

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

TEHNIKE, TEHNOLOGIJE I MANAGEMENT U ŠUMARSTVU

IVAN MRAOVIĆ

**ENERGETSKA UČINKOVITOST KAMIONSKOG PRIJEVOZA
DRVA**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2015.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

ENERGETSKA UČINKOVITOST KAMIONSKOG PRIJEVOZA DRVA

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Tehnike, tehnologije i management u šumarstvu

Predmet: Mehanizacija pridobivanja drva

Ispitno povjerenstvo:

1. Izv. prof. dr. sc. Marijan Šušnjar
2. Prof. dr. sc. Dubravko Horvat
3. Marko Zorić, mag. ing. silv.

Student: Ivan Mraović

JMBAG: 0068211282

Broj indeksa: 467/2013

Datum odobrenja teme: 21.04.2015

Datum predaje rada: 07.07.2015

Datum obrane rada: 10.07.2015.

Zagreb, srpanj, 2015.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	Energetska učinkovitost kamionskog prijevoza drva
Title	Energy efficiency of timber truck transport
Autor	Ivan Mraović
Adresa autora	Rukavec 15, Zagreb
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Izv. prof. dr. sc. Marijan Šušnjar
Izradu rada pomogao	Marko Zorić, mag. ing. silv.
Godina objave	2015.
Obujam	I–V + 32 str. + 9 tablica + 23 slike + 36 navoda literature
Ključne riječi	
Key words	
Sažetak	<p>Daljinski transport drva kamionima predstavlja posljednju podfazu pridobivanja drva. Zbog svojih značajki, cikličkog rada, velikog udjela vožnje neopterećenog vozila, visoke nabavne cijene vozila, prevezene male količine jeftine robe, visoke cijene goriva i velike potrošnje goriva, daljinski transport drva kamionima karakteriziraju iznimno visoki troškovi. Osim visoke cijene daljinskog transporta drva kamionima značajno je i njegovo veliko opterećenje okoliša emisijom stakleničkih plinova te niska energetska učinkovitost. U radu će biti prikazani rezultati istraživanja koji su prikupljeni putem Fleet Management sustava (FMS-a). Na temelju prikupljenih podataka će se provesti analiza na osnovu koje će se odrediti energetska učinkovitost kamionskog prijevoza drva.</p>

KAZALO SADRŽAJA

1. UVOD	1
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	5
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA	10
3.1. Objekt istraživanja	10
3.2. Daljinsko praćenje rada šumskih kamionskih skupova.....	13
3.2.1. Sustav daljinskog praćenja	13
3.3. Statistička obrada podataka	20
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	22
5. ZAKLJUČAK.....	29

POPIS SLIKA

Slika 1. Podjela transporta drva	1
Slika 2. Različite izvedbe kamionskih sustava	3
Slika 3. Šumskim kamionskim skupom sa tegljačkom dvoosovinskom prikolicom, bez hidraulične dizalice	3
Slika 4. Kamionski skup <i>One stack more</i> (Izvor: Lindhqvist i Bengtsson 2010)	8
Slika 5. IVECO Trakker 500	10
Slika 6. MAN TGS 33.440	10
Slika 7. Dimenzije hidraulične dizalice Epsilon Palfinger M110Z	11
Slika 8. Graf podiznog bruto podiznog momenta hidraulične dizalice EP M110Z	11
Slika 9. Prikolica za prijevoz drva PSM 200	12
Slika 10. Osnovne komponente sustava za daljinsko praćenje vozila (FMS-a)	14
Slika 11. Mobilisis TRACKER 0021	14
Slika 12. Osnovne komponente mobilne jedinice.....	14
Slika 13. Prikaz izvještaja o radu vozila	15
Slika 14. Korisničko sučelje FMS-a.....	15
Slika 15. Sonda LLS-20160	18
Slika 16. Dijagram umjeravanja sonde za mjerenje razine goriva	19
Slika 17. CAN modul korišten u istraživanju.....	20
Slika 18. Römer – Orphalova raspodjela.	21
Slika 19. Dnevna potrošnja goriva	23
Slika 20. Ovisnost potrošnje goriva o broju pritisaka spojke	25
Slika 21. Ovisnost potrošnje goriva o broju kočenja.....	25
Slika 22. Ovisnost trenutne potrošnje goriva o broju okretaja	26
Slika 23. Utovar šumskog tegljačkog skupa na pomoćnom stovarištu uz javnu prometnicu.....	28

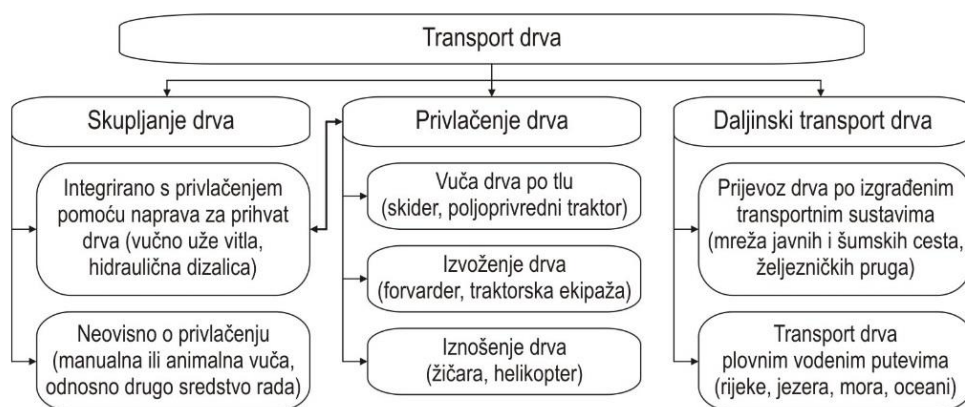
POPIS TABLICA

Tablica 1. Promatrani parametri za sve kamionske skupove HŠ u 2012. godini.....	7
Tablica 2. Prijedlog daljnjeg razvoja po Lindhqvist i Bengtsson (2010)	9
Tablica 3. Tehničke karakteristike istraživanih ŠKS.....	10
Tablica 4. Tehničke karakteristike hidraulične dizalice EP M110Z.....	12
Tablica 5. Tehničke karakteristike prikolice za prijevoz drva PSM 200.....	12
Tablica 6. Opće karakteristike modula Mobilisis TRACKER 0021 (Izvor: Anon 2015)	16
Tablica 7. Karakteristike sonde LLS-20160	18
Tablica 8. Opisna statistika dnevne potrošnje goriva	23
Tablica 9. Opisna statistika dnevne potrošnje goriva	25

ZAHVALA

1. UVOD

Transport je definiran kao premještanje dobara (usluga ili robe), ljudi i energije s jednog mjesta na drugo uz organizirano svladavanje prostorne i vremenske udaljenosti. U šumarstvu transport je definiran kao premještanje drva od mjesta sječe i izrade (panja) do krajnjeg korisnika (Benić 1987). Tijekom povijesti definicija transporta u šumarstvu bila je predmet istraživanja mnogih znanstvenika i stručnjaka (Brown 1949, Ugrenović 1959, Hafner 1964, Conway 1976, Lovrić 1976, Bojanin i Nikolić 1988) pa tako Krpan (1991) dijeli transport drva na sakupljanje, privlačenje i daljinski transport (slika 1).



Izvor: Poršinsky (2008)

Slika 1. Podjela transporta drva

Prema Greulich (2002), koji je analizirao transport drva kroz povijest, zaključuje da se, neovisno o autorima, transport dijeli na dvije međuvodne podfaze:

- ⇒ primarni transport drva – privlačenje drva po šumskom bespuću, odnosno sekundarnim (traktorski putovi i vlake) ili tercijarnim (žične linije) šumskim prometnicama,
- ⇒ sekundarni transport drva – daljinski transport drva po izgrađenim transportnim sustavima (prijevoz drva po javnim i šumskim cestama ili željezničkim prugama), odnosno vodenim putovima.

U Hrvatskoj se između dva svjetska rata počinju rabiti šumski kamioni, kojima se danas prevozi gotovo 85 % svega drva, tako da su postali najznačajnija sastavnica daljinskog transporta uz istodobno znatno manju uporabu željeznice. U početku

primjene kamiona za daljinski prijevoz drva, za utovar i istovar koristio se ljudski rad, daljnjim razvojem tehnologije počele su se primjenjivati mehaničke, a kasnije i hidrauličke dizalice. Sedamdesetih godina 20. stoljeća hidrauličke dizalice se počinju ugrađivati na kamionske skupove što povećava njihovu autonomnost i učinkovitost. Ugradnja hidrauličnih dizalica na kamionske skupove te otvaranja šuma gradnjom primarnih šumskih prometnica razlozi su zašto je kamionski prijevoz drva postao najznačajniji oblik daljinskog transporta u Hrvatskoj (Horvat i Šušnjar 2002).

Paralelno s razvojem i upotrebom dizalica, dolazi do razvoja različitih inačica kamiona, prikolica i kamionskih skupova za daljinski prijevoz drva.

