

Određivanje osovinskih opterećenja kamionskoga i tegljačkoga skupa za prijevoz drva

Marijan Šušnjar, Dubravko Horvat, Zdravko Pandur, Marko Zorić

Nacrtač – Abstract

Istraživan je utjecaj mase tovara na osovinska opterećenja dviju najčešćih izvedbi mehaniziranih sredstava za prijevoz drva te je ustanovljena pouzdanost i primjenjivost novoga mjernoga sustava (prijenosna mjerna platforma). Rezultati istraživanja pokazuju izmjere osovinskoga opterećenja i ukupne mase nenatovarenoga i natovarenoga šumskoga kamionskoga skupa s prikolicom i kamionskoga tegljačkoga skupa te mase tovara. Prema rezultatima mjerenja sve su dimenzije kamionskoga i tegljačkoga skupa u skladu sa zakonskim propisima. Oba su skupa s tovarom od 22,61 m³ bila u pretovaru. Kamionski je skup bio u pretovaru za 980 kg, a tegljački skup za 2345 kg. No, ni jedna osovina nije bila u pretovaru. Prazni tegljački skup ima veću masu od kamionskoga skupa za 700 kg.

Podaci upućuju na mogući daljnji razvoj poluprikolice tegljača i cjelokupnoga tegljačkoga skupa. Upotrebom modernijih materijala za izgradnju poluprikolice, ugradnjom modernije, lakše dizalice istih mogućnosti smanjila bi se početna masa tegljačkoga skupa, što bi u konačnici značilo da bi se mogao prevesti veći korisni teret. Mjerna platforma na kojoj se mjerilo pokazala se dobrom za mjerenje osovinskih opterećenja jer je mjerenje zadovoljavajuće precizno i jednostavno je za rukovanje.

Ključne riječi: osovinsko opterećenje, kamionski skup, tegljački skup, mjerna platforma

1. Uvod – Introduction

Prijevoz drva kamionom prevladava u daljinskom transportu drva u Hrvatskoj, iako je on najskuplji oblik prijevoza (Krupan i dr. 2002). U Hrvatskoj se između dvaju svjetskih ratova počinju rabiti šumski kamioni, kojima se danas prevozi gotovo 85 % ukupnoga drva, tako da su postali najznačajnija sastavnica daljinskoga transporta uz istodobno znatno manju uporabu željeznice. Razlozi tomu mogu se naći u razvoju kamiona i kamionskoga transporta u cjelini, gradnji takve mreže javnih putova koja je omogućila masovnu uporabu kamiona te u otvaranju šuma gradnjom kamionskih cesta (Horvat i Šušnjar 2002).

Kamioni prerađeni za prijevoz drva rabe se u hrvatskom šumarstvu više godina pa je stečeno iskustvo i u njihovu korištenju i u doradi velikoserijskih inačica. Osnova je gradnje takva kamiona, koji se zbog svoje isključive namjene prijevoza oblovine može zvati šumskim kamionom, montiranje šumske

nadogradnje, ugradnja šumske dizalice te udvajanja osovine. Razliku u vrstama šumskih nadgradnji kamiona najčešće uzrokuju duljine sortimenata tako da su neke nadgradnje primjerene kraćim duljinama obloga drva (do 6 m), dok se drugima može prevoziti i oblovina duljine do 12 m.

Različiti su autori različito imenovali kombinaciju kamiona s prikolicom ili poluprikolicom. Zbog različitoga nazivlja za ista transportna sredstva u ovom će se radu imenovati kamionski sustavi kako ih je definirao Sever (1992), a prema skicama na slici 1.

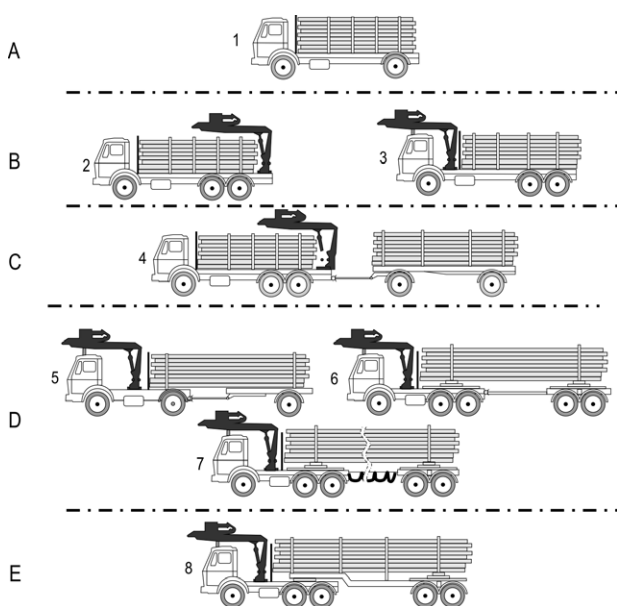
Za izvedbe šumskih kamiona i šumskih kamionskih skupova prema slici 1 upotrebljavaju se ovi nazivi:

A – Šumski kamioni bez dizalice – kamion bez dizalice

1 – Šumski kamion bez dizalice

B – Šumski kamioni s dizalicom – kamion s dizalicom ili samo kamion

- 2 – Šumski kamion s dizalicom montiranom sprijeda
 3 – Šumski kamion s dizalicom montiranom straga
 C – Šumski kamionski skup s prikolicom
 4 – Šumski kamionski skup s prikolicom – kamion s prikolicom
 D – Šumski kamionski skup s poluprikolicom
 5 – Šumski kamionski skup s jednoosovinskom poluprikolicom
 6 – Šumski kamionski skup s dvoosovinskom poluprikolicom – kamion s poluprikolicom
 7 – Šumski kamionski skup s dvoosovinskom poluprikolicom bez ruda
 E – Šumski tegljački kamionski skup
 8 – Šumski kamionski skup s tegljačkom dvoosovinskom poluprikolicom



