

Utjecaj obujma tovara na proizvodnost traktora Timberjack 240C pri privlačenju debala euroameričke topole u nizinskim šumama

Željko Zečić, Dinko Vusić, Hrvoje Nevečerel, Mladen Mikulin

Nacrtač – Abstract

Rad prikazuje rezultate istraživanja zglobnoga traktora Timberjack 240C s dvobubanjnim vrtlom Adler HY16 pri čistoj sječi euroameričke topole u nizinskim uvjetima na nadmorskoj visini od 95 m. Pri istraživanju je primijenjena deblova metoda privlačenja drva po tlu. Srednja je udaljenost privlačenja iznosila 760 m, a privučeno je 759,03 m³ tijekom 88 turnusa. Na radilištu je primijenjen skupni rad s četiri radnika i poslovođom. Dva su sjekača radila u sječini, jedan na pomoćnom stovarištu i traktorist. Tijekom terenskoga istraživanja navedenoga traktora ostvareno je efektivno vrijeme od 68,63 % i opća vremena od 31,37 % u ukupno utrošenom vremenu. Prosječni ostvareni tovar traktora iznosi 8,63 m³ s prosječno 5,2 komada u tovaru i srednjim obujmom komada od 1,66 m³. U oblikovanom ukupnom vremenu turnusa pri udaljenosti privlačenja od 600 + 150 m na efektivno vrijeme otpada 34,05 minuta, a na dodatno vrijeme 10,31 minuta. Prosječna brzina kretanja neopterećenoga traktora po vlaci i sječini iznosi 6,52 km/h, a opterećenoga 3,87 km/h. Norma se vremena kreće od 3,71 min/m³ (100 m) do 6,29 min/m³ (1000 m). Dnevni se učinak traktora na privlačenju kreće od 129,52 m³/dan za udaljenost privlačenja od 100 m do 76,34 m³/dan za 1000 m. Za udaljenosti od 100 m do 1000 m trošak se privlačenja debala, prema izračunu dnevnooga troška od 2873,00 kn/dan, kreće od 22,18 kn/m³ do 37,63 kn/m³.

Ključne riječi: zglobni traktor, privlačenje, učinkovitost, deblova metoda, troškovi

1. Uvod – Introduction

Sustavi pridobivanja drva, odnosno glavnih šumskih proizvoda, različito su tijekom proteklih 50 godina uspostavljeni u Republici Hrvatskoj. U hrvatske se šume s vremenom uvode nove tehnike kako su se one razvijale, a hrvatsko šumarstvo prolazi kroz nekoliko razdoblja koja su obilježena određenim stupnjem tehničkoga i tehnološkoga razvoja. U podsustavu sječe i izrade uvode se 50-ih godina motorne pile, a od 2000. godine harvesteri sa strojnu sječju i izradu drvnih sortimenata. Mehanizirano privlačenje obloga drva po tlu intenzivira se u Hrvatskoj šezdesetih godina 20. stoljeća kada se velikoserijski poljoprivredni traktori prilagođavaju za rad u šumi dogradnjom zaštitnih kabina i vitala. U podsustav privlačenja drva uvode se 1969. posebni šumski zglobni traktori.

Temeljni je preduvjet za mehaniziranje šumskih radova izgradnja šumskih cesta i putova, čime su riješeni mnogi problemi pri uvođenju nove šumske tehnike i tehnologije u sve sustave pridobivanja drva. S uvođenjem novih načina pridobivanja započinju istraživanja proizvodnosti strojeva i organizacije rada u pojedinom sustavu te izrada tehničkih normativa za radove na pridobivanju drva. S novom tehnikom i novom organizacijom rada te ergonomski usavršenim strojevima povećava se učinak, humanizira rad, smanjuje broj radnika i troškovi po jedinici proizvoda.

Višegodišnja istraživanja traktora za privlačenje drva po tlu dala su očekivane rezultate pri čemu su razvijeni traktori za prorede i traktori za oplodne i preborne sječe. Suradnjom šumarske struke i znanosti postignuti su značajni rezultati u odabiru suvremenoga traktora za oplodne i preborne sječe, koji udo-

voljava ekonomskim, ekološkim, ergonomskim, energijskim i estetskim zahtjevima. Rezultat zajedničkoga rada u četiri protekla desetljeća jest domaća proizvodnja posebnih šumskih zglobnih traktora za privlačenje drva po tlu tipa EcoTrac 55V, EcoTrac 120V. Osim domaćih traktora u hrvatskom šumarstvu na privlačenju drva rade i traktori strane proizvodnje tipa LKT 81 te Timberjack 240C, koji je i predmet istraživanja u ovom radu.

2. Problematika i cilj istraživanja – *Scope and aim of research*

Uvođenje mehanizacije u hrvatsko šumarstvo započinje od 1960. s poljoprivrednim traktorima, koji su dodatno opremljeni zaštitnom kabinom i vitlom te utezima na prednjem mostu. Zatim se u prebornim šumama uvode posebni šumski zglobni traktori tipa Caterpillar S-8, Timberjack 200, Kockums i drugi te je do 1970. godine na privlačenju drva u Hrvatskoj radilo oko 100 traktora. Radi povećanja proizvodnosti uz pojedinačni se rad uvodi 1982. godine skupni rad kao viši oblik organizacije rada (Zečić i dr. 2010). U tom se razdoblju provode istraživanja sredstava za rad i započinje sustavni znanstvenoistraživački rad na čitavom području Hrvatske, koji traje i danas. U nizinskom se području Hrvatske na izvoženju drva uvode forvarderi, a od 1980. godine uvode se informatičke tehnologije i primjena tehničkih normativa u sustavima pridobivanja drva.

Stvaranjem samostalne i suverene države Hrvatske 1990. godine stvoreno je jedno poduzeće JP »Hrvatske šume«, p.o. Zagreb, koje gospodari s oko 80 % hrvatskih šuma. Od 1998. do 2001. godine investira se oko 70 mil. kuna u nabavu novih sredstava rada i opreme. Nabavljeno je 45 traktora Timberjack 240C (15 s jednobubanjnim vitlom T40 i 30 s dvobubanjnim vitlom Adler HY16), 50 traktora Steyr, 8 forvardera Timberjack (1210, 1410 i 1710), dva forvardera Valmet 860, 6 kamiona MAN s dizalicom i prikolicom te drugi strojevi i oprema (Zečić i dr. 2004). Nabavljena je nova informatička oprema te terenska računala za potrebe praćenja sustava pridobivanja drva odnosno glavnih šumskih drvnih proizvoda.

Tijekom nekoliko proteklih desetljeća proizvodnost i troškove traktora pri privlačenju drva po tlu istraživalo je više domaćih i stranih autora. Bojanin i dr. (1990, 1994, 1997) istraživali su rad zglobnih i poljoprivrednih traktora u Hrvatskoj, a Košir i dr. (1995, 1999, 2000) u slovenskom šumarstvu. Zatim Krpan i Zečić su (2001) istraživali učinkovitost i troškove traktora Timberjack 240 C pri privlačenju drva u brdskim oplodnim sječama. Mikleš i Suchomel (1999) utvrđivali su zavisnost između terenskih uvjeta i rada zglobnih traktora pri privlačenju drva. Krivec

je (1979) pisao o nužnosti promjene organizacije rada pri privlačenju drva traktorima, a smatrao je da je uvođenje skupnoga rada jedno od rješenja, uz stalnu izobrazbu kadrova i bolje vrednovanje rada u šumi. Sabo i Poršinsky (2005) istraživali su traktor Timberjack 240C s dvobubanjnim vitlom na privlačenju jelove oblovine u prebornim šumama i upozoravali na visoku proizvodnost toga traktora. Krč i Košir (2008) istraživali su najpovoljniji način privlačenja drva u odnosu na primarnu i sekundarnu otvorenost šumske površine izradom digitalnih modela terena, a Marenče i Košir (2008) novi traktor Woody 110 pri privlačenju drva uz nagib.