Različiti su autori različito imenovali kombinaciju kamiona s prikolicom ili poluprikolicom, te tegljače. Zbog različitog nazivlja za ista transportna sredstva u ovome će se radu imenovati kamionski sustavi kako ih je definirao Sever (1992)(slika 2):

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 straga

3 – Šumski kamion s dizalicom montiranom sprijeda

C - Šumski kamionski skup s prikolicom

4 - Šumski kamionski skup s prikolicom – kamion s prikolicom

D - Šumski kamionski skup s poluprikolicom

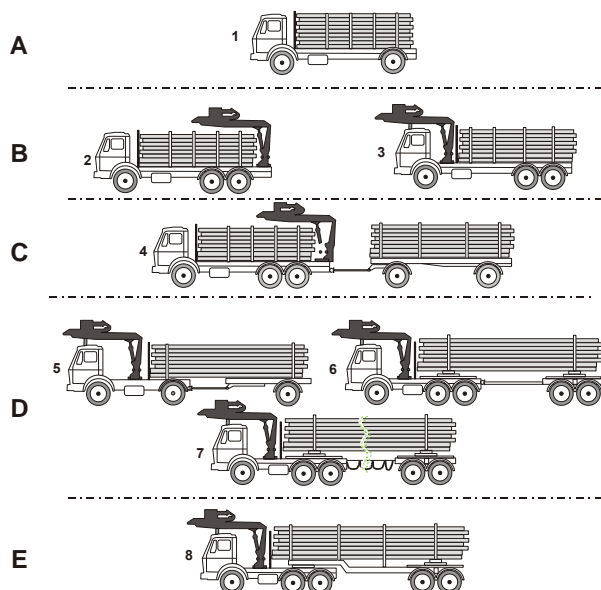
5 - Šumski kamionski skup s jednoosovinskom poluprikolicom

6 - Šumski kamionski skup s dvoosovinskom poluprikolicom – kamion s poluprikolicom

7 - Šumski kamionski skup s dvoosovinskom poluprikolicom bez ruda

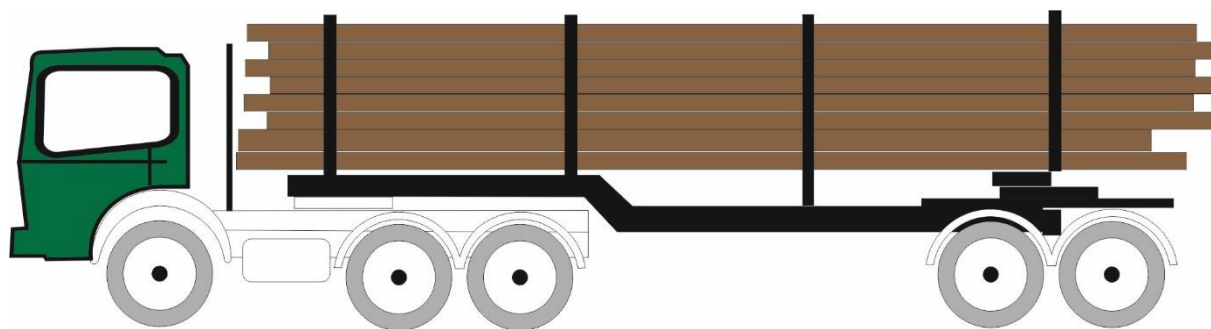
E - Šumski tegljački kamionski skup

8 - Šumski kamionski skup s dizalicom i tegljačkom dvoosovinskom poluprikolicom



Slika 2. Različite izvedbe kamionskih sustava

Navedenu podjelu potrebno je dodatno proširiti sa šumskim kamionskim skupom sa tegljačkom dvoosovinskom prikolicom bez hidraulične dizalice (slika 3), koji se u zadnjih nekoliko godina počinje intenzivnije koristiti u prijevozu drva kamionima.



Slika 3. Šumskim kamionskim skupom sa tegljačkom dvoosovinskom prikolicom, bez hidraulične dizalice

Prijevoz drva kamionom je jedna od faza u pridobivanju drva, ujedno i dominantni oblik daljinskog transporta drva u Hrvatskoj, iako je on najskuplji oblik transporta (Krpan i dr. 2002). Da bi se povećala učinkovitost kamionskog prijevoza drva, potrebno je provoditi svrsishodne tehničke, tehnološke i organizacijske mjere, kao što su odabir kamiona, organizacija pomoćnog stovarišta i sl.

Zbog svojih značajki, cikličkog rada, velikog udjela vožnje neopterećenog vozila, visoke nabavne cijene vozila, prevezene male količine jeftine robe, visoke cijene

goriva, velike potrošnje goriva, daljinski transport drva kamionima karakteriziraju iznimno visoki troškovi. Osim visoke cijene daljinskog transporta drva kamionima značajno je i njegovo veliko opterećenje okoliša emisijom stakleničkih plinova te niska energetska učinkovitost. Osim navedenog, postoji i niz ograničavajućih čimbenika koji se nalaze izvan utjecaja šumarske struke, kao što su, zakonski propisi o dozvoljenim dimenzijama i nosivosti kamionskih skupova, ograničenja brzine vožnje, stanje i opterećenost prometnica i sl. (Malnar 2000)

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

U svijetu se 2012. godine utrošilo $375,93 \times 10^{18}$ J energije od čega je čak 40,7% ili $152,9 \times 10^{18}$ J bilo utrošak nafte i naftnih derivata. Anon (2014) tvrdi da se od ukupno utrošene količine nafte i naftnih derivata čak 63,7% utroši za transport. S obzirom na prethodno iznesene podatke te na sve veću potražnju za fosilnim gorivima i povećanje cijene jasno je zašto su u novije vrijeme istraživanja energetske učinkovitosti pojedinih proizvodnih sustava postala sve intenzivnija. Osim navedenog, istraživanje energetske učinkovitosti proizlazi iz potrebe i želje stručnjaka za smanjenjem ulaznih troškova tih sustava, također i smanjenjem negativnog utjecaja na okoliš. Isto se odnosi i na mehanizirane radove u šumarstvu.

Prva istraživanja energetske učinkovitosti proizvodnih sustava u šumarstvu poklapaju se s pojavom prve energetske krize u drugoj polovici 1973. godine. Od tada pa do danas šumarski znanstvenici i stručnjaci pokušavaju pronaći rješenja za što manjim utroškom goriva i što većom učinkovitosti sustava pridobivanja drva.

Malnar (2000) navodi da je daljinski prijevoz drva kamionima ujedno i najskuplji oblik daljinskog prijevoza drva, te navodi da je potrebno provoditi svrsishodne tehničke, tehnološke i organizacijske mjere.

Svenson (2011) prema Klvaču (2013) navodi niz tehničkih čimbenika koji utječu na potrošnju goriva šumskih kamionskih skupova, a samim time i na emisiju stakleničkih plinova. Čimbenike svrstava u sljedeće skupine: značajke vozila, značajke prikolice, geometriju ceste, gornji ustroj šumske ceste, brzinu kretanja, promjenu stupnja prijenosa, način vožnje, vrijeme i uvjete gornjeg ustroja šumske ceste.

Favreau (2006) navodi da trošak goriva u ukupnim troškovima daljinskog transporta drva kamionima sudjeluje s 30 %. Slabak (1980) analizirajući rad strojeva u 1979. godini navodi da se u ukupnom trošku kamionskog prijevoza drva, trošak goriva kretao između 10,9% i 15,4% ovisno o vrsti ŠKS-a. Iste godine, Marold ne iznoseći konkretne podatke o potrošnji goriva pri prijevozu drva kamionima, iznosi prijedloge mjera, koje ne zahtijevaju velika ulaganja, a imaju značajan utjecaj na potrošnju goriva. Kao najvažnije izdvaja:

⇒ izbor motornih vozila,

- ⇒ utjecaj vozača na troškove eksploatacije,
- ⇒ edukacija vozača,
- ⇒ programirani način upravljanja motornim vozilima,
- ⇒ kontrolu ponašanja vozača u eksploataciji.

Treba istaknuti da se već tada razmatralo poboljšanje aerodinamičnih svojstava ŠKS-a, gdje isti autor navodi da se poboljšanjem aerodinamičnosti kabine kamiona može uštedjeti i do 10 litara goriva na 100 prijeđenih kilometara što nije zanemarivo. Garner (1980) navodi da aerodinamični otpor naglo raste pri povećanju brzine iznad 50 km/h, te da kod brzine od 80 km/h iznosi 25% ukupnog otpora.

Đurašević (1983) naglašava potrebu za edukacijom vozača kako bi se smanjila potrošnja goriva, jer je analizirajući potrošnju goriva pri kamionskom prijevozu u drvenoj industriji zaključio da na potrošnju goriva najveći utjecaj ima način vožnje tj. brzina vozila i broj okretaja pogonskog motora.

Potočnik (1989) istražuje utjecaj uzdužnog nagiba ceste na potrošnju goriva, gdje navodi da su ŠKS-ovi pri vožnji niz nagib trošili od 40% do 76% manje goriva nego pri vožnji po ravnom terenu, a pri vožnji uz nagib potrošnja se povećala od 53% do 83% u usporedbi s vožnjom na ravnom terenu. Nadalje autor navodi da se na najstrmijim dijelovima potrošnja goriva povećala za dvostruko. Autor u svojim istraživanjima koristi mjerilo za potrošnju goriva s točnošću od 0,1 L.

Sever i Horvat (1989) istražujući potrošnju goriva pri prijevozu drva kamionima navode da je opterećeni ŠKS imao potrošnju od 95,30 L/100km, te da je najznačajniji utjecaj na potrošnju goriva ima vrsta ceste, zatim vrsta tereta. Također, navode da kod potrošnje goriva prilikom utovara i istovara najznačajniji utjecaj ima vrsta ŠKS-a, zatim broj pomicanja ŠKS-a, trajanje utovara te vrsta tovara. Uspoređujući „slobodnu“ i „dirigiranu“ vožnju autori navode da je „dirigiranom“ vožnjom kod ŠKS-a moguće ostvariti uštedu od 23 L/100km.