Slika 1. Različite izvedbe kamionskih sustava

Fig. 1 Different designs of truck units

Autonomnost i fleksibilnost kamionskih skupova postignuta je ugradnjom hidrauličnih šumskih dizalica na svaki kamion. Zanimljiv je i podatak da je 1988. godine uz 400 kamiona koji su radili na prijevozu drva bilo oko 300 montiranih dizalica, što znači da je gotovo 100 kamiona pripadalo skupini A1 sa slike 1. Već 1995. godine, kada se broj kamiona smanjio na 250, rabilo se 236 dizalica, što znači da su gotovo svi kamioni bili njima opremljeni. Ako se uzme u obzir da su u ukupnom broju kamiona uvršteni i oni malih nosivosti (ispod 7 t) može se gotovo

sa sigurnošću tvrditi da je svaki kamion za daljinski transport te godine bio opremljen šumskom dizalicom. Isto tako podatak da su tada bile 234 prikolice pokazuje da su gotovo svi kamioni bili kamionski skupovi (Krpan i dr. 2002).

Smanjivanje ukupnoga broja kamiona krajem 90-ih godina uzrokovano je nabavom kamionskih skupova veće nosivosti te povećanjem udjela vanjskih transportnih i drugih poduzeća izvan šumarstva (drvena industrija) u ukupno prevezenoj količini drva. U ukupnom prijevozu drva kamionskim skupovima u Hrvatskoj »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb trenutno sudjeluju s 21 %, dok preostalih 79 % prijevoza drva obavljaju privatni poduzetnici (Beuk i dr. 2007). Danas »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb raspolažu sa 105 šumskih kamionskih skupova za prijevoz drva, od čega su samo 3 kamionska tegljačka skupa i to u R.J. Šumatrans Uprave šuma podružnica Vinkovci.

Tehničke značajke kamionskoga skupa polazište su o kojem ovise sve njegove bitne mogućnosti, kao što su: nosivost, brzina kretanja, prohodnost, energetska učinkovitost, učinkovitost utovara i istovara itd. U modernim kamionima, pa tako i u šumskim izvedbama, primjenjuje se sofisticirana oprema koja znatno olakšava vožnju, ali i povećava nabavnu cijenu. Veličina kamiona, pa time i njegova nosivost, također ga poskupljuje. Za skraćivanje vremena utovara i istovara, osim tehnoloških mjera, potrebne su i moderne šumske dizalice koje su također relativno skupe. Iz ovoga izlazi da se može očekivati visoka nabavna cijena šumskoga kamionskoga skupa, čime se dodatno poskupljuje ova, u odnosu na ostale, ionako najskuplja sastavnica šumskoga transporta.

Tomašić i dr. (2005) navode mjere koje bi se trebale poduzeti kako bi se povećala učinkovitost i samim time smanjili troškovi kamionskoga prijevoza. Povećanje korisne nosivosti moguće je ostvariti smanjenjem vlastite mase kamiona:

- ⇒ povoljnijim konstrukcijskim rješenjima šumske nadogradnje, uz upotrebu boljih i lakših vrsta materijala,
- ⇒ ugradnjom lakše dizalice jednakih mogućnosti i poboljšanih tehničkih značajki,
- ⇒ izborom kamionskoga skupa s lakšim i drugačije riješenim sklopovima,
- ⇒ uvođenjem kombiniranih načina prijevoza kamionskih skupova s dizalicom i bez dizalice.

Uspješnost kamionskoga prijevoza drva ovisi o nizu čimbenika od kojih su neki pod utjecajem šumarske struke, tehničke izvedba kamionskih skupova, organizacije pomoćnoga stovarišta, dok na zakonske propise o dimenzijama i nosivosti kamionskih kompozicija, ograničenju brzine vožnje, stanju i opterećenosti prometnica ne možemo utjecati (Malnar

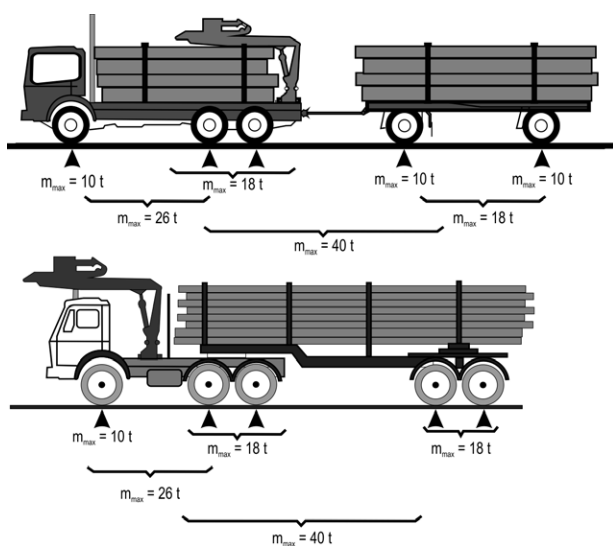
2000). Nosivost kao jedna od značajki koja izravno utječe na proizvodnost kamionskoga skupa nije ograničena samom tehničkom izvedbom kamionskoga skupa koliko zakonskim propisima na koje ne možemo utjecati.

2. Cilj istraživanja – Scope of research

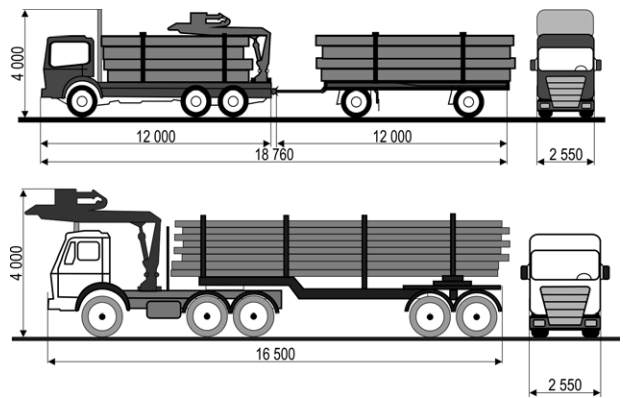
Kako je već prije navedeno, u hrvatskom šumarstvu prijevoz se drva obavlja u prvom redu kamionima s prikolicom (šumski kamionski skup) i kamionima s tegljačkom dvoosovinskom poluprikolicom (šumski tegljački skup). Zbog njihova prometa javnim cestama oni podliježu strogim zakonskim ograničenjima o dopuštenim opterećenjima osovina i ukupnoga vozila.

