

Potrošnja goriva kao pokazatelj proizvodnosti skidera

Branimir Jovanović

Nacrta – Abstract

U radu su prikazani rezultati istodobnoga istraživanja potrošnje goriva i utroška vremena skidera pri trima načinima privlačenja drva (vuča duge oblovine, vuča duge oblovine uz izvoženje prostornoga drva, izvoženje prostornoga drva) radi raščlambe pogodnosti potrošnje goriva kao pokazatelja proizvodnosti. Pri tome je vrijeme privlačenja drva skiderom razdijeljeno u sljedeće radne sastavnice, odnosno skupine radnih sastavnica: neopterećena vožnja, opterećena vožnja, ukupna vožnja, premještanje pri skupljanju tovara, izvlačenje užeta, vezanje tovara, privitavljanje tovara, ispravljanje tovara, rad na sječini, odvezivanje tovara, uhrpavanje tovara, rad na stovarištu te rad na sječini i stovarištu.

Temeljem istodobnoga mjerenja utroška vremena i potrošnje goriva navedenih sastavnica privlačenja drva linearnom je regresijskom analizom promatrana ovisnost utroška vremena pojedinih sastavnica privlačenja drva i potrošnje goriva skidera u ovisnosti o udaljenostima neopterećene i opterećene vožnje, skupljanja tovara, izvlačenja užeta, privitavljanja tovara te obujmu prosječnoga komada u tovaru.

Regresijske analize upućuju više na značajniju ovisnost potrošnje goriva i vremena pojedinih sastavnica privlačenja drva o udaljenostima nego o obujmu srednjega komada u tovaru. Obujam je srednjega komada drva u tovaru važan za sastavnice: vezanje i odvezivanje te oblikovanje tovara.

Usporedba koeficijenata determinacije radnih sastavnica, u kojima su analizirani utrošak vremena i potrošnja goriva, pri sva tri načina privlačenja drva pokazuje da su međusobne veze utroška vremena i potrošnje goriva u regresijskim jednadžbama najjače u slučaju vuče duge oblovine, da slabe prema vuči duge oblovine uz izvoženje prostornoga drva te se gotovo gube pri izvoženju prostornoga drva.

Da bi se dobili sigurni pokazatelji koji će dati odgovor na glavno pitanje ovoga rada, provedena je regresijska analiza i izračunati su koeficijenti determinacije za ovisnost potrošnje goriva o vremenima pojedinih (skupina) sastavnica privlačenja drva. Analize pokazuju da postoje jake veze među navedenim veličinama u slučaju usporedbe sva tri načina privlačenja drva, odnosno pri većem broju radnih sastavnica. Ipak, analize su pokazale da je utrošak vremena sigurniji pokazatelj proizvodnosti pri privlačenju drva od potrošnje goriva. Posebno su zapaženi, uz nedostatnu osjetljivost mjerila potrošnje goriva, nedostaci potrošnje goriva kao pokazatelja učinkovitosti ako se opterećeni skider kretao nizbrdo, te kod onih radnih zahvata koji ovise o obujmu srednjega komada tereta.

Ključne riječi: skider, privlačenje drva, vrijeme rada, potrošnja goriva

1. Uvod – Introduction

Osnovna je značajka šumarstva tijesna povezanost biološke, društveno-ekonomske i tehničke sastavnice gospodarenja šumama. Trenutačno stanje i smjer razvoja gospodarenja šumama upućuju na uvo-

đenje sve većega broja mehaniziranih sredstava za rad. Stupanj mehaniziranosti radova u šumarstvu, kao i tehnička razina sredstava za rad, dakako, nije istovjetna u svim šumarskim djelatnostima. Najmehanziranija je šumarska djelatnost iskorištavanje šuma i gradnja šumskih prometnica. Iskorištavanje

šuma, kao dio gospodarenja šumama, ne smije svojim postupcima ugrožavati zaštitne, socijalne i gospodarske funkcije šuma.

U osnovnoj podjeli iskorištavanja šuma razlikuje se proizvodnja glavnoga šumskoga proizvoda (drvnih sortimenata) i iskorištavanje sporednih šumskih proizvoda. Način rada određen je tehnološkim procesom, sredstvima rada, tehnikom rada, organizacijom rada i nadzorom proizvodnje (Kulušić 1977).

Način rada može označiti i mjesto izradbe i obuhvaća izradbu sortimenata na sječini, izradbu sortimenata na pomoćnom stovarištu te na glavnom mehaniziranom stovarištu. Pod privlačenjem drva razumijeva se premještanje stabala ili dijelova stabala od mjesta sječe do pomoćnoga stovarišta po šumskom bespuću ili po izgrađenim traktorskim putovima (Sever 1980).

Metoda rada označuje oblik i veličinu oblovinu koja se privlači iz šume, a dijeli se na sortimentnu, poludeblovnu, deblovnu, stablovnu, metodu dijelova stabala i metodu iveranja (Rebula 1988).

Zadaća uvođenja novih postupaka ostvaruje se izborom strojeva i uređaja, njihovom pravilnom uporabom te pružanjem povratnih informacija proizvođačima opreme o kakvoći njihovih proizvoda (Sever i Horvat 1987). Izbor određene metode rada i sredstava za rad temelji se na poznavanju uvjeta iskorištavanja šuma određenoga područja, iako ograničenost broja i vrste sredstava za rad mogu uvjetovati i prilagodbu postupka raspoloživim sredstvima. Značajnu pomoć pri rješavanju razvojnih, ali i tekućih problema pružaju namjenske klasifikacije terena za izvođenje šumskih radova.

Obavljena su brojna istraživanja raznih sredstava za rad u okvirima pojedinih metoda iskorištavanja šuma te je objavljen velik broj znanstvenih i stručnih radova (Bojanin i Beber 1987, Bojanin i dr. 1988, Bojanin i Sever 1980, Jovanović 1980, Rebula 1984 i dr.).

Potrošnja energije vrlo je značajan čimbenik proizvodnje u šumarstvu. Kada je riječ o potrošnji goriva s obzirom na vrstu sredstava za rad, gotovo isključivo se misli na goriva i maziva fosilnoga porijekla. U neposrednoj proizvodnji potrošnja iznosi 58,5 % goriva i maziva, u pratećim djelatnostima 23,1 %, a u režiji 18,4 % (Vengust 1985).

Prema Grecsu (1986) u ukupnoj potrošnji energije sječa i izradba sudjeluje sa 7 %, privlačenje drva s 43 %, utovar i transport s 26,6 %, gradnja i održavanje prometnica s 12 % te poslovanje gospodarstva s 4 %. Najveća je potrošnja energije značajna za iskorištavanje šuma. Podaci pri mjerenju potrošnje goriva u sječi i izradbi drva motornom pilom znatno se rasipaju. Prema Rebuli (1985) ta potrošnja kod

četinjača iznosi 0,292 – 0,980 L/m³, a kod listača 0,129 – 0,244 L/m³.

U iskorištavanju šuma gorivo se uvelike troši pri privlačenju drva s obzirom na dinamičan tijek kretanja drva od mjesta sječe (panja) do stovarišta. Prema Igričiću (1983) prosječna potrošnja goriva nadograđenoga poljoprivrednoga traktora iznosila je 22 – 32 L/dan, skidera 80 L/dan, a forvardera i gusjeničnoga traktora 70 L/dan. Bedžula (1983) navodi da prosječna potrošnja goriva za nadograđeni velikoserijski traktor iznosi 2,12 L/m³ (4,11 L/t km), za skider 1,74 L/m³ (1,56 L/t km), a forvarder 1,35 L/m³ (0,55 L/t km).

Utrošak goriva pri prijevozu drva kamionom s prikolicom prema istraživanjima iznosio je 0,045 – 0,055 L/m³ km, a bez prikolice 0,124 L/m³ km (Krapan 1988). Prema Kureu (1990) kamion u praznoj vožnji troši 27 L/h (77 L/100 km), u punoj vožnji 17 L/h (57 L/100 km), odnosno ukupno u prosjeku 22 L/h (67 L/100 km). Pri utovaru samohodnom dizalicom prosječan utrošak goriva iznosi 40 L/dan (Igrčić 1983), a pri utovaru prostornoga drva 2,37 L/h, odnosno 0,65 L/m³ (Mrđenović 1983).

Brojna su istraživanja dokazala usku povezanost utroška energije i primijenjenoga postupka rada u šumarstvu, a posebno u iskorištavanju šuma (Conway 1986). Vrlo zanimljivo pitanje iznese Sundberg i Svanquist (1986): »Je li potrošnja goriva bolji pokazatelj stvarnih troškova strojnoga rada nego utrošak vremena rada?« Danas se naknade za rad, odnosno normiranje rada temelji na utrošku vremena po jedinici proizvoda, a ovisno o terenskim i sastojinskim čimbenicima.

Neki autori u potrošnju goriva uključuju sve te čimbenike, pa bi mogla biti dobra osnova za normiranje strojnoga rada, odnosno mogla bi poslužiti optimizaciji udjela radne snage i strojeva.

2. Problematika – Research issues

U šumarstvima širega područja mogu se susresti sva tri spomenuta načina iskorištavanja šuma (izradba sortimenata na sječini, pomoćnom stovarištu te glavnom mehaniziranom stovarištu), a najčešće su dvije metode rada: sortimentna metoda i metoda duge oblovinu. Motorne su pile najprošireniji strojevi pri sječi i izradbi drva, dok se kamionskim hidrauličnim dizalicama drvo utovaruje i istovaruje. Prilagođenim se kamionskim skupovima drvo prevozi.

Drvo se privlači traktorima, žičarama i životinjskom snagom. Najčešći je način kretanja drva po šumskom bespuću privlačenje traktorima. Prostorno se drvo transportira kao višemetarsko ili jednome tarsko drvo. Neki se traktori (ponajprije posebni šum-

ski zglobni traktori – skideri) dodatno mogu opremiti posebnim košarama za izvoženje prostornoga drva, pri čemu se traktor može rabiti samo za vuču drva, samo za izvoženje prostornoga drva ili se prostorno drvo može privlačiti istodobno s vučom oblovine. Organizacija je privlačenja drva uglavnom tipizirana, uz mogućnost određenih odstupanja prouzročenih radnim uvjetima, sredstvima za rad i drugim.

Drvo se privlači traktorima različite prilagođenosti za ovaj oblik transporta. Prilično se rijetko rabe velikoserijski poljoprivredni traktori bez posebne dogradnje, nepromijenjena oblika ili s neznatnim preinakama. Teret je potrebno posebno pripremiti jer ga sami ne mogu skupiti. Velikoserijski pak traktori prilagođeni za rad u šumi obično posjeduju sigurnosnu kabinu, prednju i stražnju dasku, hidraulične i mehaničke naprave i ponekad pogon na sva četiri kotača. Specijalni šumski traktori – skideri pokazali su se tijekom višegodišnje primjene kao najpovoljnije vozilo za privlačenje drva na nagnutim terenima.

Primjena određenoga tipa traktora ovisi o zemljopisnim i klimatskim čimbenicima, o raznolikosti morfoloških značajki drva, o udjelu pojedinih sortimenata (Sever 1980), a ograničena je najčešće kritičnim nagibom po kojem se traktor može kretati, uz uvažavanje i drugih čimbenika (udaljenost, veličina tereta itd.).

Prema Bojaninu i Severu (1987) granični je nagib opterećenoga skidera pri kretanju uz nagib na suhom terenu 20 – 25 %, a neopterećenoga 40 – 50 %. Tip tla i njegova svojstva značajni su parametri kretanja traktora. Mogućnosti kretanja po sastojini određene su mrežom traktorskih putova i vlaka, gustoćom i visinom pomlatka, količinom otpada pri sječi i izradbi, visinom panjeva i drugim preprekama koje smanjuju brzinu kretanja. Čimbenici sastojine posebno su značajni za skupljanje drva.

Većina istraživača ističe kako je utjecaj rukovatelja stroja bitan za učinak i sigurnost rada, a terenski i drugi čimbenici utječu samo s 20 – 30 %, tako da gotovo nije moguće, u potpunosti, odrediti ovisnosti brzine kretanja o tipu stroja, godišnjem dobu, nosivosti tla i nagibu (Bojanin 1981). Vrlo često, u slučaju privlačenja niz nagib, značajke tereta nemaju osobito značenje jer se rijetko oblikuje teret koji bi ograničavao privlačenje.

Najveći broj radova, vezanih uz ispitivanje primjenljivosti pojedinih sredstava za rad, nalazi se u okviru studija rada i vremena, gdje sadržaj rada redovito obuhvaća ustanovljavanje strukture radnoga vremena. Normiranje rada omogućuje utvrđivanje objektivnih proizvodnih mogućnosti s obzirom na primijenjene metode, na sredstva za rad, organizaciju i tehniku rada te konkretne radne uvjete. Pri tome norma vremena označuje vrijeme potrebno za

izradbu jedinice proizvoda, a norma učinka izražava proizvodnost koja se može postići u jedinici vremena.

U brojnim istraživanjima (Bojanin i dr. 1988, Tinta 1984, Rebula 1986, Kulušić i Jovanović 1977) uobičajeno je da se čimbenici koji utječu na privlačenje drva vežu uz vrijeme i brzinu izvođenja pojedinih radnih sastavnica. U skupini radnih sastavnica koje su obilježene kao varijabilna vremena (vožnja neopterećenoga i opterećenoga skidera), regresijskim su analizama najčešće obuhvaćeni: udaljenost kretanja, nagib vlake, obujam, odnosno masa tereta, broj komada u teretu te obujam, odnosno masa srednjega komada u teretu.

Vremena rada na sječini i stovarištu (fiksna vremena) neposredno su vezana uz čimbenike tereta (broj komada, odnosno obujam srednjega komada u teretu), što je u skladu s utjecajem tzv. »zakona obujma komada«.

Općenito se može reći da privlačenje drva najbolje označuju udaljenost kretanja po vlaci (vožnja opterećenoga i neopterećenoga skidera) i obujam srednjega komada (pri radu u sječini i stovarištu), a u slučaju velikih varijacija i udaljenost izvlačenja užeta i privlačenja tovara. To su osnovni ulazni parametri za tablice normi vremena i učinka pri privlačenju drva.