Trgovačko društvo »Hrvatske šume« d.o.o 1996. godine su raspolagale s 259 kamionskih skupova, te su u ukupnom daljinskom transportu drva s kamionima sudjelovale s 85 %. Potrošnja goriva svih radova potrebnih za proizvodnju 1 m³ 1996. godine u hrvatskom šumarstvu bila je 6,96 L/m³, a potrošnja goriva pri kamionskom transportu drva bila je 2,33 L/m³ ili 33,4 % ukupno utrošenog goriva (Anić i dr. 1996).

Karjalainen i Asikainen (1996) navode kako potrošnja goriva u Finskoj iznosi 56 L/100 km, dok emisija stakleničkih plinova (CO₂, CH₄ i N₂O) iznosi 0,03 kg/m³km. Svenoson (2011) navodi potrošnju goriva u Švedskoj od 58 L/100 km. Holzleitner (2011) navodi prosječnu jediničnu potrošnju goriva od 2,09 L/m³, također navodi da je potrošnja goriva kod vožnje opterećenih ŠKS-ova iznosila 52,6 L/100km, a prilikom vožnje neopterećenih ŠKS-ova 62 L/100km. Hohle (2011) navodi da je za prijevoz različitih drvnih sortimenata u Norveškoj potrošnja goriva iznosila 2,2 L/m³, isti autor navodi da je uložena energija u sustavu pridobivanja drva u iznosila od 2,6% do 3,3% dobivene energije. Klvač (2013) navodi potrošnju goriva od 2,19 L/m³, odnosno 67,4 L/100 km. Pandur (2013) navodi da je utrošak energije svih radova potrebnih za proizvodnju 1 m³ drva u nizinskim šumama 634 MJ/m³, od tog iznosa energija goriva čini 86 %. Od svih radova potrebnih za proizvodnju 1 m³ utrošak energije pri kamionskom transportu drva je 31 % ukupno utrošene energije.

Zorić i dr. (2014) istražuju potrošnju goriva pri prijevozu drva kamionima javnog poduzeća „Hrvatske šume“ d.o.o. Zagreb na temelju službenih evidencija za 101 kamion kojim je 2012. godine raspolagalo navedeno poduzeće. U tablici 1 prikazani su rezultati navedenog istraživanja.

Tablica 1. Promatrani parametri za sve kamionske skupove HŠ u 2012. godini

Prevezeni obujam, m ³	842.776
Ukupno prijeđena udaljenost, km	3.499.901
Vožnja opterećenog kamionskog	1.667.032
Vožnja neopterećenog kamionskog	1.832.869
Prosječni udio vožnje opterećenog	47,6
Ostvareni tona-kilometri, tkm	20.827.633
Ukupna potrošnja goriva, L	2.256.193
Jedinična potrošnja goriva, L/m ³	2,73
Jedinična potrošnja goriva na 100	66
Jedinična potrošnja po ton-	0,07
Ukupan broj turnusa	36144
Prosječna duljina jednog turnusa	96,83
Prosječan obujam turnusa, m ³	23,32
Prosječni dnevni učinak, m ³	51,01

Löforth i Svenson (2011) na primjeru »One stack more« kamionskog skupa (slika 4) navode kako se povećanjem dopuštene nosivosti kamionskog skupa s 60 na 90 tona značajno smanjuje potrošnja goriva po jedinici prevezenog drva, do čak 20 %, samim time dolazi i do značajnog smanjenja emisije štetnih stakleničkih plinova. Nadalje

navode kako povećanje ukupne mase kamionskog skupa sa 60 na 90 tona, nema negativnog utjecaja na ceste zbog ujednačenog rasporeda mase po osovina.



Slika 4. Kamionski skup *One stack more* (Izvor: Lindhqvist i Bengtsson 2010)

Lindhqvist i Bengtsson (2010) razrađuju mogućnosti i daju smjernice za daljnji razvoj ETT sustava. Prijedloge za daljnji razvoj dijele u tri skupine ovisno o važnosti, s time da se najveća važnost pridaje potrošnji goriva. Prikaz njihovih prijedloga je u tablici 2.

Povećanje okolišne pogodnosti i energetske učinkovitosti kamionskog transporta drva moguće je provesti na nekoliko načina. Tako Loforth i Lindholm (2005) navode da se kako se potrošnja goriva i maziva može smanjiti za 5 – 10 % poboljšanjem aerodinamičnosti kamiona.

Tablica 2. Prijedlog daljnjeg razvoja po Lindhqvist i Bengtsson (2010)

Prva skupina važnosti – značajan utjecaj na potrošnju goriva
Smanjenje otpora zraka Smanjene emisije Smanjenje otpora kotrljanja Povećanje iskorištenja goriva Povećanje nosivosti
Druga skupina važnosti – manji utjecaj na potrošnju goriva;
Povećanje prosječne brzine Poboljšanje klimatizacije kabine Poboljšanje sustava za određivanje mase tovara Poboljšanje kontrole vučnog otpora Klizno radno vrijeme
Treća skupina važnosti – ostali povoljni utjecaji
Lakša dostupnost Poboljšanje elektro instalacija na ETT sustavu Smanjenje negativnog utjecaja na cestu Poboljšanje preglednosti Poboljšana signalizacija kamionskog sustava Poboljšanje sigurnosti vozača i ostalih sudionika u prometu Poboljšanje kočionog sustava Poboljšanje utovara i osiguranja tovara Unaprjeđenje kabine kamiona

Osnovni cilj ovog diplomskog rada je odrediti energijsku pogodnost kamionskog prijevoza drva u brdsko-planinskom području. U svrhu određivanja pogodnosti cilj je izmjeriti potrošnju goriva kamionskih skupova s obzirom na vrstu kolničkog zastora ceste, uzdužni nagib ceste, te radni zahvat. Na osnovu izmjerenih podataka o potrošnji goriva napraviti će se proračun emisije štetnih stakleničkih plinova ovisno o vrsti kolničkog zastora, nagiba ceste i radnom zahvatu..

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. Objekt istraživanja

Istraživanje daljinskog praćenja rada kamionskih skupova i procjene stanja kolničkog zastora šumskih cesta provedeno je u brdsko-planinskom području (UŠP Senj). Prilikom istraživanja korišteni su šumski kamionski skupovi IVECO Trakker 500 proizveden 2012 godine (slika 5) i MAN TGS 33.440 proizveden 2014 godine (slika 6) (tablica 3).