Temeljni je zakonski propis kojim se određuju neke tehničke značajke »Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama« (Narodne novine, 51/10). Tim su Pravilnikom obuhvaćene dimenzije vozila i osovinski pritisci. Temeljem raščlambe Pravilnika može se zaključiti da šumski kamion s prikolicom smije biti opterećen najviše 26 t za sam kamion, 18 t za prikolicu, ali da ukupna masa sustava ne smije prelaziti 40 t. Ujedno pojedinačno opterećenje samostalne osovine ne smije prelaziti 10 t, a dvostruke ukupno 18 t, kako to i pokazuje slika 2.

Najveća dopuštena masa, prikazana na slici 2, pokazuje određene nelogičnosti nastale zbog ograničavanja ukupne mase i osovinskih pritisaka. Primjerice, prema dopuštenim osovinskim pritiscima kamion bi mogao imati ukupnu masu 28 tona, ali je



Slika 2. Najveća dopuštena masa kamionskoga i tegljačkoga skupa
Fig. 2 Maximum allowable mass of truck with trailer and truck with semi-trailer

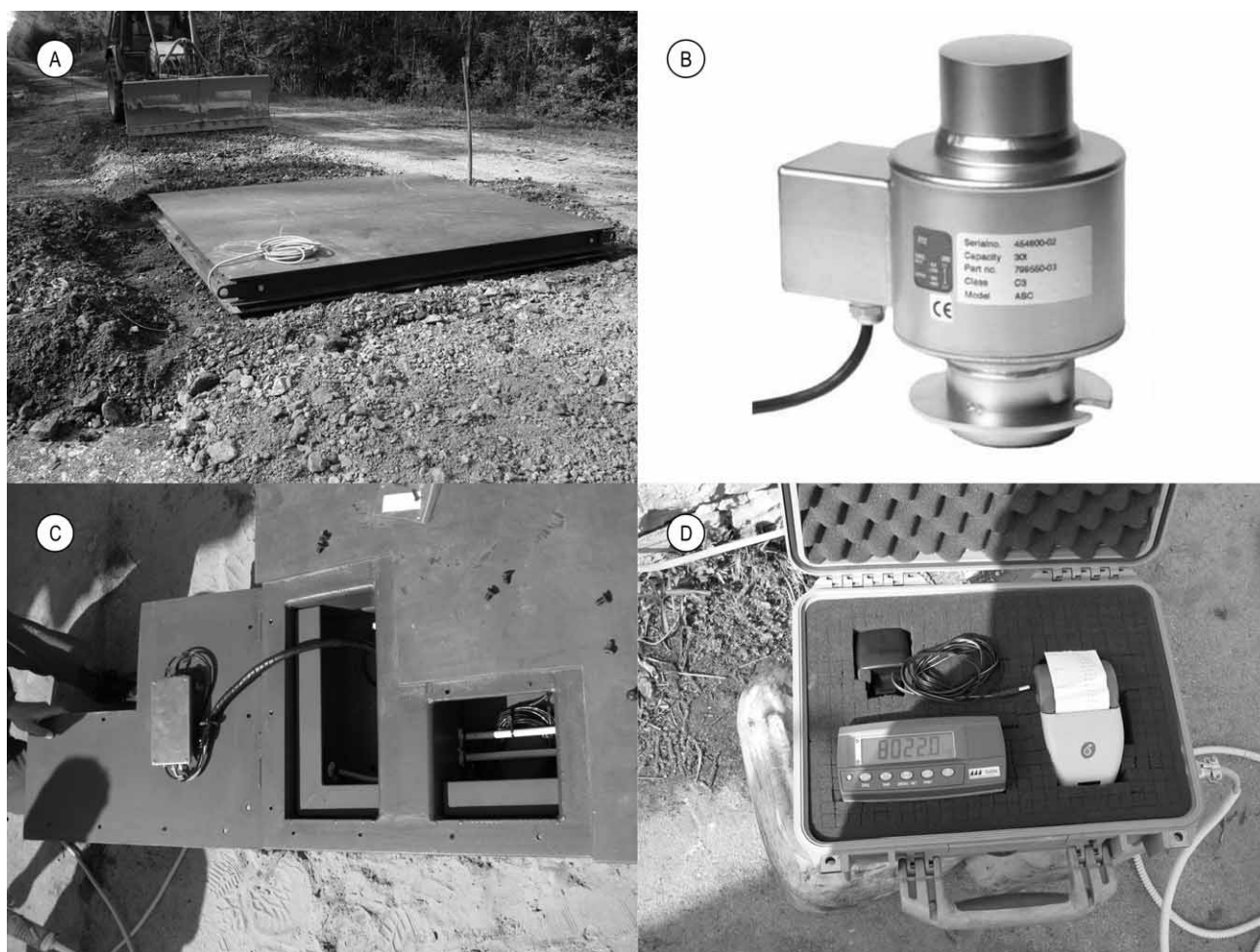


Slika 3. Najveće dopuštene dimenzije kamionskoga i tegljačkoga skupa
Fig. 3 Maximum allowable dimensions of truck with trailer and truck with semi-trailer

ona ograničena na dopuštenih 26 t. Iz toga izlazi i način kontrole mase koji će se provesti tako da se mjeri opterećenje svake pojedine osovine, a njihova se zbirna vrijednost opet uspoređuje s dopuštenom ukupnom masom kamiona. To isto vrijedi i za prikolicu. Cijeli se kamionski skup također mora procijeniti temeljem ukupne mase za skup, koja se dobije zbrajanjem pojedinačne mase kamiona i prikolice te se uspoređuje s dopuštenom masom od 40 t.