Neposredno uz normu vremena i normu učinka vezan je kalkulacija strojnoga rada, za koju se obračun ekonomičnosti rada stroja najčešće određuje primjenom sheme FAO-a, prilagođene našim potrebama.

S povremenim energijskim krizama u središtu zanimanja redovito se pojavljuje i problem potrošnje goriva i maziva u šumarstvu. Naime, to su razdoblja kada se udio troškova goriva i maziva u ukupnim troškovima znakovito povećava. Sundberg i Svanqvist (1986) upozorili su na veliku sličnost kretanja troškova u iskorištavanju šuma (osim osobnih troškova) i kretanja troškova potrošnje goriva.

Potrošnja goriva ovisi o istovjetnim čimbenicima o kojima ovise i utrošci vremena radnih sastavnica privlačenja drva. Regresijskom se analizom može ispitati ovisnost potrošnje goriva o najutjecajnijim čimbenicima, te se, slično normi vremena i normi učinka, stvoriti preduvjeti za otvaranje procesa normiranja potrošnje goriva u šumarstvu. Utrošak goriva može biti iskazan apsolutnim i specifičnim vrijednostima, odnosno po jedinici obavljenoga rada. Ti utrošci goriva dobro oslikavaju ekonomičnost rada motora u vozilu. Potrošnja goriva najčešće se dijeli na potrošnju koja se ostvaruje pri kretanju neopterećenoga vozila i na potrošnju pri kretanju s teretom. Rezultati mjerenja iskazuju se po jedinici vremena (L/dan, L/h) ili po jedinici obavljenoga rada (L/m³, L/m³ km, L/m⁴).

Postoji velik broj čimbenika koji utječu na potrošnju goriva sredstava za privlačenje drva, a mogu

se podijeliti na vanjske čimbenike, čimbenike stroja, čimbenike izbora metoda privlačenja te čimbenike organizacije rada.

Prema Rebuli (1989) najveći utjecaj na potrošnju goriva pri privlačenju drva imaju udaljenost privlačenja, nagib terena, odnosno traktorskoga puta i vučeni teret. Isti autor navodi da potrošnja goriva adaptiranoga velikoserijskoga traktora pokazuje značajne razlike te se pri neopterećenoj vožnji kreće od 3,90 do 6,55 L/h, a pri opterećenoj vožnji od 3,91 do 10,47 L/h.

Istraživanja privlačenja u proredama upućuju na ukupnu prosječnu potrošnju od 1,99 L/m³ (pri privlačenju s uhrpavanjem 3,39 L/m³), pri čemu je prosječna potrošnja privlačenja drva uz nagib bila 2,67 L/m³, a niz nagib 0,86 L/m³. Prosječna potrošnja goriva u usponu (za traktor LKT 81) iznosila je 12,4 L/km, a u padu 3,7 L/km (Sever i dr. 1989). Vondra i Martinić (1989) bilježe potrošnju goriva skidera pri neopterećenoj vožnji od 0,19 L/min, a pri opterećenoj vožnji od 0,17 L/min. S obzirom na potrošnju goriva neracionalno je na većim udaljenostima privlačiti toware manje od vučnih mogućnosti skidera, a energetski je nepovoljnije privlačenje drva uz nagib.

Prema podacima Gjeditjerna (1985) neopterećena vožnja po ravnom iziskivala je potrošnju goriva od približno 80 g/100 m, dok je na nagibu od 20 % ona porasla na približno 175 g/100 m. U opterećenoj vožnji (s tovarom od 6,2 m³) i uz iste uvjete za privlačenje uz nagib potrošnja je iznosila približno 325 g/100 m, odnosno oko 175 g/100 m na ravnom terenu.

Horvat (1980) ističe da je posebno značajno analizirati potrošnju goriva u neproizvodnom vremenu, odnosno vezanu uz stupanj iskorištenosti radnoga vremena.

Postoje brojne mogućnosti uštede goriva, a posebnu pažnju valja posvetiti izboru pogonskoga motora te uštedi goriva u tehnološkom procesu (ponajprije mogućim povećanjem proizvodnosti rada). Metode privlačenja drva visoke proizvodnosti imaju nisku potrošnju goriva po jedinici vremena.

Pri privlačenju drva značajno je pripremno i završno vrijeme i vrijeme posluživanja radnoga mjesta gdje se boljom organizacijom rada može smanjiti potrošnja goriva za svladavanje velikih udaljenosti zbog garažiranja i opskrbe gorivom. Također, pri privlačenju dio radnih sastavnica odvija se neovisno o radu motora traktora, pa bi se gašenjem motora ostvarile određene uštede.

Moguće uštede goriva postigle bi se i obrazovanjem i usavršavanjem vozača traktora te stimulativnim mjerama jer velik broj vozača često vozi izvan optimalnoga broja okretaja motora i izvan ekonomičnih brzina. Uštede su moguće i pravilnim održa-

vanjem. Poseban je problem prosipanje goriva pri radu, što nepovoljno djeluje na okoliš.

I na kraju, normiranje potrošnje goriva moguće je samo zahvaljujući dobroj informiranosti, organizaciji prikupljanja i obradbi podataka o potrošnji goriva te uvođenju stimulativnih oblika štednje.

3. Ciljevi istraživanja – *Research aims*

Prema iznesenoj problematici osnovni su ciljevi istraživanja:

- ⇒ Potrebno je, na osnovi provedenoga studija rada i vremena, statistički obrađenih podataka, regresijskom analizom ustanovljenih ovisnosti utroška vremena pojedinih sastavnica privlačenja drva, za tri načina rada, odnosno tri oblika privlačenoga tereta (vuča duge oblovine, vuča duge oblovine uz izvoženje prostornoga drva te izvoženje prostornoga drva), u ovisnosti o najutjecajnijim čimbenicima kretanja po vlaci (i sastojini) te o čimbenicima tereta, ustanoviti oblike i jakost korelacijskih veza.
- ⇒ Na temelju provedenih mjerenja potrošnje goriva, statistički obrađenih podataka i regresijskom analizom ustanovljenih ovisnosti potrošnje goriva, za iste radne sastavnice kao i kod studija rada i vremena, za tri ista načina rada (tri oblika tereta), u odnosu na iste utjecajne čimbenike kretanja po vlaci (i sječini) i čimbenike tereta, potrebno je odrediti oblike i jakost korelacijskih veza.
- ⇒ Potrebno je testirati koeficijente determinacije regresijskih jednadžbi (modela) i usporediti parove koeficijenata korelacije pojedinih funkcija utroška vremena i potrošnje goriva u odnosu na istovjetne utjecajne čimbenike kretanja po vlaci (i sastojini) i utjecajne čimbenike tereta.
- ⇒ Potrebno je ustanoviti razinu značajnosti razlika parova koeficijenata determinacije potrošnje goriva i utroška vremena pojedinih radnih sastavnica za sva tri načina rada (oblika tereta) i za iste čimbenike kretanja po vlaci (i sastojini) te čimbenike tereta.
- ⇒ Mjerenjem treba odrediti potrošnju goriva u vremenu odvijanja privlačenja drva, odnosno za sve radne sastavnice ove faze rada, posebno za svaku metodu rada (oblik tereta).
- ⇒ Regresijskom analizom treba ustanoviti jakost veza potrošnje goriva o vremenu radnih sastavnica na osnovi mjerenja.
- ⇒ Potrebno je usporediti strukturu ukupnoga radnoga vremena privlačenja drva sa strukturom potrošnje goriva zabilježenom tijekom studija rada i vremena.

⇒ Potrebno je analizirati i ocijeniti u kojoj mjeri potrošnja goriva znači dobru osnovu za normiranje strojnoga rada, privlačenja drva traktorom, u odnosu na uobičajeno normiranje rada na temelju utroška vremena po jedinici privučenoga drva, uzimajući u obzir ovisnost oba utroška o utjecajnim čimbenicima kretanja po vlaci (i sječini) i o čimbenicima tereta.

4. Objekt i metode istraživanja – *Research object and methods*

Prikazano je istraživanje dio šire studije koja se bavi usporednim istraživanjima tehničko-tehnoloških značajki traktora pri privlačenju drva (Jovanović 1990).

Studijem rada i vremena ustanovljena je struktura radnoga vremena na osnovi radnih sastavnica privlačenja drva skiderom Timberjack 350A. Timberjack 350A je specijalni šumski zglobni traktor – skider snage motora 93,00 kW (pri 2500 min⁻¹) s ugrađenim jednobubanjskim vitlom vučne sile 135 kN.

Skider TIMBERJACK 350A pruža mogućnost, osim uobičajene vuče duge oblovine, ovješene deb-

lim krajem na uže vitla i oslonjene na stražnji dio traktora, i za izvoženje prostornoga drva koje se utovaruje u košaru (obujma 2 prm) na prednjem kraju traktora, odnosno u košaru (6 prm) smještenu na stražnjem dijelu traktora. Osim vuče dugoga drva ili izvoženja samo prostornoga drva traktor ima mogućnost istodobne vuče duge oblovine na stražnjem dijelu i izvoženja prostornoga drva u košari na prednjem dijelu traktora.

Istraživanja potrošnje goriva u ovisnosti o najutjecajnijim čimbenicima kretanja po vlaci (i sastojini) te o čimbenicima tereta obavljena su zajedno sa studijem rada i vremena. Mjerenja su ostvarena na području 37. odjela GJ Nemila-Pepelari (»Krivaja« Zavidovići), koji se nalazi na nadmorskoj visini 320 – 650 m, s prosječnim nagibom terena od 36 %, gdje se gospodarilo čistom sječom. Tlo je distrično-smeđe, a po granulometrijskom je sastavu pjeskovita ilovača.

Podaci o udaljenostima, nagibima i teretu prikazani su tablici 1.

Pri tehnološkim istraživanjima proveden je studij rada i vremena, a primijenjena je povratna metoda kronometrije. Istraživanjem su obuhvaćena tri nači-

Tablica 1. Opći podaci o udaljenostima, nagibu i tovaru

Table 1 General data of distances, inclination and load

Pokazatelj <i>Indicator</i>	Duga oblovin <i>Long roundwood</i>	Duga oblovina i prostorno drvo <i>Long roundwood and stackwood</i>	Prostorno drvo <i>Stackwood</i>
	prosječna vrijednost (najmanje opažanje – najveće opažanje) <i>average value (minimum – maximum)</i>		
Udaljenost privlačenja, m <i>Skidding distance, m</i>	569 (100 – 1100)	545 (100 – 1000)	595 (100 – 1180)
Udaljenost skupljanja tovara, m <i>Load gathering distance, m</i>	150 (15 – 250)	190 (110 – 250)	125 (25 – 220)
Udaljenost privitlavanja tovara, m <i>Load winching distance, m</i>	13,5 (10 – 19)	13,1 (7 – 15)	-
Nagib vlake, % <i>Skidd trail inclination, %</i>	21 (11 – 30)	21 (11 – 30)	21 (11 – 30)
Nagib terena, % <i>Terrain inclination, %</i>	36 (27 – 47)	36 (27 – 47)	36 (27 – 47)
Broj komada u teretu, kom. <i>Number of pieces per load, pcs.</i>	5,9 (2 – 10)	6 (3 – 8)	-
Obujam tovara, m ³ <i>Load volume, m³</i>	10,46 (3,95 – 15,08)	11,60 (7,81 – 17,50)	5,20
Masa tereta, t <i>Load mass, t</i>	11,51 (4,34 – 17,25)	12,76 (8,59 – 19,25)	5,72
Obujam srednjega komada, m ³ <i>Volume of medium-sized piece, m³</i>	1,98 (0,87 – 4,91)	2,14 (0,98 – 3,81)	-
Masa srednjega komada, t <i>Mass of medium-sized piece, t</i>	2,18 (0,96 – 5,40)	2,35 (1,08 – 4,19)	-

na rada (oblik privlačenoga tovara), odnosno vuča duge oblovine, vuča duge oblovine uz izvoženje prostornoga drva te izvoženje prostornoga drva.

Drvo se privlačilo u sklopu skupnoga rada, uz uobičajenu organizaciju 1 + 1 (traktorist i pomoćni radnik – kopčlaš). Privlačenja je drva raščlanjeno na ove radne sastavnice, odnosno skupine radnih sastavnica za koje su se mjerili pripadni utrošci vremena i potrošnja goriva:

- ⇒ neopterećena vožnja skidera ($t_{pr_v}; B_{pr_v}$)
- ⇒ opterećena vožnja skidera ($t_{pu_v}; B_{pu_v}$)
- ⇒ (ne)opterećena vožnja skidera ($t_v; B_v$)
- ⇒ premještanje skidera pri skupljanju tovara ($t_{sa_t}; B_{sa_t}$)
- ⇒ izvlačenje užeta ($t_{iz}; B_{iz}$)
- ⇒ vezanje tovara ($t_{v_t}; B_{v_t}$)
- ⇒ privitlavanje tovara ($t_{pr_t}; B_{pr_t}$)
- ⇒ ispravljanje tovara ($t_{f_t}; B_{f_t}$)
- ⇒ rad na sječini ($t_{sj}; B_{sj}$)
- ⇒ odvezivanje tovara ($t_{od_t}; B_{od_t}$)
- ⇒ uhrpavanje tovara ($t_{uh_t}; B_{uh_t}$)
- ⇒ rad na stovarištu ($t_{st}; B_{st}$)
- ⇒ rad na sječini i stovarištu ($t_{ss}; B_{ss}$).

Uz vremena radnih sastavnica (operativna vremena) ustanovljena je i struktura ukupnoga radnoga vremena (efektivna vremena i prekidi rada).

Utrošak goriva, identično studiju rada i vremena, odnosio se na ove utjecajne čimbenike:

- ⇒ udaljenost neopterećene vožnje (s_{pr_v})
- ⇒ udaljenost opterećene vožnje (s_{pu_v})
- ⇒ udaljenost skupljanja tovara (s_{sa_t})
- ⇒ udaljenost izvlačenja užeta (s_{iz})
- ⇒ udaljenost privitlavanja tovara (s_{pr_t})
- ⇒ obujam prosječnoga komada u tovaru (V_{sk}).