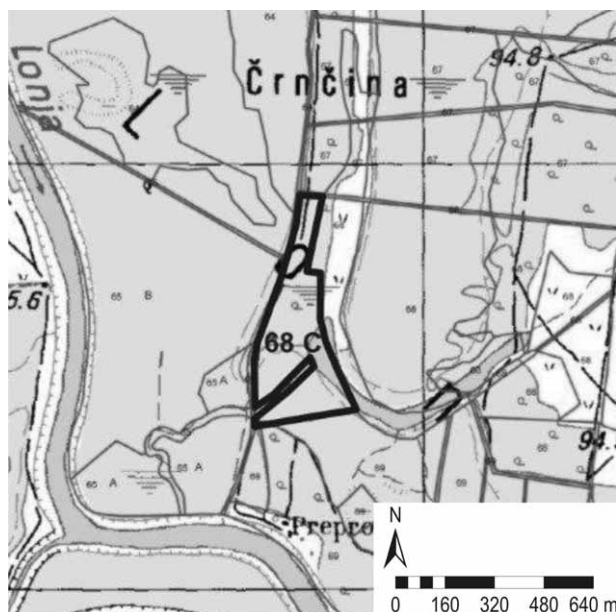
Za ostvarivanje glavnoga prihoda godišnjega eta-ta Hrvatske nužna je primjena traktora veće snage i mase. Dosadašnja istraživanja i stručne analize u primjeni nekih traktora za oplodne i preborne sječe pokazala su njihove nedostatke. Traktori LKT imaju zadovoljavajuće morfološke značajke, ali i zastarjela tehnička rješenja pa su ekološki i ergonomski neprihvatljivi. Traktor Timberjack 240C je visoko učinkovit, ali je za naše šumske uvjete predimenzioniran i s nepotpuno usklađenim ergonomskim rješenjima.

Svrha je ovoga rada istraživanje proizvodnosti traktora Timberjack 240C s dvobubanjnim vitlom na privlačenju debala euroameričke topole pri čistoj sječi. Istraživanje je postavljeno tako da se snimi i oblikuje struktura utrošena vremena te da se detaljno prouče glavne eksploatacijske značajke samoga traktora pri privlačenju drva. Konačni je cilj ovoga istraživanja izračun moguće proizvodnosti i troškova u određenim uvjetima.

3. Mjesto i metode istraživanja – *Place and methods of research*

Terenska su istraživanja provedena na području UŠP Zagreb, Šumarija Popovača, G.J. »Popovačke nizinske šume«, odsjek 68 C (slika 1), tijekom čiste sječe sastojine euroameričke topole u jesen. Sastojina je jednoetažna, nepotpuna sklopa stablimičnoga rasporeda u redovima 4 × 5 metara (slika 2). Stabla su visoka, dugih i ravnih debala, srednje razvijenih krošanja. Sloj je grmlja bujan visine do 5 m. Za čistu su sječju predviđena 684 stabla odnosno 860,20 m³ bruto obujma drva. Srednji prsni promjer stabala iznosi 34 cm, srednja visina 26,7 m, a prosječni obujam stabala 1,29 m³.

Tijekom istraživanja traktorom Timberjack 240C privučeno je 455 debala euroameričke topole ukupnoga obujma 759,03 m³. Od toga je izrađeno 600,27 m³ tehničke oblovine i 103,88 m³ višemetarskoga prostornoga drva. Razlika drvnoga obujma od 54,88 m³, koji je nastao u prikrajanju i preuzimanju drvnih sortimenata na pomoćnom stovarištu, odnosi se na



Slika 1. Prikaz odsjeka 68 C na karti
Fig. 1 Map location of subcompartment 68 C



Slika 2. Sastojina euroameričke topole, odsjek 68 C
Fig. 2 Euroamerican poplar stand, subcompartment 68 C



Slika 3. Kresanje grana
Fig. 3 Delimiting



Slika 4. Traktor Timberjack 240C na vlaci
Fig. 4 Tractor Timberjack 240C on skid trail

manje vrijedne dijelove debala te gubitke pri mjerenju dimenzija izrađenih drvnih sortimenata prema Hrvatskim normama.

Na radilištu je primijenjen skupni rad. Radnu skupinu čine četiri radnika, dva sjekača u sječini, sjekač preuzimač na pomoćnom stovarištu i traktorist te poslovođa. Sjekači obaraju stabla, krešu grane i vežu tovar. Na pomoćnom stovarištu sjekač preuzimač vrši doradu, trupljenje i mjerenje drvnih sortimenata pri preuzimanju te pomaže traktoristu pri odvezivanju tovara.

U radu je istraživana učinkovitost privlačenja drva traktorom Timberjack 240C s dvobubanjnim vitlom Adler HY 16 deblovnim metodom. Timberjack 240C nalazi se u zoni srednje teških i teških traktora prema indeksu oblika, a prema odnosu snage motora ubraja se u teške traktore (Krpan i Zečić 2001a). Duljina vučnoga užeta i lijevoga i desnoga bubnja iznosi po 60 m, s tim da je promjer vučnoga užeta lijevoga bubnja 14 mm, a desnoga bubnja 16 mm. Potezna sila svakoga bubnja iznosi 67,4 kN. Srednja je udaljenost privlačenja izračunata kao aritmetička sredina snimljenih udaljenosti vožnje opterećenoga traktora po vlaci, sječini i pomoćnom stovarištu tijekom 88 turnusa i iznosi 760 m.

Pri istraživanju traktora Timberjack 240C primijenjen je studij rada i vremena prema metodi koja se primjenjuje u Zavodu za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskoga fakulteta Zagreb. Utrošak vremena radnih operacija i zahvata mjeren je povratnom metodom kronometrije. Primjenom matematičko-statističke analize obrađena su varijabilna vremena turnusa traktora, vožnja opterećenoga i neopterećenoga traktora po traktorskim putovima i pomoćnom stovarištu te izvlačenje užeta i privlačenje tovara.

Pri privlačenju debala euroameričke topole traktor se pretežito kretao po glavnoj traktorskoj vlaci (slike 2 i 4). Tlo je bilo raskavšeno do blatno, a zbog



Slika 5. Traktor Timberjack 240C na pomoćnom stovarištu
Fig. 5 Tractor Timberjack 240C on landing

gustoga grmlja i slabe vidljivosti traktor je s glavne vlake prilazio oborenim deblima. Na radilištu su se istodobno odvijala sječa i izrada drvnih sortimenata i privlačenje drva, s tim da se dorada, trupljenje, mješenje i preuzimanje izrađenih drvnih sortimenata odvijalo na pomoćnom stovarištu.

4. Rezultati istraživanja – Research results

Podaci o ukupno privučenom drvu i tovaru traktora prikazani su u tablici 1. Ukupno privučeni neto drveni obujam 455 debala iznosi 759,03 m³ pri ostvarenoj srednjoj udaljenosti privlačenja po vlaci i sječni od 760 m.