Istim su načinom na slici 3 unesene najveće dopuštene okvirne dimenzije kamiona, prikolice i cijeloga kamionskoga skupa prema zakonskim odredbama. Kao i kod ukupne mase kamionskoga skupa, može se zamijetiti da je ukupna duljina kamionskoga skupa manja od zbroja najveće duljine njegovih sastavnica – kamiona i prikolice. Osim toga treba uzeti u obzir i duljinu trupaca na šumskoj prikolici koji, u slučaju lošega slaganja, mogu povećati duljinu cijeloga kamionskoga skupa. Uz pretpostavku da je prazni kamionski skup granične duljine, trupce valja slagati čela poravnata sa zadnjim krajem prikolice. Ako je prazni kamionski skup kraći od granične duljine, zakonom je dopušten prepust do 15 % međuosovinskoga razmaka prikolice.

Zbog navedenih zakonskih ograničenja ukupne mase natovarenoga kamionskoga skupa te dopuštenih osovinskih opterećenja javlja se potreba u šumarskoj praksi za mjerenjem kamionskih skupova pri utovaru, odnosno neposredno prije izlaska na javnu cestu. Neposrednim mjerenjem osovinskih opterećenja šumskih kamionskih skupova izbjeglo bi se prekoračenje zakonskih ograničenja pri prijevozu drva. Preopterećenje šumskih kamionskih skupova može nepovoljno utjecati na njihove tehničke značajke i na stanje šumske ceste pri određenim uvjetima. Prijevozom pravilne mase tovara u skladu sa zakonskim ograničenjima i preporučenim nosivosti-



Slika 4. Prijenosna mjerna platforma i njezini sastavni dijelovi
Fig. 4 Portable measuring platform with component parts

ma kamiona i prikolica (poluprikolica) smanjili bi se troškovi održavanja šumskih cesta te povećao vijek trajanja tehničkih sredstava.

No, osovinsko opterećenje i ukupna masa šumskoga kamionskoga skupa ovisit će o vrsti tovara (vrsta drvnih sortimenta, vrsta drva), mokrini drva, načinu slaganja drvnih sortimenata u tovarni prostor kamiona, prikolice i poluprikolice. Zbog neujednačenosti u značajkama drva koje se prevozi (vrsta, dimenzije, mokrina i dr.) otežan je nadzor utovarenih količina. Na mjestu utovara (pomoćno stovarište) masa se tovara može, na osnovi izmjerenoga obujma, samo procijeniti. Zbog velike promjenjivosti gustoće drva (do 40 %) uzrokovane količinom vode u drvu (mokrinom) ta je procjena nepouzdana (Vondra 1991). Dizalice nisu opskrbljene uređajima za mjerenje mase tijekom utovara. U pravilu se tovar iskazuje obujmom neto drva (drvo bez kore, manji obujam od stvarnoga zbog propisanih načina

mjerenja oblovine; »Pravilnik o mjerenju, razvrstavanju i obilježavanju neobrađenog drva«, (Narodne novine, 57/05), a prevozi se kora i puni obujam drva, što predstavlja dodatnu masu.

Cilj je ovoga istraživanja utvrditi utjecaj mase tovara na osovinsko opterećenje dviju najčešćih izvedbi mehaniziranih sredstava za prijevoz drva, ustanoviti prednosti i nedostatke kamionskoga i tegljačkoga skupa te ustanoviti pouzdanost i primjenjivost novoga mjernoga sustava (prijenosna mjerna platforma).

3. Materijal i metode – *Materials and methods*

Istraživanje je obavljeno na području UŠP Vinokovci, Šumarija Cerna, G.J. »Ceranski lugovi«, šumski predio »Lušćić«, vaganjem kamionskoga skupa s prikolicom i tegljačkoga skupa na prijenosnoj mjernoj platformi.

3.1 Mjerna platforma – *Measuring platform*

Osovinsko opterećenje u ovom istraživanju mjereno je pomoću prijenosne mjerne platforme (slika 4A) koja je napravljena u radionici R.J. »Šumatrans« u Vinkovcima. Dimenzije mjerne platforme (3000 × 2700 mm) omogućavaju postavljanje svih kotača udvojenih osovina kamiona ili poluprikolice te se time pojednostavljuje mjerenje.

Platforma je sastavljena od dviju čeličnih ploča unutar kojih su postavljena 4 senzora odnosno mjerne ćelije modela ASC (slika 4B) proizvođača Vishay. Mjerne ćelije toga modela napravljene su od nehrđajućega čelika, a zavarena konstrukcija omogućuje korištenje i u nepovoljnim uvjetima kakvi vladaju u šumi. Pri ovom su mjerenju korištene mjerne ćelije najvećega pojedinačnoga opterećenja od 30 tona. Sve su mjerne ćelije paralelno spojene na sabirnu kutiju (slika 4C) istoga proizvođača. Sabirna je kutija povezana s prijenosnim terenskim računalom (slika 4D).

Najveći vodoravni pomak mjerne ćelije iznosi 18,5 mm pri najvećem kutu odklona od 7°. Izvedba je mjerne platforme s uporabom mjernih ćelija s mogućnošću odklona potrebna zbog nailaska opterećenih kotača kamionskih skupova zbog čega se napreže gornja ploča platforme u vodoravnom smjeru.