Osim navedenih čimbenika posebno je određivana potrošnja goriva u vremenu izvođenja radnih sastavnica privlačenja drva (tri načina rada, odnosno tri oblika tereta), te struktura ukupne potrošnje goriva (kao kod studija rada i vremena).

5. Mjerenja i obrada podataka – *Measurements and data processing*

Istraživanja studija rada i vremena obavljena su mjerenjima vremena povratnom metodom kronometrije. Dimenzije privučene oblovine mjerene su promjerkom i špicmetrom, odnosno mjernom vrpcom pri mjerenju prostornoga drva.

Potrošnja je goriva mjerena mjerilom protoka KIENZLE 1402, s područjem protoka od najviše 120 L/h, s točnošću od $\pm 2\%$, najvišim pogonskim tlakom od 20 bara (pad tlaka pri najvišem protoku 0,1 bar). Mjerilo omogućuje mjerenja pri pogonskim

temperaturama od -15°C do $+60^{\circ}\text{C}$. Tijekom istraživanja temperatura nije izlazila iz navedenih ograničavajućih vrijednosti. Mjerilo ima električni priključak s tri pola, a napon napajanja je 12 V ili 24 V. Pokazni podjelak je 0,1 L, a broj mjesta kumulativnoga brojača je šest (odnosno najviše 99999,9 L).

Istodobno s bilježenjem potrošnje goriva – očitavanjem podataka sa zaslona mjerila, snimač je mjerio i utroške vremena radnih sastavnica privlačenja drva, odnosno prekida rada.

Spremnik je punjen gorivom uvijek na istom mjestu, na ravnom terenu, pri čemu je gorivo točeno do vrha spremnika skidera, uz pomoć menzure. Svi su podaci o utrošcima vremenima i potrošnji goriva zabilježeni u posebnim obrascima. Podaci su obrađeni na računalu, uz primjenu matematičko-statističkih metoda. Ovisnosti su najčešće iskazivane linearnom vezom, koja je označivala dobru aproksimaciju s obzirom na primijenjeno mjerilo potrošnje goriva, odnosno s obzirom na njegovu preciznost. Mjera ovisnosti iskazana je koeficijentom determinacije. Na osnovi regresijskih jednadžbi izračunate su srednje vrijednosti i nacrtani grafikoni ovisnosti.

Usporedba dobivenih ovisnosti utroška vremena, kao i potrošnje goriva, o istim čimbenicima kretanja vlakom (i sječinom) i čimbenicima tereta, provedena je tzv. testom koeficijentata determinacije regresijskih jednadžbi (modela), te je na osnovi testa određena razina signifikantnosti parova testiranih koeficijentata.

6. Rezultati istraživanja s diskusijom – *Research results and discussion*

Istraživanja odnosa vrijeme – gorivo vezana su uz tri načina rada, odnosno tri oblika tereta, pri privlačenju drva:

- ⇒ vuča duge oblovine
- ⇒ vuča duge oblovine uz izvoženje prostornoga drva
- ⇒ izvoženje prostornoga drva.

Prikaz rezultata istraživanja s diskusijom treba pokazati posebnosti odnosa vrijeme – gorivo za svaki od načina rada, ali i oslikati ukupne odnose sastavnica privlačenja drva.

6.1. Ovisnost vremena rada i potrošnje goriva o udaljenostima i teretu – *Dependence of work time and fuel consumption on distances and load*

Regresijskom analizom ovisnosti vremena rada i potrošnje goriva o karakterističnim udaljenostima i teretu dobivene su regresijske jednadžbe i koeficijenti determinacije za pojedine radne sastavnice privlačenja drva, odnosno ovisnosti vremena i potro-

Tablica 2. Vuča duge oblovine**Table 2** Long roundwood skidding

Ovisnosti – Dependences		Koeficijenti – Coefficients		
Zavisna varijabla – Dependent variable	Nezavisna varijabla – Independent variable	A	B	r^2
Vrijeme neopterećene vožnje – t_{pr_vr} min Unloaded travel time – t_{pr_vr} min	Udaljenost neopterećene vožnje – s_{pr_vr} m Unloaded travel distance – s_{pr_vr} m	0,099	0,015	0,895
Potrošnja goriva pri neopterećenoj vožnji – B_{pr_vr} L Fuel consumption of unloaded travel – B_{pr_vr} L		0,032	0,004	0,780
Vrijeme opterećene vožnje – t_{pu_vr} min Loaded travel time – t_{pu_vr} min	Udaljenost opterećene vožnje – s_{pu_vr} m Loaded travel distance – s_{pu_vr} m	0,247	0,011	0,884
Potrošnja goriva pri opterećenoj vožnji – B_{pu_vr} L Fuel consumption of loaded travel – B_{pu_vr} L		0,040	0,001	0,454
Ukupno vrijeme vožnje – t_v min Total travel time – t_v min	Udaljenost (ne)opterećene vožnje – s_v m (Un)loaded travel distance – s_v m	0,110	0,028	0,912
Potrošnja goriva pri (ne)opterećenoj vožnji – B_v L Fuel consumption of (un)loaded travel – B_v L		0,073	0,005	0,825
Vrijeme premještanja pri skupljanju – t_{sa_tr} min Gathering travel time – t_{sa_tr} min	Udaljenost skupljanja tovara – s_{sa_tr} m Load gathering distance – s_{sa_tr} m	-0,206	0,031	0,966
Potrošnja goriva kod premještanja pri skupljanju – B_{sa_tr} L Fuel consumption of gathering travel – B_{sa_tr} L		0,142	0,005	0,776
Vrijeme izvlačenja užeta – t_{iz} min Cable pulling out time – t_{iz} min	Udaljenost izvlačenja užeta – s_{iz} m Distance of cable pulling out – s_{iz} m	-0,752	0,212	0,932
Potrošnja goriva pri izvlačenju užeta – B_{iz} L Fuel consumption of cable pulling out – B_{iz} L		-0,075	0,012	0,818
Vrijeme privitlavanja tovara – t_{pr_tr} min Load winching time – t_{pr_tr} min	Udaljenost privitlavanja tovara – s_{pr_tr} m Load winching distance – s_{pr_tr} m	-1,161	0,218	0,881
Potrošnja goriva pri privitlavanju tovara – B_{pr_tr} L Fuel consumption of load winching – B_{pr_tr} L		-0,096	0,017	0,757
Vrijeme vezanja tovara – t_v min Load hooking time – t_v min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	3,059	9,140	0,739
Potrošnja goriva pri vezanju tovara – B_v L Fuel consumption of load hooking – B_v L		0,561	-0,107	0,723
Vrijeme ispravljanja tovara – t_t min Load adjusting time – t_t min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	1,864	4,801	0,464
Potrošnja goriva pri ispravljanju tovara – B_t L Fuel consumption of load adjusting – B_t L		0,439	0,630	0,771
Vrijeme rada na sječini – t_{sj} min Felling site work time – t_{sj} min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	9,492	19,710	0,567
Jedinična potrošnja goriva pri radu na sječini – b_{sj} L/m ³ Unit fuel consumption of felling site work – b_{sj} L/m ³		0,312	-0,066	0,341
Vrijeme odvezivanja tovara – t_{od_tr} min Load unhooking time – t_{od_tr} min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	1,265	1,754	0,871
Potrošnja goriva pri odvezivanju tovara – B_{od_tr} L Fuel consumption of load unhooking – B_{od_tr} L		0,183	-0,036	0,532
Vrijeme uhrpavanja tovara – t_{uh_tr} min Load bunching time – t_{uh_tr} min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	2,321	1,357	0,058
Potrošnja goriva pri uhrpavanju tovara – B_{uh_tr} L Fuel consumption of load bunching – B_{uh_tr} L		-	-	-
Vrijeme rada na stovarištu – t_{st} min Landing work time – t_{st} min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	3,586	3,111	0,223
Potrošnja goriva pri radu na stovarištu – B_{st} L Fuel consumption of landing work – B_{st} L		0,535	-0,084	0,261
Jedinična potrošnja goriva pri radu na stovarištu – b_{st} L/m ³ Unit fuel consumption of landing work – b_{st} L/m ³	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	0,072	-0,016	0,292
Vrijeme rada na sječini i stovarištu – t_{ss} min Felling site and landing work time – t_{ss} min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	13,614	22,367	0,581
Jedinična potrošnja goriva pri radu na sječini i stovarištu – b_{ss} L/m ³ Unit fuel consumption of felling site and landing work – b_{ss} L/m ³		0,385	-0,082	0,358

Tablica 3. Vuča duge oblovine uz izvoženje prostornoga drva**Table 3** Long roundwood skidding and stackwood forwarding

Ovisnosti – Dependences		Koeficijenti – Coefficients		
Zavisna varijabla – Dependent variable	Nezavisna varijabla – Independent variable	A	B	r^2
Vrijeme neopterećene vožnje – t_{pr_vr} min Unloaded travel time – t_{pr_vr} min	Udaljenost neopterećene vožnje – s_{pr_vr} m Unloaded travel distance – s_{pr_vr} m	0,105	0,016	0,886
Potrošnja goriva pri neopterećenoj vožnji – B_{pr_vr} L Fuel consumption of unloaded travel – B_{pr_vr} L		0,020	0,004	0,960
Vrijeme opterećene vožnje – t_{pu_vr} min Loaded travel time – t_{pu_vr} min	Udaljenost opterećene vožnje – s_{pu_vr} m Loaded travel distance – s_{pu_vr} m	0,576	0,009	0,850
Potrošnja goriva pri opterećenoj vožnji – B_{pu_vr} L Fuel consumption of loaded travel – B_{pu_vr} L		0,028	0,001	0,837
Ukupno vrijeme vožnje – t_v min Total travel time – t_v min	Udaljenost (ne)opterećene vožnje – s_v m (Un)loaded travel distance – s_v m	0,926	0,027	0,842
Potrošnja goriva pri (ne)opterećenoj vožnji – B_v L Fuel consumption of (un)loaded travel – B_v L		0,048	0,005	0,957
Vrijeme premještanja pri skupljanju – t_{sa_lr} min Gathering travel time – t_{sa_lr} min	Udaljenost skupljanja tovara – s_{sa_lr} m Load gathering distance – s_{sa_lr} m	0,561	0,028	0,929
Potrošnja goriva kod premještanja pri skupljanju – B_{sa_lr} L Fuel consumption of gathering travel – B_{sa_lr} L		-0,256	0,006	0,961
Vrijeme izvlačenja užeta – t_{iz} min Cable pulling out time – t_{iz} min	Udaljenost izvlačenja užeta – s_{iz} m Distance of cable pulling out – s_{iz} m	-1,014	0,225	0,932
Potrošnja goriva pri izvlačenju užeta – B_{iz} L Fuel consumption of cable pulling out – B_{iz} L		-0,031	0,007	0,532
Vrijeme privitlavanja tovara – t_{pr_lr} min Load winching time – t_{pr_lr} min	Udaljenost privitlavanja tovara – s_{pr_lr} m Load winching distance – s_{pr_lr} m	-1,465	0,244	0,858
Potrošnja goriva pri privitlavanju tovara – B_{pr_lr} L Fuel consumption of load winching – B_{pr_lr} L		-0,102	0,018	0,870
Vrijeme vezanja tovara – t_v min Load hooking time – t_v min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	1,992	11,412	0,978
Potrošnja goriva pri vezanju tovara – B_v L Fuel consumption of load hooking – B_v L		0,486	-0,113	0,792
Vrijeme ispravljanja tovara – t_l min Load adjusting time – t_l min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	1,169	5,095	0,970
Potrošnja goriva pri ispravljanju tovara – B_l L Fuel consumption of load adjusting – B_l L		0,232	-0,734	0,900
Vrijeme rada na sječini – t_{sj} min Felling site work time – t_{sj} min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	11,927	18,922	0,610
Jedinična potrošnja goriva pri radu na sječini – b_{sj} L/m ³ Unit fuel consumption of felling site work – b_{sj} L/m ³		0,222	-0,029	0,026
Vrijeme odvezivanja tovara – t_{od_lr} min Load unhooking time – t_{od_lr} min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	1,128	2,400	0,906
Potrošnja goriva pri odvezivanju tovara – B_{od_lr} L Fuel consumption of load unhooking – B_{od_lr} L		0,176	-0,034	0,459
Vrijeme uhrpavanja tovara – t_{uh_lr} min Load bunching time – t_{uh_lr} min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	1,544	1,942	0,139
Potrošnja goriva pri uhrpavanju tovara – B_{uh_lr} L Fuel consumption of load bunching – B_{uh_lr} L		-	-	-
Vrijeme rada na stovarištu – t_{st} min Roadside landing work time – t_{st} min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	2,672	4,342	0,415
Potrošnja goriva pri radu na stovarištu – B_{st} L Fuel consumption of landing work – B_{st} L		0,562	-0,104	0,284
Jedinična potrošnja goriva pri radu na stovarištu – b_{st} L/m ³ Unit fuel consumption of landing work – b_{st} L/m ³	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	0,082	-0,021	0,397
Vrijeme rada na sječini i stovarištu – t_{ss} min Felling site and landing work time – t_{ss} min	Obujam prosječnoga komada u tovaru – V_{skr} m ³ Volume of average piece in the load – V_{skr} m ³	14,598	23,264	0,699
Jedinična potrošnja goriva pri radu na sječini i stovarištu – b_{ss} L/m ³ Unit fuel consumption of felling site and landing work – b_{ss} L/m ³		0,301	-0,049	0,145

šnje goriva o udaljenostima kretanja pri ukupnoj (neopterećenoj i opterećenoj) vožnji skidera. Na isti je način ustanovljena ovisnost vremena i potrošnje goriva pri radu na sječini i pri radu na stovarištu o obujmu srednjega komada u teretu, odnosno određena je ovisnost ukupnoga vremena rada i ukupne potrošnje goriva za rad na sječini i stovarištu o obujmu srednjega komada.