Tablica 1. Značajke tovara
Table 1 Load characteristics

Sastavnice Elements	Odsjek 68 C Subcompartment 68 C		
	X_{max}	\bar{X}	X_{min}
Ukupno privučeno, m ³ Total skidded, m ³	-	759,03	-
Broj komada, n Number of pieces, n	-	455	-
Broj turnusa Number of cycles	-	88	-
Obujam tovara, m ³ Load volume, m ³	4,87	8,63	13,93
Komada u tovaru Pieces in a load	2	5,2	7
Duljina komada, m Piece length, m	8,3	23,3	32,8
Obujam komada, m ³ Piece volume, m ³	0,22	1,67	3,66

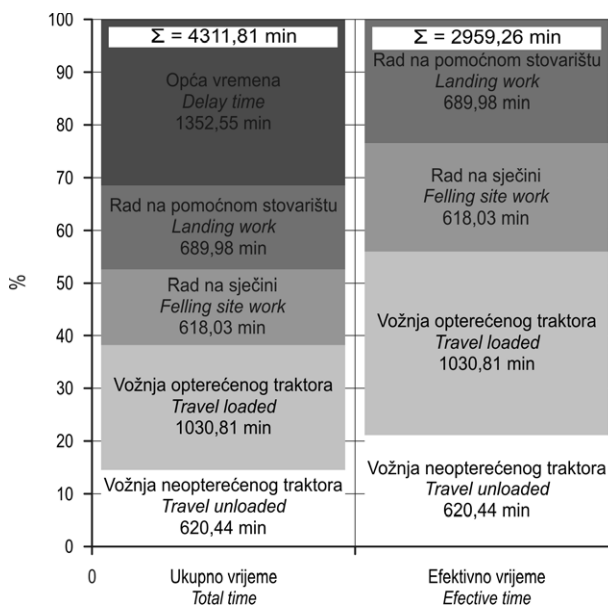
Prosječni obujam tovara u promatranih 88 turnusa iznosi 8,63 m³. Gustoća drva topole u svježem stanju, prema cjeniku glavnih šumskih proizvoda (Annon. 2008), iznosi 0,90 t/m³. Prema tomu, masa prosječnoga tovara privučenoga drva iznosi 7,77 t.

4.1 Utrošak vremena – Time consumption

Temeljem provedenoga studija vremena prikazano je ukupno utrošeno vrijeme po sastavnicama te struktura ukupnoga i efektivnoga vremena (slika 6). Efektivno vrijeme iznosi 68,63 %, a opća vremena čine 31,37 % ukupnoga vremena rada. U ukupnom vremenu rada na vrijeme vožnje neopterećenoga traktora otpada 14,39 %, a opterećenoga traktora 23,91 %, zatim na vrijeme rada u sječini otpada 14,33 % i 16,00 % za rad na pomoćnom stovarištu.

Utrošeno efektivno vrijeme privlačenja drva po jedinici proizvoda iznosi 3,90 min/m³, a ukupno utrošeno vrijeme 5,68 min/m³. Na radilištu je ostvaren učinak od 63,25 m³/dan za prosječno utrošeno vrijeme od 359,32 min/dan, odnosno 74,86 % propisanoga radnoga vremena od 480 minuta.

U strukturi ostvarenoga efektivnoga vremena na vožnje neopterećenoga traktora otpada 20,97 %, a na rad opterećenoga traktora otpada 34,83 %. Za rad na sječini troši se 20,88 %, a za rad na pomoćnom stovarištu utrošeno je 23,32 % efektivnoga vremena. Prijemnom sortimentne ili poludeblovne metode privlačenja drva po tlu utrošak vremena rada na sječini oko dva puta je veći u odnosu na utrošak vremena rada na pomoćnom stovarištu (Zečić i dr. 2004, 2006, 2010).



Slika 6. Struktura ukupno utrošenoga vremena i efektivnoga vremena
Fig. 6 Total time and effective time structure

4.1.1 Dodatno vrijeme – Allowance time

Dodatno vrijeme čine svi potrebni prekidi rada i iznosi 895,76 minuta ili 30,27 % efektivnoga vremena. Od 1352,55 minuta koliko iznose opća vremena, razliku od 456,79 minuta, odnosno 38,07 min/dan, čine neopravdani i nepotrebni prekidi rada. Pripremno-završno vrijeme iznosi 351,58 minuta ili 39,25 % ukupnoga dodatnoga vremena, zatim slijedi prekid za jelo s 269,49 minuta ili 30,08 %, pa vrijeme za povremene radove od 100,55 minuta ili 11,23 % i odmora od 100,20 minuta ili 11,19 %, a tehnički prekidi s 14,28 minuta ili 1,59 % zauzimaju najmanje vremena. Razlog takve raspodjele dodatnoga vremena jest u organizaciji radilišta, načinima privlačenja, uvjetima rada (blatno tlo) i raspodjeli zarade članova skupine. Vozač traktora sam obavlja pripremu za rad i čišćenje traktora, a vezanje tovara obavljaju dva sjekača. Odvezivanje tovara obavlja sam traktorist na pomoćnom stovarištu, dok sjekač preuzimač na pomoćnom stovarištu obavlja trupljenje i mjerenje drvnih sortimenata s poslovođom.

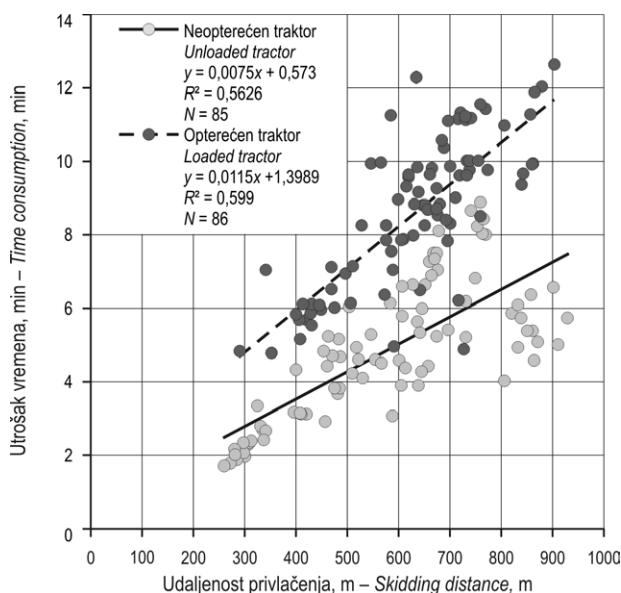
Faktor dodatnoga vremena traktora Timberjack 240C pri privlačenju debala iznosi 1,30. Za isti traktor u brdskim uvjetima središnje Hrvatske faktor dodatnoga vremena iznosi 1,19 (Zević i dr. 2004), a u gorskim uvjetima 1,22 (Zević i dr. 2010). Za traktor Ecotrac 120V faktor dodatnoga vremena iznosi 1,34 u brdskom području, odnosno 1,18 u gorskim uvjetima rada (Horvat i dr. 2007).

4.2 Vremena turnusa – Cycle times

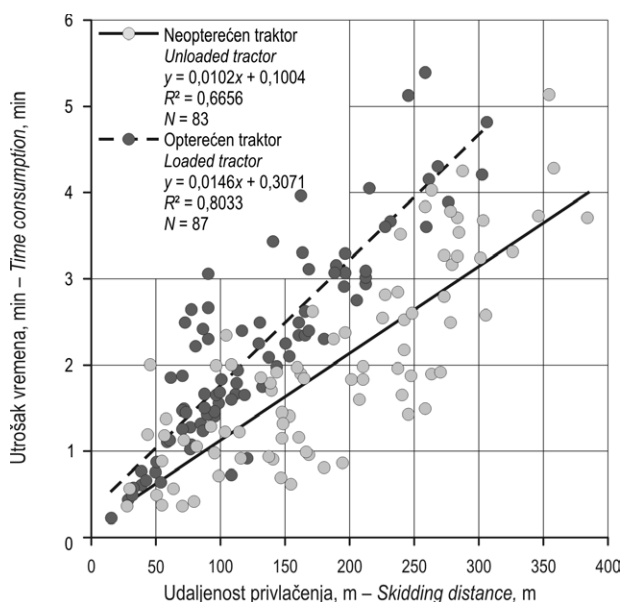
4.2.1 Varijabilna vremena – Variable time

Turnus traktora čine četiri radne operacije, vožnja neopterećenoga traktora po pomoćnom stovarištu, pa po vlaci i sječini te vožnja opterećenoga traktora po vlaci i sječini i po pomoćnom stovarištu. Vremena vožnji, izvlačenja užeta i privitlavanja tovara u radu se promatraju i prikazuju kao varijabilna s obzirom na udaljenost. Pri obradi podataka posebno je promatrano vrijeme vožnje opterećenoga i neopterećenoga traktora na vlaci i sječini, a posebno po pomoćnom stovarištu. Na temelju utrošenoga vremena i udaljenosti vožnje, odnosno izvlačenja užeta i privitlavanja (DB – desni bubanj, LB – lijevi bubanj), podaci su obrađeni i izjednačeni regresijskom jednadžbom pravca (slike 7, 8, 9 i 10). Prema izjednačenim vrijednostima izračunata je prosječna brzina vožnji traktora po vlaci i po pomoćnom stovarištu (tablica 2) te brzina izvlačenja užeta i privitlavanja tovara (tablica 3).