Slika 5. IVECO Trakker 500

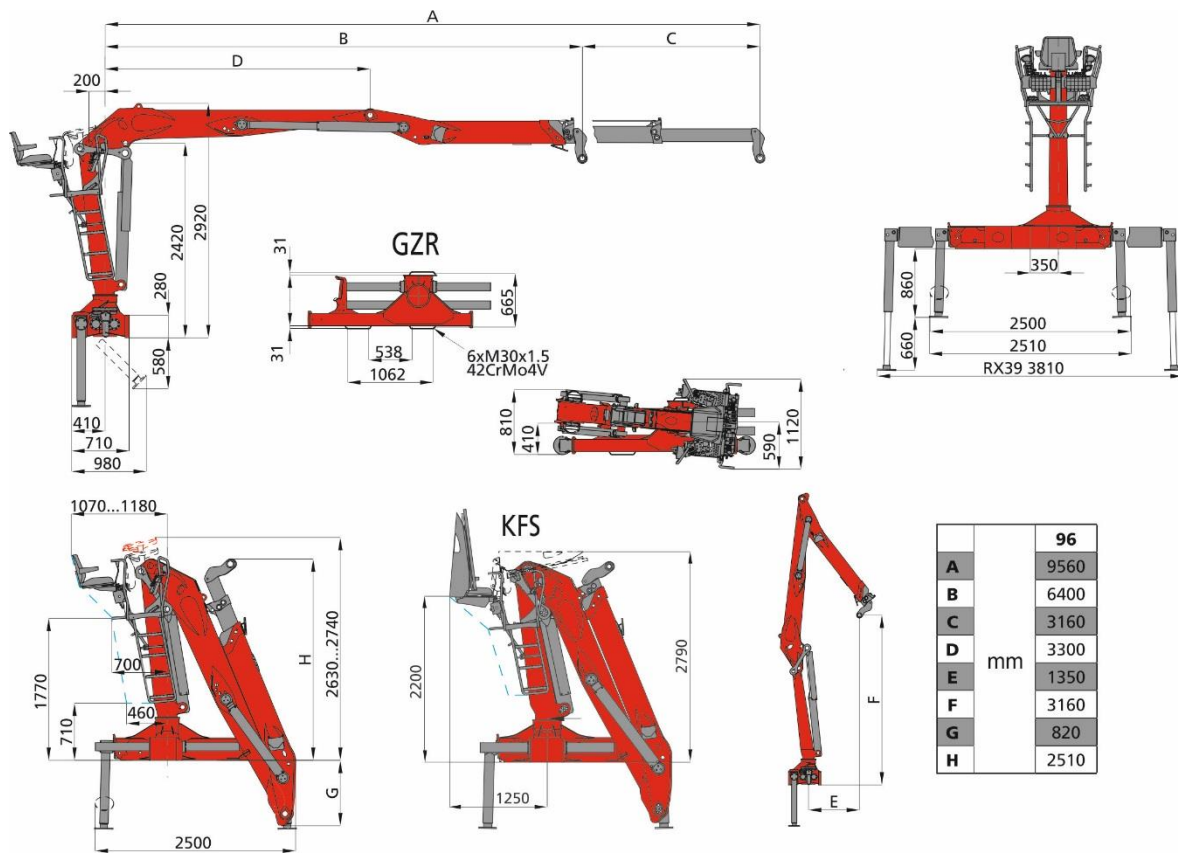


Slika 6. MAN TGS 33.440

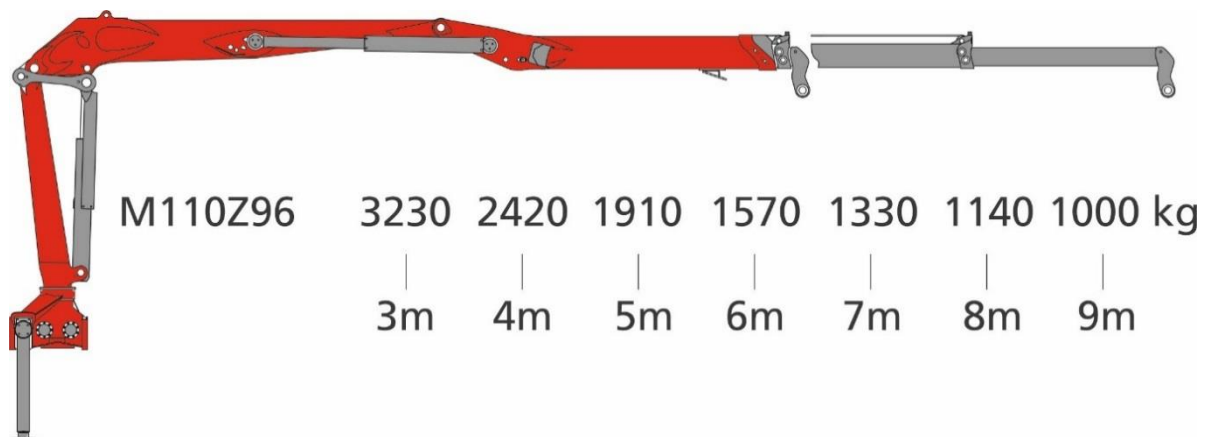
Tablica 3. Tehničke karakteristike istraživanih ŠKS

	IVECO Trakker 500	MAN TGS 33.440
Motor	Šest cilindarski redni dizelski motor Cursor 13 – 368kW (500 KS) pri 1900 min ⁻¹ , 2300 Nm (1000-1525 min ⁻¹) – Euro 5, zapremina 12,88 L	Šest cilindarski Common-Rail dizelski motor D26 – 324kW (440 KS) pri 1800 min ⁻¹ , 2100 Nm (900-140 min ⁻¹) – Euro 6, zapremina 12,4 L
Prijenos snage	Stalan pogon na stražnje kotače (6x4), blokada stražnjeg diferencijala, centralna blokada, 16 stupanjski ručni mjenjač.	Stalan pogon na stražnje kotače (6x4), blokada stražnjeg diferencijala, centralna blokada, 16 stupanjski ručni mjenjač.
Kočnice	Bubnjevi na svim kotačima, ABS, EBS sustav za ravnomjernu raspodjelu sile kočenja, hidrodinamički retarder.	Bubnjevi na svim kotačima, ABS, EBS sustav za ravnomjernu raspodjelu sile kočenja, elektronički sustav stabilnosti, hidrodinamički retarder.
Kabina	HI-Land kabina, dvije osobe, tri fiksne stepenice, automatsko hidraulično podizanje kabine.	M kabina, dvije osobe, tri fiksne stepenice, automatsko hidraulično podizanje kabine.
Gume	Prednja osovina – 315/80R22.5 Stražnje osovine – 315/80R22.5	Prednja osovina – 315/80R22.5 Stražnje osovine – 315/80R22.5

Oba ŠKS-a su opremljena hidrauličnom dizalicom Epsilon Palfinger M110Z (slika 7 i 8; tablica 4), prikolicama PSM 200 proizvođača PK d.o.o (slika 9 i tablica 5) te sustavima za mjerenje mase tovara.



Slika 7. Dimenzije hidraulične dizalice Epsilon Palfinger M110Z



Slika 8. Graf podiznog bruto podiznog momenta hidraulične dizalice EP M110Z

Tablica 4. Tehničke karakteristike hidraulične dizalice EP M110Z

Podizni moment, kNm	97
Okretni moment, kNm	27
Kut okretanja, °	425
Doseg, m	9,6
Radni tlak, bar	245
Količina protoka, L/min	2×70
Masa, kg	2230
Maksimalna sila stabilizatora, kN	87



Slika 9. Prikolica za prijevoz drva PSM 200

Tablica 5. Tehničke karakteristike prikolice za prijevoz drva PSM 200

Masa prazne prikolice, kg	3800
Neto nosivost, kg	16200
Bruto masa vozila, kg	20000
Dimenzije guma	275/70 R22,5
Dužina prikolice bez ruda, mm	7000
Ukupna dužina vozila, mm	8700
4 para štica	EXTE E-6
BPW osovine, zračni ovjes, mogućnost mjerenja mase tovara	

3.2. Daljinsko praćenje rada šumskih kamionskih skupova

Energijska pogodnost daljinskog prijevoza drva kamionima određena je pomoću podataka koji će se prikupljati pomoću komercijalnog Fleet Management sustava (FMS-a). Parametri koji će se prikupljati FMS-om su:

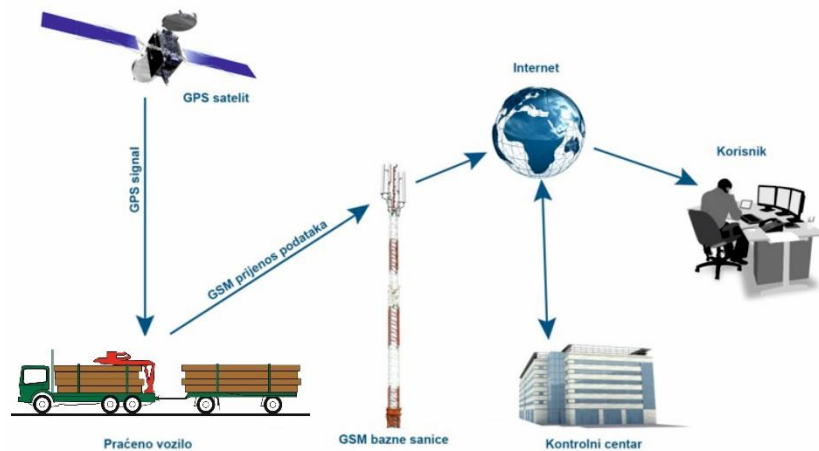
- ⇒ GPS koordinate vozila;
- ⇒ brzine kretanja;
- ⇒ ukupna potrošnja goriva;
- ⇒ prosječna potrošnja goriva (L/100km);
- ⇒ vrijeme rada hidrauličke dizalice;
- ⇒ broj okretaja pogonskog motora;

Na temelju prikupljenih podataka će se izračunavati jedinična potrošnja goriva L/m³ i L/tkm te trenutna potrošnja goriva. Osim jedinične i trenutne potrošnje goriva izračunavat će se potrošnja goriva tijekom rada hidrauličke dizalice, na temelju ukupne potrošnje goriva i vremena rada hidraulične dizalice, kako bi se na osnovu dobivenih rezultata mogli uvidjeti energijske potrebe za rad dizalice, a sa svrhom određivanja mogućnosti korištenja alternativnih izvora energije za pogon hidraulične dizalice. Izračunavat će se i potrošnja goriva s obzirom na vrstu kolničke konstrukcije šumske ceste, s obzirom na broj okretaja pogonskog motora, s obzirom na uzdužni nagib šumske ceste.

3.2.1. Sustav daljinskog praćenja

Kamioni na kojima su izvršena istraživanja opremljeni su mobilnom jedinicom MOBILISIS TRACKER 0021, za daljinsko praćenje rada vozila, te su uključeni u sustav daljinskog praćenja rada vozila. FMS se sastoji od hardware-skih i software-skih komponenti koje omogućuju dvosmjernu komunikaciju između vozača i korisničkog (logističkog) centra. Osnovne komponente FMS-a prikazane su na slici 10. Na osnovu podataka koje prikuplja mobilna jedinica te koji se spremaju na server korisnik odnosno vlasnik vozila može donositi odluke o izboru optimalne rute za prijevoz drva, može kontinuirano pratiti rad vozila i izdavati digitalne radne naloge. Osnovna komponenta svakog FMS sustava je mobilna jedinica koja, osim za određivanje položaja vozila, ima mogućnost prikupljanja (preko različitih senzora) i slanja različitih podataka o radu vozila krajnjem korisniku. Mobilna jedinica koja je

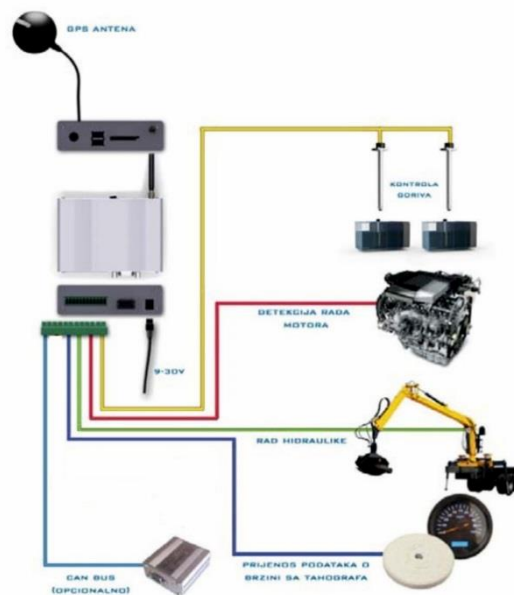
korištena u istraživanju prikazana je na slici 11, dok su na slici 12 prikazane osnovne komponente mobilne jedinice.



