

OPTIMIZIRANJE SUSTAVA PRIDOBIVANJA DRVA SKUPNIM RADOM U PROREDNIM SJEČINAMA GRĐEVAČKE BILOGORE

Sažetak

Skupni rad u pridobivanju drva prvi je put primijenjen na području UŠP-a Bjelovar 1979. godine. Rad prikazuje istraživanja skupine radnika pri sječi, izradi, privlačenju, preuzimanju i uhrpavanju drvnih sortimenata u bjelogoričnoj prorednoj sastojini brdskih šuma. Istraživanja su provedena na području Uprave šuma Bjelovar u g. j. Grđevačka Bilogora u skupini radnika koja broji osam članova. Istraživana je sječa i izradba, privlačenje traktorima, dorada i preuzimanje drvnih sortimenata te slaganje višemetarskog drva traktorskom dizalicom na pomoćnom stovarištu. Rad skupine odvijao se u prorednoj bukvoj sastojini starosti 62 godine. Skupinu čine tri sjekača, tri traktorista, jedan sjekač-preuzimač i jedan dizaličar, a skupinom svakodnevno rukovodi poslovođa. Svi su članovi skupine istovremeno snimani cijelo radno vrijeme povratnom metodom kronometrije. Na temelju ukupno snimljenog vremena i ostvarenog učinka izvršena je analiza studija vremena prema radnim zahvatima i ukupno. Utvrđena je struktura efektivnog vremena svakog člana skupine kao i općih vremena te je oblikovano dodatno vrijeme. Sjekači su utrošili 33,15% (S1E), odnosno 39,62% (S2T) i 26,77% (S3L) efektivnog od ukupnog vremena rada. Traktori su utrošili 47,27% (E), odnosno 61,94% (T) i 44,95% (L) efektivnog od ukupnog vremena. Sjekač-preuzimač utrošio je 19,88%, a dizaličar na uhrpavanju 29,64% efektivnog od ukupno provedenog vremena na radilištu. Podaci su izmjerenih i izračunatih veličina obrađeni matematičko-statističkim metodama multiple linearne regresije. Dobiveni su matematički modeli izračuna efektivnog vremena na temelju kojih je uz faktor dodatnog vremena izračunata norma vremena i dnevni učinak svakoga člana skupine. Norma vremena podskupine, koju čini jedan sjekač i jedan traktor, ovisi o udaljenosti privlačenja traktora. Za udaljenost 150 – 650 m prosječna norma vremena podskupine kreće se između 41,73 i 48,30 min/m³. Dnevni učinak po članu skupine može se ostvariti u iznosu od 15,88 m³/dan pri udaljenosti od 150 m do 9,88 m³/dan pri udaljenosti privlačenja traktorom od 650 m. Trošak se u skupini po jedinici proizvoda kreće od 53,96 kn/m³ (150 m) do 86,73 kn/m³ (650 m).

Ključne riječi: skupni rad; sječa i izrada; privlačenje; preuzimanje; uhrpavanje; optimalna skupina; proizvodnost; troškovi.

1. Uvod

U sustavima pridobivanja drva tehnologijom privlačenja po tlu koristi se mnogo ljudskog rada. Tijekom prošlosti, prije više od pet desetljeća, na sječi, izradi, privlačenju i transportu drva pretežito se koristile ljudska i životinjska snaga. Pojavom strojeva i primjenom u šumarstvu od 1960. ljudska snaga postupno se zamjenjuje mehaničkom. Pridobivanje drva u današnje se vrijeme kod nas pretežito obavlja ljudsko-strojnim radom. Sječa i izrada obavlja se motornim pilama, a privlačenje drva većinom strojevima. Drvo se, ovisno o terenskim uvjetima, može privlačiti i izvoziti specijalnim šumskim strojevima ili iznositi žičarom. Pridobivanje drva iz prorednih sastojina u Hrvatskoj zauzima znatan udio. Troškove pridobivanja drva s troškovima izgradnje šumskih prometnica treba razmatrati kao jedinstveni sustav.

Izbor tehnologije rada u pridobivanju drva velik je problem. Dugoročnim planiranjem, na temelju analize potrajnosti i odnosa vrsta prihoda (glavni, prethodni), procjenjuje se koji se strojevi i u kojim uvjetima mogu primijeniti.

Velika je promjena u pridobivanju drva nastala uvođenjem novih metoda i tehnologija pri sječi, izradi i privlačenju drva. Uz sortimentnu metodu uvode se poludeblovna, deblovna i stablovna metoda izrade. Odabir određene metode ovisi o sastojinskim uvjetima te tehničko-tehnološkim značajkama strojeva za privlačenje drva.

Dobrim poznavanjem tehničko-proizvodnih značajki sredstava rada možemo skrbiti o posljedicama na okoliš. Osobitu pozornost treba posvetiti zaštiti dubočih stabala te zaštiti tla i pomlatka. Pridobivanje drva treba temeljiti na ekološkoj osnovi, većoj humanizaciji rada i najmanjim troškovima odabrane metode rada. To se posebno odnosi na pridobivanje drva iz prorednih sastojina u kojima su troškovi rada po prirodi najveći, što je predmet ovoga rada.

2. Problematika i cilj istraživanja

Glavne radove u šumarstvu često izvode skupine radnika, bilo da je riječ o sjetvi sjemena, sadnji biljaka i radovima njege šuma bilo pak o radovima pridobivanja drva. Sječu stabala i izradbu šumskih proizvoda stoljećima je karakterizirao upravo ljudski rad u skupinama. To dugo razdoblje prije uvođenja ručno-strojnoga i strojnoga rada, osim niske obrazovne, tehničke i tehnološke razine, obilježava stroga podjela posla među članovima skupine. Na području hrvatskih šuma često su skupine radnika u sječinama imale i do 15 članova. Uvođenjem motornih pila (1963.) veličina skupina na sječi i izradi stabala postupno se smanjuje. Tomičić (1986.) navodi da je u razdoblju 1964. – 1967. u određenim dijelovima Hrvatske uz jednu motornu pilu radilo 3 – 8 radnika, a prosječni je dnevni učinak iznosio 2,4 m³. U razdoblju 1968. – 1977. potpuno se uvode motorne pile te nova organizacija rada u sječinama. U sječnim linijama rade dva radnika s jednom motornom pilom. U kasnijem razdoblju pa

sve do danas u individualnom radu javljaju se kombinacije 2+1, 2+2 i 1+1. Isti autor za to razdoblje navodi prosječno povećanje dnevnog učinka i do 50%, koji iznosi 3,1 – 3,9 m³. Tehničke norme za dva radnika i jednu motornu pilu prvi se put uvode 1969. Razdoblje 1978. – 1989. obilježava povećana proizvodnost na sječi i izradi, koja se kreće 3,7 – 8,8 m³/dan. Znatan je porast dnevnog učinka nastupio uvođenjem skupnoga rada i izradbom višemetarskog prostornog drva. Mehanizirano privlačenje obloga drva u šumama Hrvatske dobiva puni zamah šezdesetih godina 20. stoljeća, kada se poljoprivredni traktori prilagođavaju za rad u šumi. Zglobni traktori pojavljuju se 1968. godine, kada počinje intenzivni razvoj mehaniziranoga privlačenja drva u Hrvatskoj.