Neopterećeni se traktor za pojedine turnuse kretao od 260 m do 928 m po vlaci i sječini, a opterećeni od 290 m do 903 m sa značajno različitim utroškom vremena (slika 7). Na isti su način prikazani podaci izmjenjenoga i oblikovanoga vremena vožnji optere-



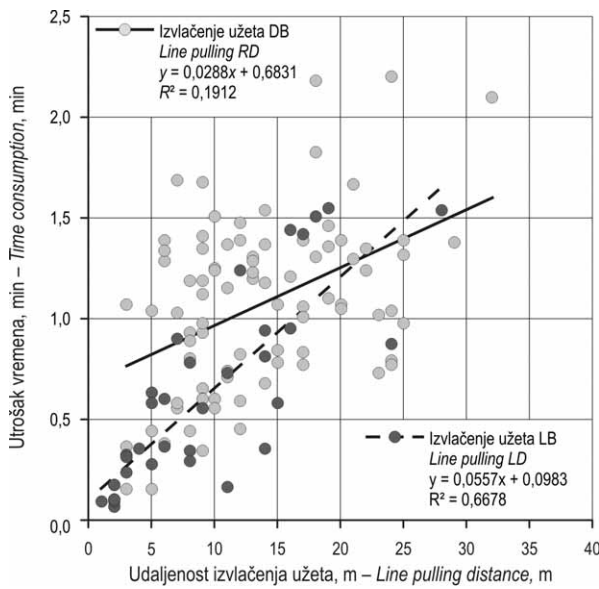
Slika 7. Utrošci vremena vožnji po vlaci i sječini
Fig. 7 Skid trail travel time consumptions



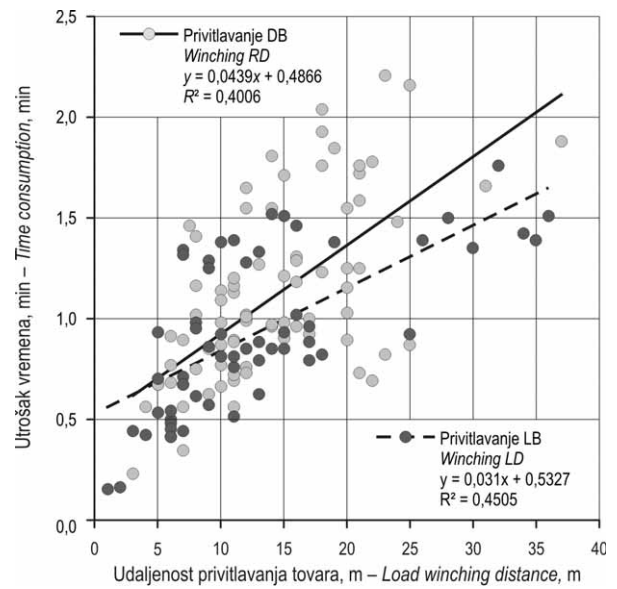
Slika 8. Utrošci vremena vožnji po pomoćnom stovarištu
Fig. 8 Landing travel time consumptions

ćenoga i neopterećenoga traktora po pomoćnom stovarištu za udaljenosti od 15 m do 384 m (slika 8).

Nakon obrade i testiranja podataka vidljiva je značajna razlika obrađenih vremena vožnji na traktorskoj vlaci i sječini te na pomoćnom stovarištu (slike 7 i 8). Vrijeme izvlačenja užeta i privitlavanja tovara također je promatrano kao varijabilno u odnosu na udaljenost. Ovisnost utrošaka vremena izvlačenja užeta i privitlavanja tovara izjednačena je



Slika 9. Utrošci vremena izvlačenja užeta
Fig. 9 Line pulling time consumptions



Slika 10. Utrošci vremena privitlavanja tovara
Fig. 10 Winching time consumptions

pravcima i opisana pripadajućim regresijskim jednadžbama (slike 9 i 10).

4.2.2 Brzina vožnje traktora, izvlačenja užeta i privitlavanja tovara – Skidder speed, speeds of line pulling and winching

Za izračun vremena vožnje opterećenoga i neopterećenoga traktora po traktorskoj vlaci, pomoćnom stovarištu te za izvlačenje užeta i privitlavanje tovara uzet je opći oblik jednadžbe:

$$y = a + b \times x \tag{1}$$

gdje je:

- x udaljenosti vožnje, odnosno izvlačenja užeta/privitlavanja iskazana u metrima, a pripadajuće jednadžbe prikazane su na slikama 7, 8, 9 i 10.

Brzina kretanja traktora je funkcija prijedena puta i utrošenoga vremena. Pri izračunu brzine traktora primjenjuje se jednadžba koja u općem obliku glasi:

$$v = \frac{l}{t} \times \frac{60}{1000} \text{ [km/h]} \tag{2}$$

gdje je:

- l udaljenost, m
- t vrijeme, min.

Vrijeme i brzina opterećenih i neopterećenih traktora prikazani su u tablici 2.

Brzina vožnje neopterećenoga traktora na vlaci se kreće od 3,16 km/h (50 m) do 7,43 km/h (1000 m), odnosno prosječno 6,52 km/h. Opterećeni se traktor kreće brzinom od 1,52 km/h (50 m) do 4,65 km/h

(1000 m) odnosno prosječno 3,87 km/h (tablica 2). Brzina vožnji neopterećenoga i opterećenoga traktora po pomoćnom stovarištu također je prikazana u tablici 2.

U gorskim uvjetima na traktorskom putu prosječna brzina neopterećenoga traktora Timberjack 240C iznosi 3,56 km/h i opterećenoga 3,50 km/h, a po pomoćnom stovarištu 4,65 km/h neopterećenoga traktora i 4,93 km/h opterećenoga traktora (Zečić i dr. 2010). Prosječna brzina vožnje traktora Timberjack 240C u brdskom području pri vožnji neopterećenoga traktora iznosi 4,96 km/h, a opterećenoga traktora 3,55 km/h s prosječnim obujmom tovara od 4,24 m³ (Zečić i dr. 2004). Zatim Krpan i Zečić (2001a) za isti traktor navode prosječnu brzinu vožnje praznoga traktora od 4,57 km/h, a punoga 3,42 km/h. Prosječna brzina neopterećenih traktora uglavnom je veća od brzine opterećenih traktora.