Slika 10. Osnovne komponente sustava za daljinsko praćenje vozila (FMS-a)



Slika 11. Mobilisis TRACKER 0021



Slika 12. Osnovne komponente mobilne jedinice

Svi podaci koji se prikupljaju pomoću mobilne jedinice i dodatnih senzora putem GSM (GPRS) prijenosa podataka se šalju na internet, te spremaju na server. Na osnovu prikupljenih podataka formiraju se izvještaji (slika 13) do kojih korisnik dolazi preko računalnog sučelja (slika 14). Za računalno sučelje nije potrebna instalacija, svi podaci su vidljivi na web stranici s koje je omogućen pristup standardnim izvještajima o praćenju vozila, administracija lokacija / vozača / korisnika, izvještaji potrošnje goriva, izvještaji putanja, putni računi, greške itd. Naravno, svi podaci su zaštićeni lozinkom. Izvještaji krajnjem korisniku služe kao osnova za analizu učinaka,

3.2.1.1. Mobilisis TRACKER 0021

Mobilisis modul (TRACKER) za praćenje pogodan je za instaliranje u sve tipove vozila. Koristi se za kompleksnu kontrolu/praćenje vozila, uređaj ima 4 serijska porta. Također uključuje RS485 industrijsku komunikaciju za različite senzore, čitače kartica, LED zaslone, mjerače razine goriva. Uređaj ima i konektor za GPS antenu. Jednostavna instalacija uređaja u vozila te čvrsto aluminijsko kućište odlični su za širok spektar korisnika. Spreman je za instalaciju na 12V i 24V i sastoji se od modula i konektora na koji se spajaju senzori za praćenje različitih parametara vozila. U tablici 6 su prikazane opće karakteristike modula.

Tablica 6. Opće karakteristike modula Mobilisis TRACKER 0021 (Izvor: Anon 2015)

Dimenzije	73 x 108.5 x 30.5 mm (bez konektora)
Težina	cca 120 grama
Kućište	Aluminijski profil
Raspon radnog napona	5.5 V do 32 V DC
Konektor antene	Goldplated SMA
Raspon frekvencije antene	Quad-band GSM 850/GSM900/DCS1800/PCS1900 MHz
GPRS	Klasa 10
GPS	SiRFstar III GPS chipset za laku (nevidljivu) GPS instalaciju

Modul:

- ⇒ visoka osjetljivost satelitske navigacije (20 kanalni SiRFStarIII GPS);
- ⇒ komunikacija preko Quad Band GSM (SMS, glas, podaci, GPRS, TCP/IP, E-pošta);
- ⇒ pametno slanje koordinata;
- ⇒ pametna konekcija na mrežu (dopuštaju se određene mreže);
- ⇒ opcija spavanje (SLEEP) kako bi se smanjila potrošnja energije;
- ⇒ 30 dana spremanja podataka ako konekcija nije dostupna;
- ⇒ uzimanje uzorka geografskih koordinata i brzine vozila svakih 5 sekundi;
- ⇒ GeoFencing;
- ⇒ akcelerometar po tri osi detekcije;

- ⇒ GPRS/SMS dijagnostika;
- ⇒ optimiziran GPRS promet (cca 3 MB/mjesec), optimizirano u roaming-u;
- ⇒ mogućnost uključivanja/isključivanja roaming-a;
- ⇒ prepoznavanje sabotáže;
- ⇒ daljinska administracija i nadogradnja programa;
- ⇒ sigurnost vozila – ako je alarm aktiviran uređaj će poslati poruku pri pomaku vozila.

Konektor:

- ⇒ 4 Serijska porta + 1 RS485 port:
 - RS232 - Kontroler posipavanja;
 - RS232 - GPS antena;
 - RS232 - CANbus adapter;
 - RS232 - Po potrebi;
 - RS485 - Industrijska komunikacija, neograničen broj ulaza / izlaza putem RS485 modula;
- ⇒ napajanje (5.5-32V) - 4 pinski Molex;
- ⇒ 4 Analogna ulaza;
- ⇒ 4 Digitalna ulaza – (Kontakt akumulatora i sl.);
- ⇒ 4 Digitalna izlaza – (Svjetla i sl.);
- ⇒ LED;
- ⇒ čitač SIM kartice za 1,8/3 V SIM kartice;

3.2.1.2. Sonda za mjerenje razine goriva

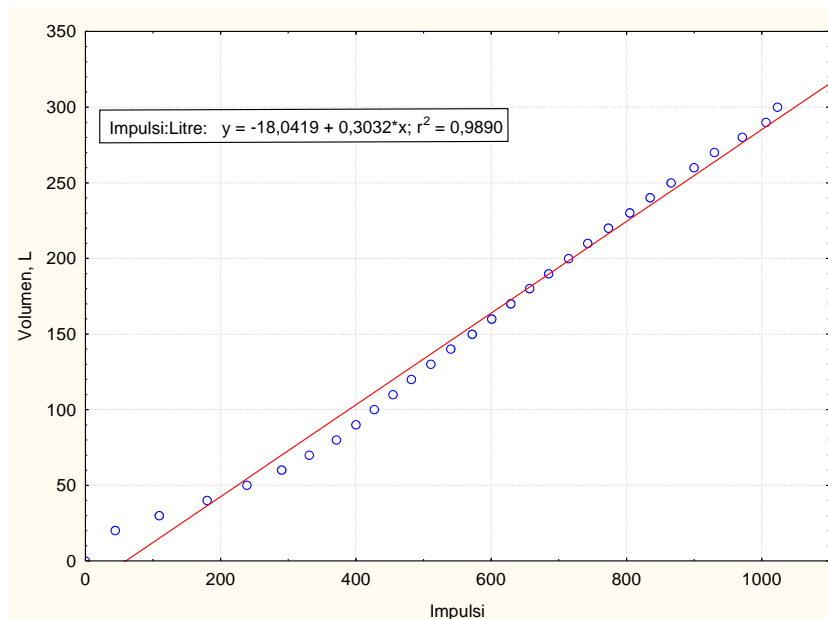
Za mjerenje razine goriva u spremniku kamiona korištena je sonda LLS-20160 (slika 15), koja služi za mjerenje dizel goriva. To je kapacitivni senzor bez pokretnih dijelova. Ima digitalni izlaz (RS485 sučelje). Elektroničke komponente senzora su uronjene u elastično kućište koje osigurava maksimalnu zaštitu za okolinu (IP66). Ima robusno aluminijsko kućište. Senzor je prilagodljiv na visinu spremnika. Može biti odrezan na bilo koju dužinu s automatskom kalibracijom. Karakteristike sonde su prikazane u tablici 7. Na slici 16 prikazan je dijagram umjeravanje sonde.



Slika 15. Sonda LLS-20160

Tablica 7. Karakteristike sonde LLS-20160

Dimenzije	Dimenzije L x 70 x 70 mm (bez konektora)
Izlaz	Izlaz Digitalni RS485
Maksimalna trenutna potrošnja (mA)	30
Visina mjerenja (mm)	od 180 do 3000 (ovisno o dubini spremnika za gorivo)
Napajanje (V)	6 do 36
Operativno vrijeme	neograničeno
Greška mjerenja (% od duljine sonde)	+/- 0,1
Radna temperatura (°C)	-40 do +55
Izlazna ograničenja, prazno/puno	0-100 %
Klasa zaštite	IP 66



Slika 16. Dijagram umjeravanja sonde za mjerenje razine goriva

3.2.1.3. CAN modul

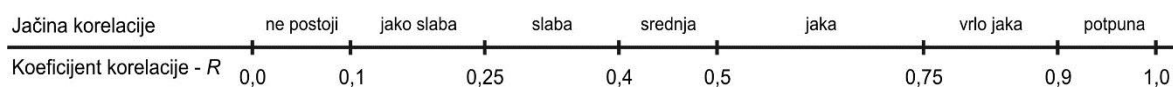
CAN (engl. *Controller Area Network*) je računalni mrežni protokol građen tako da omogućuje mikrokontrolerima i uređajima da međusobno komuniciraju i bez glavnog računala. Dizajniran je specijalno za vozila, ali danas se koristi i u drugim područjima. CAN modul (slika 17) je specijalizirani uređaj koji služi za prikupljanje podataka s računala vozila te je bio postavljen na dva kamiona koja su sudjelovala u istraživanju. Uređaj se pomoću beskontaktnog konektora spaja s računalom vozila te s njega na FMS modul šalje dostupne podatke. Vrsta podataka koju je moguća prikupiti s CAN modulom ovisi o proizvođaču vozila, odnosno o njegovom dopuštenju.

S istraživanih kamiona pomoću CAN modula moguće je prikupiti sljedeće podatke :

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| ⇒ vrijeme; | ⇒ okretni moment (% od maksimuma); |
| ⇒ stanje brojčanika; | ⇒ pozicija papučice gasa (%); |
| ⇒ udaljenost od zadnjeg servisa; | ⇒ temperatura motora (°C); |
| ⇒ brzina kretanja; | ⇒ turbo pritisak (bar); |
| ⇒ ukupnu potrošnju goriva; | ⇒ pogonska osovinska težina (kg); |
| ⇒ razinu goriva u spremniku; | ⇒ ukupno vrijeme vožnje (hh:mm); |

jednostruka analiza varijance (ANOVA), a za utvrđivanje različitosti pojedinih skupova korišten je Tukey HSD post – hoc test uz razinu značajnosti od 5 % ($p < 0,01$).