Učinak traktora pri privlačenju drva funkcija je sveukupnog djelovanja čovjeka, uvjeta rada i radno-tehničkih značajki stroja [Krpan, 1984.]. Proizvodnost i troškove pridobivanja sitnog tehničkog drva različitim tehnologijama rada istraživali su mnogi autori. Branz i dr. (1983.) te Mikleš i Suchomel (1999.) utvrđuju ovisnost između terenskih uvjeta i rada zglobnih traktora pri privlačenju drva. Pridobivanje drva iz prorednih sastojina podliježe utjecaju zakona proizvodnje i zakona obujma komada [Grammel, 1988.] jer su izrađeni drveni sortimenti prosječno znatno manjeg obujma i vrijednosti nego iz oplodnih sječa. Prema zakonu obujma komada, manji obujmi posječenog i izrađenog oblog drva iz prorednih sastojina povećavaju troškove rada po jedinici proizvoda. Privlačenje je drva iz prorednih sječa u odnosu na privlačenje iz oplodnih i prebornih sječa složenije zbog većeg broja stabala po jedinici površine te otežanom privlačenju tovarena.

Klasični je način rada pri eksploataciji šuma trajao predugo, često i po nekoliko mjeseci, jer su faze rada bile vremenski odvojene. Temeljne zakonitosti tržišta, odnosno ponuda i potražnja određene vrste drva i drvnih sortimenata, zahtijevaju efikasniju eksploataciju šuma. Odgovor na nove zahtjeve za povećanjem proizvodnosti treba tražiti u boljoj organizaciji rada i boljem korištenju radnoga vremena. Novi organizacijski oblici rada te poboljšani i ergonomski usavršeni strojevi omogućuju napredak u tehničkom i tehnološkom pogledu. Modernizaciji tehničkih sredstava rada u pridobivanju drva posvećuje se velika pozornost, ali organizacija rada pri privlačenju drva nije uvijek optimalno postavljena, što za posljedicu ima veće troškove proizvodnje. Uvođenjem skupnog rada, kao višeg oblika organizacije rada pri eksploataciji šuma, postiže se veća proizvodnost. Skupni rad opisan je kao rad nekoliko radnika (sjekača i traktorista) u istom radnom danu, na istom radilištu i na istom radnom zadatku. Takav se rad odvija u međusobnoj suradnji svih članova skupine uz cjelodnevnu nazočnost i koordinaciju poslovođe radilišta, koji utječe na kakvoću izvedbe radova. Skupina radnika može se vrlo brzo prilagoditi izmjeni redoslijeda plana sječa te sigurno i u zadanom roku izvršiti zadatak. Visoki troškovi eksploatacije nastajali su i zbog duljine ciklusa proizvodnje, pa je cilj bio smanjiti

proizvodnju na najkraće moguće vrijeme. U modelu skupnoga rada moguće je u jednom danu drvo posjeći, izraditi, prikrojiti, privući do pomoćnog i prevesti do glavnog stovarišta, odnosno dopremiti kupcu.

U Hrvatskoj je skupni rad pri pridobivanju drva prvi put primijenjen 1979. na području UŠ-a Bjelovar, i to u oplodnim sječama, a uskoro zatim i u prorednim sječinama. Godine 1984. skupni se rad uvodi na čitavom području UŠ-a Bjelovar [Tomičić, 1986.]. Temeljni su razlozi uvođenja bili povećanje proizvodnosti s izradom višemetarskog prostornog drva i smanjenje troškova proizvodnje po jedinici proizvoda.

Cilj ovoga rada jest na temelju proučavanja opisati djelotvornost skupine radnika pri pridobivanju drva u brdskim bjelogoričnim prorednim sastojinama s obzirom na glavne utjecajne čimbenike.

3. Mjesto i metoda istraživanja

Istraživanje je skupnoga rada provedeno na području UŠ-a Bjelovar, Šumarije Veliki Grđevac u 72a odjelu g. j. Grđevačka Bilogora. Teren je prema svojoj konfiguraciji vrlo ujednačen. Tlo je tijekom cijelog razdoblja rada bilo pretežito vlažno. Promatrani traktorski putovi i vlake prosječnih su uzdužnih nagiba od +6%, kojima se kretao opterećeni traktor.

Istraživana sastojina stara je 62 godine s ophodnjom od 120 godina. Broj stabala po hektaru iznosi 704, a obujam srednjeg sastojinskog stabla iznosi 0,402 m³. Drvna je zaliha 283 m³/ha s godišnjim tečajnim prirastom od 7,1 m³/ha i propisanim etatom od 35 m³/ha. U strukturi etata iskorištenje neto drvnog obujma, primjenom kombinirane metode, ostvareno je u 78,38% od plana.

3.1. Metoda prikupljanja i obrada podataka

Pri istraživanju je primijenjen studij vremena, povratna metoda kronometrije s novokreiranim opažачkim listovima. Snimanje je za cijelu skupinu započeto istovremeno na radilištu, a završilo je zadnjim radnim zahvatom zadnjeg člana skupine. Svi su podaci obrađeni pomoću odgovarajućih računalnih programa, a varijabilna vremena mutiplom regresijskom analizom u računalnom programu *Statistica 6*. Kod sjekača su pri utrošku vremena uzete dvije varijable, prsni promjer i visina stabla. Za izračun vremena vožnje opterećenog traktora uzete su četiri varijable: udaljenost privlačenja, obujam tovara, broj komada u tovaru i nagib puta, a za izračun vremena vožnje neopterećenog traktora: udaljenost vožnje i nagib puta.

Utrošak vremena sjekača-preuzimača na pomoćnom stovarištu pri doradi, mjenjenju i preuzimanju drvnih sortimenata također je obrađen mutiplom regresijskom

analizom. Promatrana je ovisnost utroška efektivnog vremena u odnosu na obrađeni obujam i broj komada. Utrošeno se efektivno vrijeme rada dizalice za slaganje višemetarskog prostornog drva promatra u ovisnosti o broju komada i ukupnom obujmu zahvata.