Tijekom terenskoga istraživanja uže se lijevoga bubnja (LB) prosječno izvlačilo na udaljenosti od 9,2 m, a desnoga bubnja (DB) na udaljenosti od 13,6 m. Izračunata brzina izvlačenja užeta lijevoga bubnja (LB) traktora kreće se od 0,80 km/h (5 m) do 1,03 km/h (40 m), a prosječna brzina iznosi 0,97 km/h (tablica 3). Privitlanje se tovara za navedene udaljenosti lijevoga bubnja (LB) odvija brzinom od 0,44 km/h do 1,35 km/h, odnosno prosječno 1,02 km/h, a desnoga bubnja (DB) od 0,42 km/h do 1,07 km/h, odnosno prosječno 0,85 km/h. Pri istraživanju traktora Timberjack 240C na privlačenju drva u brdskim oplodnim sječama prosječne brzine pri izvlačenju su užeta 1,33 km/h, odnosno 1,62 km/h, a brzina je privitlavanja tovara 1,03 km/h, odnosno

Tablica 2. Vrijeme i brzina kretanja opterećenoga i neopterećenoga traktora po vlaci i pomoćnom stovarištu**Table 2** Time consumptions and speeds of loaded and unloaded tractor travels on skid trail and landing

Udaljenost, m <i>Distance, m</i>	Vožnja po vlaci i sječini - <i>Skid road and felling site travel</i>				Vožnja po pomoćnom stovarištu - <i>Landing travel</i>			
	Neopterećen - <i>Unloaded</i>		Opterećen - <i>Loaded</i>		Neopterećen - <i>Unloaded</i>		Opterećen - <i>Loaded</i>	
	Vrijeme, min <i>Time, min</i>	Brzina, km/h <i>Speed, km/h</i>	Vrijeme, min <i>Time, min</i>	Brzina, km/h <i>Speed, km/h</i>	Vrijeme, min <i>Time, min</i>	Brzina, km/h <i>Speed, km/h</i>	Vrijeme, min <i>Time, min</i>	Brzina, km/h <i>Speed, km/h</i>
50	0,95	3,16	1,97	1,52	0,61	4,91	1,04	2,89
100	1,32	4,54	2,55	2,35	1,12	5,36	1,77	3,40
150	1,70	5,30	3,12	2,88	1,63	5,52	2,50	3,60
200	2,07	5,79	3,70	3,24	2,14	5,61	3,23	3,72
250	2,45	6,13	4,27	3,51	2,65	5,66	3,96	3,79
300	2,82	6,38	4,85	3,71	3,16	5,70	4,69	3,84
350	3,20	6,57	5,42	3,87	3,67	5,72	5,42	3,88
400	3,57	6,72	6,00	4,00	4,18	5,74	6,15	3,90
500	4,32	6,94	7,15	4,20	-	-	-	-
600	5,07	7,10	8,30	4,34	-	-	-	-
700	5,82	7,21	9,45	4,44	-	-	-	-
800	6,57	7,30	10,60	4,53	-	-	-	-
900	7,32	7,37	11,75	4,60	-	-	-	-
1000	8,07	7,43	12,90	4,65	-	-	-	-
Prosjek - <i>Average</i>	-	6,52	-	3,87	-	5,61	-	3,73

Tablica 3. Utrošci vremena i brzina izvlačenja užeta i privitavanja tovara**Table 3** Line pulling and winching time consumptions and speeds

Udaljenost, m <i>Distance, m</i>	Izvlačenje užeta, LB <i>Line pulling, LB</i>		Privitavanje tovara, LB <i>Winching, LB</i>		Izvlačenje užeta, DB <i>Line pulling, DB</i>		Privitavanje tovara, DB <i>Winching, DB</i>	
	Vrijeme, min <i>Time, min</i>	Brzina, km/h <i>Speed, km/h</i>	Vrijeme, min <i>Time, min</i>	Brzina, km/h <i>Speed, km/h</i>	Vrijeme, min <i>Time, min</i>	Brzina, km/h <i>Speed, km/h</i>	Vrijeme, min <i>Time, min</i>	Brzina, km/h <i>Speed, km/h</i>
	5	0,38	0,80	0,69	0,44	0,83	0,36	0,71
10	0,66	0,92	0,84	0,71	0,97	0,62	0,93	0,65
15	0,93	0,96	1,00	0,90	1,12	0,81	1,15	0,79
20	1,21	0,99	1,15	1,04	1,26	0,95	1,36	0,88
25	1,49	1,01	1,31	1,15	1,40	1,07	1,58	0,95
30	1,77	1,02	1,46	1,23	1,55	1,16	1,80	1,00
35	2,05	1,03	1,62	1,30	1,69	1,24	2,02	1,04
40	2,33	1,03	1,77	1,35	1,84	1,31	2,24	1,07
Prosjek - <i>Average</i>	-	0,97	-	1,02	-	0,94	-	0,85

0,79 km/h (Krpan i Zečić 2001a). Brzina se izvlačenja užeta kod istoga traktora u gorskim uvjetima kreće od 0,84 km/h (5 m) do 0,99 km/h (60 m), a prosječno iznosi 0,97 km/h. Privitavanje se za navedene udaljenosti odvija brzinom od 0,86 km/h do 0,95 km/h, odnosno prosječno 0,93 km/h (Zević i dr. 2010).

Prosječna brzina izvlačenja užeta traktora Ecotrac 120V pri radu u brdskom i gorskom području iznosi 1,10 km/h za prosječnu duljinu od 10,5 m, odnosno 1,66 km/h za prosječnu duljinu od 21,8 m, a brzina

privitavanja tovara iznosi 0,99 km/h, odnosno 1,77 km/h (Horvat i dr. 2007). Brzina izvlačenja užeta i privitavanja tovara ovisi o terenskim i sastojinskim čimbenicima, tehničkim značajkama vitla i užadi te duljini izvlačenja užeta, a posebno o prosječnoj veličini tovara te o sposobnosti pojedinoga radnika kopčaša.

4.2.3 Fiksno vrijeme – *Fixed time*

Fiksno je vrijeme dio efektivnoga vremena turnusa traktora, a sastoji se od vremena rada na sječini i

vremena rada na pomoćnom stovarištu. Za rad na sječini prosječno je utrošeno 8,07 min/turnusu, a za rad na pomoćnom stovarištu 7,84 min/turnusu, što je samo 0,23 minute manje. Kod vremena rada na sječini vrijeme izvlačenja užeta i privitlavanja tovara obrađeno je kao varijabilno vrijeme (tablica 3), kako je prikazano u prethodnom poglavlju. Pri projektiranju vremena turnusa korišteno je izjednačeno vrijeme u odnosu na udaljenost. Za izvlačenje užeta oba bubnja oblikovano vrijeme iznosi 2,05 minuta (15 m), a za privitlavanje tovara na istoj udaljenosti 2,15 minuta. Kao fiksno, odnosno prosječno utrošeno vrijeme promatrano je vrijeme zauzimanja položaja traktora u sječini koje iznosi 0,61 minutu. Na vezanje tovara za oba bubnja prosječno se troši 2,68 minuta po turnusu, a na ispravljanje tovara 0,50 minuta. Na silaznje i penjanje traktorista troši se samo 0,08 min/turnusu jer su izvlačenje užeta i vezanje tovara obavljala dva sjekača u sječini. Privitlavanje tovara na vlaci tijekom privlačenja iznosi 0,64 minute, koje je pribrojeno vremenu vožnje opterećenoga traktora, a događalo se kod 27,9 % turnusa.

Na pomoćnom je stovarištu najviše vremena turnusa utrošeno za uređenje složaja, i to 4,97 min, zatim slijedi odvezivanje tovara s 1,29 minuta pa okretanje neopterećenoga traktora s 0,46 minuta. Silaznje i penjanje je zastupljeno sa samo 0,05 minuta, jer je tovar odvezivao sjekač preuzimač. Za izvlačenje užadi ispod tovara troši se 0,95 minuta, a na premještanje traktora i privitlavanje tovara 0,12 minuta.

4.3 Učinkovitost i troškovi privlačenja

Productivity and skidding costs

Privlačenje drva podliježe utjecaju zakona proizvodnje i zakona obujma komada (Grammel 1988). Prema zakonu obujma komada manji obujmi izrađenoga obloga drva povećavaju troškove rada po jedinici proizvoda. Privlačenje drva s prosječno većim obujmom komada u tovaru odnosno većim obujmom tovara značajno povećava učinkovitost i smanjuje troškove po jedinici proizvoda.