Kod istraživanja mogućih stohastičkih ovisnosti između zadovoljavajuće koreliranih varijabli korištena je regresijska analiza. Odabir krivulje izjednačenja proveden je na osnovu koeficijenta (determinacije) korelacije (R), t – varijable (t .Stat) i vjerojatnosti greške prve vrste (p – value) te regresijskih koeficijenata. U svrhu utvrđivanja jakosti veze između izjednačenih nezavisnih i zavisnih varijabli korištena je Römer – Orphalova skala (slika 18).



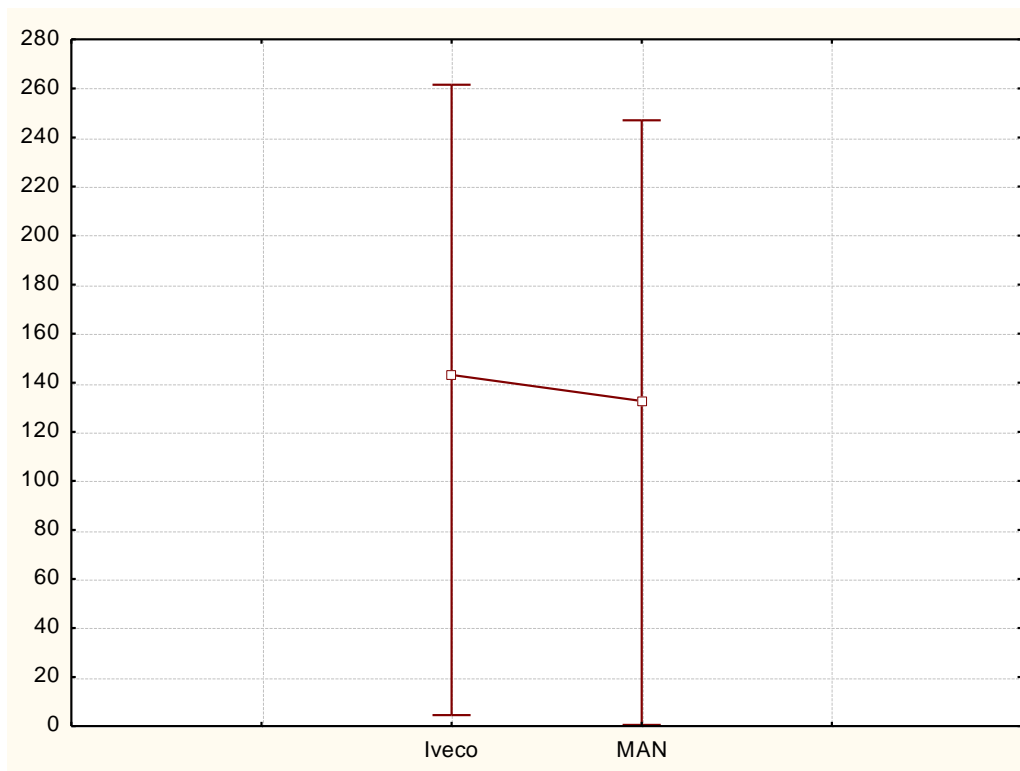
Slika 18. Römer – Orphalova raspodjela.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Tijekom provedbe istraživanja promatrani ŠKS-ovi su prevezli ukupno 12.691 m³ (MAN 6.636 m³, IVECO 6.055 m³), utrošili su ukupno 27.435 litara pogonskog goriva (MAN 13.256 L, IVECO 14.179 L), te ukupno prešli put od 48.982 km (MAN 26.537 km, IVECO 22.445). Udio vožnje opterećenog ŠKS-a je za MAN 46,6%, a za IVECO 43,7%. Iz navedenog je vidljivo da je organizacijskim rješenjima potrebno pokušati povećati udio vožnje opterećenih ŠKS-ova do minimalno 50%. Jedinичni utrošak goriva po jedinici prevezenog tereta iznosi 1,99L/m³ za MAN, te 2,34 L/m³ za IVECO. Jedinичna potrošnja goriva za prijeđeni put iznosi 50 L/100km za MAN, te 63 L/100km za IVECO. Usporede li se dobiveni rezultati s podacima koje navode Karjalainen i Asikainen (1996) za potrošnju goriva u Finskoj, 56 L/100km te Svenoson (2011) za Švedsku, 58/100km, vidljivo je da je potrošnja goriva kod istraživanih ŠKS-ova manja, ali bitno je za naglasiti da ŠKS-ovi u Finskoj i Švedskoj prevoze u jednoj turi značajno veći obujam tovara, prosječno 49 m³. Nadalje, usporede li se dobiveni rezultati s potrošnjom goriva koju navodi Klvač (2013), 2,19 L/m³, vidljivo je da istraživani ŠKS-ovi u prosjeku imaju nešto manju jedinичnu potrošnju goriva po jedinici prevezenog tereta. Uzrok manje jedinичne potrošnje goriva po jedinici prevezenog tereta proizlazi i iz načina obračuna prevezenog obujma, jer HŠ za svoju evidenciju koriste neto obujam drva, dok je Klvač u svojim istraživanjima koristio obujam drva s korom. Usporedbom rezultata s podacima koje iznose Zorić i dr. (2014) za daljinski prijevoz drva kamionima, vidljivo je da ŠKS MAN ima značajno manju jedinичnu potrošnju goriva nego kamioni kojima je 2012. godine raspolagala UŠP Senj, dok IVECO uz značajno veću potrošnju goriva od ŠKS MAN-a također ima jedinичnu potrošnju goriva značajno ispod prosjeka UŠP Senj za 2012. godinu. I jedan i drugi istraživani ŠKS imaju manje jedinичne potrošnje goriva, ako se usporede s jedinичnom potrošnjom goriva 2012. godine za sve ŠKS-ove javnog poduzeća "Hrvatske šume" d.o.o Zagreb, koja je za 101 ŠKS iznosila 2,73 L/m³, odnosno 66 L/100km. Razlog tomu je što je prosječna starost ŠKS u 2012. godini iznosila 12,7 godina. Holzleitner (2011) navodi prosječnu jedinичnu potrošnju goriva od 2,09 L/m³, isti autor navodi da je potrošnja goriva kod vožnje opterećenih ŠKS-ova iznosila 52,6 L/100km, a prilikom vožnje neopterećenih ŠKS-ova 62 L/100km. Hohle (2011) navodi da je za prijevoz različitih drvnih sortimenata u Norveškoj potrošnja goriva iznosila 2,2 L/m³. Na jedinичnu potrošnju goriva značajno utječu zakonom dopuštena opterećenja i organizacija, tako Löforth i Svenson (2011) na primjeru »One stack

more« kamionskog skupa navode kako se povećanjem dopuštene nosivosti kamionskog skupa s 60 na 90 tona značajno smanjuje potrošnja goriva po jedinici prevezenog drva, do čak 20 %, te samim time dolazi i do značajnog smanjenja troškova prijevoza.

Na slici 19 prikazan je raspon dnevne potrošnje za istraživane ŠKS-ove. Iz slike i tablice 8 jasno je vidljivo da niti jedan od istraživanih skupova tijekom radnog dana ne utroši više od maksimalno 261 L goriva.



Slika 19. Dnevna potrošnja goriva

Tablica 8. Opisna statistika dnevne potrošnje goriva

	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Iveco	99	143,21	4,5	261,5	56,78312
MAN	100	132,56	0,5	247,0	58,52217

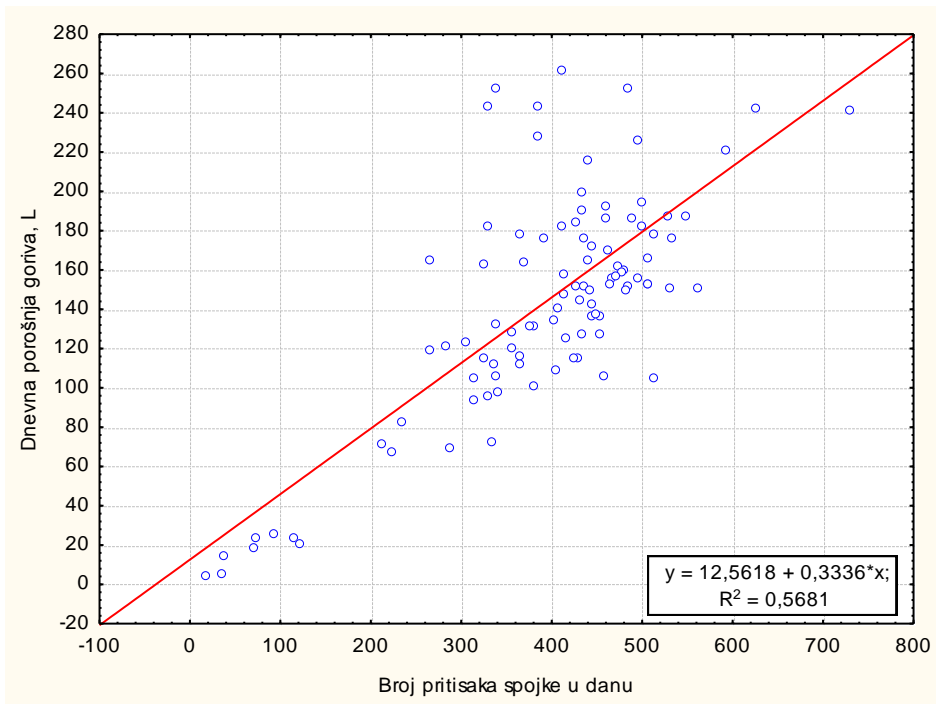
Istraživani kamionski skupovi imaju spremnik za gorivo kapaciteta od 400 L, pa se na temelju prethodno navedenih rezultata može razmisliti o mogućem smanjenju kapaciteta spremnika za gorivo čime bi se smanjila i početna masa ŠKS-a, odnosno povećala korisna nosivost. Navedeno je u suglasju s preporukama koje donosi (Anon 2012) koji uz ostale načine za smanjenje potrošnje goriva i povećanja učinkovitosti preporučuje i smanjenje spremnika za gorivo.