3.2. Organizacija rada skupine na radilištu

Na radilištu je radila skupina od osam članova, i to tri sjekača, tri traktorista, jedan sjekač-preuzimač na pomoćnom stovarištu i traktorist s dizalicom. Poslovođa je bio svakodnevno nazočan. Radnici su se sakupljali svako jutro jednim vozilom koje im je bilo dodijeljeno te su zatim svi zajedno odlazili u sječinu. Nakon završetka rada odvozili su se do mjesta stanovanja kombibusom, kako su i sakupljani. Vozač kombibusa parkirao je vozilo u svom dvorištu kako bi se smanjili troškovi putovanja. Dolaskom u sječinu, odnosno na pomoćno stovarište, pristupa se pripremi za rad. Traktori su bili parkirani na pomoćnom stovarištu. Traktoristi ulijevaju gorivo, pregledavaju ulje i vodu u traktorima te pripremaju ostalu opremu. Sjekači istovremeno pripremaju svoju opremu, alat i motorne pile za rad. Poslovođa tijekom jutarnje pripreme izdaje upute, a zatim od radnika prikuplja informacije od prethodnog dana i na temelju stanja na sječini provodi dnevnu organizaciju rada. Svaki sjekač radi uz jedan traktor, priprema dovoljnu količinu drva za svaki tovar te kod svakoga turnusa pomaže traktoristu pri vezanju tovara. Sjekači, osim vezanja tovara, kod većih udaljenosti izrađuju i zabijaju kolce uz žilišta dubelih stabala na mjestima gdje traktor s tovarom izlazi na put. Dizaličar priprema traktor i dizalicu za rad te čeka dolazak prvog tovara traktora, a sudjeluje i u svim ostalim radovima na pomoćnom stovarištu.

Ta skupina s osam članova, prema radnom nalogu i izračunu ukupnih radnih dana, planira prosječno po članu skupine izraditi 4,95 m³/dan. Sjekači su sjekli i izrađivali stabla vodeći računa o međusobnoj udaljenosti. Sjekač je kod svakog stabla s tehničkom oblovinom najprije odvojio dio tehničke oblovine, a zatim je pristupio kresanju grana krošnje te je tijekom kresanja mjerio višemetarsko drvo duljine 4 m, 8 m i 12 m. Na pomoćnom stovarištu sjekač-preuzimač odvezuje višemetarsko drvo, a traktor dalje privlači tehničku oblovinu. U rad se uključuje radnik-dizaličar koji dizalicom pomaže pri mjerenju i trupljenju razmicanjem privučenog tovara. Sjekač-preuzimač mjeri višemetarsko drvo i prepiljuje na duljinu 4 m. Poslovođa u knjigu primanja upisuje srednji promjer i broj komada višemetarskog drva. Dizaličar slaže izrađeno višemetarsko drvo. Postupak se ponavlja kod svakog tovara traktora. Poslovođa s radnikom prikraja i preuzima tehničku oblovinu na mjestu gdje je traktorist odložio dio debla. Uhrpavanje tehničke oblovine obavlja sljedeći traktor koji privuče tehničku oblovinu.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

4.1. Drvni obujam

Na sječi i izradi stabala djelomično je primijenjena kombinirana i poludeblovna metoda. Na sječini se tehnička oblovina odvajala od prostornog drva, a višemetarsko je drvo mjereno i izrađivano u duljinama 4 – 12 m. Sjekači su sjekli i izrađivali drvo pripremajući tovar svaki za jedan traktor. Prvi sjekač, S1E (sjekač uz traktor *Ecotrac*) posjekao je i izradio 136 stabala, ukupnog obujma od 41,43 m³, srednjeg prsnog promjera 18,5 cm, srednje visine 18,0 m i srednjeg obujma 0,305 m³. Drugi je sjekač, S2T (sjekač uz traktor *Torpedo*) posjekao i izradio 178 stabala ukupnog obujma 74,30 m³, srednjeg prsnog promjera 21,0 cm, srednje visine 19,3 m i srednjeg obujma 0,417 m³. Treći sjekač S3L (sjekač uz traktor LPKT 40) posjekao je i izradio 133 stabla ukupnog obujma 52,10 m³, srednjeg prsnog promjera 19,6 cm, srednje visine 18,2 m i srednjeg obujma 0,392 m³. Srednja udaljenost hoda od stabla do stabla kod sjekača iznosi 10,7 m.

Drvo su privlačila tri traktora. Traktor E (*Ecotrac*) u 39 je turnusa privukao ukupno 73,74 m³ drva, srednjeg obujma komada 0,353 m³. Srednji je obujam tovara iznosio 1,891 m³, a u tovaru je bilo prosječno 5,4 komada. Drugi je traktor, T (*Torpedo*), privukao ukupno 72,18 m³. Srednji obujam tovara iznosio je 1,604 m³. Taj je traktor po turnusu privlačio prosječno 5,3 komada, srednjeg obujma 0,301 m³. Treći je traktor, L (*LPKT 40*), privukao 64,21 m³. Srednji obujam tovara iznosio je 2,140 m³, a privlačio je prosječno po turi 5,2 komada srednjeg obujma 0,409 m³. Sjekač-preuzimač (PS) doručivao je i mjerio drvne sortimente na pomoćnom stovarištu uz pomoć radnika dizaličara (DZ). Ukupno je tijekom četiri dana snimanja izrađeno 58 komada tehničke oblovine, srednjeg obujma 0,268 m³ i 1.336 komada višemetarskog prostornog drva, srednjeg obujma 0,138 m³. Ukupno izrađeni i preuzeti obujam iznosi 199,90 m³ s prosječnim obujmom komada 0,143 m³.

Traktor s dizalicom sastavni je dio skupine. Na radilištu je traktorskom dizalicom složeno 131,63 m³ višemetarskog prostornog drva, odnosno prosječno 32,91 m³/dan. Dizaličar je za tri traktora obavio prosječno 65,5 radnih zahvata na dan. Sve je višemetarsko drvo izrađivano u duljinama od po 4 m. Prosječni obujam radnog zahvata dizalice iznosi 0,502 m³. U jednom zahvatu dizalice nalazilo se prosječno 4,5 komada. Prosječni obujam komada izrađenog višemetarskog drva iznosi 0,113 m³, a prosječni je srednji promjer 20,0 cm.

4.2. Analiza vremena

4.2.1. Ukupno utrošeno vrijeme sjekača

U tablici 1 prikazani su podaci ukupno utrošenih vremena za sjekače. Sjekač S1E sniman je 1.159,96 minuta, sjekač S2T 1.306,32 minute, a sjekač S3L 1.074,29 minuta.

Od ukupno utrošenog vremena, efektivno vrijeme sjekača S1E iznosi 33,15%, a opća vremena 66,85%. Efektivno vrijeme sjekača S2T iznosi 39,62%, a opća vremena 60,38%. Sjekač S3L utrošio je svega 26,77% efektivnog vremena te 73,23% općih vremena. Efektivno vrijeme sjekača S1E na sječi i izradi iznosi 285,80 minuta, što je 2,10 minuta po stablu. Sjekač S2T utrošio je 368,42 minute, odnosno 2,06 minuta po stablu, a sjekač S3L 230,78 minuta ili 1,74 minute po stablu. Bojanin (1989.) navodi da efektivno vrijeme sječe i izrade hrasta lužnjaka iznosi 6,20 minuta, a crne johe 5,23 minute, za stablo prsnog promjera 20 cm u prorednoj sastojini hrasta lužnjaka i crne johe.

Na pripremu i vezanje tovara sjekač S1E troši 25,67% efektivnog vremena, odnosno 0,73 minute po stablu, sjekač S2T 29,01% efektivnog vremena, odnosno 0,84 minute po stablu, a sjekač S3L 19,75% efektivnog vremena, odnosno 0,43 minute po stablu. Efektivno vrijeme po stablu sjekača S1E iznosi 2,83 minute, sjekača S2T 2,91 minutu, a sjekača S3L 2,16 minuta.