Nakon sastavljanja platforme vaga je umjeravana na temelju više testova. Pri umjeravanju su korišteni atestirani utezi pojedinačne mase od 500 kg. Pri postupnom povećanju opterećenja do 10 tona uočene razlike s obzirom na izmjerne vrijednosti mjernom platformom zanemarive su jer se kreću u rasponu od –2 kg do 4 kg. Također je ispitana preciznost mjerenja na kutovima mjerne platforme s opterećenjem od 8 tona. Izmjerne su veće vrijednosti (od 8 kg do 22 kg) koje pokazuju grešku mjerenja od 0,1 % do 0,275 %. Uočeno je također zaostajanje mjerne vrijednosti od

20 kg, u prvom redu nakon opterećenja mjerne platforme s masom većom od 19 tona. Navedenu pojavu Hoffman (1989) naziva »*elastic after-effect*« te objašnjava da, ovisno o materijalu u kojem se mjeri, mjerna ćelija bilježi određeni iznos naprezanja (djelovanja sile) u kraćem razdoblju nakon opterećenja.

Zabilježeno zaostajanje mjerne vrijednosti od 20 kg nastalo je pri masi tereta od 19 tona te se dalje prenosilo pri mjerenju s većom masom tereta. Ako želimo točne vrijednosti izmjere, potrebno je nakon svakoga opterećivanja masom većom od 19 tona rasteretiti mjernu platformu na nekoliko minuta. U suprotnom se može računati na grešku mjerenja od 0,1 %.

3.2 Šumski kamionski skupovi – *Forest truck units*

Istraživanja su provedena na šumskom kamionskom skupu s prikolicom i tegljačkom kamionskom skupu. Kamionski se skup (slika 5) sastoji od kamiona Iveco Trakker 440 i prikolice. Kamion je opremljen šumskom nadogradnjom i dizalicom Epsilon Palfinger E110Z Plus, a prikolica je opremljena šumskom nadogradnjom. Tegljački se skup sastoji od MAN-ova tegljača (slika 6), koji je opremljen dizalicom Cranab 2190 i poluprikolice koja je opremljena šumskom nadogradnjom.

3.3 Terenska mjerenja – *Terrain measurements*

Mjerna je platforma bila postavljena na šumskoj cesti na ravnoj podlozi. Prije postavljanja platforme navezen je i razgrnut tucanik kako neravnine i mikrorazlike u visini ceste ne bi utjecale na mjerenje. Od ostatka tucanika izrađena je prilazna rampa visine 22 cm, kolika je visina platforme (slika 7).

Na pomoćno stovarište na mjestu je mjerenja bila izvezena tehnička oblova, različitih razreda kakvo-



Slika 5. Kamionski skup Iveco Trakker
Fig. 5 Iveco Trakker truck with trailer



Slika 6. Tegljački skup MAN
Fig. 6 MAN truck with semi-trailer



Slika 7. Prilazna rampa na mjernu platformu
Fig. 7 Approach gate to the measuring platform

će, hrsta lužnjaka (*Quercus robur* L.), poljskoga jase-na (*Fraxinus angustifolia* L.) i običnoga graba (*Carpinus betulus* L.). Trupci su mjereni pomoću promjerke i mjerne vrpce. Pri mjerenju promjera nije odbijana kora jer i ona utječe na osovinsko opterećenje. Duljina je trupaca mjerena s točnošću na centimetar.

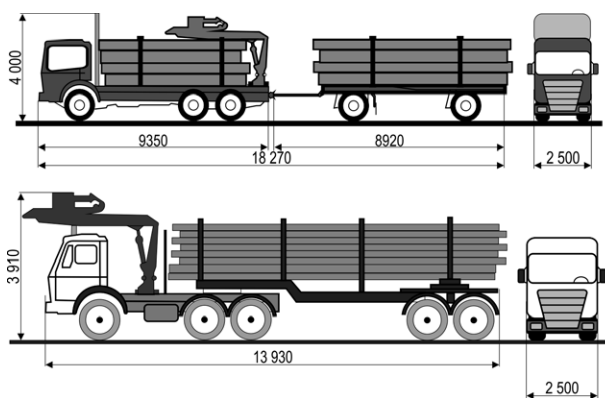
4. Rezultati istraživanja – Research results

Dimenzije su kamiona mjerene mjernom vrpcom. Izmjereni su podaci uspoređivani sa zakonom dopuštenim dimenzijama. Sve su izmjerene vrijednosti manje od najvećih dopuštenih dimenzija prema zakonskim ograničenjima (slika 8). Uočava se mnogo manja duljina tegljačkoga skupa (13 930 mm).

Rezultati istraživanja pokazuju izmjere osovinskih opterećenja i ukupne mase nenatovarenoga i natovarenoga šumskoga kamionskoga skupa s prikolicom i kamionskoga tegljačkoga skupa te mase tovara. Ukupno su obavljena 2 mjerenja na nenatovarenom i 2 mjerenja na natovarenom šumskom kamionskom skupu s prikolicom te 5 mjerenja na nenatovarenom i 4 mjerenja na natovarenom tegljačkom skupu.

Tablica 2. Masa neopterećenoga tegljačkoga skupa, kg
Table 2 Mass of unloaded truck with semi-trailer, kg

Mjerenje – Measurement	1	2	3	4	5	Sredina – Average
1. osovina – 1 st axle	8 340	8 200	8 500	8 400	8 240	8 336
2. i 3. osovina – 2 nd and 3 rd axles	8 140	8 020	8 060	8 200	8 120	8 108
Prikolica – Semi-trailer	4 240	4 240	4 400	4 080	4 080	4 208
Ukupno – Total	20 720	20 460	20 960	20 680	20 440	20 652