Koeficijenti regresijskih jednadžbi i pripadajući koeficijenti determinacije za vuču duge oblovine prikazani su u tablici 2.

Prikazani koeficijenti korelacije, dobiveni regresijskom analizom ovisnosti vremena rada pojedinih sastavnica rada o udaljenostima kretanja po vlaci (i sastojini) i o obujmu srednjega komada, upućuju na postojanje mnogo jačih međusobnih veza između vremena i udaljenosti nego između vremena i obujma srednjega komada. Objašnjenje izlazi iz činjenice da dulji put kretanja zahtijeva i dulje vrijeme rada. Veličina tereta nema značajniju ulogu jer traktor vrlo rijetko skupi optimalan teret. Međutim, navedeno pravilo ne vrijedi kod svih sastavnica rada s teretom, što je vidljivo iz koeficijenata determinacije vezanja tereta na sječini i odvezivanja tereta na stovarištu, na koje ponajviše utječe broj komada u teretu. Koeficijenti determinacije vremena radnih sastavica na sječini, odnosno ukupnoga vremena radnih sastavnica na sječini i stovarištu zbog duljega trajanja ispravljanja tovara, pokazuju postojanje ovisnosti toga vremena o obujmu srednjega komada u tovaru. Ukupno pak vrijeme rada na stovarištu (uhrpavanje) ne ovisi o obujmu srednjega komada.

Kada se raščlane koeficijenti determinacije regresijske analize ovisnosti potrošnje goriva o čimbenicima kretanja po vlaci (i sastoji) i o čimbenicima tereta, zapaža se da postoje mnogo jače ovisnosti o udaljenosti kretanja nego o obujmu srednjega komada u teretu. Objašnjenje je isto kao i kod vremena rada. Iznenadjujući je relativno nizak koeficijent korelacije između potrošnje goriva opterećene vožnje i udaljenosti opterećene vožnje. Objašnjenje valja tražiti u privlačenju koje se obavlja niz nagib, gdje je vozač naizmjenično koristio snagu motora traktora i silu gravitacije (kočenje motorom ili kočionim sustavom traktora). Kada je riječ o potrošnji goriva vezanoj uz oblikovanje tovara, onda ponovno dolazi do izražaja mali utjecaj obujma tovara. Međutim, broj komada u tovaru utječe na obujam srednjega komada, te posredno i na koeficijente determinacije. Valja naglasiti da se traktor često premještao tijekom oblikovanja tereta.

U slučaju objedinjene jedinične potrošnje goriva pri radu na sječini (L/m^3), pri radu na stovarištu te pri radu i na sječini i na stovarištu ponavlja se trend zapažen kod ovisnosti ukupnoga vremena rada.

Iz tablice je vidljivo da je ovisnost potrošnje goriva pri privlačenju duge oblovine o udaljenosti i obujmu srednjega komada u teretu s nižim koeficijentima determinacije nego ovisnost utroška vremena. Izuzetak je ispravljanje tovara u sječini te donekle rad na stovarištu. U tablici nema podatka o koeficijentu determinacije ovisnosti potrošnje goriva o obujmu srednjega komada u tovaru pri radnoj sastavici uhrpavanja tovara, jer je regresijska analiza pokazala da takva ovisnost ne postoji.

U tablici 3 dani su parametri regresijskih jednadžbi i njihovi koeficijenti determinacije za način rada (oblik tereta) koji je objedinjavao vuču duge oblovine uz izvoženje prostornoga drva.

Ovisnost utroška vremena o udaljenosti vožnje i u ovom je slučaju jaka, o čem svjedoče vrlo visoki koeficijenti determinacije. Međutim, kada je vuča duge oblovine združena s izvoženjem prostornoga drva, zapaža se i jaka ovisnost (visoki koeficijenti determinacije) vremena rada o obujmu srednjega komada. Ponovno je ustanovljena slaba ovisnost utroška vremena rada na pomoćnom stovarištu o obujmu srednjega komada. Relativno visok koeficijent determinacije zabilježen je kod ovisnosti ukupnoga vremena rada na sječini i stovarištu o obujmu srednjega komada, pri čem je glavni utjecaj jake ovisnosti vremena rada na sječini o obujmu srednjega komada.

Potrošnja goriva upućuje na iste zakonitosti koje su već uočene kod vuče duge oblovine, odnosno na vrlo visoke koeficijente determinacije kod ovisnosti potrošnje goriva o udaljenostima kretanja. Relativno su slabije ovisnosti utroška vremena izvlačenja užeta, što se može objasniti kombinacijom formiranja tereta privitlavanjem duge oblovine i utovarom prostornoga drva u košare.

Ponovno je izostala bilo kakva ovisnost između potrošnje goriva i rada na uhrpavanju. Kada je riječ o ukupnoj potrošnji goriva pri radu na sječini, utvrđena je iznenadjujuće slaba ovisnost potrošnje goriva o obujmu srednjega komada. To je teško objasniti, ali se taj pokazatelj morao iskazati s obzirom na svrhu istraživanja, odnosno potrebu uspoređivanja. Ukupna jedinična potrošnja goriva (L/m^3) pri radu na stovarištu, odnosno pri radu na sječini i stovarištu slabo ovisi o obujmu tovara.

Pri usporedbi koeficijenata korelacije ovisnosti potrošnje goriva i vremena rada za iste radne sastavnice o istim ulaznim čimbenicima može se zapaziti kako potrošnja goriva pri istodobnom privlačenju duge oblovine uz izvoženje prostornoga drva jače ovisi o udaljenostima nego vrijeme rada (izuzetak je izvlačenje užeta), odnosno približno isto kao pri vožnji opterećenoga skidera. U svim ostalim slučajevima kada je istraživana ovisnost potrošnje goriva o

Tablica 4. Izvoženje prostornoga drva**Table 4** Stackwood forwarding

Ovisnosti - Dependences		Koeficijenti - Coefficients		
Zavisna varijabla - Dependent variable	Nezavisna varijabla - Independent variable	A	B	r^2
Vrijeme neopterećene vožnje - t_{pr_vr} min <i>Unloaded travel time - t_{pr_vr} min</i>	Udaljenost neopterećene vožnje - s_{pr_vr} m <i>Unloaded travel distance - s_{pr_vr} m</i>	0,022	0,016	0,902
Potrošnja goriva pri neopterećenoj vožnji - B_{pr_vr} L <i>Fuel consumption of unloaded travel - B_{pr_vr} L</i>		0,064	0,003	0,709
Vrijeme opterećene vožnje - t_{pu_vr} min <i>Loaded travel time - t_{pu_vr} min</i>	Udaljenost opterećene vožnje - s_{pu_vr} m <i>Loaded travel distance - s_{pu_vr} m</i>	0,188	0,011	0,956
Potrošnja goriva pri opterećenoj vožnji - B_{pu_vr} L <i>Fuel consumption of loaded travel - B_{pu_vr} L</i>		0,086	0,0002	0,152
Ukupno vrijeme vožnje - t_v min <i>Total travel time - t_v min</i>	Udaljenost (ne)opterećene vožnje - s_v m <i>(Un)loaded travel distance - s_v m</i>	-0,396	0,028	0,989
Potrošnja goriva pri (ne)opterećenoj vožnji - B_v L <i>Fuel consumption of (un)loaded travel - B_v L</i>		0,147	0,004	0,724
Vrijeme premještanja pri skupljanju - t_{sa_lv} min <i>Gathering travel time - t_{sa_lv} min</i>	Udaljenost skupljanja tovara - s_{sa_lv} m <i>Load gathering distance - s_{sa_lv} m</i>	0,636	0,027	0,840
Potrošnja goriva kod premještanja pri skupljanju - B_{sa_lv} L <i>Fuel consumption of gathering travel - B_{sa_lv} L</i>		0,141	0,003	0,750
Vrijeme rada na sječini - t_{sjr} min <i>Felling site work time - t_{sjr} min</i>	Obujam prosječnoga komada u tovaru - V_{skr} m ³ <i>Volume of average piece in the load - V_{skr} m³</i>	29,400	-	-
Jedinična potrošnja goriva pri radu na sječini - b_{sjr} L/m ³ <i>Unit fuel consumption of felling site work - b_{sjr} L/m³</i>		-	-	-
Vrijeme rada na sječini i stovarištu - t_{ssr} min <i>Felling site and landing work time - t_{ssr} min</i>	Obujam prosječnoga komada u tovaru - V_{skr} m ³ <i>Volume of average piece in the load - V_{skr} m³</i>	35,810	-	-
Jedinična potrošnja goriva pri radu na sječini i stovarištu - b_{ssr} L/m ³ <i>Unit fuel consumption of felling site and landing work - b_{ssr} L/m³</i>		-	-	-

obujmu srednjega komada u tovaru, koeficijenti su determinacije niži.

Naposljetku, u skladu s prethodnim prikazima rezultata, u tablici 4 dane su vrijednosti parametara regresijskih jednadžbi i koeficijenti determinacije ovisnosti utroška vremena rada i potrošnje goriva o čimbenicima kretanja skidera bez vremenâ vezanih uz oblikovanje tereta. Zapravo, riječ je o izvoženju prostornoga drva, pri čem se uvijek oblikovao približno isti teret (prednja i stražnja košara), tako da su prikazana samo prosječna vremena. Potrošnja goriva nije bilježena jer je traktorist gasio motor tijekom ručnoga utovara prostornoga drva.

Iz tablice 4 zapaža se jaka ovisnost trajanja vožnje po vlaci te premještanja pri skupljanju tereta o udaljenostima, čime je potvrđeno postojanje logičkih veza vremena i udaljenosti kretanja.

Potrošnja goriva pri neopterećenoj vožnji pokazuje isti trend veze kao i utrošak vremena, ali je ustanovljen gotovo zanemarljiv koeficijent determinacije ovisnosti potrošnje goriva o udaljenosti opte-

rećene vožnje. Ponovno razloge valja tražiti u vožnji niz nagib, gdje traktor češće koči motorom i kočionim sustavom. Visok koeficijent determinacije potrošnje goriva, u odnosu na ukupno kretanje traktora po vlaci (neopterećena i opterećena vožnja), proizlazi iz visokoga koeficijenta determinacije neopterećene vožnje.

Usporede li se koeficijenti determinacije regresijskih jednadžbi utroška vremena i potrošnje goriva za iste radne sastavnice i iste čimbenike, može se zaključiti da utrošak vremena pokazuje jaču ovisnost o udaljenostima kretanja od potrošnje goriva.

6.2. Usporedba koeficijenata determinacije – Comparison of determination coefficients

Test razlika između koeficijenata determinacije regresijskih jednadžbi ovisnosti vremena rada i potrošnje goriva, u slučaju istih radnih sastavnica (zajedno s objedinjenim radnim sastavnicama na sječini, stovarištu te sječini i stovarištu), a za sva tri načina rada (oblika tereta), ima za cilj ustanovljavanje jačine

Tablica 5. Usporedba koeficijenta determinacije**Table 5** Comparison of determination coefficients

Ovisnosti Dependences	Vuča duge oblovine <i>Long roundwood skidding</i>		Vuča duge oblovine uz izvoženje prostornoga drva – <i>Long roundwood skidding and stackwood forwarding</i>		Izvoženje prostornoga drva <i>Stackwood forwarding</i>	
	<i>z</i>	Signifikantnost Signification $Z_{0.05(2),30}$ $Z_{0.01(2),30}$	<i>z</i>	Signifikantnost Signification $Z_{0.05(2),30}$ $Z_{0.01(2),30}$	<i>z</i>	Signifikantnost Signification $Z_{0.05(2),30}$ $Z_{0.01(2),30}$
$t_{pr,v} = f(s_{pr,v}), \min$ $B_{pr,v} = f(s_{pr,v}), L$	1,48	(-)	-2,00	(*)	2,21	(*)
$t_{pu,v} = f(s_{pu,v}), \min$ $B_{pu,v} = f(s_{pu,v}), L$	3,39	(**)	0,17	(-)	6,73	(**)
$t_v = f(s_v), \min$ $B_v = f(s_v), L$	1,35	(-)	-2,50	(*)	6,19	(**)
$t_{sa,t} = f(s_{sa,t}), \min$ $B_{sa,t} = f(s_{sa,t}), L$	3,66	(**)	-1,13	(-)	0,92	(-)
$t_{iz} = f(s_{iz}), \min$ $B_{iz} = f(s_{iz}), L$	1,92	(-)	4,01	(**)	(□)	
$t_{pr,t} = f(s_{pr,t}), \min$ $B_{pr,t} = f(s_{pr,t}), L$	1,44	(-)	-0,17	(-)	(□)	
$t_{v,t} = f(V_{sk}), \min$ $B_{v,t} = f(V_{sk}), L$	0,13	(-)	4,31	(**)	(□)	
$t_{t,t} = f(V_{sk}), \min$ $B_{t,t} = f(V_{sk}), L$	-1,97	(*)	2,28	(*)	(□)	
$t_{si} = f(V_{sk}), \min$ $b_{si} = f(V_{sk}), L/m^3$	1,14	(-)	3,25	(**)	(□)	
$t_{od,t} = f(V_{sk}), \min$ $B_{od,t} = f(V_{sk}), L$	2,78	(**)	3,77	(**)	(□)	
$t_{uh,t} = f(V_{sk}), \min$ $B_{uh,t} = f(V_{sk}), L$	(?)		(?)		(□)	
$t_{st} = f(V_{sk}), \min$ $B_{st} = f(V_{sk}), L$	-0,19	(-)	0,63	(-)	(□)	
$t_{st} = f(V_{sk}), \min$ $b_{st} = f(V_{sk}), L/m^3$	(?)		(?)		(□)	
$t_{ss} = f(V_{sk}), \min$ $b_{ss} = f(V_{sk}), L/m^3$	1,14	(-)	2,96	(**)	(□)	

Oznaka značajnosti – *Sign of signification:*(-) bez značaja – *without signification*(*) značajno – *signification*(**) visokoznačajno – *high signification*(□) bez fukcije – *without function*

veze ili, bolje rečeno, razine *signifikantnosti razlika* koeficijenta determinacije vremena rada i potrošnje goriva. Dobivene vrijednosti testa uspoređene su s vrijednostima $Z_{0.05(2),30} = 1,96$ i $Z_{0.01(2),30} = 2,58$. Rezultati obrade prikazani su u tablici 5.