Vrijeme turnusa traktora, dnevni učinak i troškovi privlačenja drva izračunati su u ovisnosti o udaljenosti privlačenja od 100 m do 1000 m te udaljenosti po pomoćnom stovarištu od 150 m i udaljenosti izvlačenja užeta/privitlavanja od 15 m (tablica 4). Prosječni obujam tovara od 8,63 m³ pri privlačenju debala topole ima značajan utjecaj na učinkovitost traktora. Sva su vremena projektirana prema navedenim udaljenostima (tablica 4), a utjecaj veličine tovara na dnevni učinak i jedinični trošak privlačenja prikazan je na slici 11 u rasponu od minimalnoga do maksimalnoga tovara. U tablici 5 su iskazane vrijednosti dnevnoga učinka i jediničnoga troška za

različite udaljenosti privlačenja uz prosječni obujam tovara.

Efektivno vrijeme turnusa traktora na udaljenosti od 100 m iznosi 24,55 minuta do 41,65 minuta pri udaljenosti od 1000 m. U strukturi efektivnoga vremena turnusa traktora do udaljenosti privlačenje od 400 m veći dio vremena otpada na fiksno vrijeme, koje iznosi 15,91 minutu, a varijabilna vremena iznose 14,34 minuta. Pri udaljenosti od 500 m privlačenja drva traktorom varijabilna su vremena nešto veća i iznose 15,91 minutu. Pri većim je udaljenostima privlačenja udio varijabilnih vremena veći (za 1000 m 25,74 minute). Ukupno se vrijeme turnusa traktora kreće od 31,98 minuta (100 m) do 54,26 minute (1000 m), a dodatno vrijeme od 7,43 minute do 12,61 minutu.

Norma je vremena (NV_t) opisana kao utrošeno vrijeme po jedinici proizvoda (min/m³), a izračunata je iz ukupno utrošenoga vremena turnusa (T_u) i prosječnoga obujma tovara na traktorskom putu pomoću formule:

$$NV_t = \frac{T_u}{q_t} \quad [\text{min/m}^3] \quad (3)$$

gdje je:

NV_t norma vremena traktora, min/m³

T_u ukupno vrijeme turnusa, min

q_t prosječni obujam tovara traktora, m³.

Norma vremena iznosi 3,71 min/m³ za udaljenost privlačenja od 100 m do 6,29 min/m³ pri udaljenosti od 1000 m s prosječnim obujmom tovara od 8,63 m³. Na normu vremena odnosno na učinkovitost traktora značajno utječe veličina tovara. Kod sortimentne metode privlačenja drva istoga traktora norma vremena iznosi od 4,77 min/m³ (100 m) do 8,31 min/m³ (700 m) u brdskom području (Zečić i dr. 2004). U gorskim uvjetima privlačenja drvnih sortimenata traktorom Timberjack 240C norma vremena iznosi od 5,32 min/m³ (100 m) do 13,17 min/m³ (1000 m) niz nagib, a uz nagib od 7,22 min/m³ (100 m) do 17,88 min/m³ (1000 m) (Zečić i dr. 2010).

Dnevni se učinak izračunava na temelju norme vremena i dnevnoga radnoga vremena ili na temelju dnevnoga broja turnusa i prosječnoga obujma tovara. Dnevni je učinak izračunat na temelju propisanoga radnoga vremena od 480 minuta i odgovarajuće norme vremena prema udaljenosti:

$$DU_t = \frac{480}{NV_t} \quad [\text{m}^3/\text{dan}] \quad (4)$$

gdje je:

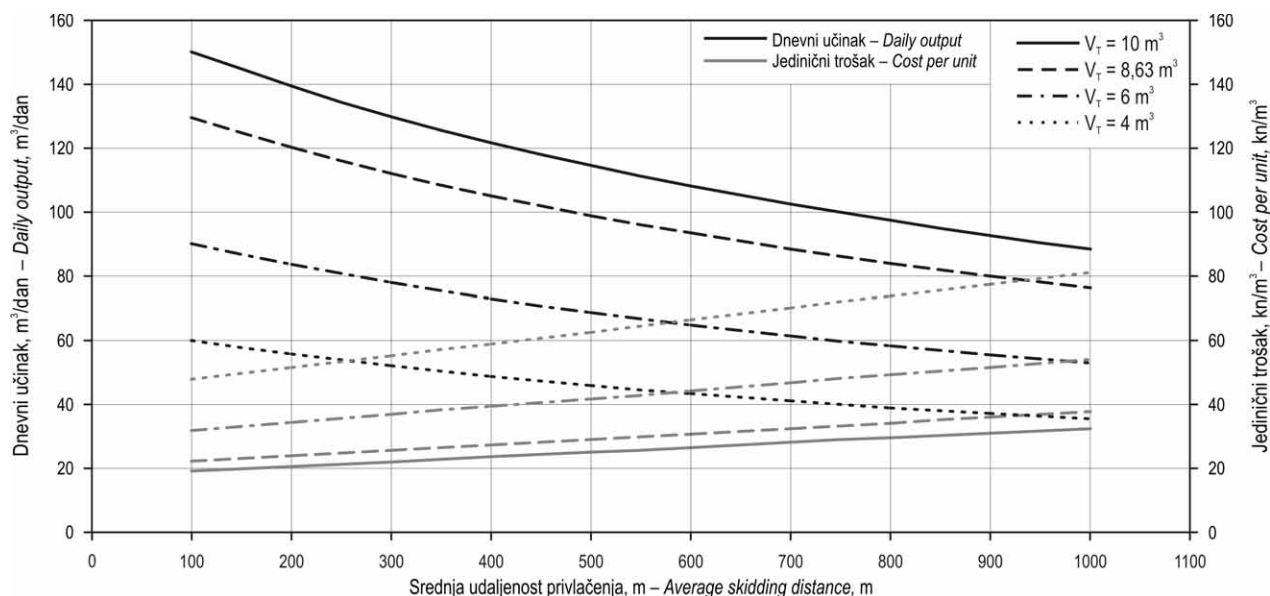
DU_t dnevni učinak traktora, m³/dan

NV_t norma vremena traktora, min/m³.

S povećanjem udaljenosti privlačenja smanjuje se dnevni učinak (slika 11). Dnevni učinak privlačenja

Tablica 4. Projektirani utrošci vremena turnusa traktora**Table 4** Tractor's projected cycle time consumptions

Udaljenost privlačenja <i>Skidding distance</i>	Vrijeme vožnje po vraci <i>Travel time on skid trail</i>		Vrijeme vožnje po pomoćnom stovarištu <i>Travel time on landing</i>		Vrijeme rada na sječni <i>Felling site work time</i>	Vrijeme rada na pomoćnom stovarištu <i>Landing work time</i>	Efektivno vrijeme <i>Effective time</i>	Dodatno vrijeme <i>Allowance time 30,27%</i>	Vrijeme turnusa <i>Cycle time, T_u</i>
	Opterećen <i>Loaded</i>	Neopterećen <i>Unloaded</i>	Opterećen <i>Loaded</i>	Neopterećen <i>Unloaded</i>					
m	min								
100	3,19	1,32	2,50	1,63	8,07	7,84	24,55	7,43	31,98
200	4,34	2,07	2,50	1,63	8,07	7,84	26,45	8,01	34,46
300	5,49	2,82	2,50	1,63	8,07	7,84	28,35	8,58	36,93
400	6,64	3,57	2,50	1,63	8,07	7,84	30,25	9,16	39,41
500	7,79	4,32	2,50	1,63	8,07	7,84	32,15	9,73	41,88
600	8,94	5,07	2,50	1,63	8,07	7,84	34,05	10,31	44,36
700	10,09	5,82	2,50	1,63	8,07	7,84	35,95	10,88	46,83
800	11,24	6,57	2,50	1,63	8,07	7,84	37,85	11,46	49,31
900	12,39	7,32	2,50	1,63	8,07	7,84	39,75	12,03	51,78
1000	13,54	8,07	2,50	1,63	8,07	7,84	41,65	12,61	54,26