4.2.2. Ukupno utrošeno vrijeme traktora

U tablici 2 prikazana su ukupno utrošena vremena i učinak za traktore. Traktor E sniman je 1.247,24 minute, traktor T 1.622,65 minuta, a traktor L 1.110,02 minute. Efektivno vrijeme traktora E iznosi 47,27%, traktora T 61,94%, a traktora L 44,95% ukupnog vremena. Traktor T ostvario je za 14,67% veće efektivno vrijeme od traktora E, a za 16,99% od traktora L. Opća vremena traktora E iznose 52,73%, traktora T 38,06%, a traktora L 55,05% ukupnog vremena. Efektivno vrijeme traktora po jedinici za traktor E iznosi 7,51 min/m³, za traktor T iznosi 11,71 min/m³, a za traktor L iznosi 11,51 min/m³. Ukupno utrošeno vrijeme po jedinici kod traktora E iznosi 15,89 min/m³, kod traktora T 18,90 min/m³, a kod traktora L 25,61 min/m³.



Slika 1. Sjekač pri vezanju tovara traktora



Slika 2. Proredni traktor Ecotrac V 1033 F

Tablica 1. Struktura vremena na sječi i izradbi stabala

Sjekači	S1E				S2T				S3L			
	Utrošak vremena	Udio prema		Udio po stablu	Utrošak vremena	Udio prema		Udio po stablu	Utrošak vremena	Udio prema		Udio po stablu
ukup.		efek.	ukup.			efek.	ukup.			efek.	ukup.	
	Min.	%		Min.	%		Min.	%		%		Min.
1. Vrijeme sječe i izradbe	285,80	24,64	74,33	2,10	367,42	28,13	70,99	2,06	230,78	21,48	80,25	1,74
1.1 Stablovno vrijeme	281,37	24,26	73,18	2,07	320,75	24,55	61,98	1,80	220,57	20,53	76,70	1,66
1.2 Sortimentno vrijeme	4,43	0,38	1,15	0,03	46,67	3,57	9,02	0,26	10,21	0,95	3,55	0,08
2. Rad na pripremi i vezanju tovara	98,68	8,51	25,67	0,73	150,11	11,49	29,01	0,84	56,78	5,29	19,75	0,43
3. Efektivno vrijeme	384,48	33,15	100,00	2,83	517,53	39,62	100,00	2,91	287,56	26,77	100,00	2,16
4. Opća vremena	775,48	66,85		5,70	788,79	60,38		4,43	786,73	73,23		5,92
5. Ukupno vrijeme	1.159,96	100,00		8,53	1.306,32	100,00		7,34	1.074,29	100,00		8,08

Tablica 2. Ukupno utrošena vremena traktora

Oznaka traktora	E				T				L			
	Ukupno vrijeme	Postotni udio prema		Ukupno vrijeme	Postotni udio prema		Ukupno vrijeme	Postotni udio prema		Ukupno vrijeme	Postotni udio prema	
		ukupnom	efektivnom		ukupnom	efektivnom		ukupnom	efektivnom			
Vrsta aktivnosti	Min.	vremenu		Min.	vremenu		Min.	vremenu		Min.	vremenu	
		%	%		%	%		%	%		%	%
1. Vožnja neopterećenog traktora	83,74	6,71	14,20	169,53	10,45	16,87	50,78	4,57	10,18			
2. Vožnja opterećenog traktora	107,70	8,64	18,27	224,02	13,81	22,29	61,31	5,52	12,29			
3. Rad na sječini	301,55	24,18	51,14	472,65	29,13	47,02	280,79	25,30	56,27			
4. Rad na pomoćnom stovarištu	96,62	7,75	16,39	138,93	8,56	13,82	106,09	9,56	21,26			
5. Efektivno vrijeme	589,61	47,27	100,00	1005,13	61,94	100,00	498,97	44,95	100,00			
6. Opća vremena	657,63	52,73		617,52	38,06		611,05	55,05				
7. Ukupno vrijeme	1247,24	100,00		1622,65	100,00		1110,02	100,00				
8. Ukupno privučeni drveni obujam, m3	78,51			85,84			43,35					
9. Efektivno vrijeme po jedinici, min/m3	7,51			11,71			11,51					
10. Ukupno vrijeme po jedinici, min/m3	15,89			18,90			25,61					
11. Ostvareni dnevni učinak, m3/dan	19,63			17,17			14,45					

Prosječno ostvareni dnevni učinak traktora E iznosi 19,63 m³/dan, traktora T 17,17 m³/dan, a traktora L 14,45 m³/dan. Traktor E prosječno je privlačio 2,46 m³/dan više od traktora T, odnosno 5,18 m³/dan od traktora L.

4.2.3. Ukupno utrošeno vrijeme pri preuzimanju drvnih sortimenata

Sjekač-preuzimač obavljao je trupljenje višemetarskog drva na duljine od 4 m uz pomoć traktorske dizalice. Dizaličar je privučeni tovar podizao na oko 0,5 m visine i pridržavao ga dok sjekač ne izvrši trupljenje. Sjekač-preuzimač proveo je tijekom četiri dana na radilištu ukupno 1.465,63 minute, odnosno prosječno 366,41 min/dan. Efektivno vrijeme iznosi 291,30 minuta ili 19,88%, a opća vremena 1.174,33 minute ili 80,12% ukupnog vremena.

Najveći utrošak u efektivnom vremenu zauzimaju trupljenje i dorada drvnih sortimenata, što iznosi 53,34% ili 0,11 minuta po komadu, odnosno 0,78 min/m³. Prosječno je utrošeno efektivno vrijeme po jedinici 1,46 min/m³, što uz 5,87 min/m³ općih vremena daje ukupni iznos od 7,33 min/m³. Utrošak čistog vremena preuzimanja drvnih sortimenata na pomoćnom stovarištu, kako piše Štefancić (1989.), iznosi 6,27 min/m³, a ukupno vrijeme 19,26 min/m³.