Pri vuči duge oblovine u 67 % slučajeva nema signifikatnih razlika između regresijskih jednadžbi vremena rada i potrošnje goriva u ovisnosti o čimbe-

nicima kretanja po vlaci (i sječini) i o obujmu srednjega komada u tovaru. Signifikantne razlike između tih jednadžbi (modela) javile su se u 8 % slučajeva, dok je u 25 % slučajeva ustanovljena visoka signifikantnost razlika.

Usporedba koeficijenta determinacije istodobne vuče duge oblovine uz izvoženje prostornoga drva pokazuje da u 33 % slučajeva nema signifikatnih

razlika između regresijskih jednadžbi vremena rada i potrošnje goriva, u 25 % slučajeva razlike su signifikantne, a u 42 % slučajeva visoko su signifikantne.

Pri izvoženju prostornoga drva statistički su obrađene samo četiri ovisnosti. U 25 % slučajeva nema signifikantnih razlika između regresijskih jednadžbi vremena rada i potrošnje goriva, u 25 % slučajeva razlike su signifikantne, a u 50 % slučajeva visoko su signifikantne.

Raščlambom dobivenih podataka dolazi se do zaključka da su međusobne veze vremena rada i potrošnje goriva najjače pri vuči duge oblovine, zatim sve slabije pri primjeni metode istodobne vuče duge oblovine uz izvoženje prostornoga drva, te se gotovo gube pri radnim sastavnicama izvoženja prostornoga drva. Razloge valja tražiti u činjenici da se pri prvim dvama načinima (oblicima tereta) traktor nalazi u stalnom kretanju, te potrošnja goriva prati i utrošak vremena rada. Visoko signifikantne razlike pri izvoženju prostornoga drva mogu se objasniti kretanjem traktora s košarama niz nagib, pri čemu vrijeme rada prati rad motora, a gorivo se nerazmjerno manje troši (kočenje motorom ili kočionim sustavom traktora).

Ako se usporede razlike regresijskih jednadžbi ovisnosti o udaljenosti s onima o obujmu srednjega komada, zapaža se da pri vuči duge oblovine nisu zabilježene signifikantne razlike u jednakom broju slučajeva (4 slučaja za obje promjenljive veličine). Pri vuči duge oblovine s izvoženjem prostornoga drva, u tri slučaja regresijskih jednadžbi, s udaljenošću kao ovisnom varijablom, nije bilo signifikantnih razlika. Samo su u jednom slučaju izostale signifikantne razlike kada je nezavisna veličina obujam srednjega komada. Pri izvoženju prostornoga drva nema tih pokazatelja (nema čimbenika obujma srednjega komada).

Ako usporedimo podatke iz sva tri načina rada (oblika tereta), dolazimo do podatka kako u 46 % slučajeva nema signifikantnih razlika između regresijskih jednadžbi vremena rada i potrošnje goriva, u 18 % slučajeva razlike su signifikantne, a u 36 % slučajeva visoko su signifikantne.

Kod sva tri načina rada zabilježeni su slučajevi nepostojanja signifikantnih razlika između regresijskih jednadžbi, ali je takvih slučajeva kod regresijskih jednadžbi s udaljenostima kretanja bilo osam (a kod obujma srednjega komada pet slučajeva), što navodi na zaključak da su udaljenosti kretanja po vlaci (i sječini) nešto utjecajniji parametar, koji povezuje vrijeme rada i potrošnju goriva, nego što je to obujam srednjega komada u teretu.

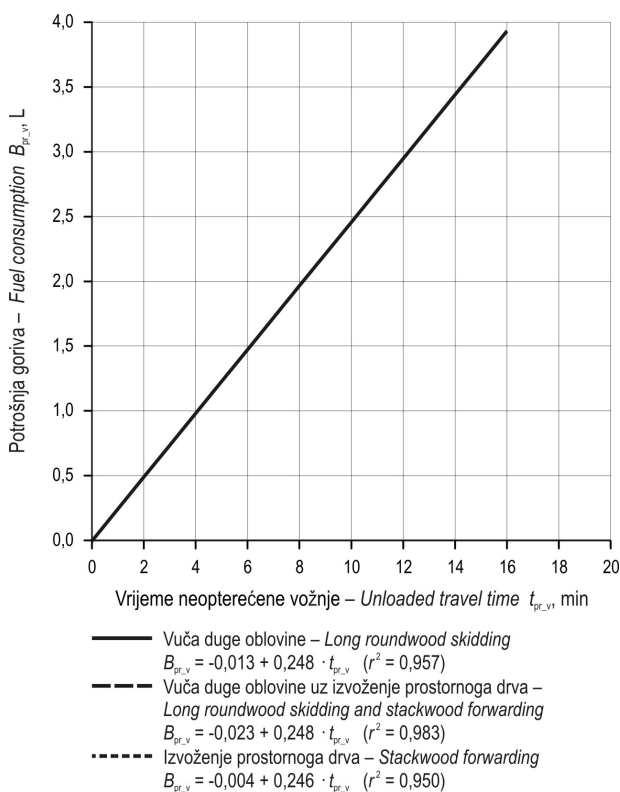
Ako se isključi čimbenik kočenja traktora pri kretanju po vlaci, te izdvoji izvoženje prostornoga drva, kao relativno rijetko tehnološko rješenje, dolazi se

do novih zaključaka koje ipak valja dobro provjeriti s obzirom na složenost problematike. Posebno valja istaknuti činjenicu da je preciznost mjerenja kronometrom mnogo veća (podjela 1/100 min) nego što je to najmanja vrijednost koja se može očitati s mjerača goriva (0,1 L). Iz tih su razloga izostale brojne nijanse kretanja i rada, koje se mogu registrirati vremenski, ali ne i mjerilom goriva. Ugradnjom preciznijega mjerača potrošnje goriva sigurno bi se došlo do novih regresijskih jednadžbi, a znatan dio slučajeva, posebno onih sa signifikantnim razlikama, promijenio bi vrijednosti i ocjenu jačine veze između vremena rada i potrošnje goriva.

Posebno značajnom pokazala bi se ugradnja tahografa, koji bi u sustavu s mjerilom za gorivo pružio dodatne i točnije informacije o relacijama između vremena rada i potrošnje goriva nego što su to one dobivene odvojenim mjerenjima.

6.3. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu rada – *Dependence of fuel consumption on work time*

Brojna su istraživanja pokazala da vremena radnih sastavnica, odnosno ukupno vrijeme privlačenja drva, dobro objedinjuju utjecaj niza čimbenika koji



Slika 1. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu neopterećene vožnje

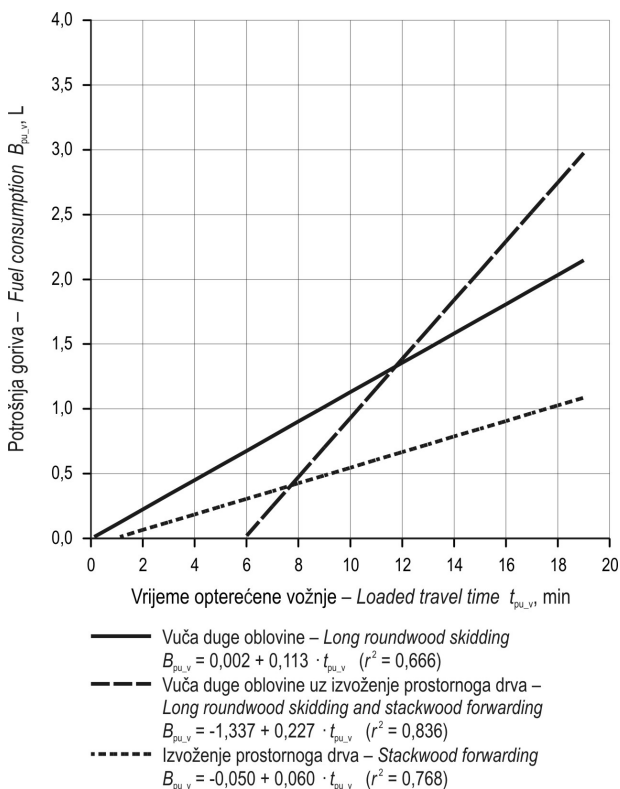
Fig. 1 Dependence of fuel consumption on unloaded travel time

djeluju pojedinačno ili interakcijski u ovoj polufazi iskorištavanja šuma. Zbog toga je zanimljivo, a za ovaj rad i prijeko potrebno, istražiti ovisnosti potrošnje goriva i utroška vremena pojedinih sastavnica privlačenja drva.

Ovisnost potrošnje goriva pri neopterećenoj vožnji o utrošku vremenu neopterećene vožnje i ovisnost potrošnje goriva pri opterećenoj vožnji o vremenu opterećene vožnje prikazani su na slikama 1 i 2.

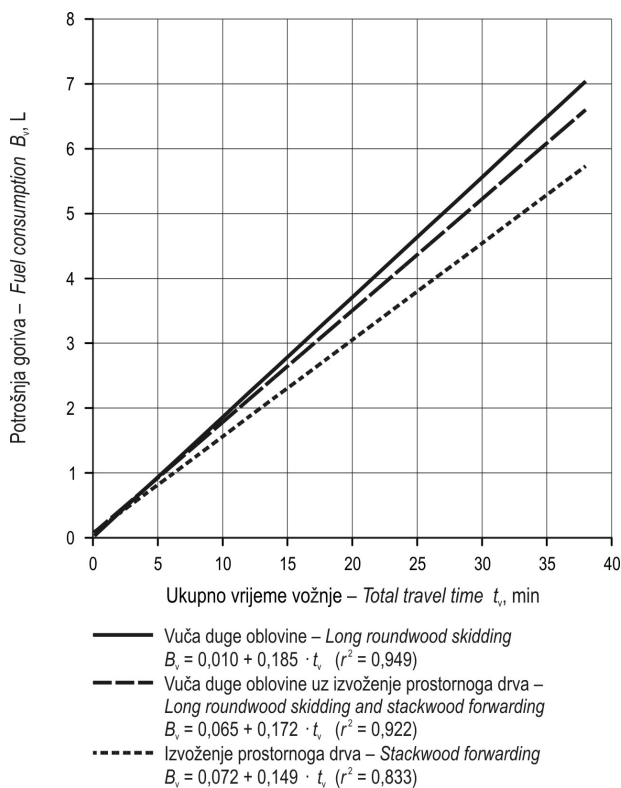
Na slici 1 vidljivo je da su potrošnja goriva i trajanje neopterećene vožnje u čvrstoj, funkcijskoj ovisnosti. Razlike u potrošnji goriva između pojedinih načina rada (oblika tereta) praktično ne postoje. Svako povećanje vremena prazne vožnje za jednu minutu uzrokuje povećanje potrošnje goriva za približno 0,25 L.

U slučaju ovisnosti potrošnje goriva o utrošku vremena vožnje opterećenoga skidera (slika 2), koeficijenti korelacije vrlo su jaki, no ipak nešto slabiji nego kada je skider neopterećen. To pokazuje da na opterećenu vožnju djeluje više čimbenika, što se na različite načine očituje na vrijeme odvijanja ove radne sastavnice. Potrošnja je goriva pri vuči duge oblovinе oko devet puta veća od potrošnje goriva pri izvoženju prostornoga drva, a oko dva puta veća od



Slika 2. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu opterećene vožnje

Fig. 2 Dependence of fuel consumption on loaded travel time



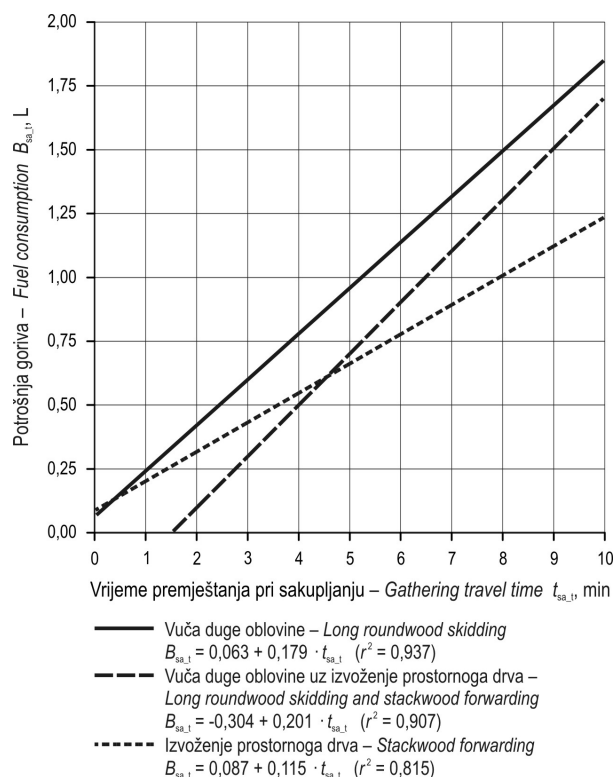
Slika 3. Ovisnost potrošnje goriva o ukupnom vremenu vožnje

Fig. 3 Dependence of fuel consumption on total travel time

kombinacije vuče duge oblovinе i izvoženja prostornoga drva.