**Slika 11.** Dnevni učinak i jedinični trošak privlačenja**Fig. 11** Daily output and unit cost of skidding

kreće se od 129,52 m^3/dan za udaljenost privlačenja od 100 m do 76,34 m^3/dan za 1000 m s prosječno ostvarenim tovarom od 8,63 m^3 . Dnevni se učinak pri privlačenju debala topole smanjuje za 24 % pri udaljenosti od 500 m, a za 41 % pri udaljenosti od 1000 m u odnosu na udaljenost od 100 m. Utjecaj obujma tovara na učinak i troškove privlačenja drva prikazan je u tablici 5 i na slici 11 i za vrijednosti od 4,00 m^3 , 6,00 m^3 i 10,00 m^3 u odnosu na prosječno ostvareni. Dnevni se učinak, za sve navedene udaljenosti, linear-

no smanjuje i iznosi 46,35 % (4,00 m^3) projektiranoga učinka, zatim 69,52 % s tovarom od 6,00 m^3 , a povećava se za 15,88 % s tovarom od 10,00 m^3 .

Učinkovitost traktora Timberjack 240C istražena je tijekom protekloga razdoblja na više radilišta. Dnevni se učinak navedenoga traktora pri privlačenju drvnih sortimenta kreće od 100,54 m^3/dan (100 m) do 57,75 m^3/dan (700 m) u brdskom području, a u gorskom području od 90,27 m^3/dan (100 m) do 36,45 m^3/dan (1000 m) (Zević i dr. 2004, 2010).

Tablica 5. Dnevni učinak i troškovi traktora**Table 5** Tractor's daily output and cost

Udaljenost privlačenja, m <i>Skidding distance, m</i>	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Prosječni obujam tovara, m ³ <i>Average load volume, m³</i>	Dnevni učinak, m ³ /dan - <i>Daily output, m³/day</i>									
4,00	60,03	55,72	51,98	48,72	45,84	43,28	41,00	38,94	37,08	35,39
6,00	90,05	83,58	77,98	73,08	68,76	64,92	61,49	58,41	55,61	53,08
8,63	129,52	120,21	112,16	105,11	98,90	93,38	88,45	84,01	79,99	76,34
10,00	150,08	139,30	129,96	121,80	114,60	108,21	102,49	97,34	92,69	88,46
	Jedinični trošak, kn/m ³ - <i>Unit cost, HRK/m³</i>									
4,00	47,86	51,56	55,27	58,97	62,67	66,38	70,08	73,78	77,49	81,19
6,00	31,91	34,38	36,84	39,31	41,78	44,25	46,72	49,19	51,66	54,13
8,63	22,18	23,90	25,62	27,33	29,05	30,77	32,48	34,20	35,92	37,63
10,00	19,14	20,63	22,11	23,59	25,07	26,55	28,03	29,51	31,00	32,48

Mogući dnevni učinak Timberjacka 240C primjenom poludeblovne metode u gorskim uvjetima kreće se od 135,20 m³/dan (50 m) do 79,20 m³/dan (400 m) kako navode Sabo i Poršinsky (2005).

Na temelju izračuna dnevnoga troška rada od 2873,00 kn/dan i dnevnoga učinaka traktora Timberjack 240C izračunati su troškovi privlačenja drva po jedinici proizvoda ovisno o udaljenosti privlačenja (tablica 5). Troškovi po jedinici proizvoda rastu s povećanjem udaljenosti privlačenja, a dnevni se učinak smanjuje. Za udaljenosti privlačenja od 100 m do 1000 m trošak se privlačenja drva kreće od 22,18 kn/m³ do 37,63 kn/m³. Za prosječnu udaljenost privlačenja od 600 m (+ 150 m po pomoćnom stovarištu) trošak privlačenja iznosi 30,77 kn/m³. To je za 32,27 % manji trošak u odnosu na ostvareni učinak tijekom snimanja.

Trošak privlačenja drva, oblikovan prema različitim prosječnim obujmima tovara, značajno se razlikuje (slika 11 i tablica 5) uvažavajući zakonitost povećanja ili smanjenja tovara. Trošak se linearno povećava za 115,76 % po jedinici proizvoda s prosječnim tovarom od 4,00 m³, zatim za 43,84 % s tovarom od 6,00 m³ u odnosu na ostvareni, a smanjuje za 13,70 % s tovarom od 10,00 m³.

Trošak privlačenja drvnih sortimenata istraživano ga traktora u brdskom području iznosi od 28,96 kn/m³ (100 m) do 50,43 kn/m³ (700 m), a u gorskim uvjetima privlačenja niz nagib od 31,83 kn/m³ (100 m) do 78,83 kn/m³ (1000 m) (Zević i dr. 2004, 2010).

5. Zaključak – Conclusion

Traktor Timberjack 240C s dvobubanjnim vitlom Adler HY 16 ostvario je tijekom 12 dana privlačenja debala euroameričke topole prosječni dnevni učinak od 63,25 m³/dan. Za ostvarenje učinka prosječno je

utrošeno 359,32 min/dan, odnosno 74,86 % propisana radnoga vremena od 480 minuta. Ako bi se prema postojećoj organizaciji rada koristilo propisano vrijeme rada, tada bi se proizvodnost povećala za 26,14 %. Analizom općih vremena utvrđeno je dodatno vrijeme u iznosu od 30,27 % efektivnoga vremena pa faktor dodatnoga vremena (k_d) iznosi 1,30.

Primjenom matematičko-statističke analize obrađeno je efektivno vrijeme traktora. Projektirano vrijeme turnusa traktora Timberjack 240C za udaljenost od 600 m po vlaci i 150 m po pomoćnom stovarištu iznosi 44,36 minuta. Norma vremena iznosi 5,14 min/m³ (600 + 150 m) s prosječnim obujmom tovara od 8,63 m³, a dnevni učinak privlačenja drva iznosi 93,38 m³/dan. Racionalizacijom rada u navedenim uvjetima moguće je smanjenje troškova i do 32,27 % po jedinici proizvoda.

Rezultati ovoga istraživanja pokazuju kako se traktor Timberjack 240C ubraja u skupinu visoko-efektivnih specijalnih šumskih strojeva. Istraživanjem je dokazana zakonitost utjecaja obujma tovara, prema različitim udaljenostima, kao jednoga od najznačajnijih utjecajnih čimbenika privlačenja i izvoženja drva. Većim obujmom tovara i manjim srednjim udaljenostima privlačenja značajno se povećava učinkovitost ovakvog traktora, a time se smanjuju troškovi po jedinici proizvoda.

6. Literatura – References

Anon. 2008: Cjenik glavnih šumskih proizvoda. »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb.

Bojanin, S., J. Beber, 1990: Ovisnost učinka o terenskim uvjetima kod privlačenja drva traktorom (*Merchantable timber skidding output with tractors depending on terrain conditions*). Mehanizacija šumarstva, 15 (5–6): 83–86.

Bojanin, S., A. P. B. Krpan, 1994: Eksploatacija šuma pri različitim radnim uvjetima u Hrvatskoj. Šumarski list, 118 (9–10): 271–282.

Bojanin, S., A. P. B. Krpan, 1997: Mogućnost tzv. visokog i potpunog mehaniziranja sječe i izrade te mehaniziranja privlačenja drva u šumama Hrvatske. Šumarski list, 121 (7–8): 371–381.

Bojanin, S., A. P. B. Krpan, J. Beber, 1988: Komparativno istraživanje privlačenja drva zglobnim traktorima u jelovim prebornim sastojinama sa sekundarnim otvaranjem i bez sekundarnog otvaranja. Mehanizacija šumarstva, 13 (1–2): 3–13.