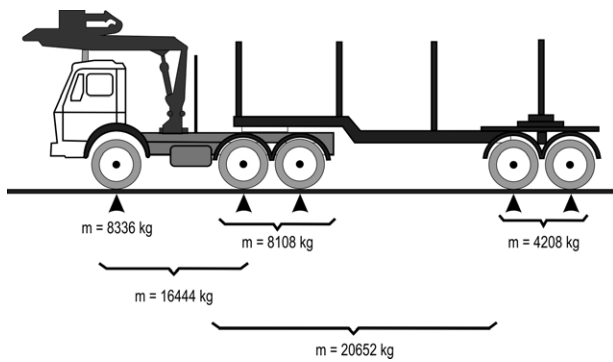


Slika 8. Izmjerene dimenzije kamionskoga i tegljačkoga skupa
Fig. 8 Measured dimensions of investigated forest truck units

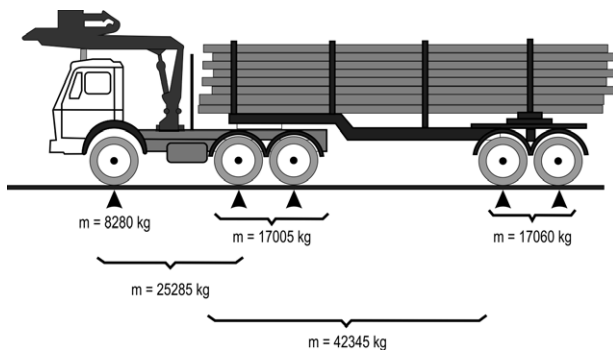
Tablica 1. Masa tovara
Table 1 Load mass

Vrsta skupa Type of truck unit	Prazan Unloaded	Natovaren Loaded	Tovar Load
	kg		
Kamionski skup Truck with trailer	19 760	41 340	21 580
	20 160	40 620	20 460
Tegljački skup Truck with semi-trailer	20 720	42 160	21 440
	20 460	41 900	21 440
	20 960	43 100	22 140
	20 680	42 220	21 540
Sredina – Average	-	-	21 433

Pri mjerenjima je korišten isti tovar (isti obujam i masa) na kamionskom i tegljačkom skupu. Tovar se sastojao od 51 trupca različitih dimenzija. Ukupni je obujam trupaca s korom bio 22,61 m³. Na mjernoj platformi mjereno je isti tovar dva puta na kamionskom skupu i četiri puta na tegljačkom skupu. Masa se tovara kretala u vrijednostima od 20 460 kg do 22 140 kg, odnosno prosječna je vrijednost mase tovara iznosila 21 433 kg (tablica 1). Razlike u tovaru nastale su iz različitoga slaganja drvnih sortimenata u tovarni prostor.



Slika 9. Osovinsko opterećenje neopterećenoga tegljačkoga skupa
Fig. 9 Axle load of unloaded truck with semi-trailer



Slika 10. Osovinsko opterećenje natovarenoga tegljačkoga skupa
Fig. 10 Axle load of loaded truck with semi-trailer

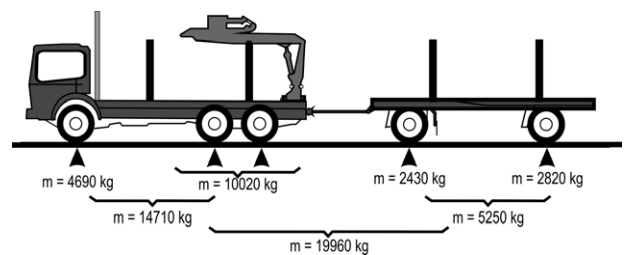
Mjerenja mase na mjernoj platformi prikazana su u tablici 2 i 3, a prosjek odvaga je prikazan na slici 9 i 10. Prazan je tegljački skup bio vagan pet puta, a natovaren četiri puta. Masa nenatovarenoga tegljačkoga skupa iznosi 20 652 kg, od čega se na prednjoj osovini kamiona nalazi 8 336 kg, a na stražnjim osovinama kamiona 8 108 kg. Masa na kotačima prazne poluprikolice iznosi 4 208 kg te je samo 20 % ukupnoga opterećenja nenatovarenoga tegljačkoga skupa.

Ukupna masa tegljačkoga skupa s tovarom od 22,61 m³ iznosi 42 345 kg, što znači da je tegljački skup u pretovaru od 2,345 kg. Pri tome ni jedna oso-

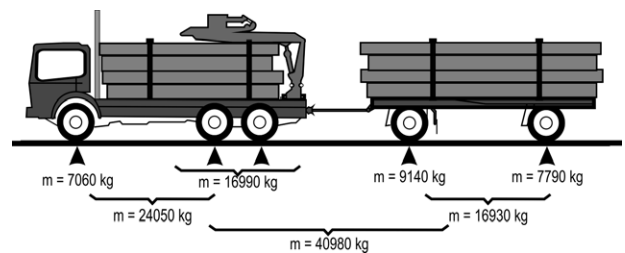
vina nije u pretovaru. Usporedbom rezultata mjerenja nenatovarenoga i natovarenoga tegljačkoga skupa vidljivo je rasterećenje prednje osovine kamiona (8 336 kg kod nenatovarenoga kamiona, odnosno 8 280 kg kod natovarenoga kamiona). Masa se tovara prenosi na kotače udvojenih stražnjih osovina kamiona te udvojenih osovina poluprikolice. U raspodjeli mase tegljačkoga skupa i tovara na prednjoj se osovini kamiona nalazi 20 % ukupnoga osovinskoga opterećenja, dok se po 40 % ukupnoga opterećenja nalazi na stražnjim osovinama kamiona i na osovinama poluprikolice.

Kamionski je skup dva puta vagan i neopterećen i opterećen. Podaci izmjereni na mjernoj platformi prikazani su u tablicama 4 i 5 te na slikama 11 i 12.