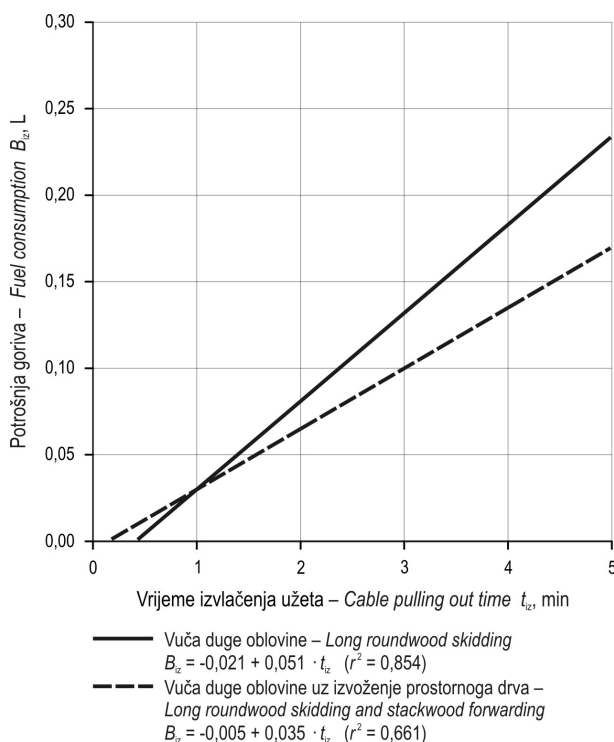
Vrijeme ukupne vožnje vrlo je zanimljiv pokazatelj potrošnje goriva, ostvarene u vremenu kretanja neopterećenoga skidera od stovarišta do sječine i traktora s teretom od sječine do stovarišta. Ovisnost tih veličina prikazana je na slici 3. Regresijska analiza upućuje na vrlo jaku ovisnost potrošnje goriva pri kretanju traktora uz nagib i niz nagib vlake o zbroju vremena radnih sastavnica (ne)opterećene vožnje. To je logična posljedica jakih koeficijenata korelacije odvojenih radnih sastavnica. Potrošnja je goriva vuče duge oblovinе oko 5 % veća od kombinacije vuče duge oblovinе s izvoženjem prostornoga drva, a oko 21 % veća od samoga izvoženja prostornoga drva.

Po dolasku do sječine skider je redovito bio zaposlen skupljanjem tereta, koji nije mogao oblikovati na jednom mjestu. Premještanje skidera pri skupljanju tovara znatno utječe na ukupnu potrošnju goriva privlačenja drva. Kako bi se ustanovila ovisnost potrošnje goriva o vremenu premještanja pri skupljanju tovara, obavljena je regresijska analiza, čiji je grafički prikaz s pokazateljima regresijskih jednadžbi i koeficijentima determinacije prikazan na slici 4.



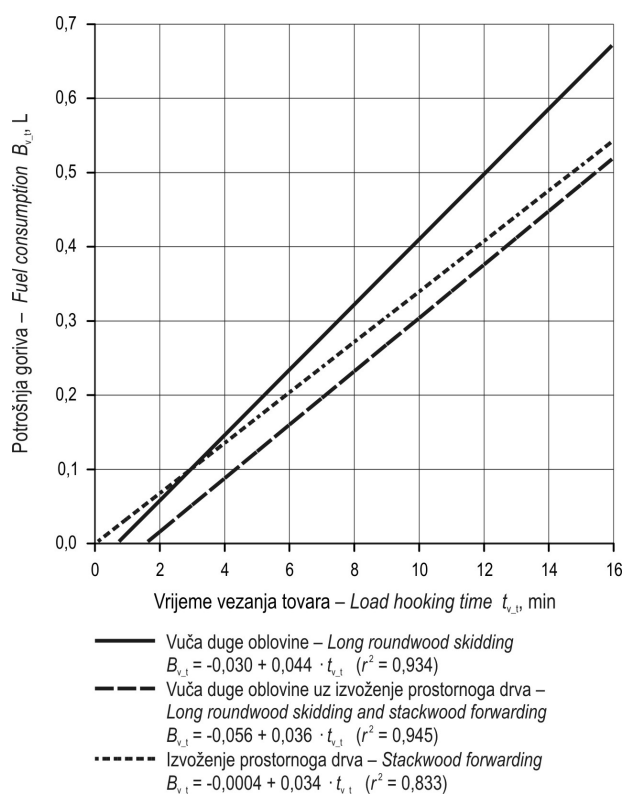
Slika 4. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu premještanja pri skupljanju tovara

Fig. 4 Dependence of fuel consumption on gathering travel time



Slika 5. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu izvlačenja užeta

Fig. 5 Dependence of fuel consumption on cable pulling out time



Slika 6. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu vezanja tovara

Fig. 6 Dependence of fuel consumption on load hooking time

Koeficijenti korelacije pokazuju jaku ovisnost potrošnje goriva o vremenu premještanja pri skupljanju tovara. Najveći je utrošak goriva zabilježen pri vuči duge oblovine (oko 44 % veći u odnosu na ostala dva načina privlačenja drva).

Na slici 5 prikazana je ovisnost potrošnje goriva o vremenu izvlačenja užeta. Naravno, regresijskom analizom nije obuhvaćeno izvoženje prostornoga drva s obzirom da tada vitlo nije korišteno. Na prosječnoj udaljenosti privitlavanja od 13 m prosječna je potrošnja goriva pri izvlačenju užeta 0,07 L, pri čemu svako povećanje vremena rada na izvlačenju užeta za 1 minutu povećava utrošak goriva 2 do 3 puta. U slučaju vuče duge oblovine veza potrošnje goriva i vremena izvlačenja je jaka, dok je u drugom slučaju srednje jačine.

Ovisnost potrošnje goriva o vremenu vezanja tovara prikazana je na slici 6. Prosječna je potrošnja goriva pri vezanju duge oblovine oko 45 % veća nego što je to slučaj pri kombinaciji privlačenja i vožnje (duga oblovinu i prostorno drvo).

Na slici 7 prikazana je ovisnost potrošnje goriva o utrošku vremena privitlavanja, gdje ponovno nema regresijske jednadžbe za izvoženje drva. Prosječna potrošnja goriva iznosila je 0,13 L za obje metode rada, a svako povećanje vremena primicanja tereta

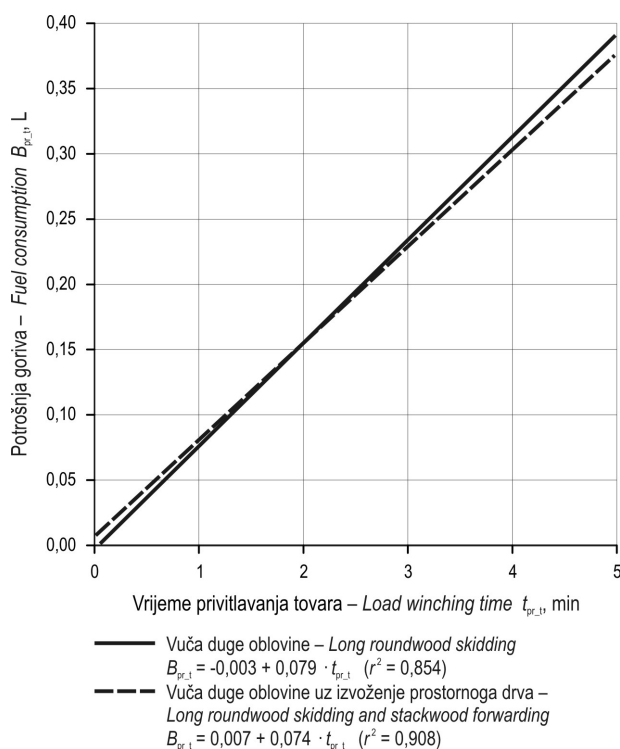
za 1 minutu značilo je dvostruko povećanje potrošnje goriva.

Ovisnost ispravljanja (oblikovanja) cijeloga tovara o utrošku vremena ove radne sastavnice dana je na slici 8. Nakon oblikovanja tereta završava se rad na sječini i traktor s teretom kreće prema pomoćnom stovarištu. Zbog toga je zanimljiva ovisnost potrošnje goriva o ukupnom vremenu rada na sječini (slika 9).

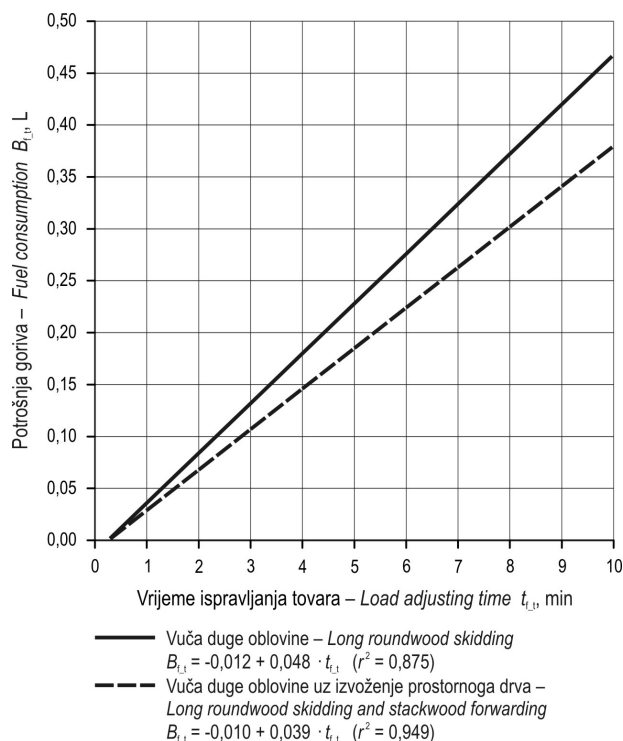
U slučaju ovisnosti potrošnje goriva o vremenu oblikovanja tereta neznatno veća potrošnja zabilježena je pri vuči duge oblovine, a prosječna potrošnja za obje metode iznosi 0,15 L.

Za prosječno vrijeme rada na sječini prosječna potrošnja goriva je 1,33 L. Potrošnja goriva pri vuči duge oblovine veća je oko 6 % od kombinacije privlačenja i izvoženja, a 55 % veća u odnosu na izvoženje prostornoga drva.

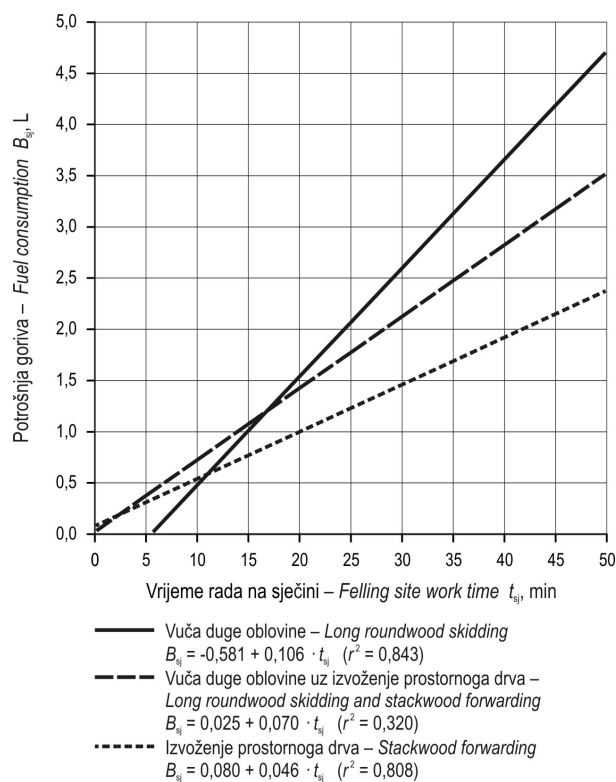
Na slici 10 prikazana je ovisnost potrošnje goriva o vremenu odvezivanja tovara, a na slici 11 regresijske jednadžbe ovisnost potrošnje goriva o vremenu uhrpavanja drva. Postoji jaka ovisnost potrošnje goriva odvezivanja tovara o vremenu ove radne sastavnice. Prosječna potrošnja goriva iznosila je 0,09 L i neznatno je veća pri vuči duge oblovine. Koeficijenti determinacije ovisnosti potrošnje goriva o vremenu uhrpavanja veoma su visoki. Prosječna je po-



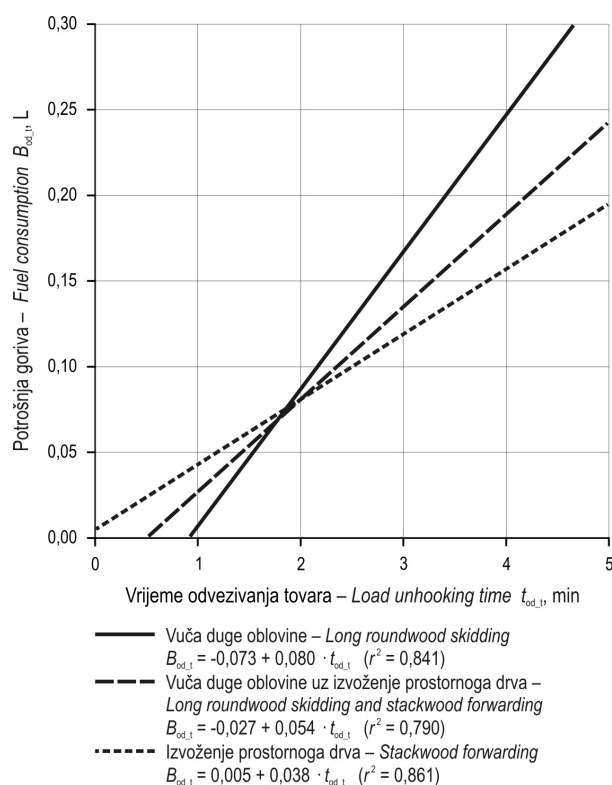
Slika 7. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu privitavanja tovara
Fig. 7 Dependence of fuel consumption on load winching time



Slika 8. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu ispravljanja tovara
Fig. 8 Dependence of fuel consumption on load adjusting time