Tablica 3. Utrošena vremena sjekača-preuzimača (PS) pri preuzimanju drvnih sortimenata na pomoćnom stovarištu

Vrsta radnoga zahvata	Utrošak vremena	Udio prema		Udio vremena po	
		ukunom	efektivnom	drvnom sortimentu	m ³
	Min.	vremenu		Min.	m ³
		%			
1. Hod do tovara	46,71	3,19	16,04	0,03	0,23
2. Odvezivanje tovara	54,85	3,74	18,83	0,04	0,27
3. Prikrajanje drvnih sortimenata	4,42	0,30	1,52	0,00	0,02
4. Trupljenje i dorada	155,39	10,60	53,34	0,11	0,78
5. Mjerenje tehničke oblovine	0,13	0,01	0,04	0,00	0,00
6. Zabijanje pločica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7. Mjerenje i okretanje prostornog drva	29,80	2,03	10,23	0,02	0,15
8. Efektivno vrijeme	291,30	19,88	100,00	0,21	1,46
9. Opća vremena	1174,33	80,12		0,84	5,87
10. Ukupno vrijeme	1465,63	100,00		1,05	7,33

4.2.4. Ukupno utrošeno vrijeme traktora s dizalicom na pomoćnom stovarištu

Traktor s dizalicom sastavni je dio skupine, ukupno je sniman 1 539,66 minuta tijekom 4 dana, odnosno prosječno 384,92 min/dan. Efektivno vrijeme iznosi 456,36 minuta ili 29,64%, a opća vremena 1 083,30 minuta ili 70,36%. U strukturi efektivnog vremena radni zahvati dizalice zauzimaju 86,74%, a na povremene zahvate otpada 13,26%. Na držanje odignutog tovara pri trupu otpada 29,97% efektivnog vremena, zatim slijedi prazan hod dizalice s 14,64%, pa puni hod dizalice s 14,63% efektivnog vremena. U raspodjeli povremenih zahvata na pripremu dizalice otpada 8,59% efektivnog vremena.

Traktorskom dizalicom ukupno je složeno 131,63 m³, odnosno 1.168 komada višemetarskog prostornog drva srednjeg obujma 0,113 m³. Prosječni obujam zahvata dizalice iznosi 0,502 m³, s prosječno 4,5 komada.

Na radne zahvate dizalice troši se 3,01 min/m³ efektivnog vremena, a na povremene zahvate 0,46 min/m³. Prosječno utrošeno efektivno vrijeme traktorske dizalice iznosi 3,47 min/m³. Na opća vremena otpada 8,23 min/m³, a ukupno utrošeno vrijeme iznosi 11,70 min/m³.



Slika 3. Dorada i preuzimanje drvnih sortimenata na pomoćnom stovarištu

4.2.5. Dodatno vrijeme u skupini

Dodatno vrijeme čine dijelovi općih vremena (tablice 1, 2 i 3), odnosno potrebni prekidi rada za izvršenje radnoga naloga. Dodatno vrijeme određuje se radi izračuna norme vremena i norme učinka, a dodaje se efektivnom vremenu u obliku faktora dodatnog vremena ili u apsolutnom iznosu. Pri izračunu dodatnog vremena pojedinih članova skupine priznaje se prekid za jelo od 30 minuta u 8 sati rada, odnosno 6,25% ukupnog vremena provedenog na radilištu. Odmori se priznaju s najduljim trajanjem od 5 minuta, a opravdani prekidi u ukupnom iznosu kako su se događali.

Dodatno vrijeme sjekača S1E iznosi 67,03%, sjekača S2T 46,68%, a sjekača S3L 78,81% efektivnog vremena; po jedinici proizvoda kod sjekača S1E dodatno vrijeme iznosi 7,94 min/m³, kod sjekača S2T 4,15 min/m³, a kod sjekača S3L 5,55 min/m³. Prosječan faktor dodatnog vremena za sva tri sjekača iznosi 1,62. Bojanin i Krpan (1994.) za brdoviti su teren utvrdili dodatno vrijeme pri sječi i izradi stabala u iznosu 51% efektivnog vremena rada. Backhaus (1990.) navodi da kod izračuna normi sječe i izradbe dodatno vrijeme u cijeloj Njemačkoj u prosjeku iznosi 40%.

Dodatno vrijeme za traktor E iznosi 29,98%, za traktor T 25,17%, a za traktor L 25,99% efektivnog vremena. Za prilagođene poljoprivredne traktore Bojanin (1975.) spominje dodatno vrijeme u iznosu 11,7% – 38,4%, a Krpan (1984.) za sve druge traktore 13,4% – 25,8%. Faktor dodatnog vremena kod traktora E iznosi 1,30, kod traktora T 1,25, odnosno 1,26 kod traktora L, a prosječno 1,27.

Dodatno vrijeme sjekača-preuzimača (PS) na pomoćnom stovarištu iznosi 91,03% efektivnog vremena. Visok postotak dodatnog vremena posljedica je malog utroška efektivnog vremena, odnosno nedovoljnog iskorištenja propisanog radnog vremena od 480 minuta, koje prosječno za skupinu iznosi 73,78%, odnosno 5,9 sati dnevno.

Dodatno vrijeme traktora s dizalicom (DZ) iznosi 49,34% efektivnog vremena. Dnevno radno vrijeme prosječno je korišteno 80,19% propisanog vremena od 480 minuta. Kod ovog radnika zaposlenost je ovisila o količini pristiglih tovara traktora, odnosno o količini izrađenog višemetarskog drva. Dodatno vrijeme kod ovoga je radnika oblikovano kao i kod ostalih članova skupine u kojoj se nalazi.

4.2.6. Rezultati statističke obrade efektivnog vremena članova skupine

4.2.6.1. Efektivno vrijeme sjekača pri sječi i izradbi stabala

Efektivno vrijeme sječe i izradbe stabala promatra se kao varijabilno vrijeme u odnosu na prsni promjer i visinu stabla. Izdvojeno je efektivno vrijeme (y) sječe i izradbe te je promatrana njegova varijabilnost. Primijenjena je multipla linearna regresija, gdje su za svako stablo kao nezavisne varijable uzete vrijednosti prsnog promjera ($d_{1,30}$), visina stabla (h) i pripadajuće efektivno vrijeme.

$$y_{S1E} = 0,551072 + 0,022271 \cdot d_{1,30} + 0,047912 \cdot h \dots (\text{min})$$

$$y_{S2T} = -0,464470 + 0,107181 \cdot d_{1,30} + 0,006581 \cdot h \dots (\text{min})$$

$$y_{S3L} = 0,327552 + 0,11193 \cdot d_{1,30} - 0,041872 \cdot h \dots (\text{min})$$

4.2.6.2. Varijabilna vremena traktora

Pri analizi vremena vožnje opterećenih traktora multiplom linearnom regresijom u izračun su uzete vrijednosti: obujam tovara (q), udaljenost privlačenja (l), prosječni nagib puta (p) te broj komada u tovaru (n).

