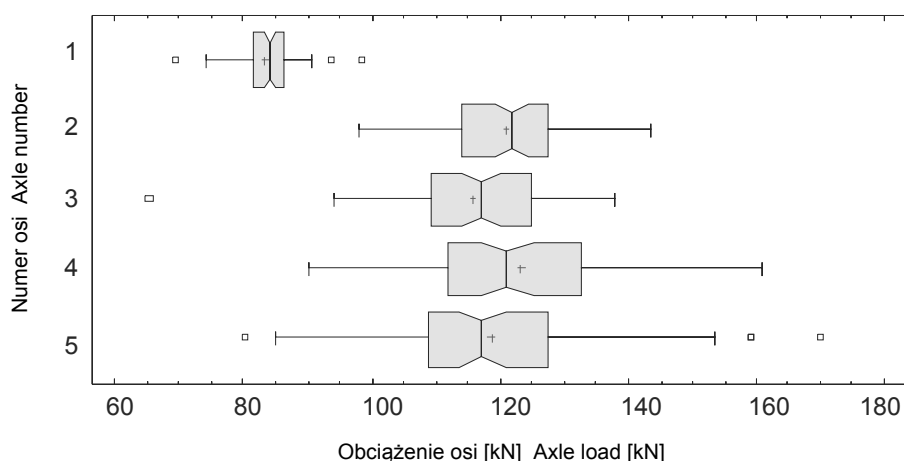
Tabela 3. Masa całkowita zestawów wywozowych z drewnem  
Table 3. Gross weight of vehicles with hauled timber load

Zestaw wywozowy z samochodem Hauling set with a truck	Masa całkowita zestawu Gross weight of set [kg]			Odchylenie standardowe Standard deviation	Masy znacznie wykraczające Weights markedly exceeding limit [kg]
	minimalna minimum	maksymalna maximum	średnia average		
Mercedes	47 700	58 420	52 720	2 849	brak lack
Man	42 280	59 940	52 030	3 578	42 280 i 59 940
Iveco	46 620	51 800	49 190	2 479	brak lack
Scania	50 980	59 640	55 260	3 424	brak lack

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Analiza wariancji wykazała istotną różnicę między średnimi wartościami masy całkowitej zestawów wywozowych. Przeprowadzona analiza z zastosowaniem testu wielokrotnego porównania średnich potwierdziła brak istotnych różnic między masą całkowitą zestawów z samochodami Mercedes i Man, Mercedes i Scania oraz Man i Iveco.

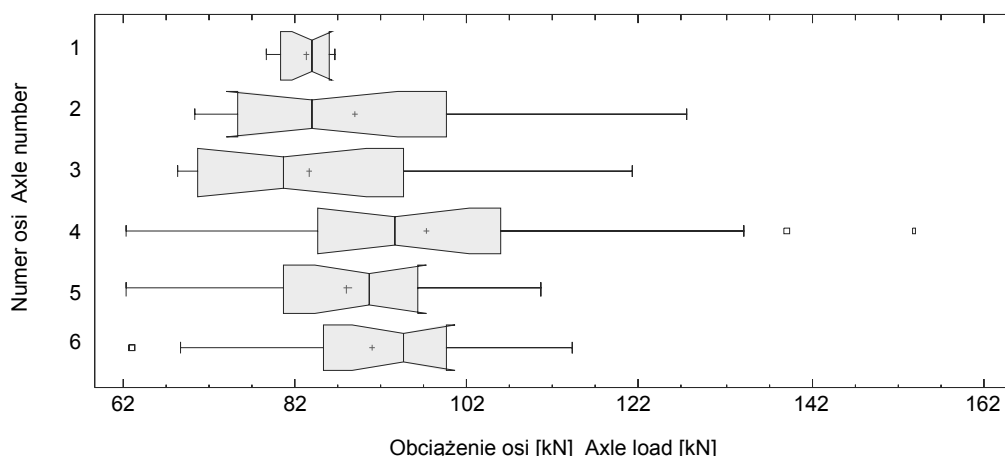
Większość zestawów wywozowych składała się z samochodu 3-osiowego i 2-osiowej naczepy lub przyczepy samosterującej (wózka). W 16 analizowanych zestawach samochody Iveco i Man współpracowały z naczepą 3-osiową. W zestawie 5-osiowym średnie obciążenie pierwszej osi samochodu wynosiło 83,4 kN, a otrzymane wyniki kształtowały się w zakresie 69,2–98,2 kN (rys. 1). Pozostałe osie samochodu i przyczepy miały bardzo podobne wartości średnich obciążeń – od 115,8 kN (trzecia oś samochodu) do 123,2 kN (czwarta oś zestawu, pierwsza oś przyczepy) z zakresem od 65,2 do 170,0 kN. Potwierdziła to analiza wariancji i test post-hoc, wskazując wartości nacisków na pierwszą oś jako znacząco różniące się od pozostałych wyników. Większość nacisków na osie od drugiej do piątej zestawu (ponad 50%) przekraczała wartości 105,0–125,0 kN.



Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 1. Rozkład wyników obciążenia osi w 5-osiowym zestawie wywozowym  
 Fig. 1. Results distribution of single-axle loads in five-axle hauling vehicle

W przypadku 6-osiowego zestawu otrzymano równomierne obciążenie osi (rys. 2), co potwierdziła analiza wariancji, a średnia wartość dla pojedynczej osi wynosiła od 83,3 kN (pierwsza oś) do 97,2 kN (czwarta oś). Minimalne wartości obciążeń, tj. 62,0–63,0 kN, obserwowano dla osi od czwartej do szóstej zestawu, a maksymalne 153,9 kN dla osi nr 4 (pierwsza oś naczepy), przy czym były to dwa wyniki znacząco różniące się od pozostałych.



Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 2. Obciążenie osi w samochodach wywozowych z naczepą – zestaw 6-osiowy  
Fig. 2. Single-axle loads in trucks with articulated trailer (six-axle vehicles)

### Podsumowanie

Masa całkowita zestawu wywozowego jest określona przepisami dopuszczającymi poruszanie się pojazdów po drogach publicznych, które zostały wydane przez instytucje odpowiedzialne za transport i drogi publiczne, z jednoczesną możliwością ograniczenia dopuszczalnego obciążenia danej drogi. W Polsce dopuszczalną masę zestawu wywozowego (pojazd z przyczepą) powyżej 4 osi określono w Rozporządzeniu Ministra Transportu... [2003] na 40 lub 44 t w zależności od liczby osi, a maksymalny nacisk na pojedynczą oś ustalono na 8 t i 16 t na podwójną oś. Podobne ograniczenia GVW dla samochodu 40 t obowiązują w innych krajach europejskich [Department... 1997; Roundwood... 2003; Anon 2005].

Z otrzymanych danych wynika, że wszystkie zestawy wywozowe przekraczały dopuszczalną masę całkowitą w zakresie od 2 280 do 19 940 kg ze średnim przekroczeniem 12 022 kg. Przekraczanie dopuszczalnej ładowności przez samochody transportujące drewno jest obserwowane nie tylko w Polsce. W transporcie związanym z wywozem drewna McDonnell i in. [2008] stwierdzili przekraczanie przez 58–80% samochodów dopuszczalnej masy zestawu wywozowego, a Devlin [2008] – przez 60% samochodów. Ponadto ostatni z cytowanych badaczy stwierdził w przypadku 20% samochodów przekraczanie dopuszczalnej ładowności pojazdów.

W warunkach bardzo zbliżonej masy pustych zestawów wywozowych, niezależnie od marki i modelu samochodu oraz przyczepy, a także podobnych przewożonych średnich ładunków drewna wielkowymiarowego, otrzymuje się znaczne różnice w masie całkowitej zestawu wywozowego [Hamsley i in.