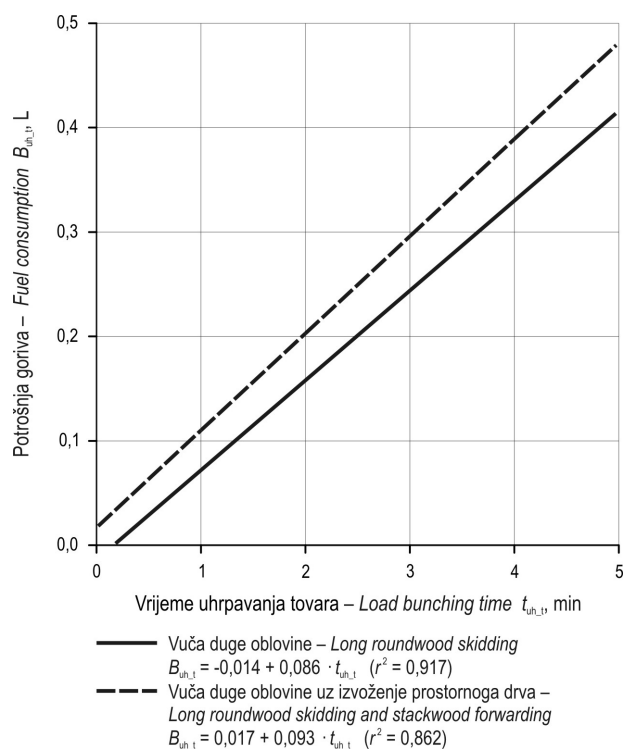


Slika 9. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu rada na sječini
Fig. 9 Dependence of fuel consumption on felling site work time



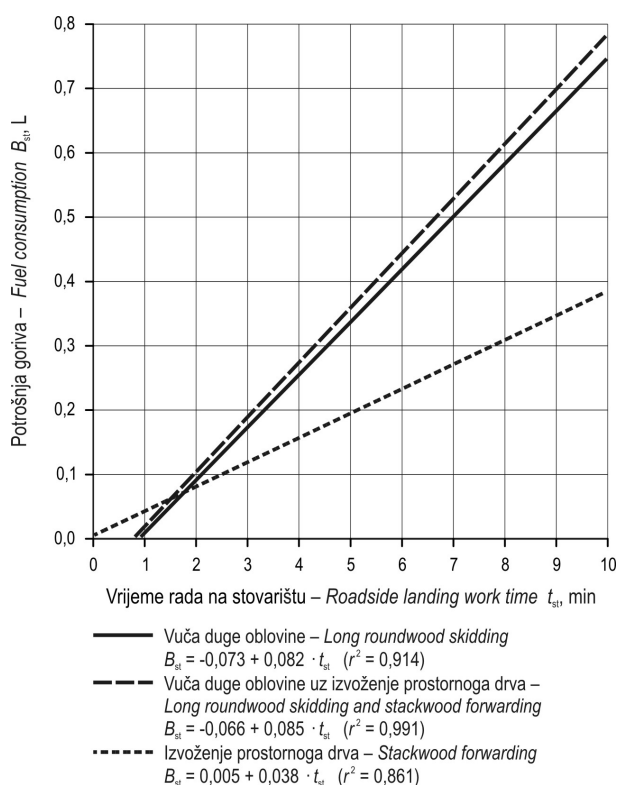
Slika 10. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu odvezivanja tovara

Fig. 10 Dependence of fuel consumption on load unhooking time



Slika 11. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu uhrpavanja tovara

Fig. 11 Dependence of fuel consumption on load bunching time



Slika 12. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu rada na stovarištu

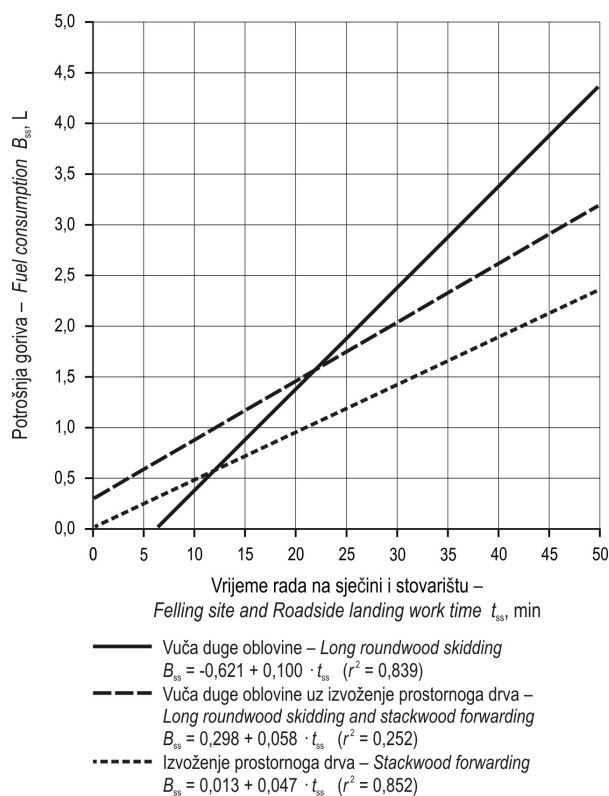
Fig. 12 Dependence of fuel consumption on landing work time

trošnja 0,24 L, a pri vuči oblovine s izvoženjem prostornoga drva za uhrpavanje je potrebno oko 23 % više goriva nego za vuču same duge oblovine.

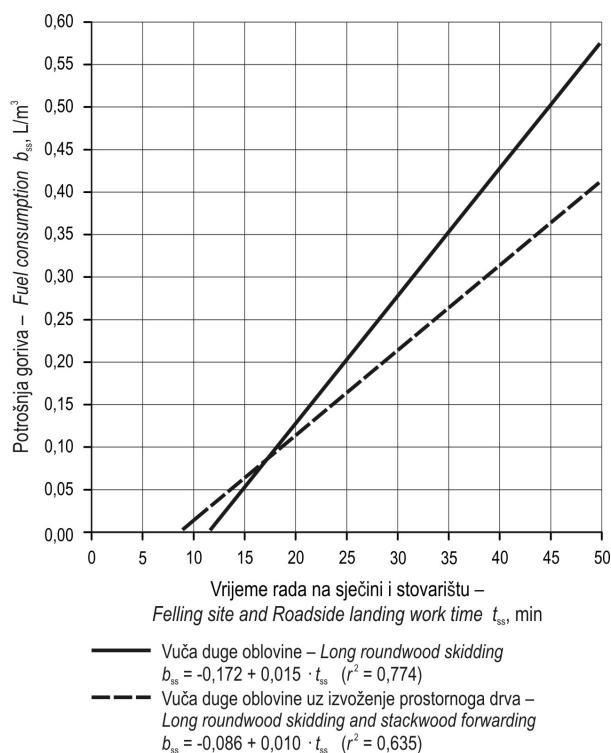
Regresijska analiza potrošnje goriva rada na stovarištu, u odnosu na ukupno vrijeme svih radnih sastavnica koje se odvijaju na stovarištu, prikazana je na slici 12. Koeficijenti determinacije upućuju na vrlo jaku vezu potrošnje goriva i vremena rada na stovarištu. Prosječna potrošnja, pri prosječnom radu, bila je 0,29 L. Potrošnja se goriva smanjuje od vuče duge oblovine s izvoženjem prostornoga drva prema vuči samo duge oblovine (6 % manja potrošnja), do izvoženja prostornoga drva (84 % manja potrošnja).

Na slici 13 prikazana je ovisnost potrošnje goriva o vremenu rada na sječini i stovarištu. Koeficijenti determinacije kreću se od niskih do visokih. Prosječan utrošak goriva pri radu na sječini i stovarištu bio je 1,62 L. Pri vuči duge oblovine bio je veći za oko 58 % od rada s prostornim drvom, a oko 8 % od istodobne vuče duge oblovine s izvoženjem prostornoga drva.

Konačno, na slici 14 prikazane su korelacijske veze između jedinične potrošnje goriva (po kubnom metru tovara) i vremena rada svih radnih operacija na sječini i stovarištu.

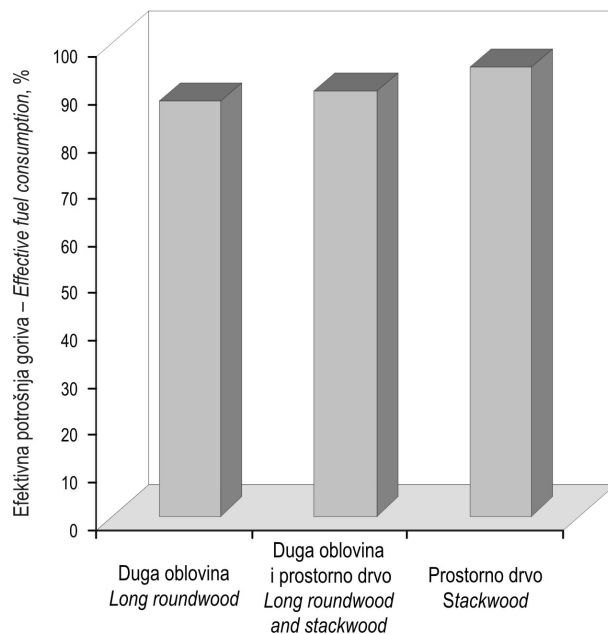


Slika 13. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu rada na sječini i stovarištu
Fig. 13 Dependence of fuel consumption on felling site and landing work time

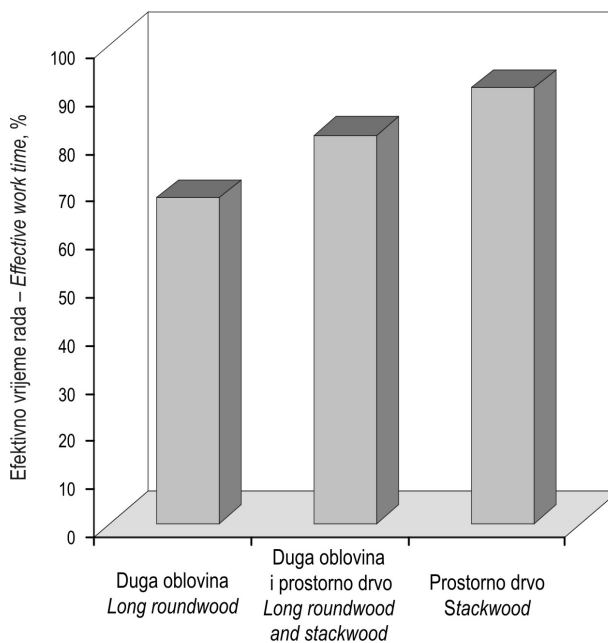


Slika 14. Ovisnost potrošnje goriva o vremenu rada na sječini i stovarištu
Fig. 14 Dependence of fuel consumption on felling site and landing work time

Kod prosječnoga vremena rada jedinična potrošnja goriva za sva tri načina rada (oblika tereta) iznosila je 0,23 L/m³. Prosječna potrošnja goriva, pri radu na sječini i stovarištu, bila je pri izvoženju prostornoga drva za oko 84 % veća od potrošnje goriva pri kombinaciji vuče duge oblovine s izvoženjem



Slika 15. Struktura efektivne potrošnje goriva
Fig. 15 Structure of effective fuel consumption



Slika 16. Struktura efektivnoga vremena rada
Fig. 16 Structure of effective work time

prostornoga drva, a za oko 48 % veća pri vuči duge oblovine. Za slučaj izvoženja prostornoga drva ovisnost jedinične potrošnje goriva o ukupnom vremenu rada na sječini i stovarištu nije grafički prikazana jer je veličina tovara bila konstantna.

6.4. Struktura ukupne potrošnje goriva i ukupnoga vremena rada – *Structure of total fuel consumption and total working time*

Struktura ukupne potrošnje goriva (slika 15) pokazuje postotak potrošnje goriva kod pojedinih načina rada (oblika privučenoga tereta), a sastoji se od efektivne i opće potrošnje goriva. Struktura navedene potrošnje goriva slična je strukturi kod studija rada i vremena. U ukupnoj potrošnji goriva najveći postotak efektivne potrošnje zabilježen je pri izvoženju prostornoga drva (95 %), a najmanji pri vuči duge oblovine (88 %), dok je pri kombinaciji privlačenja i izvoženja on iznosio 90 %. U efektivnoj potrošnji za kretanje po vlaci potrebno je 68 – 73 % goriva, za rad na sječini 23 – 27 %, a za rad na stovarištu 4 – 5 %.

U općoj su potrošnji moguće uštede goriva. Opća je potrošnja vezana uz opravdane prekide, a najveći utjecaj na ovu potrošnju imaju teret i vlaka (62 – 72 %), organizacijski prekidi (10 – 17 %), traktor i oprema (6 – 12 %) te neopravdani prekidi (8 – 16 %).

Na slici 16 vidljiv je postotni udio efektivnoga (i općega) vremena u ukupnom vremenu rada privlačenja drva. U ukupnom je vremenu najveći postotak efektivnoga vremena zabilježen pri izvoženju prostornoga drva (91 %), zatim pri kombinaciji vuče duge oblovine i izvoženja prostornoga drva (81 %), a najmanji pri vuči duge oblovine (68 %). U efektivnom vremenu kretanje po vlaci sudjeluje s 41 – 49 %, rad na sječini s 41 – 51 %, a rad na stovarištu s 8 – 10 %. Postotni udjeli u općim vremenima za prekide iznose: zbog tereta i vlake 46 – 60 %, organizacijski prekidi 12 – 28 %, zbog traktora i opreme 4 – 11 % te neopravdani prekidi 13 – 22 % općih vremena.

7. Zaključci – *Conclusions*

Regresijska analiza ovisnosti potrošnje goriva pojedinih radnih sastavnica privlačenja drva o udaljenostima i obujmu srednjega komada u tovaru, pri sva tri načina rada (vuča duge oblovine, istodobna vuča duge oblovine uz izvoženje prostornoga drva, izvoženje prostornoga drva), pokazuje mnogo jači utjecaj udaljenosti (udaljenosti neopterećene i opterećene vožnje skidera, skupljanja tovara, izvlačenja užeta, udaljenosti privitavanja tovara) nego utjecaj obujma srednjega komada u tovaru.

U slučajevima analize utroška vremena privlačenja drva, pri istim radnim sastavnicama kao i pri

potrošnji goriva, ponovno se udaljenosti pojavljuju kao mnogi jači utjecajni čimbenik utroška vremena nego što je to obujam srednjega komada u teretu. Valja napomenuti da su pri izradbi normi vremena i normi učinka upravo udaljenosti i obujam srednjega komada glavni ulazni podaci.

Obujam srednjega komada u teretu imao je jak utjecaj na potrošnju goriva pri radnim sastavnicama vezanja, ispravljanja te odvezivanja tovara (osim pri vuči duge oblovine), gdje do izražaja dolazi utjecaj čimbenika broja komada (»zakon obujma komada«).