Masa nenatovarenoga kamionskoga skupa iznosi 19 960 kg, od čega je najveće opterećenje na udvojenim stražnjim osovinama kamiona (10 020 kg ili 50 %



Slika 11. Osovinsko opterećenje neopterećenoga kamionskoga skupa
Fig. 11 Axle load of unloaded truck with trailer



Slika 12. Osovinsko opterećenje opterećenoga kamionskoga skupa
Fig. 12 Axle load of loaded truck with trailer

Tablica 3. Masa opterećenoga tegljačkoga skupa, kg
Table 3 Mass of loaded truck with semi-trailer, kg

Mjerenje - Measurement	1	2	3	4	Sredina - Average
1. osovina - 1 st axle	8 120	8 280	8 400	8 320	8 280
2. i 3. osovina - 2 nd and 3 rd axles	16 940	16 520	17 680	16 880	17 005
Prikolica - Semi-trailer	17 100	17 100	17 020	17 020	17 060
Ukupno - Total	42 160	41 900	43 100	42 220	42 345

Tablica 4. Masa neopterećenoga kamionskoga skupa, kg**Table 4** Mass of unloaded truck with trailer, kg

Mjerenje Measurement	1	2	Sredina Average
1. osovina 1 st axle	4 620	4 760	4 690
2. i 3. osovina 2 nd and 3 rd axles	9 960	10 080	10 020
1. osovina prikolice 1 st axle of trailer	2 400	2 460	2 430
2. osovina prikolice 2 nd axle of trailer	2 780	2 860	2 820
Ukupno - Total	19 760	20 160	19 960

Tablica 5. Masa opterećenoga kamionskoga skupa, kg**Table 5** Mass of loaded truck with trailer, kg

Mjerenje Measurement	1	2	Sredina Average
1. osovina 1 st axle	6 880	7 240	7 060
2. i 3. osovina 2 nd and 3 rd axles	17 420	16 560	16 990
1. osovina prikolice 1 st axle of trailer	9 220	9 060	9 140
2. osovina prikolice 2 nd axle of trailer	7 820	7 760	7 790
Ukupno - Total	41 340	40 620	40 980

ukupnoga opterećenja kamionskoga skupa, odnosno 68 % ukupnoga opterećenja kamiona). Najveći utjecaj na opterećenje stražnjih osovina nenatovarenoga kamiona donosi ugradnja hidraulične dizalice na njegovu stražnjem kraju. Na osovina se prazne prikolice nalazi 2 430 kg i 2 820 kg, odnosno 26 % ukupnoga opterećenja nenatovarenoga kamionskoga skupa.

Ukupna masa natovarenoga kamionskoga skupa iznosi 40 980 kg, što znači da je kamionski skup u pretovaru 980 kg. Također kao i kod tegljačkoga skupa ni jedna osovina nije u pretovaru. Usporedbom rezultata mjerenja nenatovarenoga i natovarenoga kamionskoga skupa vidljivo je povećanje opterećenja na svim osovina. Najveće se opterećenje nalazi na udvojenim osovina kamiona.

5. Zaključak – Conclusion

Prema rezultatima mjerenja sve dimenzije kamionskoga i tegljačkoga skupa u skladu su sa zakonskim

propisima. Oba su skupa s tovarom od 22,61 m³ bila u pretovaru. Kamionski je skup bio u pretovaru za 980 kg u prosjeku, a tegljački je skup bio u pretovaru za 2 345 kg. No, ni jedna osovina nije bila u pretovaru.

Mjerna platforma na kojoj se mjerilo pokazala se kao dobra za mjerenje osovinskih opterećenja jer je mjerenje zadovoljavajuće precizno, jednostavna je za rukovanje, moguće ju je prenositi na različita mjesta. Tako se smanjuje ometanje proizvodnih ciklusa.

Prilikom mjerenja osovinskoga opterećenja kamionskoga i tegljačkoga skupa vidljivo je da tegljački skup ima veću početnu masu u prosjeku za približno 700 kg. Na temelju toga podatka moglo bi se zaključiti da je bolje koristiti kamionske skupove u daljinskom transportu drva, ali treba napomenuti da je tegljački skup kupljen ranije, da je poluprikolica tegljačkoga skupa rađena od težega materijala nego prikolica kamionskoga skupa. Takvi podaci pokazuju mogući daljnji razvoj poluprikolice tegljača i cjelokupnoga tegljačkoga skupa. Upotrebom modernijih materijala za izgradnju poluprikolice, ugradnjom modernije, lakše dizalice jednakih mogućnosti smanjila bi se početna masa tegljačkoga skupa, što bi u konačnici značilo da bi se mogao prevesti veći korisni teret.

6. Literatura – References

- Beuk, D., Ž. Tomašić, D. Horvat, 2007: Status and development of forest harvesting mechanisation in Croatian state forestry. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 28 (1): 63–82.
- Hoffmann, K., 1989: An introduction to measurement using strain gages. Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Germany, 291 str.
- Horvat, D., M. Šušnjar, 2002: Istraživanje tehničkih značajki šumskog kamionskog skupa Scania. Studija, Zavod za iskorištavanje šuma – Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 25 str.
- Krpan, A. P. B., D. Horvat, T. Poršinsky, M. Šušnjar, 2002: Tehničke i tehnološke značajke kamiona SCANIA P124 B 6x4 NZ400, prikolice Narkö i dizalica Jonsered 1090. Studija, Zavod za iskorištavanje šuma – Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 69 str.
- Malnar, M., 2000: Tehničko-tehnološki čimbenici prijevoza drva u brdsko gorskim uvjetima na primjeru šumarije Prezid. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Sever, S., 1992: Šumarski strojevi. Tehnička enciklopedija, 12, Leksikografski zavod »Miroslav Krleža«, Zagreb, str. 519–531.
- Tomašić, Ž., Ž. Sučić, M. Slunjski, M. Polaček, 2005: Ovdobno stanje prijevoza drva kamionskim skupovima u

hrvatskom sumarstvu, Nova mehanizacija šumarstva, 26 (1): 65–71.