Vrijeme je vožnje opterećenih traktora (y_{OE}) na vlaci i sječini:

$$y_{OE} = 0,907709 - 0,328587 \cdot q + 0,013455 \cdot l + 0,205735 \cdot p - 0,223067 \cdot n$$

$$y_{OT} = 2,130541 - 0,377569 \cdot q + 0,006357 \cdot l + 0,056023 \cdot p - 0,007418 \cdot n$$

$$y_{OL} = -1,28177 - 0,41111 \cdot q + 0,01261 \cdot l + 0,33907 \cdot p + 0,07127 \cdot n$$

Vrijeme vožnje neopterećenih traktora na vlaci i sječini:

$$y_{NE} = -0,736040 + 0,010991 \cdot l + 0,189683 \cdot p$$

$$y_{NT} = 2,148309 + 0,004799 \cdot l - 0,107012 \cdot p$$

$$y_{NL} = -0,736040 + 0,010991 \cdot l + 0,189683 \cdot p$$

Vrijeme vožnje opterećenih traktora na pomoćnom stovarištu:

$$y_{Eo} = 1,565406 - 0,740580 \cdot q + 0,012401 \cdot l - 0,018422 \cdot n$$

$$y_{To} = 0,681673 - 0,162326 \cdot q + 0,011838 \cdot l - 0,036204 \cdot n$$

$$y_{Lo} = -0,467616 + 0,255314 \cdot q + 0,029913 \cdot l - 0,013213 \cdot n$$

Vrijeme vožnje neopterećenih traktora na pomoćnom stovarištu:

$$y_{En} = 0,676149 + 0,012020 \cdot l$$

$$y_{Tn} = 0,095209 + 0,013866 \cdot l$$

$$y_{Ln} = -0,03968 + 0,023080 \cdot l$$

4.2.6.3. Vrijeme sjekača-preuzimača pri doradi i preuzimanju drvnih sortimenata

Efektivno (utrošeno) vrijeme (y_{PS}) sjekača-preuzimača promatramo kao varijabilno vrijeme u odnosu na obujam (q_1) i broj komada izrađenih drvnih sortimenata (n_1) te je izvedeno jednačom:

$$y_{PS} = 0,434707 + 0,115451 \cdot n_1 + 1,284980 \cdot q_1 \dots (\min)$$

4.2.6.4. Vrijeme slaganja drva na pomoćnom stovarištu traktorskom dizalicom

Efektivno vrijeme (y_{ZD}) traktora s dizalicom promatramo u odnosu na obujam (q_2) i broj komada višemetarskog prostornog drva (n_2), a izračun je prikazan jednačom:

$$y_{DZ} = 0,793910 + 0,338868 \cdot q_2 + 0,083965 \cdot n_2 \dots (\text{min})$$

Uz prosječni obujam zahvata dizalice, $q_2 = 0,50 \text{ m}^3$ i prosječni broj komada u zahvatu, $n_2 = 4,5$ efektivno vrijeme zahvata iznosi 1,34 minute.

4.3. Norme vremena i učinka skupine

4.3.1. Norma vremena skupine

Prema postojećoj organizaciji rada, ova skupina radnika po podskupinama za proizvodnju jedinice proizvoda troši $70,98 \text{ min/m}^3$ (P1), odnosno $61,68 \text{ min/m}^3$ (P2) i $66,37 \text{ min/m}^3$ (P3). Na temelju pojedinačnog izračuna norme vremena svakog člana skupine prikazuje se izračun norme vremena podskupine (skupine) te njihov međusobni odnos.

Norma vremena skupine izračunava se kao suma pojedinačnih normi vremena svakoga člana skupine, odnosno sjekača i traktora koji rade u paru, zatim sjekača-preuzimачa na preuzimanju drvnih sortimenata te traktorske dizalice. Norma vremena skupine radnika po jedinici proizvoda iskazana je matematičkim obrascem:

$$NV_{SK} = \left(\frac{{}^1((b_0 + b_1 \cdot d_{1,30} + b_2 \cdot h) + I_f) \cdot k_{ds}}{q_n} \right) + \left(\frac{{}^2((t_{nv} + t_{ov} + t_{nps} + t_{ops}) + (t_u + t_i)) \cdot k_{dt}}{q_t} \right) +$$

$$\left((b_0 + b_1 \cdot n_1 + b_2 \cdot q_1) \cdot k_{dps} \right) + \left(\frac{(b_0 + b_1 \cdot n_2 + b_2 \cdot q_2) \cdot k_{dDZ}}{q_2} \right) \dots \left(\text{min} / \text{m}^3 \right)$$

gdje su: b_0, b_1, b_2 – parametri linearnog matematičkog regresijskog modela (¹ za svakog se člana skupine rabi pripadajući parametar matematičkog modela), $d_{1,30}$ – prsni promjer stabla (cm), h – visina stabla (m), I_f – vrijeme vezanja tovара sjekača (min), k_{ds} – faktor dodatnog vremena sjekača, q_n – neto obujam stabla (m^3), t_{nv} – vrijeme vožnje neopterećenog traktora na vlaci i sječini (min), t_{ov} – vrijeme vožnje opterećenog traktora na vlaci i sječini (min), t_{nps} – vrijeme vožnje neopterećenog traktora na pomoćnom stovarištu (min), t_{ops} – vrijeme vožnje opterećenog traktora na pomoćnom stovarištu (min), t_u – vrijeme rada traktora u sječini (min), t_i – vrijeme rada traktora na pomoćnom stovarištu (min), k_{dt} – faktor dodatnog vremena traktora, q_t – prosječni obujam tovара traktora (m^3),



Slika 4. Privlačenje drva traktorom Ecotrac 1033F

n_1 – prosječni broj komada u radnom zahvatu sjekača-preuzimača pri preuzimanju drvnih sortimenata (kom), q_1 – prosječni drvni obujam radnog zahvata pri preuzimanju drvnih sortimenata (m^3), k_{dps} – faktor dodatnog vremena sjekača-preuzimača pri preuzimanju drvnih sortimenata, n_2 – broj komada u radnom zahvatu traktorske dizalice (kom), q_2 – prosječni drvni obujam radnog zahvata traktorske dizalice (m^3), k_{dDZ} – faktor dodatnog vremena dizalčara pri slaganju višemetarskog prostornog drva.

² *Napomena:* Pri izračunu efektivnog vremena turnusa traktora primjenjuju se matematički regresijski modeli, za t_{ov} , t_{mv} , t_{ops} , t_{nps} a vrijeme utovara (t_u) i istovara traktora (t_i) izračunavamo kao prosječno (fiksno) vrijeme turnusa traktora.

Tablica 4. Ostvareno vrijeme i norma vremena podskupine radnika po jedinici proizvoda (min/m^3)

Podskupine	Udaljenost privlačenja traktorom, m						
	Ostvareno	150	250	350	450	550	650
	Norma vremena podskupine radnika, min/m^3						
P1 (S1+E+PS+DZ)	70,98	43,32	45,01	46,68	48,37	50,05	51,73
P2 (S2+T+PS+DZ)	61,68	42,55	43,41	44,29	45,15	46,02	46,90
P3 (S3+L+PS+DZ)	66,37	39,32	40,71	42,10	43,49	44,87	46,26

U tablici 4 prikazani su podaci o utrošenom vremenu rada podskupina po jedinici proizvoda. U istoj su tablici prikazane izračunate norme vremena za udaljenosti privlačenja traktorom 150 m – 650 m. Norma vremena izračunata je prema matematičkom obrascu NV_{sk} .

Pri izračunu norme vremena sjekača glavni su čimbenici prsni promjer i visina te neto obujam stabla. U izračunu norme vremena traktora, uz srednju udaljenost privlačenja, uzeti su: obujam tovara, prosječni nagib puta te broj komada u tovaru. Kod sjekača-preuzimača glavni su čimbenici obujam radnoga zahvata i broj komada izrađenih drvnih sortimenata. Rad dizalice izračunat je na temelju obujma i broja komada radnog zahvata.