Na isti način kao i pri potrošnji goriva obujam srednjega komada u tovaru ima odlučujući utjecaj na utrošak vremena radnih sastavnica vezanja, ispravljanja te odvezivanja tovara, kada je analiziran utrošak vremena rada.

U najvećem broju slučajeva nije zapažena jaka ovisnost ukupne potrošnje goriva o obujmu srednjega komada u tovaru, kada je analiziran skup sastavnica rada na sječini, skup sastavnica rada na stovarištu, odnosno skup svih sastavnica rada na sječini i stovarištu (posebno za jediničnu potrošnju). Koeficijenti determinacije ovisnosti potrošnje goriva nešto su veći nego utroška vremena za iste nezavisne veličine.

Pri vuči duge oblovine usporedba je odnosa između potrošnje goriva i utroška vremena rada, gdje je ponovno analiziran utjecaj udaljenosti i obujma srednjega komada u tovaru, pokazala niske koeficijente determinacije između vremena rada i potrošnje goriva. Kod kombinacije privlačenja i izvoženja koeficijenti su determinacije veći u slučaju ovisnosti o udaljenosti, a niži u slučaju ovisnosti o obujmu srednjega komada u tovaru. Pri izvoženju prostornoga drva postoje velike razlike između koeficijenata determinacije za vožnju opterećenoga skidera, što se objašnjava kretanjem niz nagib, s kočenjem motorom i kočionim sustavom traktora.

Usporedba koeficijenata determinacije radnih sastavnica, u kojima je analizirano i vrijeme i potrošnja goriva, pri sva tri načina rada pokazuje da su međusobne veze vremena i potrošnje goriva u regresijskim jednadžbama najjače u slučaju vuče duge oblovine, da slabe prema kombinaciji privlačenja i izvoženja, te se gotovo gube pri izvoženju prostornoga drva (samo u jednom slučaju, od četiri radne sastavnice, nije bilo signifikantnih razlika).

Da bi se dobili sigurni pokazatelji koji će dati odgovor na glavno pitanje ovoga rada, provedena je regresijska analiza i izračunati su koeficijenti determinacije za ovisnosti potrošnje goriva o vremenu privlačenja drva. Iz analize se može zaključiti da postoje jake veze između navedenih veličina u slučaju usporedbe sva tri načina rada te pri najvećem broju radnih sastavnica. Izuzetak je međusobna ovis-

nost ukupne potrošnje goriva o ukupnom vremenu rada na sječini, odnosno o ukupnom vremenu svih radnih sastavnica na sječini i stovarištu kod dvaju načina privlačenja (vuča duge oblovine i izvoženje prostornoga drva). Ako se isključe te dvije regresijske jednadžbe, čije je rezultate teško objasniti s obzirom na svu složenost djelovanja utjecajnih čimbenika, dolazi se do vrlo uskoga područja prosječnih koeficijenata korelacije (od 0,842 do 0,868) za sva tri načina rada.

U ukupnoj potrošnji goriva postotak je efektivne potrošnje najveći pri izvoženju prostornoga drva (95 %), najmanji pri vuči duge oblovine (88 %), dok se združeno privlačenje i izvoženje nalaze na sredini (90 %). Za usporedbu, efektivno vrijeme rada sudjeluje u ukupnom radnom vremenu izvoženja drva s 91 %, pri vuči duge oblovine s izvoženjem prostornoga drva s 81 %, a pri vuči duge oblovine s 68 %. Ti postoci pokazuju da se potrošnja goriva kreće jednako kao i utrošci vremena rada.

Struktura opće potrošnje goriva, koja je dobar pokazatelj mogućih ušteda goriva, pokazuje da se najviše goriva gubi prekidima uzrokovanim teretom i vlakom (62 – 71 %), zatim organizacijskim prekidima (10 – 17 %) te prekidima zbog traktora i opreme (6 – 12 %). Neopravdani prekidi imaju udio 8 – 16 % goriva opće potrošnje. Istovjetan je redoslijed u strukturi općih vremena rada na privlačenju drva za sve tri metode rada. Prekidi zbog tereta i vlake imaju udio 46 – 60 % općih vremena, organizacijski prekidi 12 – 28 %, prekidi zbog traktora i opreme 4 – 11 % te neopravdani prekidi 13 – 22 %.

Na temelju svih do sada analiziranih podataka može se zaključiti sljedeće:

- ⇒ Potrošnja goriva dobro »prati« utroške vremena rada, koje je temelj za izradu norme vremena i norme učinka.
- ⇒ Vrijeme je sigurniji pokazatelj tijeka privlačenja drva nego što je to potrošnja goriva, što se može objasniti činjenicom da se dio radnih sastavnica odvija bez sudjelovanja rada motora traktora, ili da nema promjene režima rada motora (prazan hod).
- ⇒ Potrošnja bi goriva mogla biti bolji pokazatelj moguće racionalizacije rada pri privlačenju drva samo u slučaju kada se kao odlučujući čimbenici pojavljuju udaljenosti kretanja, ali se problem javlja pri privlačenju (izvoženju) niz nagib, jer se motor rabi za kočenje (s djelovanjem kočionoga sustava traktora ili bez njega).
- ⇒ Potrošnja je goriva slab pokazatelj za radne sastavnice koje ovise o obujmu srednjega komada u tovaru, posebno u slučaju njihova kratkoga trajanja, jer mjerilo potrošnje goriva

nema mogućnost tako preciznih mjerenja (u ovom slučaju podjeljak je 0,1 L), kao što to pruža kronometar (pri studiju rada i vremena 1/100 min).

- ⇒ Ne valja odustajati od normiranja potrošnje goriva, jer zajedno sa studijem rada i vremena, gorivo je odličan pokazatelj moguće racionalizacije tehnoloških procesa u kojima sudjeluje mehanizacija.
- ⇒ Valja razmisliti o novim načinima mjerenja i bilježenja potrošnje goriva i vremena rada (tahografi, preciznija mjerila itd.) u privlačenju drva, uz obveznu uporabu suvremenih sredstava obrade podataka, kao što je to slučaj kod drugih prijevoznih sredstava u šumarstvu i izvan njega.

8. Literatura – References

- Bedžula, D., 1983: Problematika uspoređivanja efikasnosti primjene razne mehanizacije u približno jednakim uvjetima rada. Zbornik radova savjetovanja Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi, Opatija, str. 7–14.
- Bojanin, S., 1981: Istraživanja utroška vremena i učinka traktora LKT-81 kod izvlačenja drva. Mehanizacija šumarstva, 6(7–8): 202–216.
- Bojanin, S., J. Beber, 1987: Primjena domaćih strojeva kod transporta drva u SR Hrvatskoj. Referat sa savjetovanja Sekcije za iskorišćivanje šuma Zajednice šumarskih fakulteta i instituta za šumarstvo i drvnu industriju SFRJ, Sarajevo, listopad 1987, str. 1–22.
- Bojanin, S., A. Krpan, J. Beber, 1988: Komparativno istraživanje privlačenja drva zglobnim traktorom u jelovim prebornim sastojinama sa sekundarnim otvaranjem i bez sekundarnog otvaranja. Mehanizacija šumarstva, 13(1–2): 3–13.
- Bojanin, S., S. Sever, 1980: Komparativno ispitivanje raznih tipova traktora kod privlačenja tehničke oblovine u nizinskim šumama. Šumarski list, 104(3–4): 117–132.
- Bojanin, S., S. Sever, 1987: Traktor. Šumarska enciklopedija, Dio 2. Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, str. 513–519.
- Conway, S., 1986: Logging practices. Principles of timber harvesting systems. Miller Freeman Publications, Januar 1986, str. 1–432.
- Gjurdjernet, A. M. F., 1985: Tractor with equipment for forest operations. Eight preliminary results from practical tests with the John Deere and MB Track tractors. Reports on forest operations research, Nr. 30.
- Grecs, Z., 1986: Protok energije u gospodarskom gozdu. Materijal za ekskurziju 18th IUFRO WORLD CONGRESS, Ljubljana, str. 1–5.
- Horvat, D., 1980: Uticaj nekih parametara traktora na potrošnju goriva. Jugoslavenski simpozij o aktualnim problemima poljoprivrede, Šibenik, 5–8 veljače 1980, str. 179.

Igrčić, V., 1983: Ocjena potrošnje goriva za pogon strojeva u iskorišćivanju šuma šumarstva Hrvatske u 1983. godini. Zbornik radova savjetovanja Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi, Opatija, str. 497–504.

Jovanović, B., 1980: Istraživanja utroška vremena za dvije tehnologije rada kod eksploatacije bukovih šuma u SR Bosni i Hercegovini. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–248.

Jovanović, B., 1990: Komparativna istraživanja tehničko-tehnoloških karakteristika traktora pri privlačenju drva. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–423.

Krpan, A., 1988: Analiza nekih elemenata daljinskog transporta drva kamionom FAP 16–20 BD 48. Referat na savjetovanju Sekcije za iskorišćivanje šuma Zajednice šumarskih fakulteta i instituta za šumarstvo i drvnu industriju SFRJ, Lipovljani/SI. Požega/Pakrac, 5–8. 10. 1988, str. 1–10.

Kulušić, B., 1977: Iskorišćavanje šuma. Proizvodnja drvnih sortimenata. Šumarski fakultet u Sarajevu, Sarajevo, str. 1–291.

Kulušić, B., B. Jovanović, 1977: Istraživanje produktivnosti i ekonomičnosti rada traktora gusjeničara BNT-75 na primicanju i privlačenju drveta. Mehanizacija šumarstva, 2(6): 1–57.

Kure, J., 1990: Poraba goriva pri prevozu gozdnih lesnih sortimentov s kamioni Magirus. Specijalistički rad, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, VDO Biotehnička fakulteta, VTOZD za gozdarstvo, str. 1–103.

Mrđenović, S., 1983: Utovar prostornog drva sa tla u vagonu hidrauličnom dizalicom HIAB 670. Zbornik radova savjetovanja Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi, Opatija, str. 277–281.

Rebula, E., 1984: Spravilo sa zgibniki LKT–81 u Sloveniji. Zbornik gozdarstva i lesarstva, 24: 1–39.

Rebula, E., 1985: Potrošnja goriva i maziva pri sječi i izradi drva. Mehanizacija šumarstva, 10(5–6): 67–69.

Rebula, E., 1986: Osnove za odlučivanje o načinu privlačenja drva. Mehanizacija šumarstva, 11(5–6): 94–102.

Rebula, E., 1988: Tehnologija u šumarstvu na početku idućeg tisućljeća. Mehanizacija šumarstva, 13(3–4): 31–40.

Rebula, E., 1989: Potrošnja goriva pri izvlačenju drva s traktorima IMT 560 i IMT 567. Mehanizacija šumarstva, 14(7–8): 151–156.

Sever, S., 1980: Istraživanja nekih eksploatacionih parametara traktora kod privlačenja drva. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–301.

Sever, S., D. Horvat, 1987: Gradnja šumarske opreme u SRH. Mehanizacija šumarstva, 12(11–12): 188–193.

Sever, S., D. Horvat, V. Golja, S. Risović, 1989: Neki rezultati istraživanja potrošnje goriva na radovima proreda sastojina. Mehanizacija šumarstva, 14(3–4): 49–54.

Sundberg, U., N. Svanqist, 1986: Fuel better than time as indicator of true machine costs? Referat na 18th IUFRO WORLD CONGRESS, Division 3. Forest operations and techniques, Ljubljana, str. 1–8.

Tinta, B., 1984: Istraživanje upotrebljivosti zglobnog traktora GV-50 BELT – Črnomelj. Mehanizacija šumarstva, 9(1–2): 20–25.

Vengust, F., 1985: Analiza porabe goriva in maziva pri GG Postojna v letih 1982 in 1983. GV, 42: 130–134.

Vondra, V., I. Martinić, 1989: Organizacijski, tehnički i tehnološki uvjeti efikasnijeg korištenja traktora LKT na privlačenju drva. Mehanizacija šumarstva, 14(1–2): 3–10.

Abstract

Fuel consumption as an indicator of skidder productivity

This paper presents the results of simultaneous research of fuel consumption and time consumption of a skidder during three types of wood skidding (long roundwood skidding, long roundwood skidding along with stackwood forwarding, stackwood forwarding), aimed at analysing the advantages of fuel consumption as an indicator of productivity. In doing so, the time of wood skidding was divided into the following components or groups of work components: unloaded travel, loaded travel, total travel, gathering travel, cable pulling out, load hooking, load winching, load adjusting, felling site work, load unhooking, load bunching, landing work, and felling site and landing work.

Based on simultaneous measurement of time consumption and fuel consumption of the above components of wood skidding, linear regression analysis was used for observing time consumption dependences of individual components of wood skidding and fuel consumption of the skidder depending on: distances of unloaded travel and loaded travel, gathering travel, cable pulling out, load winching and volume of an average piece in the load.

Regression analyses show greater dependence of fuel and time consumption of individual components of wood skidding on distances than on the volume of an average piece in the load. The volume of an average piece in the load is significant for the following components: load hooking and unhooking, and load modelling.

The comparison of determination coefficients of work components, in which time consumption and fuel consumption were analysed, show in all three types of wood skidding that the correlations between time consumption and fuel consumption in regression equations are the strongest in case of long roundwood skidding, less strong in long roundwood skidding performed together with stackwood forwarding, and they almost disappear in stackwood forwarding.

For the purpose of searching for reliable indicators that would give an answer to the key question of this paper, regression analysis was carried out and determination coefficients were established of the dependence of fuel consumption on times of individual components (groups) of wood skidding. The analyses indicate that there are strong correlations between the above values in case of comparison of all the three types of wood skidding, as well as in case of a higher number of work components. However, analyses showed that time consumption was a more reliable indicator of skidding efficiency than fuel consumption. Along with insufficient sensibility of devices for measuring fuel consumption, the deficiency of fuel consumption as the indicator of efficiency was especially observed in case of a loaded skidder downward travel, as well as during operations depending on the volume of an average piece in the load.

Key words: skidder, timber extraction, work time, fuel consumption