Grammel, R., 1988: Holzernte und Holztransport. Verlag Paul Parey, Hamburg – Berlin, str. 1–242.

Horvat, D., Ž. Zečić, M. Šušnjar, 2007: Morphological characteristics and productivity of skidder Ecotrac 120 V. Croatian Journal of Forest Engineering, 28 (1): 11–25.

Košir, B., 1995: A Study of Damage to Hauling Steel Wire Ropes on the Example of Tractor Wood Extraction. Zbornik gozdarstva i lesarstva, 47: 97–116.

Košir, B., 1999: Študij dela – pozabljen od vseh? Gozdarski vestnik, 57 (5–6): 237–244.

Košir, B., 2000: Primerjava rezultata modela poškodb drevja v sestoji zaradi pridobivanja lesa in rezultata terenskih opazovni. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 62: 53–86.

Krč, J., B. Košir, 2008.: Predicting Wood Skidding Direction on Steep Terrain by DEM and Forest Road Network Extension. Croatian Journal of Forest Engineering, 28 (1): 11–25.

Krivec, A., 1979: Učinkovitost in oblikovanje novih organizacijskih postopkov pri spravljanju lesa s traktorji (*Neue Formen der Arbeitsorganisation bei Holzruecken mit Traktoren*). Gozdarski vestnik, 37 (7–8): 305–360.

Krpan, A. P. B., Ž. Zečić, 2001: Analise der arbeit des Knickschleppers Timberjack 240 C beim holzrüken auf den neigungen (*Analiza rada zglobnog traktora Timberjack 240 C kod privlačenja na nagibima*). 35. Internationale symposium Mechanisierung der waldarbeit, Brno, Česka Republika, str. 13–27.

Krpan, A. P. B., Ž. Zečić, 2001a: Učinkovitost i troškovi traktora Timberjack 240 C pri privlačenju drva u brdskim oplodnim sječama (*Productivity and costs of tractor Timberjack 240 C at timber skidding in regeneration fellings on hilly*

terrain). U: S. Matic, A. P. B. Krpan, J. Gračan (ur.), Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, Šumarski fakultet Zagreb i Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb, str. 477–490.

Marenče, J., B. Košir, 2008: Technical parameters dynamics of WOODY 110 cable skidder within the range of stopping due to overload in uphill wood skidding. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 85: 39–48.

Mikleš, M., J. Suchomel, 1999: Relationship between terrain conditions and operating condition of forest skidders. Proceedings of IUFRO symposium »Emerging harvesting issues in technology transition«, Opatija, str. 33–35.

Sabo, A., T. Poršinsky, 2005: Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar. Croatian Journal of Forest Engineering, 26 (1): 13–27.

Zečić, Ž., 2001: Proizvodnost i troškovi traktora u brdskim proredama (*Productivity and costs of tractor in thinnings on hilly terrain*). U: S. Matic, A. P. B. Krpan, J. Gračan (ur.), Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, Šumarski fakultet Zagreb i Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb, str. 507–523.

Zečić Ž., A. P. B. Krpan, B. Stankić, 2004: Privlačenje oblovine traktorom Timberjack 240C iz oplodne sječe u uvjetima Šumarije Velika Pisanica. (*Skidding of roundwood by tractor Timberjack 240 C from regeneration felling in conditions of forest office Velika Pisanica*). Šumarski list, 128 (11–12): 671–678.

Zečić, Ž., 2006: Usporedba djelotvornosti traktora Ecotrac 120 V pri privlačenju drva u brdskim i gorskim uvjetima (*Comparison of productivity of skidder Ecotrac 120V at timber skidding in hilly and mountains conditions*). Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje, 5: 557–572.

Zečić, Ž., D. Vusić, 2009: Računalne norme privlačenja drva traktorima (RANOP). Konačno izvješće projekta »Ustavljenje normi i normativa« (*Final report project »Systematization of time standards and normative provisions«*). Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–13.

Zečić Ž., D. Vusić, M. Prka, S. Klepac, 2010: Utjecaj nagiba traktorskog puta na proizvodnost traktora Timberjack 240C pri privlačenju drvnih sortimenata u prebornim šumama (*Influence of skidding road slope on productivity of skidding timber assortments with tractor Timberjack 240C in selective forests*). Šumarski list, 134 (3–4): 103–114.

Abstract

Influence of Load Volume on Productivity of Skidding Euro-American Poplar Stems with Tractor Timberjack 240C in Lowland Forests

This paper presents the results of research of Timberjack 240C tractor equipped with double-drum winch Adler HY16 in tree-length skidding method. The research was conducted in Euro-American poplar clearcut using time and work study method.

Timber processing was done by teamwork of two fellers, one tractor driver and one feller-crosscutter (Fig. 3, Fig. 4 and Fig. 5). The volume of 759.03 m³ was skidded in 88 cycles from an average skidding distance of 760 m. The average load volume was 8.63 m³, and it consisted of 5.2 pieces with an average volume of 1.66 m³.

During the research the tractor accomplished 68.63% of total time as effective time with delay time of 31.37% (Fig. 6). Travel unloaded accounted for 14.39% of total time, travel loaded 23.91%, felling site work 14.33% and landing work 16.00%. Daily output of 63.25 m³/day was achieved with average total time consumption of 359.32 min/day. The said total time consumption accounts for 78.86% of the legal working time (480 min).

Variable times (travel loaded and unloaded by skid trails and landing, line pulling and winching) were analyzed by mathematical and statistical methods (Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9 and Fig. 10). All other effective times were regarded as fixed and calculated as averages of recorded time.

In effective time per turn, for skidding distance of 600 m (skid trail) plus 150 m (landing), travel times account for 18.14 min and felling site and landing work times account for 15.91 min. The effective time per turn, for skidding distance of 600 m (+150 m), is 34.05 min. With determined allowance time factor of 1.30, total time is 44.36 min. The average travel speed on skid trails is 6.52 km/h for unloaded tractor and 3.87 km/h for loaded tractor. The average travel speed on landing is 5.61 km/h for unloaded tractor and 3.73 km/h for loaded tractor (Table 2). The average speed of line pulling for the left drum is 0.97 km/h and the average speed of winching is 1.02 km/h. And for the right drum, the average speed of line pulling is 0.94 km/h and the average speed of winching is 0.85 km/h. (Fig. 3) Standard time of skidding ranges from 3.71 min/m³ (100 m) to 6.29 min/m³ (1000 m).

The daily output for the average load volume ranges between 129.52 m³/day for skidding distance of 100 m and 76.34 m³/day for skidding distance of 1000 m. For skidding distances from 100 m to 1000 m, the skidding cost ranges from 22.18 HRK/m³ to 37.63 HRK/m³. The impact of different average load volumes on daily output and skidding cost is shown in Table 5 and Fig. 11.

The results of this research show that Timberjack 240C tractor belongs to a group of highly-efficient special forest timber skidding machines. The principle of load size effect, as one of the key factors of timber skidding, on skidding productivity in different skidding distances has been proven by this detailed research. Hence, by increasing the load volume and decreasing the average skidding distance, the productivity of this tractor is significantly increased, thus lowering the cost per unit.

Keywords: skidder, skidding, productivity, tree-length method, cost

Adresa autorâ – Authors' address:

Izv. prof. dr. sc. Źeljko Zečić
e-pošta: zecic@sumfak.hr
Dinko Vusić, dipl. inž. šum.
e-pošta: vusic@sumfak.hr
Dr. sc. Hrvoje Nevećerel
e-pošta: nevecerel@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Svetošimunska 25
HR-10 000 Zagreb
HRVATSKA

Mr. spec. Mladen Mikulin
e-pošta: mladen.mikulin@hrsume.hr
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb
Uprava šuma podružnica Zagreb
Šumarija Velika Gorica
Kneza Branimira 1
HR- 10 410 Velika Gorica
HRVATSKA