2007; Trzciński, Sieniawski 2010]. Trudno jest więc jednoznacznie określić miąższość ładunku drewna, wyrażoną w m<sup>3</sup>, bezpieczną ze względu na ładowność samochodu oraz dopuszczalną masę całkowitą zestawu i nacisków na oś. W warunkach bardzo zbliżonych, a czasami takich samych ładunków drewna, na przykład w zakresie 30–31 m<sup>3</sup>, otrzymywano masę całkowitą zestawu wywozowego różniącą się od 6000 do 8000 kg.

### Wnioski

1. Przewożenie ładunków drewna wielkowymiarowego sosnowego większych od 21 m<sup>3</sup> skutkuje przekroczeniem dopuszczalnej masy całkowitej zestawu, a maksymalne wartości 58–60 t nie wynikają z transportu maksymalnych 37 m<sup>3</sup> ładunków drewna.
2. Ze względu na drogi leśne celowe jest stosowanie w zestawach wywozowych przyczep rozsuwanych (naczep) 3-osiowych, charakteryzujących się mniejszym obciążeniem osi (80–90 kN) od przyczep samosterujących (wózków), w których średnie obciążenie na oś wynosi 120 kN.
3. W związku ze stwierdzonymi rzeczywistymi ładunkami drewna, przewożonymi przez zestawy wysokotonażowe, w dalszych analizach dróg leśnych można przyjmować rzeczywiste miąższości drewna 30–31 m<sup>3</sup> przewożone przez samochody, co oznacza mniejszą liczbę przejazdów zestawów wywozowych, ale o zwiększonym oddziaływaniu na drogę.

### Bibliografia

- Anon. 2005. Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama. Narodne Novine. Nr 92 poz.1848.
- Bień B. 1987. Ekonomiczne aspekty doboru nacisków osi pojazdów samochodowych na nawierzchnie dróg. Auto-Technika Motoryzacyjna. Nr 5 s. 6–9.
- Burke D.F. 1995. Transportation logistics of timber both within forests and on non-national roads. Master of engineering science thesis. Dublin. National University of Ireland ss. 165.
- Devlin G.J. 2008. Applications and development of real-time GPS tracking systems and on-board load sensor technology for wood transport in Ireland [COFORD Workshop „Developing cost-effective systems for wood procurement, harvesting and transport”]. [22.02.2008 Dublin].
- Devlin G.J., McDonnell K.M. 2009. Assessing real time GPS asset tracking for timber haulage. The Open Transportation Journal. Vol. 3 s. 78–86.
- Dobre A. 1992. Traffic loading of forest roads, resulting from forest management. Zbornik Gozdarstva in Lesarstva. Vol. 39 s. 61–81.
- Department of the Environment 1997. Road traffic (construction, equipment and use of vehicles) regulations [online]. Dublin. Nowelizacja z dnia 30 września 1997 r. poz 404/1997. [Data dostępu: 17.02.2011]. Dostępny w Internecie: <http://www.irishstatutebook.ie/1997/en/si/0404.html>