Vondra, V., 1991: Uspješnost prijevoza drva kamionskim kompozicijama. Magistarski rad, Šumarski fakultet Zagreb, 110 str.

www.vishay.com

Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila na cestama, Narodne novine, 51/10.

Pravilnik o dopuni Pravilnika o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama, Narodne novine, 84/10.

Pravilnik o mjerenju, razvrstavanju i obilježavanju neoobrađenog drva, Narodne novine, 57/05.

Abstract

Axle Load Determination of Truck with Trailer and Truck with Semitrailer for Wood Transportation

In Croatian Forestry wood transportation is usually carried out by trucks with trailer (forest truck unit) and trucks with two-axle semitrailer (forest semitrailer assembly). As they travel on public roads, they are subject to severe legal restrictions on allowable loads of axles and the whole vehicle. The basic legal regulation that defines some technical features is the »Regulation on Technical Conditions of Vehicles in Road Traffic« – (Official Gazette »Narodne novine«, No. 51/10). Based on the analysis of the said Regulation, it can be concluded that the maximum load of the forest truck with trailer is 26 t for the truck and 18 t for the trailer, and that the total mass of the truck and the trailer must not be more than 40 t. At the same time individual load of single-axles must not exceed 10 t, and of the dual axles 18 t in total (Fig. 2).

Due to the above said legal restrictions of the total mass of loaded truck assemblies and allowable axle loads, need has arisen in forestry practice for measuring truck units during their loading, i.e. right before entering public roads. As a result of direct measurement of axle loads of forest truck units, no limit values would be exceeded in wood transportation. The transport of adequate load mass in accordance with legal restrictions and recommended load capacities of trucks and trailers (semitrailers) would reduce maintenance costs of forest roads and increase the life cycle of technical equipment.

However, axle loads as well as total mass of forest truck units depend on the type of load (type of wood assortments, species of wood), wood moisture, way of piling wood assortments in the load space of the truck, trailer and semitrailer.

The aim of this research is to establish the effect of load mass on axle loads of the truck with trailer and truck with semitrailer and determine the reliability and applicability of the new measurement system (portable measuring platform) used for carrying out the measurements.

The first truck unit (Fig. 6) consists of the Iveco Trakker 440 truck and trailer. The truck is equipped with forestry accessories and crane Epsilon Palfinger E110Z Plus, the trailer is equipped with forestry accessories. The second truck unit consists of a MAN truck (Fig. 7), equipped with the crane Cranab 2190 and semitrailer equipped with forestry accessories. The axle loads were measured by a portable measuring platform (Fig. 4). The dimensions enable setting of all wheels of dual axles of trucks or semitrailers, which makes the measurement easier.

The results of research show the measured values of axle loads and total masses of unloaded and loaded forest truck with trailer and truck with semi-trailer, and load mass. In measuring, the same load was used for the truck with trailer and truck with semitrailer. The total load volume was 22.61 m³. The load mass ranged between 20 460 kg and 22 140 kg, i.e. the average value of the load mass was 21 433 kg (Table 1). The load differences are only the result of differently piled wood assortments in the load space.

The mass of the unloaded truck with semitrailer is 20 652 kg (Table 2). The mass on the wheels of the unloaded semitrailer is 4 208 kg and hence it only represents 20% of the total load of the unloaded unit (Fig. 9). The total mass of the truck with semitrailer with the load of 22.61 m³ is 42 345 kg (Table 3). Comparison between the measurement results of unloaded and loaded truck with semitrailer shows the relief of the front truck axle (Fig. 10). The load mass is transferred to the wheels of the dual rear axles of the truck and dual axles of the semitrailer. The front axle of the truck accounts for 20% of the total axle load, while 40 % of the total load is on the rear axles of the truck and axles of the semitrailer.

The mass of the unloaded truck with trailer is 19 960 kg (Table 4), of which the highest load is on dual rear axles of the truck (10 020 kg or 50% of the truck unit load, or 68% of the total truck load). The load of rear axles of un-

loaded truck is most highly affected by the installation of hydraulic crane on its rear part. The axle load of unloaded trailer is 2 430 kg and 2 820 kg, or 26% of the total load of the unloaded truck unit (Fig. 11).

The total mass of the loaded truck with trailer is 40 980 kg (Table 5). The comparison between measuring results of the unloaded and loaded truck unit shows the increase of load on all axles. The highest load is on dual axles of the truck (Fig. 12).

According to the measurement results, all dimensions of the truck with trailer and truck with semi trailer are in accordance with applicable laws and regulations. Both units were overloaded with the load of 22.61 m³. The truck with trailer was overloaded by 980 kg on average, and the truck with semi-trailer by 2 345 kg. However, no axle was overloaded.

The measuring platform on which the measurements were carried out proved to be good for measuring axle loads because the measurement is precise enough, it is easy for handling and it can be transferred to different places. In this way, disturbance of production cycles is reduced.

It can be seen that the starting mass of the truck with semi trailer is on average higher by approximately 700 kg than the mass of the truck with trailer. Based on this data it could be concluded that it would be better to use trucks with trailers for long-distance wood transportation, but it should be noted that the truck with semi trailer was purchased before and that the semitrailer was made of heavier materials than the trailer of the truck unit. Such data indicate the possible development trend of the semitrailer. The use of more modern materials for the construction of semitrailers and installation of a more modern and lighter crane of the same capabilities would decrease the starting total mass of the truck with semitrailer, which would ultimately enable the transportation of a larger useful load.

Keywords: axle load, truck with trailer, truck with semitrailer, measuring platform

Adresa autorâ – Authors' address:

Doc. dr. sc. Šušnjar Marijan
e-pošta: susnjar@sumfak.hr
Prof. dr. sc. Dubravko Horvat
e-pošta: horvat@sumfak.hr
Zdravko Pandur, dipl. inž. šum
e-pošta: pandur@sumfak.hr
Marko Zorić, mag. ing. silv.
mzoric@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb
HRVATSKA