Podskupina P1 pri proizvodnji jedinice proizvoda utrošila je 70,98 min/m^3 , podskupina P2 61,68 min/m^3 , a podskupina P3 66,37 min/m^3 . Pri udaljenosti privlačenja od 150 m za podskupinu P1 norma vremena iznosi 43,32 min/m^3 , za podskupinu P2 42,55 min/m^3 , a za podskupinu P3 39,32 min/m^3 . To je za 38,97% (P1), odnosno za 31,02% (P2) i 40,76% (P3) manje u odnosu na utrošeno vrijeme. Pri udaljenosti privlačenja od 350 m za podskupinu P1 iznosi 34,23%, za podskupinu P2 28,20%, a za podskupinu P3 36,57% manje vremena u odnosu na ostvareno.

4.3.2. Dnevni učinak skupine radnika

U tablici 5 prikazan je dnevni učinak skupine. Dnevni je učinak skupine izračunan kao suma dnevnog učinka tri traktora prema udaljenosti privlačenja, a za pojedini je traktor izračunan kao odnos propisanog radnog vremena od 480 minuta i norme vremena traktora. Skupina radnika ostvaruje dnevni učinak u onoj količini koliko drvnog obujma privuku traktori na pomoćno stovarište.

Skupina broji osam članova, a tri navedena traktora prosječno su privukla 54,27 m³/dan pri srednjoj udaljenosti od 252 m, što iznosi 4,94 m³/dan po članu. Optimizirani dnevni učinak po članu kreće se od 15,88 m³/dan (150 m) do 9,88 m³/dan (650 m) te je za od 3,2 puta (150 m) do 2,0 puta (650 m) veći u odnosu na ostvareni dnevni učinak po članu skupine.

Tablica 5. Optimiziran dnevni učinak (m³/dan) skupine radnika prema postojećem broju članova

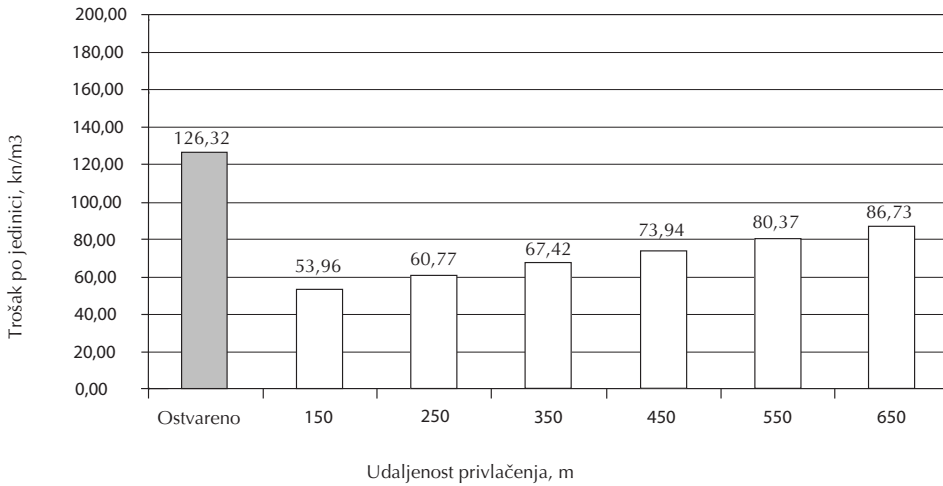
Traktori	Udaljenost privlačenja traktorom, m					
	150	250	350	450	550	650
	Optimiziran dnevni učinak skupine, m ³ /dan					
(E + T + L)	127,07	112,82	101,69	92,72	85,30	79,05
Broj članova skupine	Optimiziran dnevni učinak po članu skupine					
(8)	15,88	14,10	12,71	11,59	10,66	9,88

4.4. Troškovi skupine radnika po jedinici proizvoda

Pri izračunu je korišten dnevni trošak svakog člana, odnosno sredstva rada u skupini radnika prema službenim kalkulacijama troškova u Hrvatskim šumama d.o.o. Zagreb u godini kada je provedeno istraživanje. Prikazane kombinacije podskupine odnose se na ukupno trajanje rada u jednom danu, odnosno na organizaciju rada u skupini radnika.

Za skupinu od osam radnika dnevni trošak iznosi 6.855,93 kn/dan, odnosno prosječno 856,99 kn/dan po članu.

U skupini se trošak kreće od 53,96 kn/m³ (150 m) do 86,73 kn/m³ (650 m) te je u odnosu na ostvareni trošak od 126,32 kn/m³ manji za 57,29% (150 m) do 31,34% (650 m), od ostvarenog (slika 5).



Slika 5. Prikaz troška po jedinici proizvoda (kn/m³)

5. Zaključci

Pridobivanje drva skupnim radom uvedeno je u hrvatsko šumarstvo radi povećanja proizvodnosti i humanizacije rada. U jednom danu moguće je drvo posjeći, izraditi, prikrojiti, privući do pomoćnog i prevesti do glavnog stovarišta, odnosno dopremiti kupcu. Dakle, moguće je svježe izrađene drvene sortimente dopremiti u drvnoindustrijske pogone u najkraćem mogućem vremenu.

Proučavanjem skupnoga rada utvrđeni su bitni nedostaci, koji se mogu otkloniti stručnom organizacijom rada na radilištu zahvaljujući poznavanju glavnih utjecajnih čimbenika pri radu pojedinog člana skupine. Ostvareni dnevni učinci sjekača direktno ovise o učinku pojedinog traktora u skupini, kao i učinak radnika i traktorske dizalice na pomoćnom stovarištu.

Prema broju članova te dnevnom učinku skupine radnika izračunan je dnevni učinak po članu skupine. Skupina se sastoji od osam članova s tri traktora, koja su prosječno privukla 54,27 m³/dan pri srednjoj udaljenosti od 252 m, što iznosi 4,94 m³/dan po članu. Optimizirani dnevni učinak po članu skupine kreće se u rasponu 15,88 – 9,88 m³/dan te je za 3,2 – 2,0 puta veći u odnosu na ostvareni dnevni učinak. Trošak proizvodnje jedinice proizvoda iznosi 53,96 kn/m³ za udaljenost privlačenja od 150 m pa sve do 86,73 kn/m³ za udaljenost od 650 m te je za 57,29% (150 m) – 31,34% (650 m) manji u odnosu na ostvareni trošak od 126,32 kn/m³. Za svaku skupinu radnika i za svako radilište nužno je u pripremi i izradi elaborata radilišta optimizirati broj članova skupine.