- Hajek J.J. 1995. General axle load equivalency factors. *Transportation Research Record*. Vol. 1482 s. 67–68.
- Hamsley A.K., Greene W.D., Siry J.P., Mendell B.C. 2007. Improving timber trucking performance by reducing variability of log truck weights. *Southern Journal of Applied Forestry*. Vol. 31 s. 12–16.
- Komorowski J., Suwała M., Jasnos P. 1990. Badania wzorców środków transportowych do drewna. Porównanie zestawów wywozowych Sisu, Iveco, Tam. *Biuletyn IBL*. Nr 2 s. 30–33.
- Martin A.M., Owende P.M.O., O'Mahony M.J., Ward S.M. 1999. Estimation of the serviceability of forest access roads. *Journal of Forest Engineering*. Vol. 10 s. 55–61.
- McDonnell K.M., Devlin G.J., Lyons J., Russel F., Mortimer D. 2008. Assessment of GPS tracking devices and associated software suitable for real time monitoring of timber haulage trucks. W: *COFORD Annual Report 2008*. Pr. zbior. Director E. Hendrick. Dublin, Ireland. COFORD s. 53–54.
- Nowakowska-Moryl J. 1995. Badanie ruchu drogowego na wybranych drogach leśnych w Nadleśnictwie Niepołomice. [Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Tanie oraz bezpieczne dla środowiska technologie budowy dróg leśnych w aspekcie aktualnych potrzeb gospodarki leśnej”]. [31.03–01.04.1995 Zielonka k. Poznania].
- Pieńkos K. 2000. Problemy komunikacyjnego udostępnienia lasów wielofunkcyjnych. W: *Podstawy komunikacyjnego udostępnienia lasów w wielofunkcyjnej zrównoważonej gospodarce leśnej*. Międzynarodowe seminarium „Problemy komunikacyjnego udostępnienia lasu”. Rogów 14.12.2000. Warszawa. Wydaw. SGGW s. 40–46.
- Roundwood Haulage Working Party – Forestry Commission. 2003. *Road haulage of round timber. Code of Practice*. Wyd. 3. Edinburgh ss. 44.
- Steinlin H. 1963. Aufgaben des Erschliessungsnetzes und seine Auswirkungen auf die Führung eines Forstbetriebes. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. Nr 9 s. 517–530.
- Szewczyk J., Moskalik T., Trzciński G., Kaczmarzyk S., Klemińska B., Dytkowski M. 2006. Komunikacyjne udostępnienie lasu w realizacji zrównoważonego użytkowania – analizy i możliwości implementacyjne. Sprawozdanie końcowe tematu badawczego 2004–2006. Maszynopis. Warszawa. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych ss. 110.
- Trzciński G. 2000. Zadania transportowe w lasach państwowych na przykładzie wybranych nadleśnictw. W: *Podstawy komunikacyjnego udostępnienia lasów w wielofunkcyjnej zrównoważonej gospodarce leśnej*. Międzynarodowe seminarium „Problemy komunikacyjnego udostępnienia lasu”. Rogów 14.12.2000. Warszawa. Wydaw. SGGW s. 72–80.



Trzciński G. 2001. Initial analysis of transport means utilisation in selected forest inspectorates. W: FORMEC 2000 – 34 Internationales Symposium Mechanisierung der Waldarbeit. Pr. zbior. Red. W. Grosse, T. Moskalik, P. Paschalis, J. Wippermann. Warszawa. Wydaw. SGGW s. 178–184.

Trzciński G., Sieniawski W. 2010. The impact of timber haulage on loading of forest roads. [The 2010 Nordic-Baltic conference on forest operations]. [20-22.10.2010 Norway].

Žáček J. Kleč P. 2008. Forest transport road according to natural forest regions in the Czech Republic. Journal of Forest Science. Vol. 54 s. 73–83.

## IMPACT OF THE TIMBER HAULAGE ON LOADING OF THE FOREST ROADS

### Summary

Wood transport is carried out with the use of five-axle and six-axle high tonnage vehicles whose total weight should not exceed 40 tons. The objective of this study was to recognize the real loads on vehicle's axles during transportation of timber. Paper presented an analysis of the parameters for vehicles used to wood transportation, such as technical characteristics, gross vehicle weight, load on particular axles, single timber loads. 80 vehicles of different types and marks, in sets of 3+2 or 3+3 axles, were investigated. The total weight of vehicles ranged from 42 to 60 t, and the average load per single axle from 80 to 120 kN.

**Key words:** loading of forest roads, gross vehicle weight, load per axle, timber transport

Praca wpłynęła do Redakcji: 05.10.2010 r.

*Recenzenci: prof. dr hab. Tomasz Dobek  
dr inż. Witold Zychowicz*

Adres do korespondencji:

dr Grzegorz Trzciński  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Wydział Leśny, Katedra Użytkowania Lasu  
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa  
tel. 22 593-81-28; grzegorz\_trzcinski@sggw.pl