Na slici 20 prikazana je ovisnost dnevne potrošnje goriva o broju pritisaka spojke tijekom radnog dana, dok je na slici 21 prikazana ovisnost potrošnje goriva o broju kočenja tijekom dana. Iz slika 20 i 21 jasno je vidljivo da na dnevnu potrošnju goriva značajno utječe broj promjena stupnja prijenosa, te broj kočenja, odnosno način vožnje. Do povećanog broja promjene stupnja prijenosa i povećanog broja kočenja prilikom prijevoza drva kamionima dolazi zbog karakteristika šumskih cesta u brdskom i brdsko-planinskom području. Navedene šumske ceste su karakterizirane velikim uzdužnim nagibima, naglim promjenama nagiba, horizontalnim krivinama s malim radijusima, malom širinom kolnika itd.

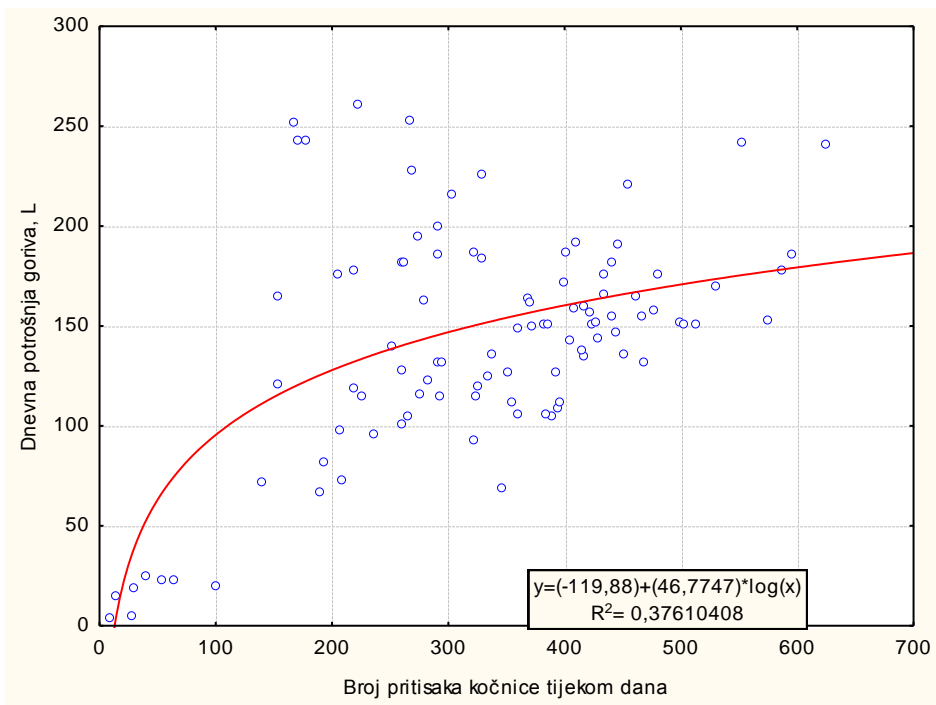
Osim karakteristika šumske ceste na broj promjene stupnja prijenosa i broj kočenja utječe i odabir rute kretanja ŠKS-a. Kretanjem kroz naselja smanjuje se brzina kretanja, povećava broj promjena stupnja prijenosa te broj kočenja, stoga je prilikom planiranja ruta kretanja poželjno odabrati rutu van naseljenih mjesta, ako je moguće, jer se takvim odabirom utječe na smanjenje potrošnje goriva.

Analizom varijance modela korištenog za izjednačenje ovisnosti dnevne potrošnje goriva o broju kočenja utvrđena je njegova značajnost $F(2;97) = 528,8005$; $p < 0,001$, dok je u tablici 9 prikazana analiza parametara korištenih u modelu.

Dnevnu potrošnju goriva ŠKS-a potrebno je daljnjim istraživanjima detaljnije razraditi, odnosno podijeliti je na radne segmente kako bi se utvrdili radni zahvati koji imaju značajan utjecaj na potrošnju goriva. Navedena razrada poslužila bi kao osnova za analizu načina vožnje čijom bi se korekcijom mogle ostvariti uštede u gorivu.



Slika 20. Ovisnost potrošnje goriva o broju pritisaka spojke

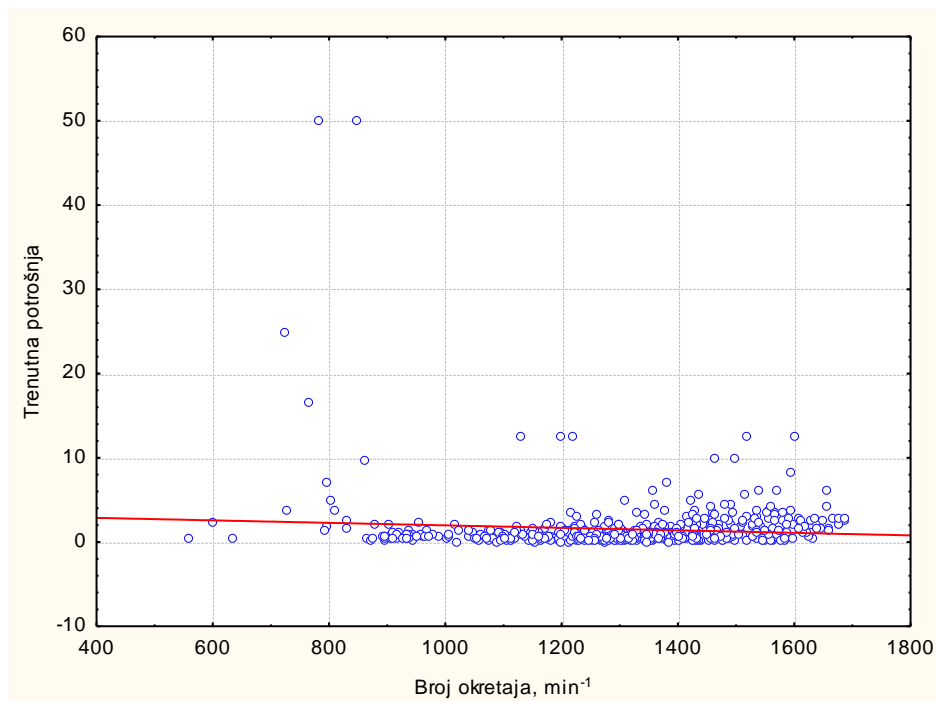


Slika 21. Ovisnost potrošnje goriva o broju kočenja

Tablica 9. Opisna statistika dnevne potrošnje goriva

	Estimate	Standard - error	t-value - df = 97	p-level
a	-119,877	34,70254	-3,45442	0,001
b	46,775	6,11684	7,64687	0,00

Mjerenje trenutne potrošnje goriva obavljeno je tijekom 18 radnih dana. Ukupna potrošnja tijekom mjerenja je bila 1842 L goriva. Trenutna potrošnja goriva se kretala od 4 L/100km do 5000 L/100km prilikom kretanja opterećenog ŠKS-a uz nagib. Trenutna potrošnja goriva značajno ovisi o opterećenosti kamiona, uzdužnom nagibu ceste, stanju kolničke konstrukcije, stupnju prijenosa i broju okretaja. Na slici 22 prikazana je ovisnost trenutne potrošnje goriva o broju okretaja motora. Kako FMS ne bilježi podatak u kojem se stupnju prijenosa nalazi kamion, pomoću podataka snimljenih s FMS-om nije moguće odrediti ovisnost trenutne potrošnje goriva, odnosno utjecaj načina vožnje na trenutnu potrošnju goriva. Također, nije utvrđen utjecaj vrste kolničke konstrukcije na potrošnju goriva.



Slika 22. Ovisnost trenutne potrošnje goriva o broju okretaja

Lindhqvist i Bengtsson (2010) razrađuju mogućnosti i daju smjernice za daljnji razvoja ETT sustava. Prijedloge za daljnji razvoj dijele u tri skupine ovisno o važnosti, s time da se najveća važnost pridaje potrošnji goriva. Prikaz njihovih prijedloga je u tablici 2.

Povećanje okolišne pogodnosti i energetske učinkovitosti kamionskog transporta drva moguće je provesti na nekoliko načina. Tako Loforth i Lindholm (2005) navode da se kako se potrošnja goriva i maziva može smanjiti za 5 – 10 % poboljšanjem aerodinamičnosti kamiona.

Brokmeier (2011) navodi da se upotrebom centralnog sustava kontrole tlaka u gumama kamiona (CTIS) može značajno utjecati na ergonomske, okolišne i ekonomske poboljšanje prijevoza drva kamionima, jer se upotrebom CTIS-a smanjuju se potrošnja goriva, trošenje guma, potrebe za održavanjem vozila, te negativan utjecaj kamiona na prometnu infrastrukturu.

Određivanje ovisnosti trenutne potrošnje goriva o broju okretaja, predstavlja temelj za analizu načina vožnje kamiona koji prema Maroldu (1980), Đuraševiću (1983), Ledinskom (1984), Severu i Horvatu (1989) ima najznačajniji utjecaj na potrošnju goriva. Analizom načina vožnje te dodatnom edukacijom vozača može se značajno doprinijeti smanjenju potrošnje goriva.