Literatura

- [1] Backhaus, G. (1990.), Die Allgemeinen Zeiten im forstlichen Arbeitsstudium. *Forsttechnische Informationen*, 42, 1 – 15.
- [2] Bojanin, S. (1975.), Izvlačenje tanje tehničke oblovine pomoću traktora. *Drvena industrija*, 26 (1112): 263 – 269.
- [3] Bojanin, S.; Krpan, A. P. B.; Beber, J. (1989.), Komparativno istraživanje sječe i izrade u prorednim sastojinama hrasta lužnjaka i crne johe. *Šumarski list*, 113 (9 – 10), 591 – 602.
- [4] Bojanin, S.; Krpan, A. P. B. (1994.), Eksploatacija šuma pri različitim radnim uvjetima u Hrvatskoj, *Šumarski list*, 118 (9/10), 271 – 282.
- [5] Branz, H.; Dummel, K.; Helms, A. (1983.), Verfahrenbeispiele zur Rationellen Schwachholzernte. *Forsttechnische Informationen*, 35 (4-5), 30-51.
- [6] Grammel, R. (1988.), Holzernte und Holztransport. Hamburg-Berlin: Verlag Paul Parey, 1242.
- [7] Krpan, A.P.B. (1984.), *Istraživanja upotrebljivosti traktora IMT - 558 na privlačenju oblovine u uvjetima nizinskih šuma šumarije Lipovljani*. Magistarski rad. Zagreb: Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1136.
- [8] Mikleš, M.; Suchomel, J. (1999.), *Relationship between terrain conditions and operating condition of forest skidders*. Proceedings of IUFRO symposium "Emerging harvesting issues in technology transition", Opatija, 33-35.
- [9] REFA (1984.), *Methodenlehre des arbeitsstudiums*. Teil 1 Grundlagen, 7. überarb. Aufl. C. Hanser München, 1107.
- [10] Štefančić, A. (1989.), Komparativno istraživanje proizvodnosti rada, troškova proizvodnje i oštećivanja stabala primjenom deblovnice i sortimentne metode rada u prorednim sastojinama (Comparison investigation of productivity, production costs and tree damages at tree length and assortment method on forest stand thinning). *Mehanizacija šumarstva*, 14(5 – 6), 93 – 102.
- [11] Tomičić, B. (1986.), Razvoj mehanizacije, tehnologije i organizacije rada u iskorišćivanju šuma, u šumskom gospodarstvu „Mojca Birta“ u Bjelovaru (The Development of the Mechanisation, Technology and Organisation of Work in the Exploitation in "Mojca Birta" Forest Enterprise in Bjelovar). *Šumarski list*, CX 1-2, 29-44.
- [12] Vusić, D.; Zečić, Ž.; Papa, I.; Lepoglavac, K.; Pandur, Z. (2011.), Optimization of teamwork in tree-length harvesting. International Symposium, Technology and ergonomics in the service of modern forestry., 26-29 June 2011. *Monography CD*, pp 159-168, Kraków – Krynica Poland.
- [13] Vusić, D.; Šušnjar, M.; Marchi E.; Spina, R.; Zečić, Ž.; Picchio R. (2013.), Skidding operations in thinning and shelterwood cut of mixed stands – Work productivity, energy inputs and emissions. *Ecological Engineering*, 61 (2013), 216-223.

- [14] Winkler, I. (1990.), Skupinsko delo v gozdni proizvodnji (Group Work in Wood production). *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, Ljubljana, 35, 69 – 82.
- [15] Zečić, Ž. (2003.), *Optimizacija skupnoga rada pri eksploataciji bjelogoričnih prorednih sastojina panonskog gorja* (Optimization of group work in harvesting broadleaf thinning stands of the Pannonian mountains). Disertacija. Zagreb: Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 313.
- [16] Zečić Ž.; Krpan A.P.B. (2004.), Efficiency of group work in harvesting mountainous broadleaf thinning stands. Ljubljana, *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 74, 41-57.
- [17] Zečić, Ž., Marenče, J. (2005.), Mathematical models for optimisation of group work in harvesting operation (Matematički modeli optimizacije skupine radnika pri pridobivanju drva), *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26 (1), 29-37, Zagreb.
- [18] Zečić, Ž. (2005.), Promotion of teamwork in mountain thinning stands of middle-aged broadleaf stands (Unapređenje skupnoga rada pri prorjeđivanju brdskih srednjedobnih bjelogoričnih sastojina). *Glasnik za šumske pokuse*, 41: 51-133. Zagreb.
- [19] Zečić, Ž.; Krpan, A.P.B. (2006.), Primjena skupnoga rada pri pridobivanju drva u prorednim sastojinama brdskog područja (Using of teamwork in timber harvesting from thinning stands in hilly terrains). *Glasnik za šumske pokuse*, Posebno izdanje 5: 543-556. Zagreb.
- [20] Zečić, Ž.; Vusić, D. (2009.), *Računalne norme privlačenja drva traktorima (RANOP). Konačno izvešće projekta "Usustavljenje normi i normative"* (Final report project "Systematization of time standards and normative provisions". Zagreb: Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, prosinac 2009., 1-13.
- [21] Planske kalkulacije cijene radnika - dana za 2003. godinu. Hrvatske šume, Zagreb.

The Optimization of the Wood Harvesting System by Implementing Teamwork in Thinning Operations in the Grđevačka Bilogora Area

Summary

In wood harvesting, teamwork was for the first time implemented in the area of the Bjelovar Forest Administration in 1979. The paper presents the research of the work of a team of workers recorded during the felling, processing, extraction, scaling and bunching of wood assortments in the spaced stand of deciduous mountain forests. Research was implemented in Grđevačka Bilogora in a team of eight workers (area of the Bjelovar Forest Administration). Felling and processing, tractor skidding, bunching and scaling of wood assortments, and piling of long-meter firewood by portable tractor crane on landing site were studied. The team worked in a spaced beech stand aged 62 years. Three fellers, three tractor drivers, one chainsaw operator-registerer and one crane operator form the team, working under the team leader. All team members were synchronically recorded throughout the working hours by using the retroactive method of chronometry. Based on the recorded total time and the effect realised, an analysis of time study according to operations and in total was conducted. The structure of effective time spent by every team member and of general times was defined, and additional time was shaped. Fellers spent 33.15 % (S1E), or rather 39.62 % (S2T) and 26.77 % (S3L) of effective out of total working time. Tractors spent 47.27 % (E), or rather 61.94 % (T) and 44.95 % (L) of effective out of total time. Chainsaw operator-registerer spent 19.88 %, while crane operator spent 29.64 % of effective out of total working time on bunching. The data relating to measured and calculated values have been processed by using mathematical and statistical methods of multiple linear regression. Mathematical models of the calculation of effective time were gained; based on this, added the additional time factor, the time norm and the daily performance of every team member were calculated. The time norm of the sub-team consisting of one feller and one tractor depends on the skidding distance. For the distance between 150 m and 650 m, the average time norm of the sub-team ranges between 41.73 min/m³ and 48.30 min/m³. Daily performance per team member may be realised in the amount of 15.88 m³/day taken the distance ranging between 150 m and 9.88 m³/day, and the skidding distance equalling 650 m. The expense in the team ranges between 53.96 kn/m³ (150 m) and 86.73 kn/m³ (650 m) per product.

Keywords: teamwork; felling and processing; skidding; scaling; bunching; optimal team; productivity; expenses.

Dr. sc. Željko Zečić, izv. prof.
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25, HR - 10000 Zagreb
zecic@sumfak.hr; vusic@sumfak.hr