Benšak (2015) navodi kako šumski tegljački skup ima prosječnu potrošnju goriva od 35 L/100km, uz mogućnost prijevoza 27m³, što je značajno manja potrošnja goriva u odnosu na istraživane ŠKS-ove. Istraživani ŠKS-ovi su imali jediničnu potrošnju goriva prilikom kretanja po javnim prometnicama od 47 L/100km, dok su prilikom kretanja po šumskim cestama, ovisno od karakteristika šumske ceste imali potrošnju do 82 L/100km. Kako se šumski tegljački skupovi, zbog svojih dimenzija i karakteristika šumskih cesta, rijetko kreću njima, nego najveći dio svog radnog vremena provode na javnim prometnicama (autocestama), dok na utovar čekaju na pomoćnim stovarištima uz javne prometnice (slika 22), uslijed gore navedenog vidljivo je da ŠKS-ovi imaju nepovoljniju energetska učinkovitost. Kombiniranom primjenom šumskih tegljačkih skupova i ŠKS-ova može se očekivati smanjenje kako jedinične tako i ukupne potrošnje goriva, nadalje korištenjem montažno demontažnih dizalica smanjila bi se jedinična potrošnja goriva, jer se na takav način smanjuje početna masa ŠKS-a.



Slika 23. Utovar šumskog tegljačkog skupa na pomoćnom stovarištu uz javnu prometnicu

5. ZAKLJUČAK

Rezultati prikazani u ovome radu su nastali na osnovu prikupljanja podataka pomoću FMS-a. FMS se pokazao kao pogodan alat za prikupljanje podataka o prijevozu drva kamionima, jer je pomoću njega moguće prikupiti veliku količinu objektivnih podataka. Prema Holzleitneru (2011) to značajno utječe na točnost daljnjih analiza.

Upotrebom FMS-a za istraživanje prijevoza drva kamionima potvrđena je teza da je velika prednost korištenja FMS-a u znanstvene svrhe mogućnost provedbe istraživanja nekih eksploatacijskih značajki vozila u gotovo nekontroliranim uvjetima, odnosno bez da se remeti njegov normalan, svakodnevni rad (Pandur 2013).

Iz rezultata prikazanih u ovom radu se da zaključiti da ima mogućnosti za poboljšanje energetske učinkovitosti kamionskog prijevoza drva, samo treba provesti određene mjere dobivene iz znanstvenih istraživanja na teren.

Vidljivo je da veliki utjecaj na energetska učinkovitost kamionskog prijevoza drva imaju tehničke značajke vozila pa bi na to trebalo obratiti pažnju prilikom nabave novih ŠKS-ova. Također je vidljiv utjecaj odabrane rute kretanje ŠKS-a i načina vožnje na potrošnju goriva. Naime prilikom planiranja treba odabrati rutu koja ne prolazi kroza naseljena mjesta, naravno ako je moguće, i trebalo bi provesti određenu edukaciju vozača.

6. LITERATURA

Anić, I., Fabijanić, G., Figurić, S., Hodić, I., Horvat, D., Krpan, A. P. B., Matić, S., Meštrović, Š., Oršanić, M., Polaček, M., Poršinsky, T., Puljak, S., Risović, S., Sever, S., Tomljanović, S., 1996: Razvoj i organizacija hrvatskoga energetskog sektora, Knjiga 6 Gospodarenje šumama u Hrvatskoj - Proizvodnja i potrošnja energenata i energije. Energetski institut "Hrvoje Požar" Zagreb, 1 – 76.

Anon, 2014: Key world energy statistics. International Energy Agency. www.iea.com

Benić, R., 1987: Transport, šumski. Šumarska enciklopedija III, JLZ Miroslav Krleža, Zagreb, 519 – 520.

Benšak, D., 2015: Usmena komunikacija. Dalibor Benšak, vlasnik obrta za prijevoz drvnih sortimenata.

Bojanin, S., Nikolić, S., 1988: Sječa, izrada i transport šumskih sortimenata hrasta lužnjaka. Glasnik za šumske pokuse 24 : 157–186.

Brokmeier, H., 2011: Effects of CTIS on fuel consumption. FORMEC'11: Pushing the boundaries with research and innovation in forest engineering October 9 – 12, 2011, Graz and Rein – Austria.

Brown, N. C., 1949: Logging. The principles and methods of harvesting timber in the United States and Canada. John Willey & Sons, INC., New York, Champan & Hall, Limited, London.

Conway, S., 1976: Logging practices. Principles of timber harvesting system. Miller Freeman Publications, INC. USA.

Đurašević, V., 1983: Potrošnja goriva pri kamionskom prijevozu u drvnjoj industriji. Diplomski rad, Šumarski fakultet Zagreb, str. 1–91.

Favreau, J., 2006: Six key elements to reduce forest transportation cost. FERIC. Available on <http://www.forac.ulaval.ca/fileadmin/docs/EcoleEte/2006/Favreau.pdf>

Gerner, G., J., 1980: Wind Tunnel Tests of Devices for Reducing the Aerodynamic Drag of Logging Trucks. FERIC Technical Report No. TR - 27.

Greulich, F., 2002: Transportation Networks in Forest Harvesting: Early Development of the Theory. Proceedings of the International Seminar on New Roles of Plantation Forestry Requiring Appropriate Tending and Harvesting Operations, September 29 –

October 5, 2002, The Japan Forest Engineering Society & IUFRO 3.04/3.06/3.07, Tokyo, Japan, 1–9.

Hafner, F., 1964: Der Holztransport. Österreichischer Agrarverlag in Wien, A. Mally & Co. - Wien, 1–460.

Hohle, A. M. E., 2011: Energy consumption ba energy wood supply. FORMEC'11: Pushing the boundaries with research and innovation in forest engineering October 9 – 12, 2011, Graz and Rein – Austria.

Holzleitner, F., Kanzian, Ch., Stampfer, K., 2011: Analyzing time and fuel consumption in road transport of round wood with an onboard fleet manager. Eur J Forest Res 130(2): 293–301.

Horvat, D., Šušnjar, M., 2002: Istraživanje tehničkih značajki šumskog kamionskog skupa Scania, Šumarski fakultet, ZIŠ, str. 1–25.

Karjalainen, T., Asikainen, A., 1996: Greenhouse gas emissions from the use of primari energy in forest operations and long-distance transportation of timber in Finland. Forestry, Vol. 69 (3).

Klvač, R., Kolarik, J., Volona, M., Drapela, K., 2013: Fuel Consumption in Timber Haulage, Croatian Journal Of Forest Engineering, 34 (2): 229–240.

Krpan, A. P. B., 1991: Daljinski transport drvne mase u Hrvatskoj – faktori razvoja i stanje. Drvna industrija 42 (3–4): 49–54.

Ledinski, Ž.,: 1984: Ispitivanje potrošnje goriva pri prijevozu drvnih sortimenata na području ŠG „Mojica Birta“ Bjelovar. Diplomski rad, Šumarski fakultet Zagreb, str. 1–106.

Lindhqvist, A., Bengtsson, A., 2010: Development Concept for Timber Truck. Master Thesis, Department of Design Sciences LTH, Lund University, Sweden.

Lofroth, C., Lindholm, E. L., 2005: Reduced fuel consumption on roundwood haulage rigs. Skogforsk. Resultat no. 23.

Lovrić, N., 1976: Mogućnost primjene centralnog izvlačenja kod planiranja i projektiranja šumskih transportnih sustava. Disertacija, Šumarski fakultet Zagreb.

Löfroth, C., Svenoson, G., 2011: Two years with ETT, Skogforsk, <http://www.skogforsk.se/en/>

Malnar, M., 2000: Tehničko-tehnološki čimbenici prijevoza drva u brdsko gorskim uvjetima na primjeru šumarije Prezid. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Marold, B., 1980: Racionalizacija potrošnje pogonskog goriva u prijevozu. *Mehanizacija šumarstva*, 5 (7–8):283–298.

Mellgren, P.G. (1980): Terrain Classification for Canadian Forestry. Canadian Pulp and Paper Association, 1 – 13.

Pandur, Z., 2013: Primjena komercijalnog sustava za praćenje rada strojeva u istraživanju izvoženja drva forvarderom. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–312.

Potočnik, I., 1989: Potrošnja goriva kamina Magirus pri prijevozu drva. *Mehanizacija šumarstva*, 14(7–8): 145–456.

Sever, S., 1992: Šumarski strojevi: Tehnička enciklopedija, Leksikografski zavod "Miroslav Krleža", Zagreb, 12, str. 519–531.

Sever, S., Horvat, D., 1989: Prilog proučavanju potrošnje goriva pri prijevozu drva kamionskim kompozicijama. *Mehanizacija šumarstva*, 14(7–8): 157–162.

Slabak, M., 1980: Analiza rada strojeva u SŠGO „Slavonska šuma“ 1979. godine. *Mehanizacija šumarstva*, 5 (7–8):264–282.

Svenson, G., 2011: The impact of road characteristics on fuel consumption for timber trucks. In Ackerman P, Ham H, Gleasure E (eds) Proceedings of 4th Forest Engineering Conference: Innovation in Forest Engineering – Adapting to Structural Change. Stellenbosch University, p. 172. ISBN 978-0-7972-1284-8.

Ugrenović, A., 1959: Iznošenje. *Šumarska enciklopedija* 1: 655–664, JLZ, Zagreb.

Zorić M., Horvat D., Šušnjar M., Pandur Z., Galović J., 2014: Morphological analysis of chainsaws - useful decision making tool // Forest engineering: propelling the forest value chain. Gerardmer, France, 2014. 1-1

*Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama (NN 51/10, NN 84/10, 145/11, 140/13, 85/14)